



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA EL MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECÁNICAS CON LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO, PUENTE PIEDRA, LIMA, 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Sadith Giovanna Flor Salazar
Carlos Enrique Torres Rivera

Asesor:

Mg. Jorge Luis Canta Honores

Lima – Perú

2020

DEDICATORIA

A dios, pues nos puso en el camino de esta hermosa carrera y permitió que se pudieran superar todas las dificultades en harás de concretar nuestros anhelos.

A nuestros padres por habernos inculcado valores y deseos de superación; sin su apoyo constante e inigualable no hubiera sido posible la realización de esta investigación.

A todos aquellos que con buen ánimo participaron de este proyecto: Asesores, profesores, técnicos y amigos.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos a Dios pues sin él no hubiera sido posible concretar esta hermosa carrera, también a nuestros padres por apostar incondicionalmente en nosotros en aras de hacernos profesionales. Un agradecimiento especial a nuestro asesor Jorge Luis quien siguió la investigación desde sus inicios y permitió superar muchas dificultades. Finalmente, un agradecimiento a nuestros amigos y compañeros de laboratorio que nos apoyaron en los ensayos, a los compañeros de trabajo quienes nos apoyaron en los traslados de material.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	I
ABSTRACT	3
1 CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	5
1.1 Realidad problemática	5
1.2 Formulación del problema de investigación	13
1.2.1 Problema general	13
1.2.2 Problemas específicos	14
1.3 Justificación del Estudio	15
1.3.1 Justificación Técnica	15
1.3.2 Justificación Social	16
1.3.3 Justificación Metodológica.....	16
1.4 Limitación del Estudio	17
1.4.1 Limitación del orden tecnológico	17
1.4.2 Limitación por Temporalidad	17
1.4.3 Limitación de los recursos.....	18
1.5 Objetivos	18
1.5.1 Objetivo general	18
1.5.2 Objetivos específicos.....	18
1.6 Formulación de la Hipótesis	19
1.6.1 Hipótesis general	19
1.6.2 Hipótesis específicas	19
1.7 Antecedentes	20
1.7.1 Antecedentes internacionales	20
1.7.2 Antecedentes nacionales.....	35
1.8 Bases Teóricas	43
1.8.1 Suelo.....	44
1.8.2 Formación de Suelos	44

1.8.3	Tipos de Suelos.....	45
1.8.4	Clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)	45
1.8.5	Resistencia al Corte de los Suelos	46
1.8.6	Criterio de Falla de Mohr-Coulomb	46
1.8.7	Estabilización de Suelos	47
1.8.8	Tipos de Estabilización.....	48
1.8.9	Estabilización de suelo de con Cloruro de Sodio	49
1.8.10	Cloruro de Sodio (NaCl).....	51
1.8.11	Normativa para Ensayos de Laboratorio para la Obtención de dosificación de NaCl	51
2	CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	57
2.1	Variables	57
2.1.1	Variable independiente	57
2.1.2	Variable dependiente	57
2.2	Operacionalización de Variables	58
2.3	Diseño de investigación.....	59
2.3.1	Enfoque	59
2.3.2	Alcance	59
2.3.3	Diseño.....	59
2.4	Población y muestra de la investigación.....	60
2.4.1	Población	60
2.4.2	Muestra.....	62
2.4.3	Muestreo	64
2.5	Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	68
2.5.1	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	68
2.5.2	Análisis de datos.....	69
2.6	Procedimiento de objetivos.....	71
2.6.1	Procedimiento del objetivo general, respecto a la influencia que tiene la estabilización con adición de Cloruro de Sodio en las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso	71
2.6.2	Procedimiento del Objetivo Especifico 1, respecto a la influencia que tiene la estabilización con adición de Cloruro de Sodio en la capacidad de soporte (CBR) de un suelo arcilloso.....	83

2.6.3	Procedimiento del Objetivo Especifico 2, respecto a la influencia que tiene la estabilización con adición de Cloruro de Sodio en la compresión no confinada de un suelo arcilloso.....	93
2.6.4	Procedimiento del Objetivo Especifico 3, respecto a la influencia que tiene la estabilización con adición de Cloruro de Sodio en la compactación de un suelo arcilloso.....	101
2.6.5	Procedimiento del Objetivo Especifico 4, respecto a la influencia que tiene la estabilización con adición de Cloruro de Sodio en la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo arcilloso	111
3	<i>CAPÍTULO III. RESULTADOS</i>	120
3.1	ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	120
3.1.1	ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS VARIABLES	120
3.2	ESTADÍSTICA INFERENCIAL	130
3.2.1	APLICACIÓN INFERENCIAL DE LAS VARIABLES	130
3.2.2	NORMALIZACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LAS VARIABLES	130
3.2.3	PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS	131
4	<i>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>	148
4.1	DISCUSIÓN	148
4.2	CONCLUSIONES	153
4.3	RECOMENDACIONES	156
5	<i>REFERENCIAS</i>	159
6	<i>ANEXOS</i>	169
6.1	ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA	170
6.2	ANEXO 2. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS	173
6.3	ANEXO 3. Matriz de Operacionalidad de Variables	182
6.4	ANEXO 4. Validez del Instrumento que mide la Variable Dependiente	183
6.5	ANEXO 5. Ensayos de Laboratorio	207
6.6	ANEXO 6. Panel Fotográfico	250
6.7	ANEXO 7. Ficha Técnica de Cloruro de Sodio	252

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Características índices del material grueso granular.</i>	21
<i>Tabla 2. Características de la cal.</i>	21
<i>Tabla 3. Tabla de Resistencia del suelo de mayor plasticidad a diferentes días y a diferentes cantidades de NaCl.</i>	31
<i>Tabla 4. Esquema de objetivos-marco teórico</i>	43
<i>Tabla 5. Características típicas de la sal (cloruro de sodio) manual de carretera MTC.</i>	50
<i>Tabla 6. Variables de Estudio en propuesta de hipótesis.</i>	57
<i>Tabla 7. Operacionalización de Variables de la Investigación.</i>	58
<i>Tabla 8. Elaboración de 48 probetas con sus respectivos ensayos.</i>	65
<i>Tabla 9. Equipos para la ejecución de ensayos de laboratorio.</i>	68
<i>Tabla 10. Ensayos de laboratorio.</i>	70
<i>Tabla 11. Pruebas para la Clasificación del Suelo.</i>	82
<i>Tabla 12. Pruebas para la Estabilización del Suelo.</i>	82
<i>Tabla 13. Resumen de pruebas CBR.</i>	93
<i>Tabla 14. Resumen de pruebas (Compresión No Confinada)</i>	100
<i>Tabla 15. Resultado de densidad seca y contenido de humedad.</i>	111
<i>Tabla 16. Resumen de parámetros del suelo.</i>	119
<i>Tabla 17. Resultados W, LL, LP.</i>	120
<i>Tabla 18. Resultados CBR (95%-100%)</i>	121
<i>Tabla 19. Resultados Compresión No Confinada.</i>	123
<i>Tabla 20. Resultados de Compactación (% de Humedad)</i>	124
<i>Tabla 21. Resultados de Compactación (Densidad)</i>	125
<i>Tabla 22. Resultados de Esfuerzo Cortante (Cohesión)</i>	127
<i>Tabla 23. Resultados de Esfuerzo Cortante (Fricción)</i>	128
<i>Tabla 24. Prueba de Normalidad-Shapiro Wilk</i>	131
<i>Tabla 25. Pruebas-Concentración de Sal.</i>	131
<i>Tabla 26. Resumen del Modelo - CBR al 100%</i>	135
<i>Tabla 27. Modelo Matemático - CBR al 100%</i>	135
<i>Tabla 28. ANOVA -CBR al 100%</i>	135
<i>Tabla 29. Resumen del modelo-CBR al 95%</i>	137
<i>Tabla 30. Modelo Matemático -CBR al 95%</i>	137
<i>Tabla 31. ANOVA - CBR al 95%</i>	137
<i>Tabla 32. Resumen del modelo -Compresión No Confinada.</i>	139
<i>Tabla 33. Modelo matemático - Compresión no Confinada.</i>	139
<i>Tabla 34. ANOVA -Compresión No Confinada.</i>	139
<i>Tabla 35. Resumen del modelo -Contenido de Humedad.</i>	141

<i>Tabla 36. Modelo matemático-Contenido de Humedad.</i>	<i>141</i>
<i>Tabla 37. ANOVA-Contenido de Humedad.</i>	<i>141</i>
<i>Tabla 38. Resumen del modelo-Densidad.</i>	<i>143</i>
<i>Tabla 39. Modelo matemático-Densidad.</i>	<i>143</i>
<i>Tabla 40. ANOVA- Densidad.</i>	<i>143</i>
<i>Tabla 41. Resumen del modelo-Cohesión.</i>	<i>145</i>
<i>Tabla 42. Modelo matemático-Cohesión.</i>	<i>145</i>
<i>Tabla 43. ANOVA-Cohesión.</i>	<i>145</i>
<i>Tabla 44. Resumen del modelo -Angulo de Fricción.</i>	<i>147</i>
<i>Tabla 45. Modelo matemático-Angulo de Fricción.</i>	<i>147</i>
<i>Tabla 46. ANOVA-Angulo de Fricción.</i>	<i>147</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Amplificación de los efectos de sitio en suelos blandos y suelos rocosos.</i>	6
<i>Figura 2. Conformación de los suelos en Lima Metropolitana.</i>	8
<i>Figura 3. Filtración de agua a través de los muros anclados.</i>	10
<i>Figura 4. Presencia de expansión del suelo arcillas, en la base inferior del enmallado de acero.</i>	10
<i>Figura 5. Fases del desarrollo del estudio de arcillas expansivas en el estado de Tabasco.</i>	22
<i>Figura 6. Valores promedios (+ EE) de diferencias de índices de plasticidad en las 3 muestras inalteradas (unidades experimentales) con cinco niveles diferentes. Letras diferentes nos demuestran diferencias estadísticamente significativas. (Bonferroni < 0.05)</i>	23
<i>Figura 7. Variación de la concentración de hierro, cobre, vanadio, níquel y molibdeno.</i>	25
<i>Figura 8. Curva de Densidad Seca- CBR (%)</i>	27
<i>Figura 9. Gráfico simplificado para estabilización del suelo.</i>	28
<i>Figura 10. MAPA GEOLÓGICO DEL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA.</i>	61
<i>Figura 11. Banco de Arcillas.</i>	62
<i>Figura 12. Plano Topográfico y Coordenadas UTM.</i>	63
<i>Figura 13. Plano de Cimentaciones (Bloque A)</i>	66
<i>Figura 14. Plano de Cimentaciones (Bloque B)</i>	67
<i>Figura 15. Excavación de Calicatas.</i>	72
<i>Figura 16. Calicata lista para extraer material.</i>	72
<i>Figura 17. Transporte de material al laboratorio.</i>	73
<i>Figura 18. Muestras en laboratorio para ensayos.</i>	73
<i>Figura 19. Muestras en laboratorio listas para ensayos.</i>	74
<i>Figura 20. Tamizado de material arcilloso.</i>	75
<i>Figura 21. Registro de peso húmedo y tara.</i>	75
<i>Figura 22. Extracción de la muestra seca.</i>	76
<i>Figura 23. Pesaje de la muestra seca.</i>	76
<i>Figura 24. Mezcla de muestra.</i>	77
<i>Figura 25. Colocación de muestra en el dispositivo.</i>	77
<i>Figura 26. Trazado de ranura vertical.</i>	78
<i>Figura 27. Pesaje de muestra para ensayo.</i>	79
<i>Figura 28. Elaboración de Hilos.</i>	79
<i>Figura 29. Pesaje de muestra.</i>	80
<i>Figura 30. Pesaje de muestra.</i>	81
<i>Figura 31. Lavado de material</i>	81
<i>Figura 32. Tamizado</i>	81
<i>Figura 33. Pesaje de material arcilloso</i>	84
<i>Figura 34. Mezcla de NaCl, agua y suelo</i>	84

<i>Figura 35. Colocación del collarín y el disco espaciador.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 36. Compactación del espécimen</i>	<i>85</i>
<i>Figura 37. Se procede a enrazar</i>	<i>86</i>
<i>Figura 38. Se coloca la pesa anular y ranurada</i>	<i>86</i>
<i>Figura 39. Lectura del dial.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 40. Inmersión en pozo de curado.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 41. Drenado de excedente de agua.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 42. Se procede a iniciar la penetración.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 43. Muestra para cálculo del contenido de humedad.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 44. Densidad seca vs. CBR (muestra patrón).....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 45. Densidad seca vs. CBR % al 4%.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 46. Densidad seca vs. CBR % al 6%.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 47. Densidad seca vs. CBR % al 10%.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 48. Registro de dimensiones del espécimen</i>	<i>94</i>
<i>Figura 49. Compactación de espécimen con NaCl.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 50. Pesaje de muestra</i>	<i>95</i>
<i>Figura 51. Se coloca la probeta en la prensa.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 52. Deformación de la probeta.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 53. Rotura de probetas.</i>	<i>96</i>
<i>Figura 54. Contenido de humedad.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 55. Curvas de esfuerzo vs. Deformación (muestra patrón).....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 56. Curvas de esfuerzo vs deformación con 4% de NaCl.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 56. Curvas de esfuerzo vs deformación con 4% de NaCl.....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 58. Curvas esfuerzo vs deformación con 10% de NaCl.....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 59. Pesaje de material.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 60. Preparación de muestra</i>	<i>102</i>
<i>Figura 61. Peso del agua en una tara.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 62. Mezcla de muestra, agua y NaCl.</i>	<i>103</i>
<i>Figura 63. Peso del molde</i>	<i>104</i>
<i>Figura 64. Ensamblaje de molde y collarín.</i>	<i>104</i>
<i>Figura 65. Capas de espécimen.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 66. Compactación de espécimen.</i>	<i>105</i>
<i>Figura 67. Remoción del collarín.</i>	<i>106</i>
<i>Figura 68. Enraizado de material.</i>	<i>106</i>
<i>Figura 69. Pesaje de espécimen compactado.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 70. Curva de compactación, muestra patrón.....</i>	<i>108</i>
<i>Figura 71. Curva de compactación, muestra con 4% de NaCl.</i>	<i>109</i>

<i>Figura 72. Curva de compactación, muestra con 6% de NaCl</i>	109
<i>Figura 73. Curva de compactación, muestra con 10% de NaCl</i>	110
<i>Figura 74. Rastrillado de muestra</i>	112
<i>Figura 75. Compactación de muestra</i>	113
<i>Figura 76. Muestra con membrana de látex</i>	113
<i>Figura 77. Verificación de verticalidad y llenado de agua</i>	114
<i>Figura 78. Control de presión de confinamiento</i>	114
<i>Figura 79. Registro de esfuerzo desviador vs deformación</i>	115
<i>Figura 80. Muestra ensayada</i>	115
<i>Figura 81. Prueba de corte triaxial-muestra patrón</i>	116
<i>Figura 82. Prueba de corte triaxial-muestra con 4% de NaCl</i>	117
<i>Figura 83. Prueba de corte triaxial-muestra con 6% de NaCl</i>	118
<i>Figura 84. Prueba de corte triaxial-muestra con 10% de NaCl</i>	119
<i>Figura 85. Diagrama de Fluidez</i>	120
<i>Figura 86. Prueba de valores de C.B.R. - % de NaCl</i>	121
<i>Figura 87. Prueba de valores de Kpa - % DE NaCl</i>	123
<i>Figura 88. Prueba 3 - % de humedad -% de NaCl</i>	124
<i>Figura 89. Prueba 3 - Densidad G/CM3 -% DE NaCl</i>	126
<i>Figura 90. Prueba 4 (COHESIÓN) -% de NaCl</i>	127
<i>Figura 91. Prueba 4 (Ø FRICCIÓN) - % de NaCl</i>	128
<i>Figura 92. Pruebas de Estabilización que Influyen en el Mejoramiento de propiedades Mecánicas del Suelo Arcilloso</i>	132
<i>Figura 93. Pruebas de Estabilización que Influyen en el Mejoramiento de Propiedades Mecánicas del Suelo Arcilloso</i>	133
<i>Figura 94. Prueba N° 1 al 100% de CBR - Cloruro de Sodio (%)</i>	134
<i>Figura 95. Prueba N° 1 al 95% de CBR- Cloruro de Sodio (%)</i>	136
<i>Figura 96. Prueba N°2 Compresión Simple –Cloruro de Sodio (%)</i>	138
<i>Figura 97. Prueba N°3 Optimo Contenido de Humedad (%) – Cloruro de Sodio (%)</i>	140
<i>Figura 98. Prueba N°3 Máxima Densidad Seca (g/cm3) – Cloruro de Sodio (%)</i>	142
<i>Figura 99. Prueba N°4 Triaxial Cohesión (Kpa)- Cloruro de Sodio (%)</i>	144
<i>Figura 100. Prueba N°4 Triaxial Fricción (ø) – Cloruro de Sodio (%)</i>	146
<i>Figura 101. Ensamblaje de probeta</i>	250
<i>Figura 100. Mezcla de material con NaCl</i>	250
<i>Figura 103. Tamizado de material</i>	250
<i>Figura 102. Apisonado de material</i>	250
<i>Figura 105. Tamizado para pruebas</i>	251
<i>Figura 104. Material estabilizante</i>	251

Figura 107. Transporte de material a laboratorio.....251
Figura 106. Inmersión en tanque de curado251

RESUMEN

Durante el año 2019, se desarrolló el estudio en base al análisis de muestras de suelo arcilloso en el terreno del Centro Comercial Las Vegas Plaza, ubicado en el distrito de Puente Piedra, provincia de Lima y departamento de Lima, teniéndose como objeto demostrar la influencia que tiene la estabilización de los suelos arcillosos con la adición de cloruro de sodio en sus propiedades mecánicas.

Para la variable 1, estabilización con la adición de cloruro de sodio, se empleó el enfoque cuantitativo con la influencia de Comte (1857), con tendencia de los trabajos de Bacon (1626) y Kant (1804). Considerando que el enfoque cuantitativo surge del positivismo, cuyo objeto describe, infiere y generaliza. Del mismo modo, para la variable 2 propiedades mecánicas de un suelo arcilloso, se consideró el enfoque hipotético deductivo según Strike y Posner, (1989).

Se ha formulado la Hipótesis científica: La estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso.

Metodológicamente, en base a las preguntas de investigación, el enfoque es cuantitativo, para lo cual (Niño, 2011) señala, “este tipo de investigación tiene que ver con la cantidad y, por la tanto, su medio principal es la medición y el cálculo” (p.25)., asimismo el alcance de la investigación es explicativo, el cual según (Arias O, 2012) demuestra que los cambios efectuados en la variable independiente, tienen incidencia en la variable dependiente, y del mismo modo, el diseño de investigación es experimental, del tipo cuasi experimental, ya que primó la observación del objeto de estudio y manipulación de variables para comprobar o demostrar hechos en base a los resultados obtenidos (Martinez & Benitez, 2016).

El método desarrollado es del tipo hipotético-deductivo, porque se infirió respuestas tentativas a las preguntas de investigación a partir de las hipótesis planteadas, las cuales fueron contrastadas a través de pruebas de estadística inferencial.

El muestreo fue no probabilístico, por conveniencia, desarrollándose en base al Reglamento Nacional de Edificaciones, capítulo 2, la realización en campo de 9 calicatas a fin de obtener datos sobre el tipo de arcilla que forma parte del terreno, de lo cual se obtuvo una cantidad resultante de 48 probetas, en ese sentido se obtuvo los datos a través técnicas de observación experimental y aplicación de equipos calibrados para el desarrollo de los ensayos experimentales

Los resultados del estudio, se realizaron a través del análisis inferencial de las hipótesis específicas mediante pruebas cuantitativas de análisis de regresión lineal, cuadrática y cubica, donde se obtendrá la (ANOVA), con lo cual se estableció la validez del modelo matemático, determinándose la influencia que tiene la estabilización con adición de cloruro de sodio en las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso, contestando de esta manera a los problemas y verificando el cumplimiento de los objetivos. Se llegó a la **conclusión** que de acuerdo con el cuadro de normalidad de la columna sig. Shapiro-Wilk, donde todos los valores son mayores que 0.05, para la variable dependiente, en ese sentido las propiedades Mecánicas: capacidades de soporte (CBR), compresión no confinada, compactación y la resistencia al esfuerzo cortante siguen una distribución Normal.

Palabras clave: Suelo arcilloso, estabilización de suelos, concentración de cloruro de sodio, capacidad de soporte, compresión no confinada, compactación y resistencia al esfuerzo cortante.

ABSTRACT

During 2019, the study was developed based on the analysis of clay soil samples on the land of the Las Vegas Plaza Shopping Center, located in the Puente Piedra district, Lima province and Lima department, aiming to demonstrate the influence of the stabilization of clay soils with the addition of sodium chloride in its mechanical properties.

For variable 1, stabilization with the addition of sodium chloride, the quantitative approach was used with the influence of Comte (1857), with a trend from the works of Bacon (1626) and Kant (1804). Considering that the quantitative approach arises from positivism, whose object describes, infers and generalizes. Similarly, for variable 2 mechanical properties of a clay soil, the hypothetical deductive approach was considered according to Strike and Posner, (1989).

The scientific hypothesis has been formulated: The stabilization with the addition of Sodium Chloride does influence the mechanical properties of a clay soil.

Methodologically, based on the research questions, the approach is quantitative, for which (Niño, 2011) points out, “this type of research has to do with quantity and, therefore, its main means is measurement and calculation” (p.25). Likewise, the scope of the research is explanatory, which according to (Arias O, 2012) shows that the changes made in the independent variable have an impact on the dependent variable, and in the same way, the The research design is experimental, of the quasi-experimental type, since the observation of the object of study and manipulation of variables prevailed to verify or demonstrate facts based on the results obtained (Martinez & Benitez, 2016).

The method developed is of the hypothetical-deductive type, because tentative answers to the research questions were inferred from the hypotheses raised, which were contrasted through inferential statistical tests.

The sampling was non-probabilistic, for convenience, developing based on the National Building Regulations, Chapter 2, the realization in the field of 9 pits in order to obtain data on the type of clay that is part of the land, from which the resulting amount of 48 test tubes, in this sense, the data was obtained through experimental observation techniques and the application of calibrated equipment for the development of experimental tests.

The results of the study were carried out through the inferential analysis of the specific hypotheses using quantitative tests of linear, quadratic and cubic regression analysis, where the (ANOVA) will be obtained, with which the validity of the mathematical model was established, determining the The influence that stabilization with the addition of sodium chloride has on the mechanical properties of a clay soil, thus answering the problems and verifying the fulfillment of the objectives. It was concluded that according to the normal table of column sig. Shapiro-Wilk, where all the values are greater than 0.05, for the dependent variable, in that sense the Mechanical properties: support capacities (CBR), unconfined compression, compaction and resistance to shear stress follow a Normal distribution.

Keywords: Clay soil, soil stabilization, sodium chloride concentration, bearing capacity, unconfined compression, compaction and resistance to shear stress.

1 CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

En la actualidad, la construcción de edificaciones sobre suelos blandos se ha convertido en un proceso exhaustivamente analizado, en especial los suelos finos como los arcillosos, que al no ser correctamente estabilizados podrían ocasionar asentamientos diferenciales que provocarían fallas críticas o incluso el colapso de la edificación.

A nivel internacional uno de los países más afectados por el comportamiento variable de las arcillas es México llegando a niveles extremos de degradación física, considerando que la estructura del suelo es un factor preponderante en el comportamiento de los suelos finos.

En ese sentido (Ordoñez, Auvinet, & Juárez, 2014, págs. 453-470) en su artículo denominado “Caracterización del subsuelo y análisis de riesgos geotécnicos asociados a las arcillas expansivas de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez”, México, señalan que la afectación de las estructuras son producidas básicamente por las arcillas caracterizadas por su expansión, que afectan en gran medida a la bases de las infraestructuras, como cimientos así como también a los suelos de fundación de las vías pavimentadas, teniendo como consecuencia pérdidas cuantiosas del orden económico y del mismo modo las estructuras quedan inoperativas. Un acontecimiento alarmante en México fue originado por la concentración de suelos blandos, este se dio en el terremoto del 19 de septiembre del año 2017 que tuvo una intensidad de 7.1 grados de magnitud, tal cual lo describe (Sepúlveda, s.f.), Director de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de O'Higgins, resalta la gran influencia de las características geológicas de los estratos de los suelos y los suelos que soportan las cimentaciones de las edificaciones, describe que el epicentro sísmico se localizó a 120 km de México D.F., asimismo el hipocentro se dio a una profundidad

de 57 km, contrario al terremoto antecesor de 8 grados de intensidad del año 1985 y con epicentro a 400 km de la capital, el cual dejó menos daños a las infraestructuras de menor altura, considerando el tipo de suelo blando sobre el cual se encuentra erigida la ciudad de México D.F. Durante el terremoto del año 2017 las edificaciones que se vieron mayormente afectadas fueron las de menor altura, un indicador cuantitativo de ello fue las mediciones de las aceleraciones espectrales, las cuales se perciben conforme se incrementan las alturas o niveles de las edificaciones (a mayor altura. Mayor aceleración espectral).

Lo ocurrido en México, es conocido como efecto de sitio, y se da en suelos blandos (arcillosos) lo cual desarrolla un atrapamiento de las ondas sísmicas y da como consecuencia la amplificación del movimiento en la superficie del suelo.

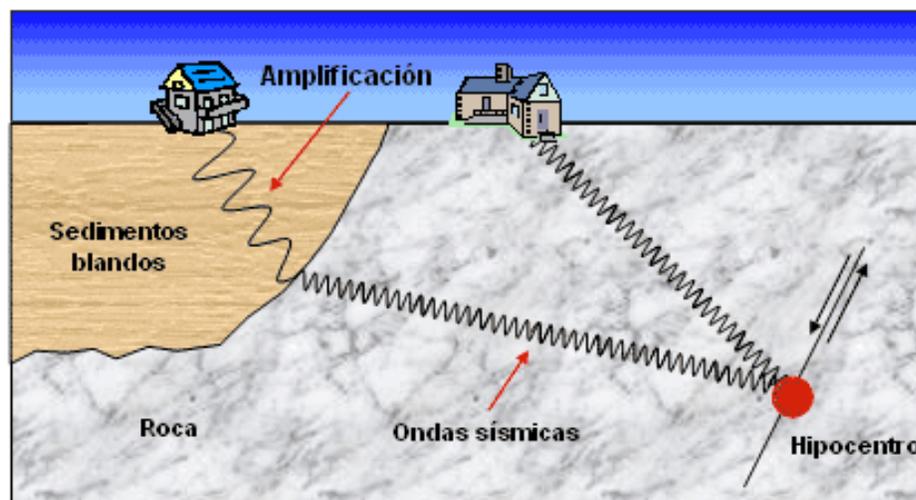


Figura 1. Amplificación de los efectos de sitio en suelos blandos y suelos rocosos.

Fuente: Tomado de Blog del Laboratorio de Ingeniería Sísmica del Instituto de Investigaciones en Ingeniería de la Universidad de Costa Rica, artículo: Efectos de sitio (Laboratorio de Ingeniería Sísmica del Instituto de Investigaciones en Ingeniería, 2011). Recuperado de <http://www.lis.ucr.ac.cr/239>.

En Sudamérica, uno de los países más afectados por eventos sísmico es Chile, ante ello (Sepúlveda, s.f.) señala que las ciudades que se fundan en su mayoría en suelos de mayor espesor de origen fluvial son propensos a efectos de sitio, considerando que son suelos blandos como suelos arcillosos, este tipo de construcciones en estos suelos fueron afectados en el sismo del 2010 (ciudades de Santiago y Talca). En el Perú, debido a su diversidad, se cuenta con diversas regiones, con suelos blandos que son básicamente desestabilizados, tal es el caso del departamento del Cusco, en tal sentido (Alvarado & Palomino, 2015, págs. 6-20) en su tesis para obtener el título de Ingeniero Civil de la Universidad Ricardo Palma, Perú, señalan que los asentamientos diferenciales de suelos finos (arcillas) en la zona de Sagari-Cusco son muy incidentes, para ello es indispensable que en la etapa de planeación de la obra, se establezca los parámetros de consolidación de suelos finos, debido a que permiten realizar el análisis de asentamiento de las estructuras en suelos cohesivos.

En Lima, los tipos de suelos podrían ser una de las causantes de los mayores daños a edificaciones en caso de producirse un sismo de gran intensidad, se tiene distritos con una gran población, asentados sobre estratos arcillosos, tales como Puente Piedra, Carabayllo, Comas, Villa María del Triunfo, entre otros, ello es corroborado por (León, 2016) en su artículo titulado: La vida por los suelos: expansión urbana pone en riesgo sísmico a miles de limeños, publicado en el diario el Comercio, 2016, señala que: “Lima Metropolitana es una de las principales zonas de riesgo contempladas en el mapa de suelos realizado por el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres, que indica qué distritos sufrirían las más desastrosas consecuencias ante un terremoto.”

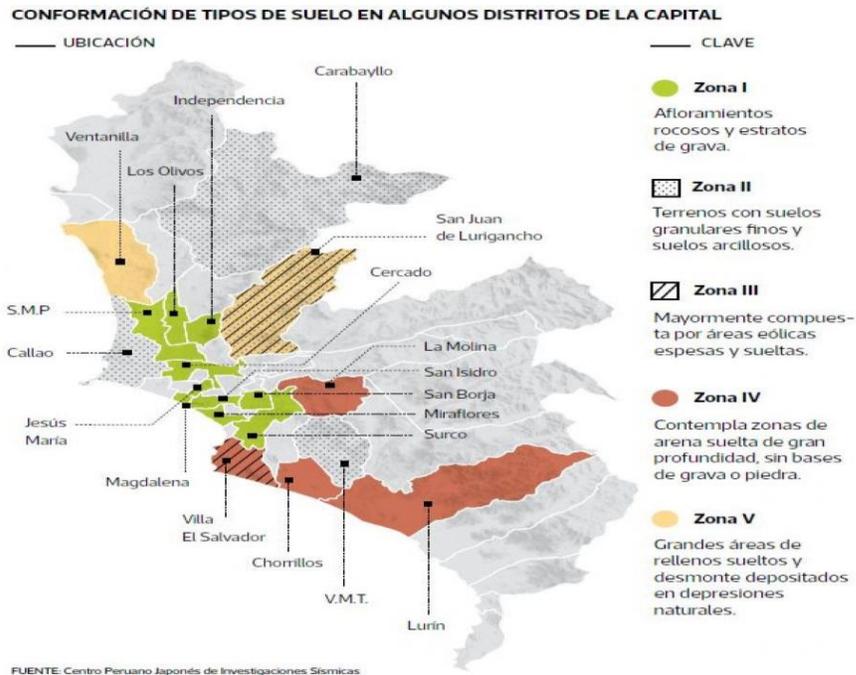


Figura 2. Conformación de los suelos en Lima Metropolitana.

Fuente: Tomado de sitio web El Comercio, artículo: La vida por los suelos: expansión urbana pone en riesgo sísmico a miles de limeños (León, 2016). Recuperado de <https://elcomercio.pe/lima/sucesos/vida-suelos-expansion-urbana-pone-riesgo-sismico-miles-limenes-noticia-452637>

En el distrito de Puente de Piedra se viene ejecutando el proyecto: Centro Comercial Las Vegas Plaza, en los estudios de mecánica de suelos se determinó un suelo de baja capacidad portante, en el que predominaba las arcillas de alta plasticidad, este suelo no soportaba las cargas que transmitía la edificación proyectada, por ello el objetivo de la presente investigación fue establecer procedimientos adecuados para estabilizar el suelo, considerando el Cloruro de Sodio (NaCl), al respecto el (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006, pág. 6) en su norma CE.020 Estabilización de suelos y taludes define como arcillas altamente sensibles: “a las arcillas que pierden resistencia al ser alteradas o remodeladas y que presentan dificultad para determinar su resistencia cortante.”, siendo indispensable analizar no solo factores relacionados a la capacidad portante de los suelos, sino se deberá evaluar los efectos que puedan causar los

esfuerzos cortantes en las masas de suelos. Entre las causas relevantes que producen la desestabilización de los suelos arcillosos, según nuestra investigación tenemos:

Deformaciones vinculadas al contenido de humedad, los suelos arcillosos presentan deformaciones relacionadas al contenido de agua, y a las características internas de las partículas del suelo, así como al grado de compacidad que contiene, siendo indispensable obtener la capacidad de soporte del suelo, en tal sentido (Palomino, 2016, págs. 5-20) en su tesis para obtener el título de Ingeniero Civil de la Universidad Privada del Norte, denominada “Influencia de la adición de Cloruro de Sodio en el índice California Bearing Ratio (CBR) de suelos arcillosos.”, señala que las áreas de terreno con elevado peligro se presentan debido a que tienen un origen lagunar, formados básicamente por arcillas plásticas y arcillas limosas, con contenido de humedad relativamente elevado, considerando un nivel freático elevado presenta en su mayoría suelos expansivos en grandes proporciones. Debido a las características del suelo, presenta alta intensidad sísmica. El caso de suelo inestable seleccionado para la presente investigación está referido a la ejecución del Proyecto Centro Comercial Las Vegas Plaza, cuyo incremento en su contenido de humedad se origina por la rotura de una matriz de agua potable colindante al proyecto, lo cual produjo una filtración de agua a través de los muros anclados, afectando directamente a la loza de cimentación. Lo señalado originó la expansión del suelo arcilloso, mostrándose asentamientos en la base del suelo inferior al enmallado de acero, el cual ya se había habilitado para su posterior vaciado. La situación presentada retraso los trabajos programados en aproximadamente 2 meses.



*Figura 3. Filtración de agua a través de los muros anclados.
Fuente: Propia*



*Figura 4. Presencia de expansión del suelo arcillas, en la base inferior del enmallado de acero.
Fuente: Propia.*

Baja capacidad portante en suelos arcillosos, las arcillas tiende a sufrir variaciones en su volumen, ante la presencia de humedad muchas tienden a expandirse y por el contrario, en épocas de temperaturas elevadas tienden a perder agua de modo acelerada, ello provoca asentamientos diferenciales, para tal conjetura, (Fernandéz, 2015, págs. 3-22) en su tesis doctoral de la Universidad Nacional de Cajamarca, titulada: Evaluación de la capacidad portante de los

suelos de fundación de la ciudad universitaria – Universidad Nacional de Cajamarca - 2014, señala que los suelos de baja capacidad portante afectan a las edificaciones, las cuales sufren fallas en su estructura originadas básicamente por asentamientos diferenciales, ello se visualiza en fisuraciones en muros, descuadre de vanos de puertas y ventanas, entre otros, estas deficiencias deben ser considerados como signos de colapso de las estructuras para tal efecto es primordial establecer las características físicas y mecánicas de los suelos, esto a fin de tener valores precisos para el diseño de estructuras, ya que es muy habitual tomar valores empíricos que se infieren en muchos casos de construcciones aledañas, que no concuerdan con el terreno de fundación. Del mismo modo, otro caso es señalado por (Calla Coa, 2007) en su tesis para la obtención del título de Ingeniero Civil: Desarrollo del mapa de peligros del distrito de Puente Piedra mediante estudios de microzonificación, planteando que para el proceso de edificación en el distrito de puente piedra ,en suelos de grano fino ,como arenas o limos es recomendable que las cimentaciones sean de tipo de zapatas conectadas con vigas de cimentación, con el objeto de reducir asentamientos diferenciales que se podrían dar por la ocurrencia de sismos.

Fallas en suelos finos por esfuerzos cortantes, en base a la investigación de (Rodríguez & Del Castillo, 1981), “es necesario evaluar las fallas de esfuerzo cortante en los suelos por ello en mecánica de suelos, la resistencia al esfuerzo cortante constituye la característica fundamental a la que se une la capacidad de los suelos para adaptarse a las cargas que actúan sobre ellos, sin fallas” (pg.63). Se dice que un material tiende a fallar en un terreno debido a su baja capacidad portante, cuando el comportamiento es inestable a causa de los esfuerzos cortantes, esto se debe a los parámetros de resistencia de fuerza de atracción entre partículas cohesión y del valor del ángulo de fricción interna, ya que al interactuar entre si producirán a lo largo un deslizamiento relativo. Un caso de este tipo de falla se dio en el Asentamiento Humano María Jesús Espinoza

ubicado en el Cerrito La Libertad en el distrito de Puente Piedra, al respecto (De Los Rios, 2008) indica que la falla de una base de pircas que sostenían una vivienda, se dio debido a una falla por esfuerzos cortantes, lo cual provocó que el terreno ceda, conduciendo ello a la falla de la pirca y al colapso de la vivienda que esta sostenía. En base a la realidad problemática planteada, es preciso recalcar que, un aspecto limitante de un suelo fino es su baja capacidad de carga, del mismo modo su asentamiento elevado; en tal sentido se plantea la adición de un elemento que optimice sus características mecánicas y físicas, desarrollándose en el laboratorio pruebas vinculadas a la capacidad de carga y compactación. En base a lo indicado, el objetivo de la presente investigación fue establecer procedimientos que permitan estabilizar el suelo, considerando para ello el Cloruro de Sodio (NaCl), en porcentajes diversos. Los porcentajes de cloruro de sodio que se emplearon, se obtuvieron a partir de los rangos recomendados, producto de la revisión de la literatura internacional, de acuerdo a revistas científicas prestigiosas tales como, “Jurnal Teknologi (Sciences and Engineering)”, quienes mencionan que las dosificaciones no deben exceder los rangos permisibles, Así mismo sugieren el uso de una composición de entre el 4% -6%, ello en base a estudios realizados por: (Silmi, Djarwanti, Prasetyo, & Erianto, 2019), quienes mencionan en su artículo denominado: “Estabilización del Suelo de Turba en La Pluma Rawa Salatiga Central Java utilizando Yeso y Sal Sintéticos”, que el uso del cloruro de sodio varió entre 2%, 4% y 6%, calculada a partir del peso seco del suelo, encontrándose que el NaCl presentó mejores resultados que otros compuestos para mejorar la resistencia al corte. Del mismo modo los autores (Garnica, Pérez , Gómez , & Yhaaraby , 2002) señalan en su informe “Estabilización de suelos con cloruro de sodio para su uso en las vías terrestres”, que los suelos arcillosos tienden a disminuir su resistencia a la compresión al incrementar el porcentaje de NaCl en 10%. En tal sentido, es preciso señalar que el exceso de NaCl podría desarrollar deficiencias

en el comportamiento del suelo analizado, para tal efecto los porcentajes seleccionados para el presente estudio fueron de 4%, 6% y 10 %; adicionalmente se consideró la muestra patrón en su estado natural. Las proporciones señaladas, se adicionaron en grano. En síntesis, las pruebas de laboratorio para la estabilización del suelo fueron:

1. Proctor modificado, donde se pretende evidenciar mejoras en el contenido de humedad y la densidad seca.
2. California Bearing Ratio, en donde se espera incrementar el porcentaje de CBR.
3. Compresión No Confinada, donde se espera incrementar la capacidad de carga no confinada.
4. Triaxial No Confinado No Drenado, donde se espera incrementar los parámetros del suelo (Ángulo de fricción interna y cohesión).

Finalmente, se formulan las preguntas de investigación, asociadas a la problemática y causalidad expuesta.

1.2 Formulación del problema de investigación

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la influencia de la estabilización con la adición de cloruro de sodio en las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso, caso construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020?

1.2.2 Problemas específicos

1.2.2.1 Problema Específico 1

¿Cuál es la influencia de la estabilización con la adición de cloruro de sodio en la capacidad de soporte (CBR), de un suelo arcilloso, caso construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020?

1.2.2.2 Problema Específico 2

¿Cuál es la influencia de la estabilización con la adición de cloruro de sodio en la Compresión No Confinada, de un suelo arcilloso, caso construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020?

1.2.2.3 Problema Específico 3

¿Cuál es la influencia de la estabilización con la adición de cloruro de sodio en la Compactación, de un suelo arcilloso, caso construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020?

1.2.2.4 Problema Específico 4

¿Cuál es la influencia de la estabilización con la adición de cloruro de sodio en la resistencia al esfuerzo cortante, de un suelo arcilloso, caso Construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020?

1.3 Justificación del Estudio

Los estudios deben impulsar el empleo de insumos que brinda la naturaleza, que no impacten en el medio ambiente y del mismo modo que sean caracterizados por su sostenibilidad, tomando en cuenta lo señalado, se establece la viabilidad del empleo del cloruro de sodio (NaCl) como insumo estabilizador de suelos finos. En tal sentido, en la presente investigación se demostró el mejoramiento de las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos en el distrito de Puente Piedra, a través de la incorporación de porcentajes de NaCl. Por otro lado, se establece de modo detallado, las diversas características referidas al comportamiento conjunto del NaCl. Por otro lado, se sugiere en las recomendaciones, el establecimiento de normativa para el empleo de NaCl en las actividades de estabilización de suelos en terrenos proyectados para edificaciones.

1.3.1 Justificación Técnica

De acuerdo con la revisión de la literatura internacional y nacional, existe limitaciones en publicación de estudios referidos a la estabilización de suelos finos con cloruro de sodio, enfocados en terrenos de fundación proyectados para edificaciones, el cual es una técnica que se caracteriza por su economía, para ello (Coarita, 2019) destaca la importancia del NaCl como aditivo que cumpla las condiciones técnicas y económicas. En ese sentido, se busca profundizar en la aplicación de técnicas analíticas a través de ensayos de laboratorio, para establecer la optimización de la capacidad de soporte, compresión no confinada, compactación y resistencia al esfuerzo cortante a través de comprobaciones de hipótesis nulas o alternativas o negativas.

1.3.2 Justificación Social

La justificación social está enfocada en que el estudio sirva de referencia entre los profesionales y técnicos del ramo, ya que podría servir como consulta para el desarrollo de futuros proyectos de edificaciones sociales, tales como edificios multifamiliares cimentados en terrenos finos, los cuales se emplazarían en diversas zonas del territorio nacional, tal cual lo refiere (Chavez, 2019), que establece que las investigaciones deben ser facilitadas a los gobiernos particulares y regionales que exploran procedimientos alternativos de solución de esta problemática.

1.3.3 Justificación Metodológica

La presente investigación propone lineamientos metodológicos asociados a las técnicas de recolección como la observación de la aplicación de pruebas de laboratorio, así como de exploración y análisis documental. Del mismo modo, se muestra las técnicas de análisis de datos a través de estadística inferencial, lo cual permitió desarrollar las pruebas de hipótesis.

Por último, se propone que los resultados de la presente investigación sirvan como antecedentes para el desarrollo de futuras investigaciones referentes a la estabilización de suelos finos con fines de edificación, considerando (Díaz, 2018) que señala que todo estudio tiene como objeto contribuir con información inédita a la actual.

1.4 Limitación del Estudio

Entre las restricciones principales se tiene, la limitada cantidad de investigaciones antecedentes, tanto en la literatura nacional e internacional. Asimismo, en el Perú no se cuenta con normatividad que establezca los lineamientos del uso del NaCl para la estabilización de suelos finos de fundación con fines de edificación, no se establece parámetros de uso de porcentajes, entre otros. Considerando otro tipo de limitaciones de acceso a insumos, el tipo de sal utilizada en el estudio fue del tipo de sal común, esto debido al difícil acceso a las canteras naturales. Por otro lado, la comercialización del insumo es por toneladas, razón por la cual se limitó el acceso a canteras, imposibilitando la toma de muestras para su análisis intrínseco, utilizándose la sal solo a nivel volumétrico en proporciones.

1.4.1 Limitación del orden tecnológico

El acceso a tecnología y técnicas de estabilización de suelos arcillosos para fines de edificación es muy limitado tanto en investigaciones antecedentes a nivel nacional e internacional, así como en normativa enfocada en el uso de NaCl.

1.4.2 Limitación por Temporalidad

El periodo de análisis, determinación y ejecución de las 9 calicatas, para las 48 muestras resultantes, se vio reducido a tres meses, considerando el avance físico de la obra del Centro Comercial Las Vegas Plaza, aunado a ello el periodo de emergencia sanitaria COVID 19, incrementó la duración de la investigación originando retrasos en la culminación en más de 100 días.

1.4.3 Limitación de los recursos

El acceso a canteras naturales limitó la obtención del cloruro de sodio industrializado, originándose el uso alternativo de sal común. Asimismo, la adquisición de cloruro de sodio industrial se da en unidades comerciales de cuando menos una tonelada.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Demostrar la influencia que tiene la estabilización con adición de Cloruro de Sodio en las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso, caso Construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020.

1.5.2 Objetivos específicos

1.5.2.1 Objetivos Específicos 1

Demostrar la influencia que tiene la estabilización con adición de Cloruro de Sodio en la capacidad de soporte (CBR) de un suelo arcilloso, caso Construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020.

1.5.2.2 Objetivos Específicos 2

Demostrar la influencia que tiene la estabilización con adición de Cloruro de Sodio en la compresión no confinada de un suelo arcilloso, caso Construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020.

1.5.2.3 Objetivos Específicos 3

Demostrar la influencia que tiene la estabilización con adición de Cloruro de Sodio en la compactación de un suelo arcilloso, caso Construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020.

1.5.2.4 Objetivos Específicos 4

Demostrar la influencia que tiene la estabilización con adición de Cloruro de Sodio en la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo arcilloso, caso Construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020.

1.6 Formulación de la Hipótesis

1.6.1 Hipótesis general

La estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso.

1.6.2 Hipótesis específicas

1.6.2.1 Hipótesis específica 1

La estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en la capacidad de soporte (CBR) de un suelo arcilloso.

1.6.2.2 Hipótesis específica 2

La estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en la compresión no confinada de un suelo arcilloso.

1.6.2.3 Hipótesis específica 3

La estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en la compactación de un suelo arcilloso.

1.6.2.4 Hipótesis específica 4

La estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo arcilloso.

1.7 Antecedentes

1.7.1 Antecedentes internacionales

-Según la publicación realizada en la Revista Ingenieros por (Rodríguez & Hidalgo, 2005) sobre el estudio de estabilización de suelos realizada en Colombia, que consistió en adicionar un ligante al suelo que cuya función será la de unir partículas mejorando sus propiedades mecánicas, siendo los materiales más usados en los suelos , el cemento asfáltico, el cemento hidráulico y la cal. Históricamente la cal se ha utilizado para estabilizar suelos cohesivos pero sus bondades como material estabilizante se han desechado cuando de suelo granulares se trata dejando beneficios como incremento de la resistencia mecánica, disminución de la deformabilidad y de la permeabilidad. Para el estudio con cada una de las proporciones se elaboraron 6 probetas de cal al 3%, 6%, 9% y 12% en peso. Adicionalmente se determinó la resistencia a la penetración mediante el ensayo CBR, para ello se utilizaron 02 fracciones la primera fracción de suelo fino granular como se muestra en:

Tabla 1. Características índices del material grueso granular.

CARACTERÍSTICA	NORMA	VALOR	REQUERIDO	OBSERVACIONES	
Índice de plasticidad	E-125 E-126	NP	Menor o igual a 3	CUMPLE	
C.B.R.	E-148	97%	80% mín.	CUMPLE	
Porcentaje desgaste	E-218	32%	40% máx.	CUMPLE	
Ind. Aplanamiento	E-230	30%	35% máx.	CUMPLE	
Ind. Alargamiento	E-230	33%	35% máx.	CUMPLE	
Equivalente de arena	E-133	25%	30% mín.	NO CUMPLE	
Gravedad Específica	E-128	2.91	-	-	Parte fina
	E-223	2.61	-	-	Parte gruesa
Limite líquido	E-125	21	-	-	Por casagrande
		27.92	-	-	Por penetrómetro
Porcentaje de finos	E-123	10.44	-	-	Por tamizado

Fuente: Rodríguez & Hidalgo (2005)

La cal utilizada era una cal hidratada y conteniente las siguientes características

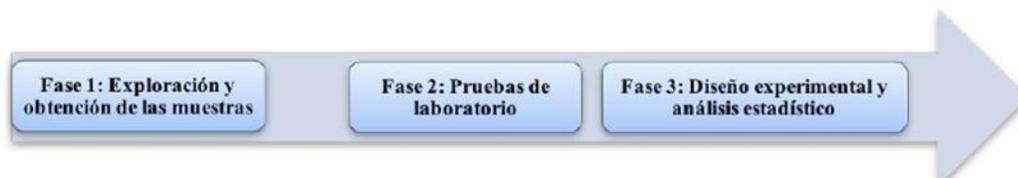
Tabla 2. Características de la cal.

Variable a inspeccionar (%)	P.a.f*	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Mgo	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
Resultados	3.34	0.53	0.21	0.08	94.6	0.5	0.05	0.03	0.02	0.44
Garantizado	3.68	0.71	0.21	0.04	93.92	0.89	0.05	0.07	0.02	0.03

Fuente: Rodríguez & Hidalgo (2005)

Se llegó a las siguientes conclusiones: De acuerdo con los resultados de los ensayos de compresión simple y de tracción indirecta se aprecia que el contenido óptimo de cal para estos suelos se encuentra entre el 6% y el 9% en peso. Se comprueba la sensibilidad de los suelos con algún contenido de finos, de tipo arcilloso, con respecto a la ganancia efectiva de resistencia. Pudimos comprobar que la resistencia de los suelos grueso granulares se incrementa con la adición de cal, sin embargo, son mayores en la medida que el suelo presente un mayor contenido de finos. A pesar del limitado número de ensayos de C.B.R se puede concluir que la capacidad de soporte del suelo estabilizado con cal aumenta aproximadamente en un 200% respecto al valor determinado sobre el suelo sin adiciones, aún con cortos periodos de curado y sumergidos.

-En el artículo publicado sobre la estabilización de las arcillas expansivas en viabilidades de comunidades urbanas publicado en la revista de Alta tecnología y Sociedad por (Mendez, 2017) en Chinpalcingo, México, precisó que los efectos de las arcillas expansivas han sido un gran problema que se ha reflejado en cuantiosas pérdidas de dinero , a fin de disminuir ello se ha venido utilizando diversos métodos para su estabilización física o electroquímica con la adición de la cal, las cenizas volantes y los aceites sulfonados. Se realizó en 3 fases como se muestra en esta investigación:



*Figura 5. Fases del desarrollo del estudio de arcillas expansivas en el estado de Tabasco.
Fuente: (Mendez, 2017)*

Los resultados obtenidos del ANOVA indican para el índice de plasticidad que existen diferencias altamente significativas en el nivel 1 (natural) (P 41.02 + DE 5.59) con respecto a los otros cuatro niveles. El nivel del 2% cal (P 31.75 + DE 0.56) no presentó diferencias significativas con el del 4% cal (P 24.72 + DE 1.36), el cual sí presentó diferencias significativas con respecto a los niveles del 6% y 8% de cal. El nivel de 4% de cal quedó interceptado entre los niveles 2% y 6% de cal. Es importante recalcar que los niveles del 6% y 8% (P 17.79 + DE 1.20 y P 17.46 + DE 1.59 respectivamente) de cal no presentaron diferencias significativas.

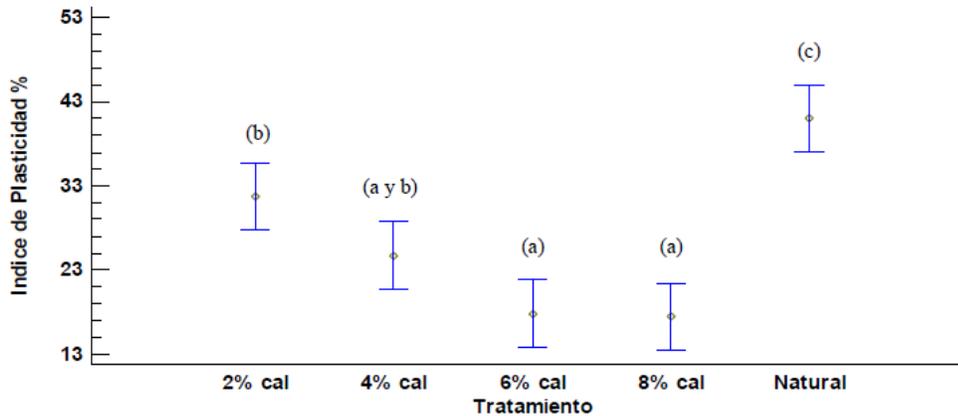


Figura 6. Valores promedios (+ EE) de diferencias de índices de plasticidad en las 3 muestras inalteradas (unidades experimentales) con cinco niveles diferentes. Letras diferentes nos demuestran diferencias estadísticamente significativas. (Bonferroni < 0.05)
Fuente: (Mendez, 2017)

El estudio presenta un método para la estabilización de las arcillas expansivas en comunidades urbanas por el método de adición de cal, fue necesario como primera instancia encontrar la cantidad adecuada de cal que se deberá agregar al suelo en estudio, se encontró el punto de fijación en el 6 y 8% en la cal donde los límites de consistencia ya no variaron. Se realizaron pruebas de compactación Proctor estándar, de acuerdo con las normas ASTM D698, al suelo mezclado con los porcentajes previamente fijados, la cual determinó la densidad seca máxima y el contenido de agua óptimo, aumentado de manera considerable en la mezcla arcilla-cal 6% y 8% con la arcilla en estado natural. Se realizaron pruebas de resistencia a la compresión simple de acuerdo con las normas ASTM D266 y D5102 a la mezcla arcilla-cal compactadas a sus valores óptimos de contenido de agua y densidad seca máxima, observándose que la cal aumenta la resistencia considerablemente, en comparación de la arcilla en estado natural.

Para verificar la efectividad de la estabilización se realizaron pruebas de expansión a la mezcla arcilla-cal de acuerdo con lo establecido con las normas ASTM D3877 Método B- Expansión libre comparándose así con la arcilla en estado natural, para la cal la expansión se

reduce desde de un 19%, 21 y 20 % a menos del 1%. La presión de expansión se reduce para la cal de 92 % con respecto a la arcilla en estado natural.

-De acuerdo con (Mas, García, Marco, & De Marco, 2016) **en su artículo publicado en la revista Información Tecnológica**, constataron que el uso de morteros fabricados con polvo de vidrio son viables desde el punto de vista de la resistencia a compresión en la estabilización de suelos, este estudio se dirige a evaluar la viabilidad ambiental de dichos morteros realizando ensayos de permeabilidad para posteriormente realizar un estudio de los lixiviados recogidos; resulta importante estudiar el nivel de toxicidad que se genera cuando se utilizan morteros fabricados con polvo de vidrio en la estabilización de suelos, dado que el material va a ser aplicado en el exterior, dónde el agua de lluvia, el agua superficial o las aguas subterráneas pueden ser responsables de que ocurran procesos de lixiviación. Para la realización de los ensayos se han utilizado el cemento Pórtland comercial (CEM I 52,5 R) como el polvo de vidrio usado como ligante que proviene de la molienda de los residuos de la industria cerámica.

Se ha preparado un mortero, según norma UNE-EN 196-1 con arena y ligante en una relación 2,75:1 y una relación agua/ligante de 0,52, en la composición del ligante, el 80% es polvo de vidrio y el 20% es cemento Portland.

Tras la elaboración del mortero, se hacen ensayos de permeabilidad de tres probetas por amasada y unidad de ensayo, adaptando la norma UNE-EN 12390-8 (permeabilidad bajo presión para hormigón endurecido) a fin de estudiar la evolución de la permeabilidad del testigo a lo largo del tiempo, así como evaluar los elementos presentes en los lixiviados procedentes de las aguas de filtrado recogidas. Los resultados se exponen en dos subsecciones: en una se estudia el caudal filtrado y la permeabilidad de la muestra y en la otra se examinan los elementos

arrastrados en la misma. El cromo en el vidrio es utilizado para conferir a éste propiedades características; también se observa una concentración de los elementos hierro, cobre, vanadio, níquel y molibdeno más alta en las primeras horas del ensayo, que tienden a disminuir hasta quedar estabilizadas transcurridas 20 h, resultando prácticamente nulas al finalizar el ensayo. Las variaciones de concentración que poseen estos elementos son comparables a las del sodio y el potasio, pero con valores más pequeños.

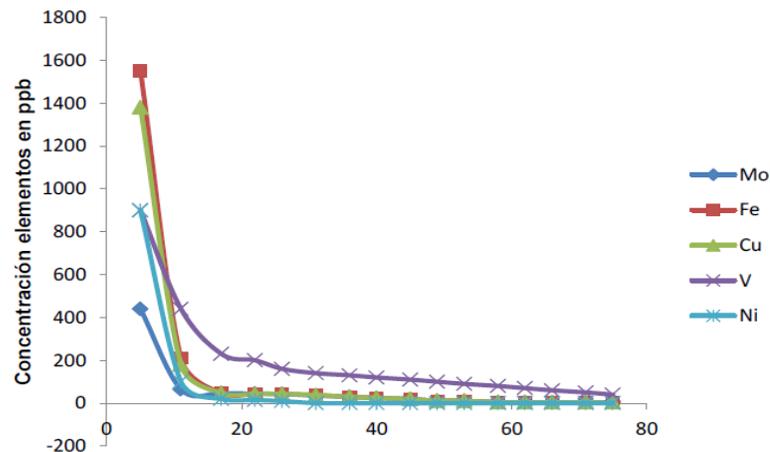


Figura 7. Variación de la concentración de hierro, cobre, vanadio, níquel y molibdeno.
Fuente: Mas, García, Marco, & De Marco (2016)

Como conclusión tenemos que la realización de los ensayos ha dado como resultado que el único elemento liberado en forma apreciable es el sodio (procedente fundamentalmente del vidrio). Todos los demás elementos son liberados en cantidades inferiores a un mg/l por lo que no representan peligro. Los resultados obtenidos se han comparado con la legislación pertinente, determinando que la inclusión del polvo de vidrio en la fabricación de morteros hace viable su uso en la estabilización de suelos.

-Según lo descrito en el Ensayo capacidad de soporte del suelo por (Ojeda, Sara, 2000) precisaron que la capacidad de soporte es una de las propiedades más importantes de los suelos, al estar sometido a tensiones es bastante más complejo que el de otros materiales. Las deformaciones que experimenta no sólo dependen del “tipo de suelo” que se trate, sino también del estado en que se encuentre éste en cuanto a su contenido de humedad, grado de compacidad, estructura interna, etc. El objetivo del ensayo es determinar la capacidad de soporte de un suelo en el laboratorio, se preparó tres probetas de suelo con la misma humedad y con niveles de energía variables Siendo la norma por utilizar NCh. 1852 Of. 81 (LNV 92 – 85). Para el procedimiento: se agrega agua según contenido de humedad óptima a cada una de las tres pailas de suelo en función de la masa y mezclar homogéneamente, colocar la mezcla en un depósito tapado por un periodo de media hora o más, según el tipo de suelo, para obtener una distribución uniforme de humedad. Para la penetración se debe dejar drenando la probeta por un periodo mínimo de 15 minutos, colocar sobre la probeta las cargas necesarias para producir una sobrecarga igual a la ejercida por el pavimento, redondeando a múltiplos de 2,27 kg (5 lb), en ningún caso debe ser menor que 4,54 kg, (10 lb), equivalente al peso de un pavimento de hormigón de 5 pulgadas de espesor, si la probeta ha sido previamente sumergida, la sobrecarga debe ser aplicada durante el periodo de inmersión, luego apoyar el pistón de penetración con la carga más pequeña posible, la cual no debe exceder de 45 N colocar los diales de tensión y deformación en cero aplicar la carga en el pistón de penetración de manera que la velocidad sea de 1,27 mm/min. Anotar las lecturas de carga en los siguientes niveles de penetración: 0.64 – 1.27 – 1.91 – 2.54 – 3.18 – 3.81 – 4.45 – 5.08 – 7.62 – 10.16 – 12.7 7mm. Resultados: con la humedad obtenida después de la penetración, determinó el grado de saturación de cada probeta,

usando los datos obtenidos para las distintas probetas, se graficó una curva “razón de soporte – densidad seca de compactación”.

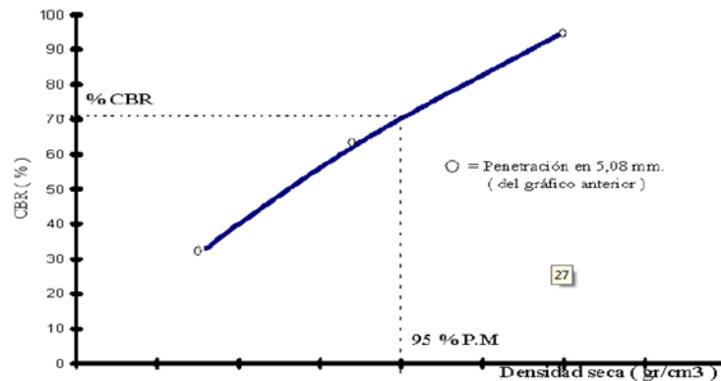


Figura 8. Curva de Densidad Seca- CBR (%)
Fuente: Ojeda & Sara (2000)

-Para la obtención del título de Ingeniero civil (López, M. A., 2017) con su investigación del “Mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de los suelos arenosos del sector de Pomasqui para cimentaciones superficiales y contrapisos, mediante el uso de cemento tipo MH”. Para el desarrollo de la investigación es necesario realizar un mejoramiento de suelo para disminuir la profundidad de la cimentación, o para homogenizar el suelo a lo largo de la misma. En el caso de los contrapisos muchas veces también es necesario hacerlo para disminuir el grosor de la losa de contrapiso y evitar posibles fisuras en la misma durante su uso. Antecedentes: La zona de Pomasqui se caracteriza entre otras cosas por tener un suelo superficial de tipo arenoso suelto, que dificulta la cimentación de estructuras livianas ubicadas en el sitio, ocasiona problemas frecuentes como la baja capacidad portante a profundidades menores a 3 metros, posibilidad de asentamientos diferenciales por las características del suelo, mismas que pueden causar grietas en paredes, así como también grietas en contra pisos Comúnmente se realizan reemplazos de suelo utilizando lastre (material de mejoramiento de sub-base clase 3 o

clase 2), lo cual significa incurrir en gastos de desalojo e importe de material. Procedimiento:

Para mejorar lo suelos es conveniente el uso de aditivos para estabilizarlos en campo, los aditivos más utilizados son la cal, el cemento y la ceniza, a fin de: a) Modificar las características del suelo, b) Agilizar el proceso de construcción c) Mejorar las características del suelo, resistencia y durabilidad. La selección del aditivo adecuado depende del tipo de suelo que se quiera mejorar; el uso de cal es más adecuado para suelos arcillosos, y el uso de cemento resulta más conveniente para suelos granulares. Se presenta el siguiente gráfico a fin de ver una guía del uso de ambos aditivos dependiendo de las características del suelo.

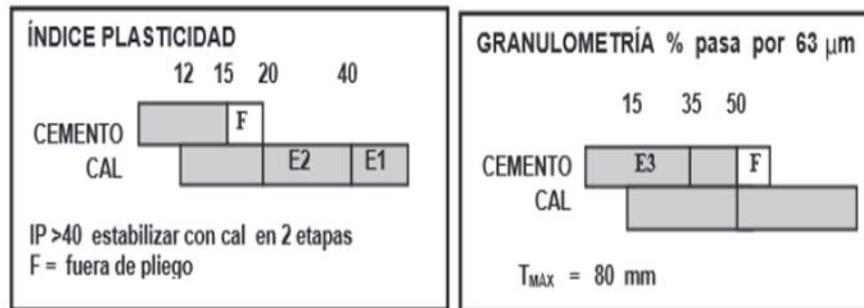


Figura 9. Gráfico simplificado para estabilización del suelo.

Fuente: Manual técnico de estabilización de suelos con cemento, IECA, 2013

La estabilización con cal suele aplicarse en suelos arcillosos, durante la estabilización se producen dos reacciones químicas puzolánicas que producen que las partículas de arcilla tiendan a unirse para formar partículas mayores, ofreciendo los siguientes beneficios: a) Reducción del límite líquido, b) Aumento del límite plástico, c) Se reduce el índice de plasticidad, d) Incrementa la trabajabilidad, e) Mejora las propiedades de deformación y resistencia del suelo.

El proceso de mejoramiento en campo puede realizarse de tres maneras, ya sea utilizando una mezcla de la cal y compactación en campo, una mezcla en planta para posterior transporte al sitio, o la inyección de lechada de cal en el suelo hasta una profundidad máxima de 4 a 5 m.

-El estudio realizado por (James, 2019) del Beneficio de resistencia de la enmienda aserrín / ceniza de madera en la estabilización de cemento de un suelo expansivo, evaluó los beneficios de resistencia obtenidos al modificar la estabilización del cemento de un suelo expansivo mediante el uso de cenizas de aserrín (SDA). Materiales y Métodos: Los diversos materiales adoptados en esta investigación incluyen un suelo expansivo que se estabilizó y la combinación estabilizadora de SDA y cemento. El suelo expansivo utilizado en la investigación se recolectó del distrito Thiruvallur de Tamil Nadu, India, se clasificó de acuerdo con los códigos de la Oficina de Normas Indias (BIS). El cemento adoptado para esta investigación fue el cemento Portland ordinario (OPC) disponible comercialmente. El SDA adoptado en la investigación se recolectó como aserrín de un aserradero local, se quemó en una sartén abierta y se tamizó a través del tamiz BIS 600 Micrón antes de su uso en la investigación. La muestra de suelo se caracterizó en el laboratorio geotécnico por sus propiedades de acuerdo con los diversos códigos de BIS seguidos de clasificación. Resultados y discusión: El suelo expansivo se estabilizó utilizando 2% y 6% de cemento. Tres contenidos de prueba de SDA adoptados en la investigación, seleccionados al azar fueron 5%, 10% y 20%. El efecto de la adición de SDA sobre la resistencia del suelo estabilizado se describe en las siguientes secciones. (a) Resistencia uniaxial del suelo estabilizado con cemento modificado con SDA, (b) Porcentaje de ganancia de resistencia del suelo estabilizado con cemento modificado con SDA, (c) Beneficios de la modificación SDA de la estabilización del cemento de la subrasante. Conclusiones: La investigación experimental trató de evaluar los beneficios potenciales de enmendar la estabilización del cemento de un suelo expansivo con SDA, un desecho generado debido a la quema de desechos de aserraderos, esto implicó enmendar el suelo estabilizado con cemento con SDA y evaluar su UCS, que se usó para predecir su CBR para analizar los ahorros en el espesor

del pavimento. Los verdaderos beneficios de la enmienda SDA se pueden obtener claramente mediante la realización de pruebas de CBR sin remojar y empapadas en las muestras estabilizadas, que se pueden llevar a cabo en futuras investigaciones.

-En la tesis presentada por (Porras & Garcia, 2014) titulada “Estabilización de Suelos con Cloruro de Sodio”, sustenta que la superficie de cada partícula de suelo posee carga eléctrica negativa, la intensidad de la carga depende de la estructuración y composición de la arcilla. La partícula atrae a los iones positivos del agua (H⁺) y a cationes de diferentes elementos químicos, tales como Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Al⁺⁺⁺, Fe⁺⁺⁺, el hecho de que cada partícula individual de arcilla se ve rodeada de una capa de moléculas de agua orientadas en forma definida y ligadas a su estructura. Metodología: Para el caso de estudio, se utilizaron cuatro suelos arcillosos de diferentes canteras y se caracterizaron con el ensayo de granulometría de acuerdo con la norma del Instituto Nacional de Vías, INVIA, INV E-123-07; una vez conocida la granulometría de los suelos se dio paso a determinar el límite líquido y límite plástico según las normas INV E-125-07 y INV E-126-07 respectivamente. Resultados: Según los resultados obtenidos de granulometría y límites se puede clasificar los suelos mediante el SUCS en el cual tres de los suelos estudiados están bajo la misma clasificación. Se opta por trabajar con dos suelos, suelo 2 y suelo 4 de mayor y menor plasticidad respectivamente.

Tabla 3. Tabla de Resistencia del suelo de mayor plasticidad a diferentes días y a diferentes cantidades de NaCl.

	% SAL	Esfuerzo [Kg/cm ²]	% Incremento
Día 7	0	0.72	0.00%
	1.5	0.83	15.52%
	3	0.79	9.20%
	5	0.45	-37.29%
	7	0.42	-41.95%
Día 14	0	0.65	0.00%
	1.5	0.86	31.66%
	3	0.82	25.90%
	5	0.33	-49.30%
	7	0.32	-51.02%
Día 21	0	0.67	0.00%
	1.5	0.92	36.93%
	3	0.84	25.28%
	5	0.25	-62.25%
	7	0.25	-63.21%

Fuente: Porras & García, 2014

Los resultados indican un incremento en la resistencia cuando el contenido de cloruro de sodio se encuentra entre 1% y 2.5%, donde se evidencia un aumento al pasar los días de fraguado, a mayores contenidos de cloruro de sodio se nota un descenso en la resistencia al pasar los días.

-Según señala (Guaman, 2016) **en su investigación de titulación, “Estudio del comportamiento de un Suelo Arcilloso Estabilizado por dos Métodos Químicos (cal y cloruro de sodio)”**, de la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, donde establece que las propiedades de los suelos finos se optimizan incorporando NaCl, considerando las siguientes: (a) El límite líquido y el índice de plasticidad sufren un decrecimiento. (b) Las partículas de roca caliza son solubles a soluciones de cloruro de sodio, (c) Aumenta la capacidad de retención de humedad, (d) El peso volumétrico y la resistencia a la compresión se incrementan, (e) La cohesión y el ángulo de fricción interna se reducen en especímenes que no pierden la humedad, por el contrario, si el espécimen se procesa a través de un secado, el ángulo de fricción y la cohesión se incrementan en gran medida.

-En el artículo publicado sobre la Influencia del cloruro de sodio en suelos arcillosos tratados con polvo de hornos de cemento: propiedades de resistencia, análisis de costos e impacto ambiental”, publicado por: (Ghavami S., Jahanbakhsh H. Azizkandi A.S., & Nejad F.M., 2020) **en irán**, señalan que esta investigación tiene como objetivo evaluar las propiedades microestructurales y geotécnicas, el impacto ambiental y el beneficio económico de la arcilla de caolinita tratada con polvo de horno de cemento (CKD) con la adición de cloruro de sodio (NaCl). Como mezcla química, se busca evaluar la resistencia de la combinación del NaCl y el suelo arcilloso estabilizado con cemento CKD. Con respecto a la investigación, se evaluó las características geotécnicas de suelos tratados con cemento CKD con diferentes contenidos de NaCl (2.5%, 5% y 10%). Se realizaron, pruebas de límites de Atterberg, Proctor estándar, resistencia a la compresión no confinada y CBR. Se encontró que la adición de NaCl a la arcilla estabilizada con cemento (CKD) aumento la densidad seca máxima y disminuyó el contenido de humedad óptimo. Por otro lado, el NaCl al adicionarse en 10% mejoró la resistencia a la compresión no confinada del suelo tratado con CKD en un 18,7%, incrementándose en 8% más con respecto a la muestra patrón de NaCl. Por otro lado, los resultados revelaron, que el diagrama de CBR es creciente, lo cual es favorable para la resistencia del suelo arcilloso. El suelo arcilloso estabilizado con un 15% de cemento (CKD) y un 10% de NaCl como método estabilizante, es viable en el aspecto ambiental, ya que se podría reducir el consumo de energía y costo de estabilización del suelo arcilloso.

-Según señalan, (Rahil, F. H.; Al-Soudany ,K.Y., Abbas, N. S.; & Hussein, L. Y., 2019),
en su trabajo de investigación denominado: “ Propiedades geotécnicas de suelos arcillosos inducidas por la presencia de Cloruro de sodio”, de la Universidad de la Tecnología, departamento de Ingeniería de Edificación y Construcción de Bagdad-Iraq , donde se establece que la presencia de cantidades apreciables de sal soluble; indica que las propiedades de ingeniería de los suelos arcillosos pueden cambiar debido a la presencia de aguas filtradas. Por lo tanto, se realizó en el laboratorio de mecánica de suelos el estudio de las propiedades geotécnicas de los suelos arcillosos con proporciones de Cloruro de Sodio correspondientes a: (0%, 5%, 10% y 15%). Así mismo se tomaron muestras de tres tipos de suelos arcillosos en la ciudad de Bagdad. Luego, se realizaron ensayos característicos, como los relacionados a la obtención de los límites de Atterberg, compresión no confinada, gravedad específica, compactación y consolidación, con el objetivo de encontrar el efecto del contenido de NaCl en las propiedades del suelo arcilloso. Los resultados a los que llegaron los investigadores mostraron que el índice de plasticidad, el contenido óptimo de humedad, el índice de compresión y la resistencia a la compresión no confinada disminuyen con el aumento de sal. Ello significó que los bajos porcentajes de sal solubles aumentaron la compresibilidad del suelo a través del aumento de la densidad seca máxima mientras que los altos porcentajes la redujeron lo cual indica que el cloruro de sodio genera una reducción significativa en la compresibilidad y resistencia. Así mismo, se demostró que la adición de NaCl mejoro la compactación y las características del CBR. Adicionalmente, el estudio menciona que el efecto de la adición de cloruro de sodio en determinados porcentajes aumenta la densidad seca y al mismo tiempo disminuye el contenido de humedad óptimo. Finalmente, se demuestra que la cantidad de salinidad intrínseca del suelo no tiene un impacto significativo en las características de compactación. Por ello, se puede

deducir que, al aumentar el contenido de sal, para los tipos de suelos estudiados, las muestras exhiben un ligero aumento en el peso unitario seco máximo para suelos de baja plasticidad.

Mientras que para suelos de alta plasticidad aumenta cuando se adiciona hasta un 5% de NaCl luego de lo cual disminuye.

-De acuerdo con (Wilson, A., & Vasudevan, A. K., 2019), **en su artículo denominado: “Resistencia y rigidez de los suelos en condiciones de salinidad”, en La India**, se señala que la salinidad del suelo es la concentración total de sales solubles en él. Este estudio evalúa el efecto de la salinidad del agua sobre la resistencia y rigidez del suelo arcilloso, arcilla marina y suelos laterítico, que se recogió de un campo de arroz en Challissery, distrito de Kerala. Se determinó, mediante el ensayo de granulometría y el sistema de clasificación de suelos, que el tipo de suelo era una arcilla de alta plasticidad (CH). Los especímenes ensayados fueron preparados con diferente salinidad en el agua para evaluar la resistencia y rigidez del suelo, utilizando diferentes concentraciones de solución de cloruro de sodio (0%, 0.1%, 0.25%, 2.3% y 2.5%). Seguidamente se desarrolló el ensayo de compresión triaxial, pudiéndose comprobar que la resistencia al corte de un suelo se deriva de dos parámetros: la Cohesión (c) y el Angulo de fricción interna (ϕ). Al interactuar entre sí le otorgan resistencia al cizallamiento al suelo. A partir de los resultados de la prueba triaxial se estudió la resistencia y rigidez de los tres tipos de suelos en diferentes condiciones de salinidad. Se observa que los parámetros de resistencia al corte y la rigidez del suelo aumentaron considerablemente de acuerdo al aumento del contenido de sal. Cabe resaltar que la prueba Triaxial desarrollada corresponde a ensayos de corte triaxial no consolidada no drenada en los tres tipos de suelos estudiados (con y sin contenido de sal) durante periodos de 0 y 7 días de curado con diferentes presiones de confinamiento (50, 100 y 150 kPa). El objetivo del estudio fue demostrar que es posible la estabilización del suelo

empleando un material de bajo costo que mejore la resistencia al corte, así como las propiedades geotécnicas del suelo. La conclusión a la que llegaron los investigadores en este estudio, para suelos arcillosos, lateríticos y arcillosos marinos, fue que la resistencia del suelo aumenta efectivamente con el aumento de la concentración de NaCl. Los parámetros de resistencia al corte y el módulo de elasticidad aumentan hasta su valor óptimo y luego disminuyen.

1.7.2 Antecedentes nacionales

-En el informe de investigación elaborado por (Bonifacio & Sanchez, 2015) titulada “Estabilización Química en Carreteras no Pavimentadas usando Cloruro de Magnesio, Cloruro de Calcio y Cemento en la región Lambayeque”, se mostró que los suelos con contenidos apreciables de arcillas y limos, muy frecuentes en toda geografía, presentan graves problemas geotécnicos para su empleo en la construcción de infraestructuras debidos a su elevada plasticidad, reducida capacidad portante e inestabilidad de volumen en función de la humedad.

Resultados: (a) Debe evitarse el uso de NaCl en un terreno de capilaridad alta, donde haya una fuente de agua a poca profundidad (nivel freático) o en un lugar con infiltración lateral; a menos que se tomen las precauciones adecuadas para interceptar este flujo de agua y drenarlo de la base o sub-base estabilizada, ya que el cloruro de sodio es soluble en agua y se le debe proteger contra la cantidad excesiva de humedad. (b) El cloruro de sodio se debe dosificar acorde a la cantidad de material a utilizar, los porcentajes de NaCl deben estar correctamente calculados para obtener resultados esperados en la estabilización de los suelos. (c). La adición de cloruro de sodio es un método para reducir la evaporación en los suelos, ya que atrapa la humedad que la rodea, y crea una capa en la parte superior de las capas compactadas con sal, lo cual impide que

la humedad se evapore con facilidad y ayuda a obtener un mejoramiento en la densificación. (d). El tiempo en el que la humedad se evapora en suelos con cloruro de sodio, es significativamente mayor en comparación al tiempo de evaporación de humedad en suelos sin NaCl. (e). Se observa que, en las características de compactación de los suelos, la densidad seca máxima aumenta y la humedad óptima de compactación disminuyen con cada incremento en porcentaje de cloruro de sodio (NaCl). (f). La resistencia a la compresión tiende a disminuir con el incremento de NaCl. Sin embargo, la resistencia muestra un leve aumento en la arena caliza con porcentajes de NaCl inferiores al 2%, por tal motivo, el porcentaje máximo aceptable de NaCl para los materiales arena limosa y arena caliza no debe exceder del 2% respecto al peso del material. (g). Al adicionar cloruro de sodio con un alto contenido de humedad, casi al punto de saturación, y dejar secar el material, se observa que la sal crea una cementación entre partículas dándole una mayor resistencia a la compresión y crea una capa blanquecina en la parte superior de la muestra.

Conclusiones: El agregado pétreo proveniente de las canteras Cerro Escute y Cachiche son materiales GP, con índice de plasticidad elevados y por ende es factible la estabilización. Los agregados pétreos provenientes de las canteras Cerro Escute y Cachinche son materiales con bajo porcentaje de CBR que no cumple con lo estipulado por el reglamento que admite un CBR de 40%, por lo tanto, son materiales para estabilizar. La incorporación de cloruro de calcio y cloruro de magnesio en porcentajes de 1%, 2% y 3% en peso al agregado pétreo provenientes de las canteras Cachinche y 1%, 4% y 6% Cerro Escute dieron resultados no favorables en el CBR respectivamente, brindando un incremento mínimo al suelo sin estabilizar por lo tanto no es apto estabilizar este tipo de material que tiene las canteras en estudio ya que no se llega a lo estipulado por el reglamento que admite un CBR de 40%. Se obtuvieron mejores resultados de CBR con porcentajes de 2% para las estabilizaciones con cloruro de calcio y 4% para el cloruro

de magnesio. La aplicación de cemento, si es factible para mejorar el CBR de las canteras tomadas en estudio, llegando a satisfacer lo que estipula el reglamento incrementando un porcentaje de 8% - 9% de cemento a las muestras en estudio.

-De acuerdo (Bulnes, C.& May, E., 2019), en la tesis para obtener el título de Ingeniero Civil, titulada “Comparación del Cloruro de Magnesio (Bischofita) frente al Cloruro de Sodio como Estabilizante Químico para mejorar la Subrasante en la vía en la cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura, 2018”, se tuvo como objetivo evaluar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante ubicada en la vía a la Cantera Santa Rita del distrito de Pariñas, de la provincia de Talara, del departamento de Piura, por consiguiente se realizó dos estabilizaciones con Cloruro de Sodio (NaCl) y el Cloruro de Magnesio (MgCl₂); para la investigación se consideraron los porcentajes de 5%,10% ,15% y 20%, cuyas pruebas se realizaron a las muestras extraídas de 4 calicatas ubicadas a lo largo de 250 metros de carretera , donde el tipo de suelo es arena limosa “SM” según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS),con un material de baja plasticidad. Según los resultados obtenidos de la adición de Cloruro de sodio (NaCl) se obtuvo en ensayo de Limite Plástico un descenso cuando se le adiciona más porcentajes de (NaCl), por ello se representa que el 5% de Cloruro de Sodio (NaCl) da un valor de 20.50% y al adicionar el 20% de (NaCl) se produjo un descenso resultando un valor de 17.65%. En el caso del índice plasticidad, se presenta el mayor valor cuando se adiciona un 20% de (NaCl), obteniéndose un valor 6.85%. Sin embargo, podemos afirmar que, para la Densidad Máxima Seca, desciende a la adición (NaCl), se puede observar que para la adición del 5% de (NaCl) se obtuvo como resultado 2.172 g/cm³, mientras que al adicionar al 20% de (NaCl), es menor es su densidad máxima, dando como resultado 2.157 gr/cm³. Por otro lado, con respecto a la humedad óptima, se representa un descenso, siendo el mayor valor obtenido al

adicionar 5% de (NaCl), el cual nos da como resultado 8.50% y el mínimo valor cuando se le adicionar 20% de Cloruro de Sodio (NaCl) obteniéndose un valor de 7.00%. Para el California Bearing Ratio (CBR), se observa un aumento considerable al adicionar el 5% de (NaCl) con un valor mayor de 52.55% y la menor resistencia cuando se le adiciono el 20% de Cloruro de Sodio (NaCl), con un valor de 42.82%. Finalmente se concluye que al adicionar más porcentajes de (Cloruro de Magnesio) se obtuvo un incremento en sus propiedades físicas y químicas con pruebas 5% hasta el 20% de adición de Cloruro de Magnesio, por ello, hubo un mayor incremento su tensión superficial y su resistencia al combinarlo con los distintos porcentajes. Por otro lado, se concluyó que la incorporación de Cloruro de Sodio (NaCl), varia al incorporar de 5% hasta el 20% NaCl, adquiriendo menor resistencia al suelo.

-En la tesis realizada por (Cochachin , R. , 2018), para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la universidad San Pedro, denominada “Estabilización y durabilidad de sub base usando la cantera de Challhua con adición de cloruro de sodio en 2%, 4% y 6% - Huaraz – 2017”, se precisa señalar como objetivo el aumento del índice CBR con la adición de Cloruro de sodio en diferentes porcentajes y además verificar su durabilidad, modificando sus propiedades físicas y mecánicas. La metodología de investigación que se utilizó “cuasiexperimental” esto es debido a que se evaluó mediante ensayos como Granulométrico, los Límites de Atterberg, Proctor Modificado y CBR. En los resultados obtenidos con la incorporación de cloruro de sodio (NaCl), aumenta la densidad seca máxima y se redujo el contenido de humedad óptimo de compactación, existiendo el riesgo de tener un óptimo contenido de humedad muy bajo, con lo cual la compactación no sería la adecuada. Además, existiría una mayor capacidad de absorción, la razón de esto es que el agua llena los espacios del suelo ocupados por el aire, permitiendo la mejor acomodación de las partículas, mejorando la

compacidad. Por lo que se concluyó que la adición del cloruro de sodio a más del 4% disminuyó el porcentaje de CBR, lo que indica que el contenido de cloruro de sodio de 4% y 6% afecta de forma negativa el CBR. Se observa que la adición del 2% de NaCl aumentó el CBR en un 3.1% respecto a la muestra patrón. Concluyendo así que la cohesión y resistencia del suelo aumenta con el 2% NaCl. Se concluye también que se obtiene un efecto negativo al agregar porcentajes de 4% y 6% de NaCl así mismo con una penetración de 0.2” la resistencia disminuye en todos los porcentajes.

-En la investigación realizada por (Fernandez, L., 2018), para la obtener el grado de título de Ingeniero Civil denominada “Estabilización de suelos arcillosos mediante adición de Cloruro de Sodio (NaCl) para uso de vías terrestres. Estudio de casos: suelos de Chachapoyas, 2016”, en la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, precisa como objetivo principal determinar la concentración optima de cloruro de sodio para la estabilización de suelos arcillosos de Chachapoyas, con el fin de determinar una mejora en las propiedades físicas y mecánicas de un suelo arcilloso de alta plasticidad, es necesario determinar la concentración optima de (NaCl) para estabilización del suelo, por lo cual se valió de los resultados obtenidos mediante ensayos laboratorio con diferentes porcentajes de sal, para dos tipos de suelo arcilloso de alta plasticidad (CH) y de baja plasticidad (CL). Como resultado se obtuvo resultados evaluando diferentes porcentajes de Cloruro de Sodio, los cuales fueron 2%, 5%, 10%, 20%, 30% y 50%. Se observó que las propiedades físicas del límite líquido son más estables en la muestra patrón con un valor de 64.4%, en cambio para una concentración de 50% de NaCl, el suelo es más inestable con un valor de 29.5%. Por otro lado, para el límite plástico se observa un aumento considerable con la adición 5% de NaCl con un valor de 28.2%, logrando un mejor cambio, mientras que para una concentración del 50% de NaCl tiende a ser un

valor de 20.1%. En el caso del óptimo contenido de humedad se observó que la concentración para muestra patrón el suelo se torna más estable 18.8% y pasa lo contrario con un 50% de NaCl disminuyendo a 6.8%. Para la densidad seca máxima es todo lo contrario con los diferentes porcentajes de NaCl que aumenta al adicionar con 50% de NaCl, siendo el máximo valor de 1.917g/cm³, el suelo se comporta de manera estable, para la muestra patrón se torna totalmente inestable a 1.722 g/cm³. De acuerdo con los resultados obtenidos del ensayo CBR, se concluye que al adicionar 50% de NaCl se alcanza un valor de 15.7% siendo esta la concentración óptima para adicionar a este tipo de suelo arcilloso, para la muestra patrón es de 1.8%. Se concluye que el estudio realizado demuestra que el Cloruro de Sodio, al incrementar el contenido de sal el material disminuye su plasticidad por lo cual se tiene mejores propiedades mecánicas, obteniéndose así una concentración óptima el 50% de (NaCl), mejorando su resistencia del suelo, expresada en el valor del CBR.

-En la investigación realizada por (Iparraguirre Gomez, H. E.; Rodríguez Gonzáles, O. A., 2020) **titulada “Efecto del Cloruro de Sodio en el CBR de un suelo arcilloso en el caserío de Huangamarca, distrito de Otuzco” en Trujillo, Perú.** Se precisa señalar como objetivo principal determinar la influencia en el mejoramiento de un suelo arcilloso en el Caserío de Huangamarca, distrito de Otuzco. Para lo cual, se obtuvo 2 calicatas ubicadas en la carreta que une dos tramos Huangamarca y usquil. Se determinó que el material arcilloso, presenta baja permeabilidad en presencia de agua, por lo que se requiere estabilizarlo para mejorar sus propiedades mecánicas adicionando proporciones de NaCl en porcentajes diversos (15%, 20% y 25%). Para lo cual se realizaron pruebas de laboratorio correspondientes a Ensayos de Granulometría, Límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR. De acuerdo a la clasificación SUCS, se determinó un suelo arcilloso con grava y arena. Así mismo según la clasificación

AASHTO, se determinó que la muestra extraída correspondía a un suelo limoso regular malo. En los resultados de las muestras de suelo con proporciones de NaCl correspondientes al 15% y 20% se aprecia un incremento en el CBR, en tanto que para el 25% se presenta un decremento en el índice de CBR con respecto a la muestra patrón. Finalmente se concluye que el porcentaje óptimo de NaCl fue del 20%, esto debido a que se presentaron los mejores resultados como agente estabilizante para dicha proporción lográndose incrementar la resistencia del terreno, durabilidad y transitabilidad.

-En la tesis realizada por (Tacca Huaracca, J. A., 2021), para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, denominado “Estabilización de suelo arcilloso con adición de Cal para el mejoramiento de la subrasante, Vía de Evitamiento, Abancay–Apurímac, 2021”. Cuyo objetivo principal fue estabilizar el suelo arcilloso con adición de cal para el mejoramiento de la subrasante en la Vía de Evitamiento, Abancay – Apurímac. Para el estudio se realizaron dos calicatas a lo largo de una carretera de 500m. En base a la clasificación SUCS se determinó que el tipo suelo corresponde a una Arcilla Limo Arenosa de baja plasticidad. Así mismo la metodología aplicada corresponde a un enfoque cuantitativo del tipo aplicada y a un diseño experimental. Los resultados obtenidos al adicionar proporciones de cal correspondientes a 4%, 8% y 12% demostraron mejoras en la capacidad de soporte del suelo y por consiguiente en la estabilización del suelo para la subrasante. En base a los resultados obtenidos, se observó que los valores del CBR al (95%) fueron los más favorables. Así mismo se determinó que al adicionar una proporción de Cal correspondiente al 12% el CBR obtenido fue de 28.5%, al adicionar 8% de cal el CBR obtenido fue de 24.95%, al adicionar 4% de cal el CBR obtenido fue de 19.2%. Dichos valores evidencian un aumento en los valores CBR con respecto a la muestra patrón. Finalmente, en base al análisis estadístico realizado se puede afirmar que el suelo tratado

con 12% de cal influye significativamente y de manera positiva en el CBR. Además, se concluyó que las proporciones de 4%, 8% y 12% de Cal mejoraron la capacidad de soporte del suelo y que la proporción óptima de cal corresponde a un 12%.

1.8 Bases Teóricas

Las bases teóricas consideran los conceptos de cada una de las variables, dimensiones, indicadores, métodos, técnicas, entre otros que sustentan el desarrollo de los objetivos de la presente investigación:

Tabla 4. Esquema de objetivos-marco teórico

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	REFERENCIA
Estabilización de suelos arcillosos con la adición de NaCl	ESTADO NATURAL	Suelo	Sanz,1975
		Formación de suelos	Braja,2015
		Tipos de suelos	Gonzales,Ferrer,Ortuño,2004
		Clasificación SUCS	Terzagui y Peck,1967
		Resistencia al corte	Braja,2015
		Criterio de falla de Mohr-Coulomb	Suarez,2009
	ADICIÓN DE NACL	Estabilización de suelos	MTC,2000
		Estabilización de suelos con NACL	MTC,2000
		Cloruro de sodio	Sharpe A,1993
	Propiedades mecánicas de suelos arcillosos	CAPACIDAD DE SOPORTE	Contenido de humedad
Análisis granulométrico			NTP,1999
Límites de consistencia			MTC,2000
COMPRESIÓN NO CONFINADA		Contenido de sales solubles	CRTO
		Porcentaje de capacidad de soporte	CBR-MTC-E-132
PROCTOR MODIFICADO		Esfuerzo de compresión no confinada	CBR-MTC-E-132
		Máxima densidad seca	MTC,2000
RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE		Óptimo contenido de humedad	MTC,2000
		Cohesión	NTP,2005
			Ángulo de fricción interna

Fuente: Propia

1.8.1 Suelo

“los suelos se definen como aglomerados de partículas procedentes de la descomposición de las rocas debido a la erosión: están contruidos por elementos relativamente pequeños y no homogéneos”. Cuyo término es aplicado por la geotécnica, ciencia que se ejerce en la construcción, determinado las presentes características físicas y mecánicas de cada depósito de suelo, con o sin materiales orgánico. (Sanz, 1975).

1.8.2 Formación de Suelos

En su mayoría los suelos se forman por la erosión de las rocas. Las propiedades físicas del suelo quedan determinadas por los minerales que contienen las partículas sólidas del suelo (Braja M., 2015).

El proceso de formación de suelos se da por la Meteorización (descomposición de roca debido al intemperismo en fragmentos más pequeños), la meteorización puede ser mecánica o química, en la meteorización mecánica intervienen agentes que producen cambios físicos en la roca tales como el viento, los glaciares, arroyos y ríos, olas del mar. En la meteorización química los minerales de roca se transforman en otros nuevos minerales por reacción química.

Los minerales de arcilla son un producto de la meteorización química y proporcionan la propiedad plástica a los suelos de grano fino, Hay tres tipos principales de minerales de arcilla: Caolinita, Ilita y Montmorillonita.

Finalmente, los productos de la meteorización pueden ser transportados por el hielo, el agua, el viento y la gravedad, dando origen a los suelos transportados. Así mismo los suelos pueden no ser transportados y permanecer en su lugar de origen de descomposición, dando origen así a los suelos residuales.

1.8.3 Tipos de Suelos

Según (González de vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo , 2004) define que los suelos se diferencian dependiendo del tamaño de partículas y composición química que conforman el suelo. Así mismo, el suelo se clásica en cuatro grandes grupos en función a su granulometría. Gravas, con tamaños de granos entre 8-10cm y 2 mm; se caracterizan por fragmento de grano fácil de identificar a simple vista. No retienen agua, por la inactividad de su superficie y los grandes huecos existentes entre partículas. Arenas, está compuesto por partículas de tamaño considerable entre 2 y 0.060 mm, de tamaño considerable que se observa a simple vista. Cuando se mezclan con el agua se drena fácilmente, separándose en ella con facilidad. Limos, son partículas microscópicas entre 0.060 y 0.002 mm (algunas normativas indican que este último valor debe ser 0.005 mm) que constituye granos muy finos de cuarzo y en fragmentos de micáceos. Retienen el agua mejor que los tamaños superiores. Si se forma una pasta entre agua y limo en estado humedecido se dificulta su trabajabilidad produciéndose exudación. Arcillas, formadas por partículas de tamaño submicroscópicas inferior a los limos (0.002 mm). Están formadas, principalmente, por minerales silicatados, constituidos por cadenas de elementos tetraédricos y octaédricos, unidas por enlaces covalentes débiles, teniendo como capacidad de retener el agua, se caracterizan por un pobre drenaje.

1.8.4 Clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)

En base (Terzaghi & Peck , 1967) Este método permite definir la clasificación de suelo en base al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, que permite una digna de confianza sobre la base de algunos ensayos de laboratorio de suelos minerales y orgánicos, provee una base práctica para representar como símbolos de grupos que consta de un prefijo y un sufijo. “Como

todos los procedimientos basados en la granulometría o en las propiedades de los suelos amasados, no alcanza a tomar en consideración las características de los materiales intactos como presentan en la naturaleza”. Por ello, se descripción de las propiedades en base a la ingeniería de las masas o depósitos de los suelos que servir como puntos de partida.

1.8.5 Resistencia al Corte de los Suelos

Según (Braja M., 2015) La resistencia cortante de un suelo es la resistencia interna por unidad de área que una masa de suelo ofrece a la falla y deslizamiento en cualquiera de sus planos internos, el conocimiento de la resistencia al corte es necesario para poder estimar: Capacidad de carga de cimentaciones superficiales, Estabilidad de taludes, Presión lateral de tierra y capacidad de carga de pilotes. La resistencia al deslizamiento o falla se debe principalmente a: la cohesión entre las partículas sólidas, la fricción entre las partículas sólidas, el contenido de humedad y la presión intersticial de agua.

1.8.6 Criterio de Falla de Mohr-Coulomb

En base a (Suárez, 2009) El círculo de Mohr representa los resultados de la resistencia al corte ensayado de los suelos por el ensayo triaxial y la envolvente de los círculos de Mohr representa los esfuerzos en el momento de una falla al corte, esto se debe a una combinación de esfuerzos, estos esfuerzos se dibujan por puntos de coordenadas, definiendo los valores de máximo σ_1 y σ_3 mínimo, conocidos como esfuerzos principales. Por lo tanto, se denomina la envolvente de esfuerzo como esfuerzo efectivo, que se refleja la presión de poros producida durante el corte no drenado, en cambio para el esfuerzo normal se manifiesta cuando hay cambio en la presión de poros, el cual es igual al aumento de la carga. Así mismo, el esfuerzo efectivo es constante y la resistencia también a pesar de que se produce cambios en el esfuerzo total normal.

Ecuación aplicable a la mecánica de suelos

$$\tau = c' + (\sigma - u)\tan\Phi' = c' + \sigma'\tan\Phi$$

Donde:

τ = Esfuerzo cortante en el plano de falla

σ = Esfuerzo normal en el plano de falla

c' = Esfuerzo de cohesión efectiva

Φ' = Angulo de fricción efectivo

σ' = Esfuerzo efectivo

1.8.7 Estabilización de Suelos

La estabilización de los suelos también se le denomina mejoramiento de la alteración de las propiedades físicas a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Por lo general se realiza en suelo inadecuado o pobre, incorporando uno o más agentes estabilizantes. La estabilización consiste en mejorar la resistencia al esfuerzo cortante, la deformabilidad o compresibilidad, seguido de un proceso de compactación. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013, pág. 340). En base a (Afrin, H., 2017, págs. 365-370), Estabilización de suelos puede ser definida como la alteración de los suelos para mejorar sus propiedades físicas del suelo; aumentando su resistencia al cizallamiento de un suelo y controlar las propiedades de expansión y contracción de un suelo, mejorando así las capacidades de carga de un suelo; incorporando diversos métodos para lograr la estabilización mediante la mezcla homogéneas, para el mejoramiento de un suelo especial, material de cementación, o de otros metales químicos mejorar una o más de sus propiedades. De

esta forma los agentes de estabilización pueden mejorar y mantener el contenido de humedad del suelo, aumentar la cohesión de las partículas del suelo y servir como cementación en agua con agente de corrección.

1.8.8 Tipos de Estabilización

1.8.8.1 Estabilización Química

La estabilización química de suelos consiste en el empleo de sustancias químicas para mejorar las propiedades ingenieriles de los suelos, reduciendo su plasticidad y haciéndolos más resistentes, el potencial de expansión y contracción en condiciones ambientales. En general el uso de aditivos químicos incrementa en la capacidad de soportar cargas sin deformación, entre otros para dispersar ligeramente sus partículas y ayudar en el proceso de manejabilidad de suelos, haciendo el material fácil de usar para la construcción. Es importante para el ingeniero conocer las variadas opciones que existen para la estabilización de suelos por medios químicos, ya que cada una de ellas es eficaz para determinados tipos de suelos. En el diseño de la estabilización de un suelo con agentes estabilizantes químicos se deben tener presentes las variaciones que se espera lograr en los que se respecta a la estabilidad volumétrica (asentamiento o expansión), resistencia mecánica, permeabilidad, durabilidad y compresibilidad. Son procedimientos, de estabilización química de suelos más conocidos y empleados son: suelo-cementos; suelos-cal; suelo-asfalto; estabilización con sales; estabilización con polímeros, enzimas, compuesto resinosos y otros. (Junco J. & Tejada E., 2011, pág. 4).

1.8.8.2 Estabilización Mecánica

La estabilización mecánica depende de la cohesión y de la fricción interna que puedan desarrollarse mezclando adecuadamente distintos tipos de suelos que han sido acarreados de otros materiales, que se van uniendo las partículas por acción de compactación, estática o dinámica; mediante maquinas como por ejemplo compactación, vibro flotación, voladura o blasting, compactación dinámica, precarga y drenes de arena. Sabemos que los suelos de grano grueso, como las gravas y arenas, poseen fricción interna relativamente alta, mientras que los suelos de partículas finas, como las arcillas que presenta bastante cohesión cuando su contenido de humedad se encuentra dentro de ciertos límites, tienen escasa fricción interna, excepto cuando están secos. Ya que, si las partículas pueden moverse libremente, se separarán de la mezcla y se reducirá la magnitud de la fricción interna que pudieran desarrollar, es necesario agregar un agente aglutinante que mantenga firmemente unida a las partículas gruesas de grava y arena. (Crespo C., 2004, pág. 340).

1.8.9 Estabilización de suelo de con Cloruro de Sodio

La sal es un estabilizante natural, compuesto aproximadamente por 98% de NaCl y un 2% de arcillas y limos, cuya propiedad fundamental, es absorber la humedad del aire y de los materiales que lo rodean, al agregar sal a los suelos se considera reducir el punto de evaporación del agua y mejorar la cohesión del suelo. Su poder coagulante conlleva a un menor esfuerzo mecánico para lograr la densificación deseada, debido al intercambio iónico entre el sodio y los minerales componentes de la matriz fina de los materiales, se produce una acción cementante. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013, pág. 121). Las características típicas de la

sal (cloruro de sodio) que se usaron para el desarrollo de los ensayos de laboratorio son los siguientes (Ensal):

Tabla 5. Características típicas de la sal (cloruro de sodio) manual de carretera MTC.

Características	Límites
Cloruro de sodio, %	98.00 – 99.70
Humedad, %	2.00 – 3.60
Materia insoluble, %	0.007 – 0.175
Ion calcio, %	0.035 – 0.910
Ion magnesio, %	0.002 – 0.074
Ion sulfato, %	0.125 – 0.355
Tamiz 4.75 mm (Nº 4)	20 – 55%
Tamiz 1.18 mm (Nº 16)	50 – 70%
% Pasa Tamiz 1.18 mm (Nº 16)	13% max

Fuente: MTC, 2013

Al agregar la sal se considera que se reduce la evaporación del agua debido al incremento en la tensión superficial. Sin embargo, cuando la aportación de agua a la superficie expuesta es menor que a evaporación, la superficie se empieza a secar y el cloruro de sodio cristaliza en la superficie y en los vacíos, lo que puede ayudar a formar una barrera que impedirá posteriores evaporaciones (Garnica, Pérez , Gómez , & Yhaaraby , 2002, pág. 15).

1.8.10 Cloruro de Sodio (NaCl)

La estructura del cloruro de sodio es un compuesto iónico formado por un catión Na^+ y un anión cloruro Cl^- , sus átomos se acomodan en una estructura cristalina que es soluble en agua e higroscópica. (Sharpe A., 1993, pág. 163). El NaCl es un mineral que tiene como efecto, producir reacciones coloidales y en alterar las características del agua contenido en el suelo. Normalmente actúa como floculante y desde este punto de vista suelo ayudar en la compactación. Presenta una disminución de permeabilidad que produce en muchas arcillas, lo que hace útil para tratar a las expansivas. La sal también beneficia la resistencia del suelo, así como el comportamiento de los suelos ante la congelación. (Rico A. & Del Castillo H., 1977).

1.8.11 Normativa para Ensayos de Laboratorio para la Obtención de dosificación de NaCl

1.8.11.1 MTC.E. Contenido de Humedad

Según lo descrito por el Ministerio de Transportes (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2000), humedad o contenido de humedad del suelo es expresada como el porcentaje del peso del agua en una masa dada de suelo al peso de las partículas sólidas. El método de ensayo para determinar la humedad del suelo, se determina secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a $110 \pm 5^\circ\text{C}^*$. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerada como el peso del agua.

1.8.11.2 Análisis Granulométrico

La Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales (Norma Técnica Peruana, 1999) en su estudio Método de ensayo para el análisis granulométrico establece el método por tamizado y sedimentación de suelos. Consiste en la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de los suelos, la clasificación de partículas mayores a 75 μ m se efectúa por tamizado, en tanto que la determinación de las partículas menores que 75 μ m se realiza mediante el proceso de sedimentación basada en la ley de Stokes utilizando un densímetro adecuado.

1.8.11.3 MTC Límite Líquido

La determinación del límite líquido en los suelos registrados en (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2000) a fin de determinar el contenido de humedad en los suelos expresado en porcentaje secado en el horno cuando se halla en estado plástico y líquido. Se determina por diferentes tipos: Por método multipunto, se toma una muestra de 150 a 200 g pasado por tamiz de 0.425 se mezcla con 15 a 20 ml de agua destilada, agitándola, amasándola y tajándola con una espátula en forma alternada y repetida, cuando este mezclado completamente se requiere de 30 a 45 golpes en la cazuela de bronce para que se ocasione el cierre. El objeto de este procedimiento es obtener muestras de tal consistencia que al menos una de las determinaciones del número de golpes requeridos para cerrar la ranura del suelo se halle en cada uno de los intervalos 25-35, 20-30, 15-25. Por método de un punto, la diferencia de este método es el contenido de humedad de la muestra se debe tomar cuando el número de golpes requerido para cerrar la ranura este comprendido entre 20 y 30.

1.8.11.4 MTC Límite de Plasticidad

En el manual de ensayo de materiales (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2000) refiere a la denominación del límite plástico a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3.2 mm (1/8”) de diámetro rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa sin que dichas barritas se desmoronen. Se puede definir el índice de plasticidad de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

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

Cuando el límite líquido y límite plástico no pueden determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico). Así mismo cuando el límite plástico resulte igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informara como NP (no plástico).

1.8.11.5 MTC Límite de Contracción

Según (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2000) en su manual de ensayo de materiales, los factores de contracción pueden determinarse en suelos básicamente finos que presentan resistencia cuando se les seca en el horno. El límite de contracción puede emplearse para evaluar el potencial o sea la posibilidad de que se desarrollen grietas en obras que incluyen suelos cohesivos. Con este método se pueden calcular las siguientes constantes: Límite de contracción, Relación de contracción, Cambio de volumen, Contracción lineal, Peso específico.

1.8.11.6 Determinación del Contenido de Sales Solubles en un suelo

La (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, 2002) establece la norma técnica para la preparación de un extracto acuoso para la determinación del contenido de sales solubles en los suelos, que se determina en un extracto acuoso usando una relación suelo agua de 1:5 para la mezcla. El extracto acuoso o muestra de agua subterránea filtrada, que se evapora a sequedad en una capsula de peso y se pone a secar a peso constante a $180\text{ C}^{\circ} \pm 2\text{ C}^{\circ}$. El incremento de peso hallado representa el total de solidos disueltos pudiendo ser usado para otras temperaturas de secado del residuo de evaporación como $103^{\circ}\text{ C} \pm 105^{\circ}\text{ C}$.

1.8.11.7 Norma MTC Proctor-Modificado

Para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada según lo descrito por el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2000) en su manual de ensayo de materiales que abarca los procedimientos en laboratorio para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario de los suelos compactados en un molde de 4 o 6 pulgadas de diámetro con un pisón de 10lbf que cae de una altura de 18 pulgadas (457mm) produciendo una energía de compactación de $56000\text{ lb pie/pie}^3$ ($2700\text{ kN}\cdot\text{m/m}^3$). El suelo utilizado como relleno en ingeniería se compacta a un estado denso para obtener propiedades satisfactorias tales como resistencia al esfuerzo de corte, compresibilidad o permeabilidad.

1.8.11.8 Norma CBR-MTC-E-132

El CBR para suelos descrito por él (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2000), que describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, se realiza normalmente sobre el suelo preparado en el laboratorio en condiciones de humedad y densidad, el mismo que evalúa la capacidad de soporte de los suelos de sub rasante y de las capas de base, sub base y de afirmado.

1.8.11.9 Compresión no confinada

El ensayo de compresión no confinada para suelos descrito por él (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2000), describe el procedimiento en el cual se preparan dos especímenes para cada prueba, de sección circular y eje perpendicular a dicha sección. La elaboración de los especímenes corresponde al tipo de probeta compactada, según norma. Consecuentemente, se compactan los especímenes en cinco capas y en moldes con una humedad y peso unitario prefijado.

1.8.11.10 Triaxial No Consolidado-No Drenado

Según lo descrito por (Norma Técnica Peruana, 2005) en la Comisión de Normalización y Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias; el Método de ensayo normalizado de compresión triaxial no consolidado – no drenado para suelos cohesivos, establece la determinación a la resistencia y la relación esfuerzo-deformación de un espécimen cilíndrico para suelos cohesivos inalterados o remodelados. Los especímenes están sujetos a una presión de confinamiento por un fluido en una cámara triaxial, el cual es cortado en compresión sin drenaje a una razón constante de deformación axial (deformación controlada). Esta norma proporciona datos para la determinación de propiedades de resistencia no drenadas y relaciones de esfuerzo-

deformación de los suelos. Este método determina la compresión de un suelo en términos de los esfuerzos totales por lo tanto la resistencia resultante depende de la presión desarrollada sobre el fluido de los poros durante la carga.

2 CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Variables

2.1.1 Variable independiente

Estabilización con la adición de cloruro de sodio

2.1.2 Variable dependiente

Propiedades mecánicas de un suelo arcilloso

Tabla 6. Variables de Estudio en propuesta de hipótesis.

HIPÓTESIS	DESCRIPCIÓN DE VARIABLES	
	V. I (V1)	V. D (V2)
Hipótesis general:		
La estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso. .	ESTABILIZACIÓN CON LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO	PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO ARCILLOSO
Hipótesis específicas:		
Hipótesis específica 1	V1	D1xV2
La estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en la capacidad de soporte (CBR) de un suelo arcilloso.	ESTABILIZACIÓN CON LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO	CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR)
Hipótesis específica 2	V1	D2xV2
La estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en la compresión no confinada de un suelo arcilloso.	ESTABILIZACIÓN CON LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO	COMPRESIÓN NO CONFINADA
Hipótesis específica 3	V1	D3xV2
La estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en la compactación de un suelo arcilloso.	ESTABILIZACIÓN CON LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO	COMPACTACIÓN
Hipótesis específica 4	V1	D4xV2
La estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo arcilloso.	ESTABILIZACIÓN CON LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO	RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE

Fuente: Elaboración propia

2.2 Operacionalización de Variables

En base a lo referenciado por (Canta, 2018) se operacionaliza las variables, identificando en primer lugar las dimensiones y en segundo lugar los indicadores de cada una de las dimensiones. Así mismo (Torrachi, Caparo, & Pariona, 2019) mencionan que operacionalizar variables es el proceso mediante el cual descomponemos las variables para mejorar su comprensión, mayormente la presentación de este proceso se da a través de tablas, su propósito es definir los objetivos de la investigación. En base a lo señalado anteriormente, para la presente investigación se ha considerado la siguiente estructura:

Tabla 7. Operacionalización de Variables de la Investigación.

Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidades
ESTABILIZACIÓN CON LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO	ESTADO NATURAL	Límite Líquido	Porcentaje
		Límite Plástico	Porcentaje
		Índice de Plasticidad (%)	Porcentaje
		Contenido de Humedad	Porcentaje
		Índice de Grupo	Adimensional
		Diámetro de Partículas Acumulado que pasa	Milímetros Porcentaje
	ADICIÓN DE NaCl	Porcentajes añadidos de NaCl (4, 6 y 10)	Porcentaje
PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO ARCILLOSO	CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR)	Porcentaje de capacidad de soporte	Porcentaje
	COMPRESION NO CONFINADA	Esfuerzo de compresión no confinada	$\frac{kg}{cm^2}$
	PROCTOR MODIFICADO	Máxima densidad seca	$\frac{g}{cm^3}$
		Óptimo contenido de humedad	Porcentaje
	RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE (TRIAxIAL)	Cohesión	kPa
	Ángulo de fricción interna	°	

Fuente: Elaboración propia

2.3 Diseño de investigación

2.3.1 Enfoque

La investigación analiza aspectos numéricos y medibles. En ese sentido se desarrollará el enfoque cuantitativo. Al respecto (Niño, 2011) menciona que “este tipo de investigación tiene que ver con la cantidad y, por la tanto, su medio principal es la medición y el cálculo. En general, busca medir variables con referencia a magnitudes” (p.25). Así mismo (Hernández S; et.al., 2010) señalan que: El enfoque cuantitativo se fundamenta en un esquema deductivo y lógico, busca formular preguntas de investigación e hipótesis para posteriormente probarlas, utiliza el análisis estadístico, es reduccionista y pretende generalizar los resultados.

2.3.2 Alcance

La presente investigación es causal explicativa, para (Arias O, 2012) en la investigación explicativa se busca demostrar que los cambios efectuados en la variable independiente tienen incidencia en la variable dependiente, estableciéndose así una relación de causa y efecto.

2.3.3 Diseño

El diseño es experimental, del tipo cuasi experimental, considerando que se manipulo la variable independiente para obtener resultados de mejora en la estabilización de suelos. En tal sentido, para (Martinez & Benitez, 2016) en este proceso se utiliza la inducción y la deducción. Prima la observación del objeto de estudio y manipulación de variables para comprobar o demostrar hechos y con base a los resultados obtenidos, formular hipótesis que permitan establecer generalizaciones, los cuales se puedan verificar.

2.4 Población y muestra de la investigación

2.4.1 Población

De acuerdo con (Lepkowski, 2008), la población se ha definido como el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones. Con respecto a lo señalado, en el presente trabajo de investigación, la población de estudio corresponde a los suelos arcillosos del distrito de Puente Piedra, provincia de Lima, departamento de Lima. Se muestra el mapa geológico del distrito de Puente Piedra proporcionado por el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID), en el cual se detallan los tipos de suelos, especificándose las zonas: Zona I (Gravas y arenas), Zona II (suelos granulares y suelos arcillosos), Zona III (Suelos finos y suelos arcillosos), Zona IV (Taludes), Zona V (Relleno de desmonte o basura). En base a lo mostrado, la zona de estudio corresponde al color amarillo en el gráfico (zona II), la misma que tiene estratos de suelos granulares finos y suelos arcillosos de compacidad media a densa.

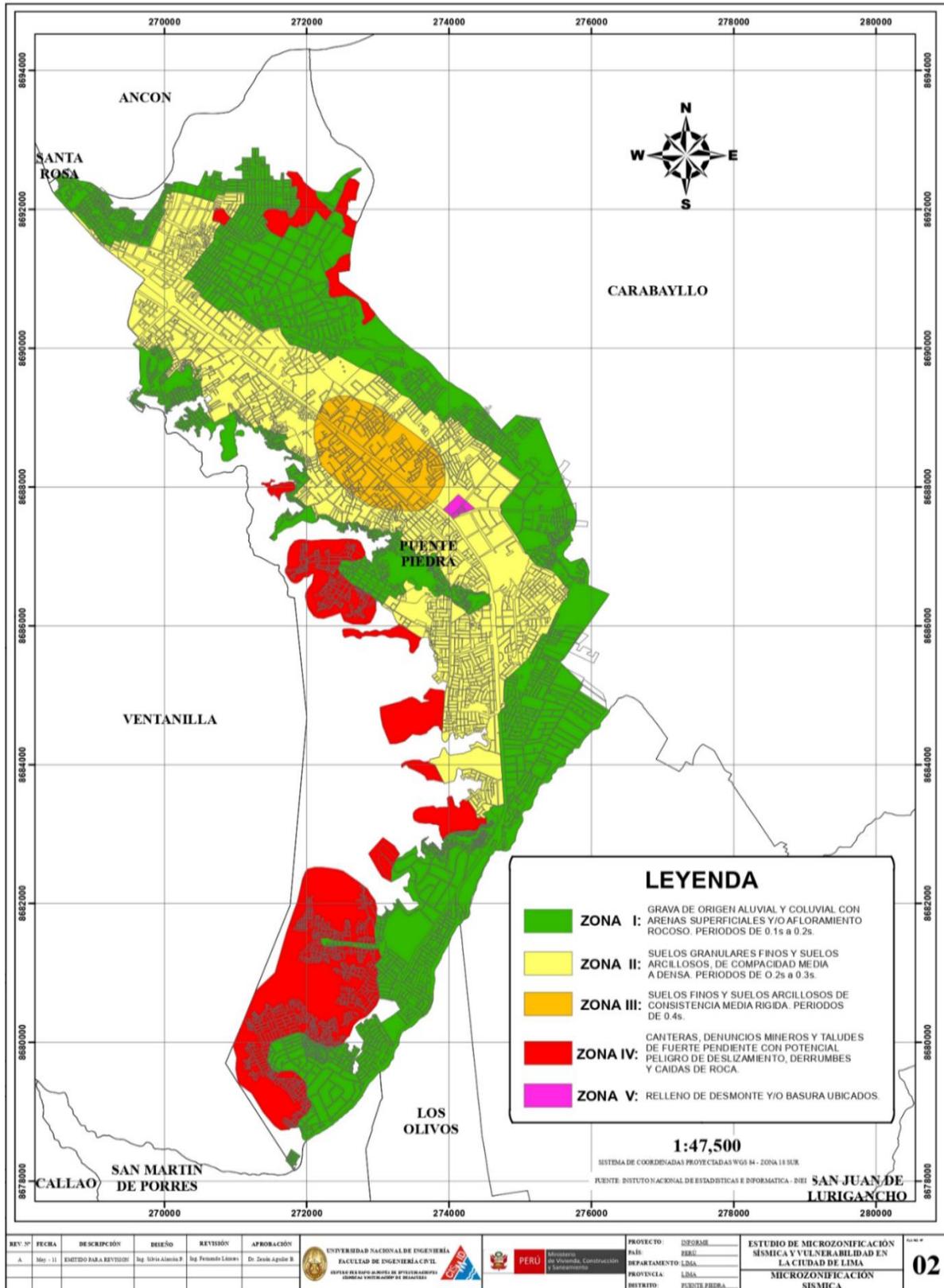


Figura 10. MAPA GEOLÓGICO DEL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA.
 Fuente: CISMID (2006)

2.4.2 Muestra

En base a lo señalado por (Hernández S; et.al., 2010), “la muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población” (p.173). En ese sentido se obtuvieron muestras de suelo arcilloso en el terreno del proyecto: Centro Comercial Las Vegas Plaza, ubicado en el distrito de Puente Piedra-provincia de Lima-departamento de Lima, mediante la realización en campo de 9 calicatas a fin de obtener datos sobre el tipo de arcilla que había en el lugar y si la misma era uniforme en todo el terreno. De las calicatas extraídas en campo se determinaron para las pruebas, una totalidad de 48 probetas, las cuales constituyen la muestra del presente estudio. Cabe mencionar que el área del proyecto es de 5,956.10 m².



Figura 11. Banco de Arcillas.
Fuente: Google Earth (2019)

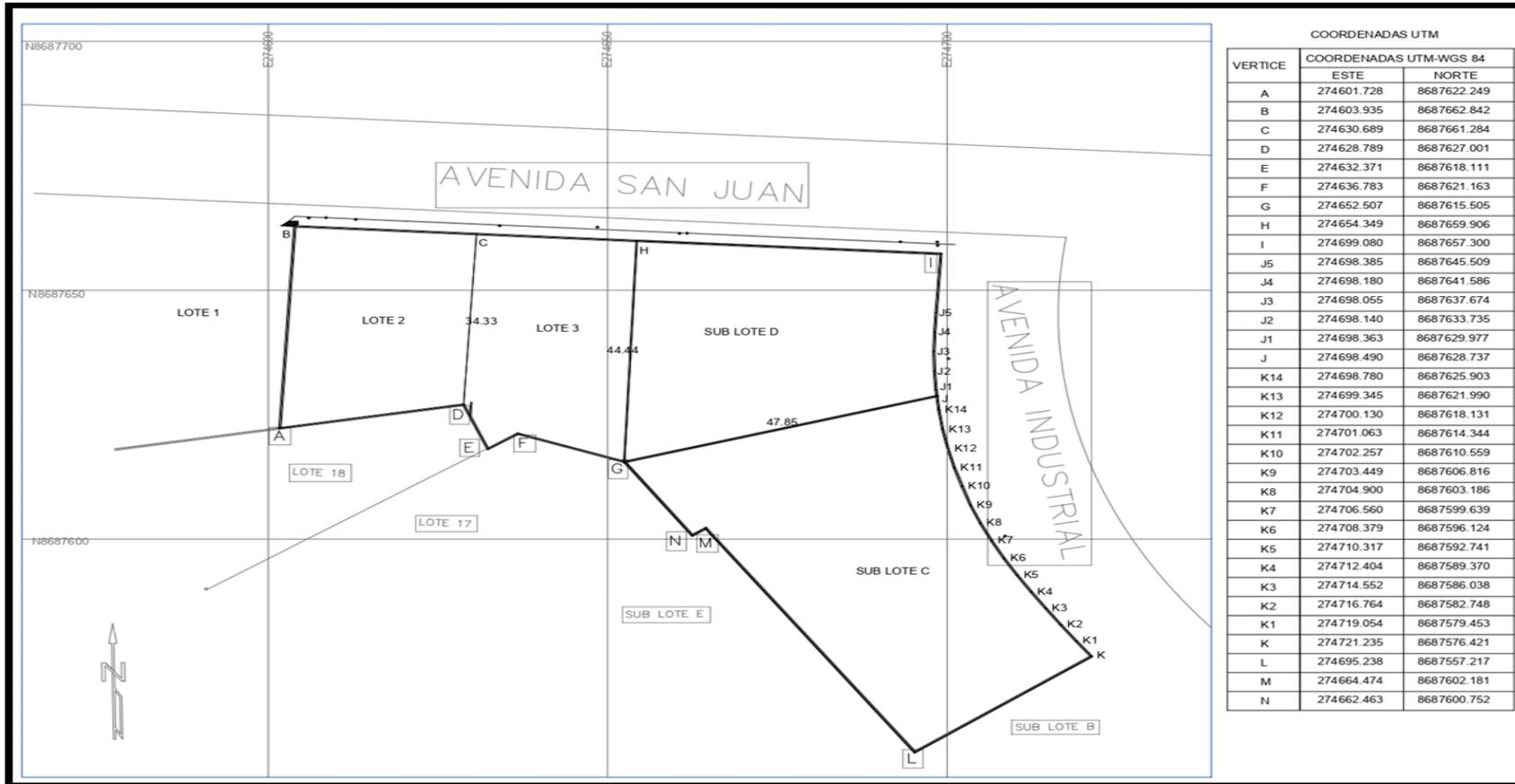


Figura 12. Plano Topográfico y Coordenadas UTM.
Fuente: Propia

2.4.3 Muestreo

El tipo de muestreo del presente estudio es no aleatorio. Al respecto (Bencardino, C., 2012) menciona que “el muestreo no aleatorio es la selección de las unidades que conforman la muestra, se realiza en forma caprichosa o por conveniencia, primando en muchos casos el juicio personal del investigador” (p.277). En ese sentido, es preciso señalar que, en los estudios previos al terreno, se seleccionó la ubicación de las calicatas y la cantidad de las mismas considerando criterios Estipulados en el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2018) en su norma E.050 (Suelos y cimentaciones) ,en la cual se menciona que para edificaciones del tipo B se debe efectuar 1 punto de investigación cada 450 m², así mismo, se menciona que: “la distribución de los puntos de investigación se distribuirán adecuadamente, teniendo en cuenta las características y dimensiones del terreno, así como la ubicación de las estructuras previstas cuando estas estén definidas”. (p. 353). En base a lo señalado anteriormente se computo un total de 9 calicatas, ubicadas en referencia a los planos de cimentación del proyecto Centro Comercial Las Vegas Plaza, las profundidades de excavación fueron de 1.50 m. Con el suelo extraído se procedió a la elaboración de las 48 probetas necesarias para la totalidad de los ensayos, las cuales se detallan a continuación en el siguiente cuadro.

Tabla 8. Elaboración de 48 probetas con sus respectivos ensayos.

Ensayo	Porcentaje de NaCl	Número de probetas
PROCTOR MODIFICADO	0	4
	4	4
	6	4
	10	4
CBR	0	3
	4	3
	6	3
	10	3
TRIAxIAL	0	3
	4	3
	6	3
	10	3
COMPRESION NO CONFINADA	0	2
	4	2
	6	2
	10	2
TOTAL		48

Fuente: Propia

La ubicación de las calicatas se muestra en las siguientes figuras:

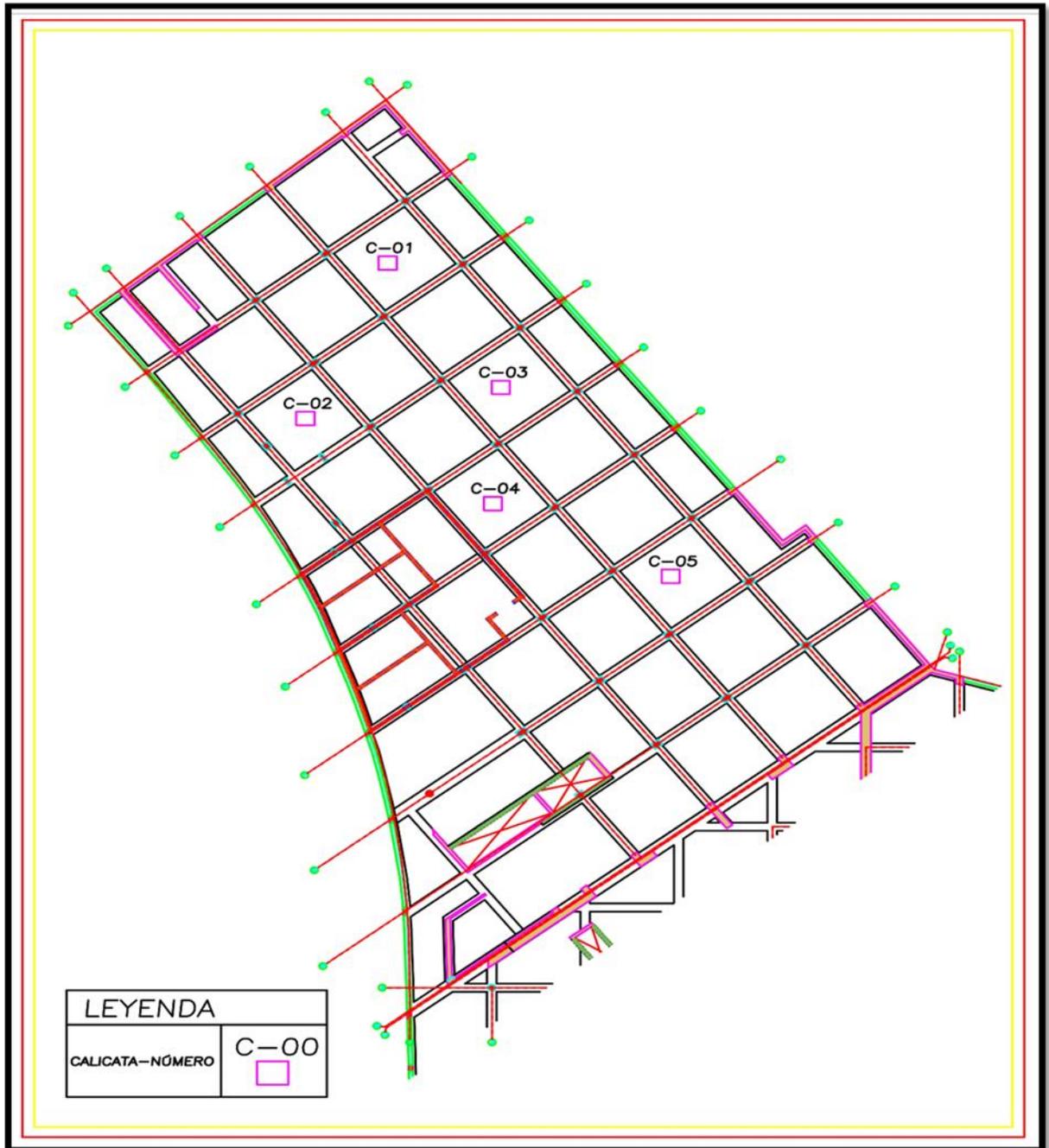


Figura 13. Plano de Cimentaciones (Bloque A)

Fuente: Propia

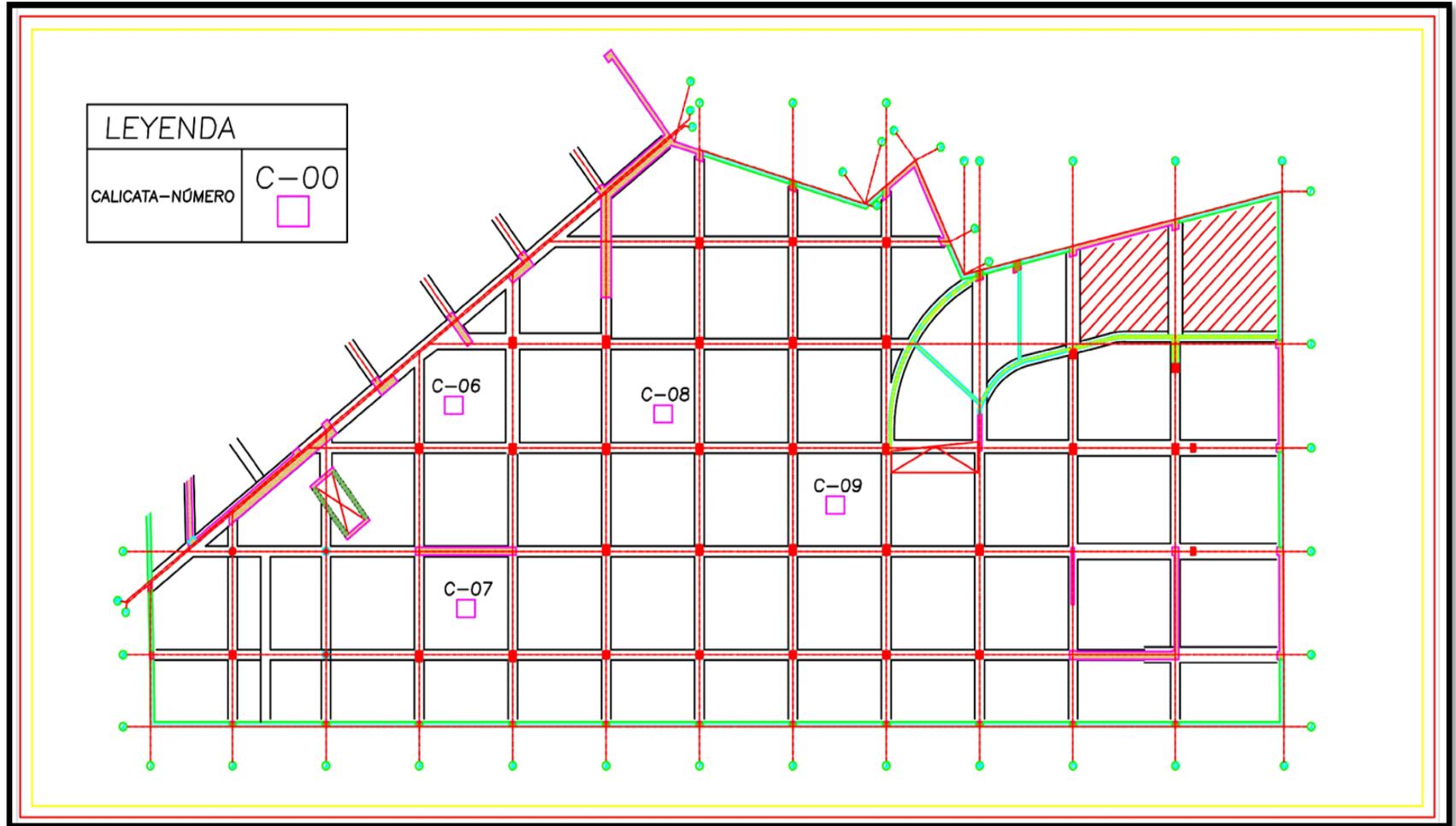


Figura 14. Plano de Cimentaciones (Bloque B)
Fuente: Propia

2.5 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.5.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según (Manuel, Borja S, 2012) una de las principales técnicas para recolectar información es la observación. Para el presente trabajo de investigación se utilizó la técnica de la observación experimental, esto debido a que se ejecutaron ensayos de laboratorio de mecánica de suelos a fin de observar los cambios en el material ensayado para su posterior análisis. En lo que se refiere a los instrumentos de recolección de datos se usaron hojas de cálculo, formatos desarrollados en cada ensayo para medir resultados. Se detallan a continuación los formatos y los equipos utilizados en este procedimiento:

Tabla 9. Equipos para la ejecución de ensayos de laboratorio.

FORMATOS	EQUIPOS
Hoja de cálculo para ensayo de California Bearing Ratio (CBR).	Máquina de carga
	Molde
	Disco espaciador
	Apisonador
	Aparato para medir la expansión
	Pesas
	Pistón de penetración
	Dial de deformación
	Papel filtro
	Tamices
Hoja de cálculo de Compactación de Suelos en Laboratorio-Proctor Modificado.	Molde.
	Collar extensión.
	Molde de 4 pulgadas.
	Molde de 6 pulgadas.
	Pisón.
	Regla.
Tamices o mallas.	
Hoja de cálculo de ensayo de Compresión Triaxial No Consolidado No Drenado.	Dispositivo de carga axial.
	Dispositivo de medición de carga axial.
	Cámara de compresión triaxial.
	Pistón de carga axial
	Dispositivo de control de la presión

	Tapa y base del espécimen Indicador de la deformación. Membrana de jebe Extractora de muestra. Dispositivo para medir el tamaño del espécimen
Hoja de cálculo de Compresión No Confinada En suelos Cohesivos.	Aparato de compresión. Tallador de probeta. Moldes. Cronometro. Pie de Rey. Balanza.
Hoja de cálculo de Ensayos Estándar de Clasificación.	Balanza. Tamices. Horno. Taras o recipientes. Cepillo y brocha.

Fuente: Propia

2.5.2 Análisis de datos

Para efectos de la presente investigación se usarán softwares tales como: Excel, Word y SPSS. Al respecto sobre la herramienta SPSS (Statistical Package for the Social Science o paquete estadístico para las ciencias sociales), es un software para realizar la captura y análisis de datos y crear tablas y gráficos. Gestiona grandes volúmenes de datos, incluye estadística descriptiva como la tabulación y frecuencia de cruce, estadísticas de dos variables, además pruebas T, ANOVA y de correlación. Las herramientas antes mencionadas se usarán a fin de analizar la información obtenida en los ensayos de Clasificación, Compresión No Confinada, CBR, Triaxial y Proctor modificado. La Hipótesis general se contrastará mediante cuadros estadísticos y las hipótesis específicas mediante pruebas cuantitativas de análisis de regresión, donde se obtendrá la (ANOVA), determinaremos la validez del modelo matemático dado por tal análisis, para determinar la influencia que tiene la estabilización con adición de cloruro de sodio

en las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso en el Centro Comercial Las Vegas Plaza ,
ubicado en :Av. San Juan, esquina con Av. Industrial en el distrito de Puente Piedra . Cabe
mencionar que el proceso de análisis de datos siguió una secuencia lógica y ordenada,
determinada por el orden en que se iban realizando los ensayos, los cuales se detallan a
continuación:

Tabla 10. Ensayos de laboratorio.

ENSAYOS DE LABORATORIO		
ENSAYO	NORMA APLICABLE	DESCRIPCIÓN
Contenido de Humedad	NTP 339.127 (ASTM D2216)	La humedad o contenido de humedad del suelo es expresada como el porcentaje del peso del agua en una masa dada de suelo al peso de las partículas sólidas.
Análisis Granulométrico	NTP 339.128 (ASTM D422)	Consiste en la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de los suelos
Límite Líquido y Límite Plástico	NTP 339.129 (ASTM D4318)	Es el contenido de humedad en los suelos expresado en porcentaje secado en el horno cuando se halla en estado plástico y líquido
Clasificación Unificada de Suelos (SUCS)	NTP 339.134 (ASTM D2487)	Describe un sistema para la clasificación de suelos minerales y orgánicos minerales con propósitos de ingeniería
Ensayo Proctor Modificado	NTP 339.141 (ASTM D1557)	Abarca los procedimientos en laboratorio para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario de los suelos
Método de ensayo de CBR	NTP 339.145 (ASTM D 4429)	Procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte
Compresión Triaxial No Consolidado No Drenado	NTP 339.164 (ASTM D2850)	Establece la determinación a la resistencia y la relación esfuerzo-deformación de un espécimen cilíndrico para suelos cohesivos inalterados o remodelados
Compresión No Confinada	NTP 339.167 (ASTM D2166)	Este ensayo determina la resistencia a la compresión no confinada de suelos cohesivos bajo condiciones inalteradas, remodeladas, aplicando una carga axial

Fuente: Propia

2.6 Procedimiento de objetivos

2.6.1 Procedimiento del objetivo general, respecto a la influencia que tiene la estabilización con adición de Cloruro de Sodio en las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso

Se puede mencionar que, para el desarrollo de este objetivo, el equipo de investigación contemplo la ubicación de un proyecto de edificación que requería del mejoramiento de las propiedades mecánicas del suelo, mediante mecanismos no complejos y accesibles económicamente para los fines de cimentación. En tal sentido, se dispuso el mejoramiento de las propiedades mecánicas del suelo arcilloso del Centro Comercial Las Vegas Plaza, ubicado en Av. San Juan, esquina con Av. Industrial en el distrito de Puente Piedra. El proyecto de edificación presentó en gran medida un suelo de fundación arcilloso, del mismo modo, en algunas zonas estaba compuesto por material limoso. Considerando que la estabilización de suelo está dirigido básicamente a carreteras, se propone extender el alcance de esa técnica a edificaciones. Tal es el caso de (Pérez Ardila & Torres Valenzuela, 2015) que en su tesis para optar al título de Especialista en Geotecnia Ambiental, menciona que el cambio de volumen en las arcillas genera asentamientos en obras de edificaciones y deformaciones plásticas en vías terrestres, razón por la cual se hace necesaria su estabilización mediante agentes estabilizadores como el cloruro de sodio o la cal. En ese sentido, se planteó la presente investigación, ya que las investigaciones respecto a la estabilización de suelos arcillosos para edificaciones son escasas en nuestro país. En base a lo señalado, se ha considerado 3 procedimientos, para lo cual se estableció lo siguiente: (a) extracción de calicatas, (b) ensayos para determinar el tipo de suelo, y (c) resumen de resultados de las pruebas.

Extracción de calicatas, Para el siguiente procedimiento, de acuerdo con lo dispuesto por (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2018), en su Norma E.050, Suelos y Cimentaciones, se detalla la cantidad y la ubicación de las calicatas. Así como los procedimientos de seguridad para la excavación.



Figura 15. Excavación de Calicatas.

Fuente: Propia



Figura 16. Calicata lista para extraer material.

Fuente: Propia.



*Figura 17. Transporte de material al laboratorio.
Fuente: Propia*



*Figura 18. Muestras en laboratorio para ensayos.
Fuente: Propia.*



*Figura 19. Muestras en laboratorio listas para ensayos.
Fuente: Propia*

Ensayos para determinar el tipo de suelo, Para determinar el tipo de suelo se hicieron ensayos tales como: Contenido de Humedad, Limite Liquido, Limite Plástico y Granulometría.

Contenido de Humedad, El siguiente procedimiento de ensayo está basado en la NTP 339.127: Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. En base a ello, primero tamizamos el material arcilloso a través de la malla N°40 a fin de obtener 200g de muestra, luego registramos el peso del material húmedo y la tara para su posterior análisis.



Figura 20. Tamizado de material arcilloso.
Fuente: Propia



Figura 21. Registro de peso húmedo y tara.
Fuente: Propia

Luego, se colocó la muestra en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 12 Horas. Pasado este tiempo, se retiró del horno y se registró el peso de material seco y la tara. Para de este modo, calcular el contenido de humedad.



Figura 22. Extracción de la muestra seca.
Fuente: Propia



Figura 23. Pesaje de la muestra seca.
Fuente: Propia

Limite Líquido, El siguiente procedimiento de ensayo está basado en la NTP 339.129:
Método de ensayo para determinar el límite líquido, limite plástico, e índice de plasticidad de
suelos. En base a ello, primero se tamizo el material arcilloso a través de la malla N°40 a fin de
obtener 200 g. Seguidamente se mezcló con pequeñas cantidades de agua destilada hasta obtener
una muestra trabajable, la cual reposo por 16 horas. Después se colocó una porción de muestra
en la copa de Casa Grande, esparciendo la muestra hasta una profundidad de 10 mm.



*Figura 24. Mezcla de muestra.
Fuente: Propia*



*Figura 25. Colocación de muestra en el dispositivo.
Fuente: Propia*

Luego con un acanalador se hizo una ranura vertical trazando un arco. Posteriormente, se giró el manubrio hasta que las dos mitades estén en contacto una longitud de 13 mm aproximadamente. Se registra el número de golpes necesarios para cerrar la ranura, se extrae el material que tuvo contacto con una espátula y se calcula el contenido de humedad. Finalmente, los datos se grafican considerando una relación entre el contenido de humedad y el número de golpes, a fin de obtener tres o más puntos con los cuales se generó una recta. El contenido de humedad correspondiente a 25 golpes, es el límite líquido del suelo.



*Figura 26. Trazado de ranura vertical.
Fuente: Propia*

Límite Plástico, El siguiente procedimiento de ensayo está basado en la NTP 339.129: Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos. En base a ello, se tomó una masa de 20 g de suelo preparado previamente para la prueba de límite líquido, de la cual se tomó 2 g para formar una masa elipsoidal, la cual se enrolló entre la palma de la mano y los dedos sobre una placa de vidrio esmerilado hasta obtener hilos de 3.2 mm de diámetro. El proceso de formar hilos y nuevamente una masa elipsoidal se repitió hasta

que la masa de suelo presento fisuras al llegar a 3.2 mm de diámetro. Se tomó dos muestras de 6g que cumplieran los procesos antes mencionados y se calculó su contenido de humedad. El valor del promedio de ambas muestras es el límite líquido.



Figura 27. Pesaje de muestra para ensayo.
Fuente: Propia



Figura 28. Elaboración de Hilos.
Fuente: Propia



Figura 29. Pesaje de muestra.
Fuente: Propia

Ensayo Granulométrico, El siguiente procedimiento de ensayo está basado en la NTP 339.128: Método de ensayo para el análisis granulométrico. En base a ello, primero realizamos el cuarteo del material; después pesamos aproximadamente 600 g del material cuarteado. A continuación, procedimos a lavar el material a través de la malla N° 200 para eliminar finos y ablandar terrones que este pudiera tener. Seguidamente se secó el material en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Una vez seco, se procedió a efectuar el tamizado a través de los tamices 75mm (3pulg) , 50mm (2pulg) , 37.5mm (1 1/2pulg), 25mm (1pulg), 19mm (3/4pulg) ,9.5mm (3/8pulg) ,4.75mm (N°4) ,2mm(N°10), 0.84mm (N°20), 0.425mm (N°20), 0.25mm (N°60), 0.106mm (N°140) y 0.075mm (N°200). Finalmente se tomó registro del peso de material en cada tamiz para su posterior análisis.



Figura 30. Pesaje de muestra.
Fuente: Propia



Figura 31. Lavado de material
Fuente: Propia



Figura 32. Tamizado
Fuente: Propia

Resumen de resultados de las pruebas, Para el objetivo general se tuvieron que efectuar pruebas de Limite Líquido, Limite Plástico, Granulometría, CBR, Proctor Modificado, Compresión No Confinada y Corte Triaxial, obteniéndose los siguientes resultados:

Pruebas para la clasificación del suelo:

Tabla 11. Pruebas para la Clasificación del Suelo.

Prueba	Resultado
Contenido de Humedad (%)	28.3
Límite Líquido (%)	60
Limite Plástico (%)	24
Índice Plástico (%)	36
Granulometría (% Grava)	0
Granulometría (% Arena)	17.8
Granulometría (% Finos)	82.2
Clasificación SUCS (Símbolo de Grupo)	CH
Clasificación SUCS (Nombre de Grupo)	Arcilla de alta plasticidad con arena

Fuente: Propia

Pruebas para la estabilización del suelo:

Tabla 12. Pruebas para la Estabilización del Suelo.

Prueba	Concentración de NaCl			
	0%	4%	6%	10%
CBR-Capacidad de Soporte al 100%	5	6.1	7.1	8.4
CBR-Capacidad de Soporte al 95%	4.2	4.9	6	6.4
Compresión No Confinada (kPa)	64	104	119	109
Proctor - % Humedad	18	15.23	12.75	11.87
Proctor - Densidad g/cm ³	1.7	1.83	1.85	1.87
Ensayo Triaxial - Cohesión (kPa)	53	45	36	33
Ensayo Triaxial - ϕ Fricción	8	14.4	18.88	25.37

Fuente: Propia

2.6.2 Procedimiento del Objetivo Especifico 1, respecto a la influencia que tiene la estabilización con adición de Cloruro de Sodio en la capacidad de soporte (CBR) de un suelo arcilloso

Para la presente investigación se consideró como objetivo específico optimizar el parámetro CBR, considerando que es un parámetro relevante en el desarrollo de la estabilización. El procedimiento de ensayo está basado en la NTP 339.145: Suelos. Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio.

Procedimiento de elaboración de probetas

El ensayo contempló la elaboración de 3 especímenes para cada prueba de acuerdo a norma. Para la preparación de cada espécimen, se realizó el tamizado a través de la malla de 3/4”, obteniéndose 5 kg de muestra. Así mismo, para la incorporación de las proporciones de NaCl se consideraron porcentajes correspondientes al 4%, 6% y 10%. Para cada una de las proporciones señaladas se elaboraron 3 probetas. Para el primer ensayo, se incorporó 4% de NaCl, para el segundo ensayo, 6% de NaCl y en el último ensayo, 10% de NaCl. Por otra parte, se tomó como referencia el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca, obtenidos previamente de pruebas Proctor Modificado. Cabe resaltar que en dicha prueba también se incorporaron proporciones de NaCl correspondientes al 4%, 6% y 10%. En síntesis, los resultados obtenidos en cada prueba Proctor Modificado con su respectiva proporción de NaCl, fueron usados en las pruebas de CBR que contenían la misma proporción de NaCl. En simultaneo, se habilitó una muestra de control o muestra patrón en su estado natural, siguiendo las pautas antes mencionadas.

En adelante se detalla el proceso seguido para un espécimen, para los 3 especímenes restantes y demás pruebas con su respectiva proporción de NaCl se siguieron los mismos procedimientos



Figura 33. Pesaje de material arcilloso
Fuente: Propia



Figura 34. Mezcla de NaCl, agua y suelo
Fuente: Propia

Seguidamente, se pesó un molde de 6” de diámetro y su base. Después se procedió a colocar en el molde, el collarín, el disco espaciador y el papel filtro de 6” de diámetro. Luego, en cada espécimen, se compactó la muestra preparada con NaCl y agua en cinco capas. El primer espécimen fue compactado con 56 golpes, el segundo espécimen con 25 golpes y el último espécimen con 10 golpes.



Figura 35. Colocación del collarín y el disco espaciador
Fuente: Propia



Figura 36. Compactación del espécimen
Fuente: Propia

Después de haber compactado los especímenes, se procedió a quitarles el collarín y a enrasar el material excedente. Luego, se giraron los moldes, se les retiró la base y el disco espaciador para colocarles las pesas anulares, ranuradas y la placa perforada con vástago.



Figura 37. Se procede a enrasar
Fuente: Propia



Figura 38. Se coloca la pesa anular y ranurada
Fuente: Propia

Seguidamente, ya ensamblados los especímenes, se les colocó el trípode y se tomó lectura del dial para medir el hinchamiento, registrando el día y la hora. Luego, se sumergieron los moldes en un tanque de curado durante 96 horas.



Figura 39. Lectura del dial
Fuente: Propia



Figura 40. Inmersión en pozo de curado
Fuente: Propia

Después de finalizar el periodo de inmersión, se retiraron los moldes con las cargas del tanque de curado. Seguidamente se drenó el agua retenida durante 15 minutos, pasado este tiempo se pesaron los especímenes.



Figura 41. Drenado de excedente de agua
Fuente: Propia

Finalmente se llevaron los especímenes a la máquina de carga, se fijó el pistón de penetración con una carga que no excedió los 44 N (10 lbf). Seguidamente, se aplicó la carga a una velocidad de alrededor de 1,27 mm/min o 0.05 pulg/min. Por último, se registraron los datos obtenidos en cada uno de los especímenes y se les calculó el contenido de humedad en la zona correspondiente a una 1” de profundidad.



Figura 42. Se procede a iniciar la penetración
Fuente: Propia



Figura 43. Muestra para cálculo del contenido de humedad
Fuente: Propia

Resultados de las pruebas

A partir de los resultados obtenidos en las pruebas CBR, derivado de la muestra patrón, se observa que para el 100 % de la máxima densidad seca (1.702 g/cm³) se obtuvo un CBR de 5%, del mismo modo para el 95 % de la máxima densidad seca (1.617 g/cm³), se determinó un CBR de 4.2 %. Cabe mencionar, que el óptimo contenido de humedad fue de 18 %.

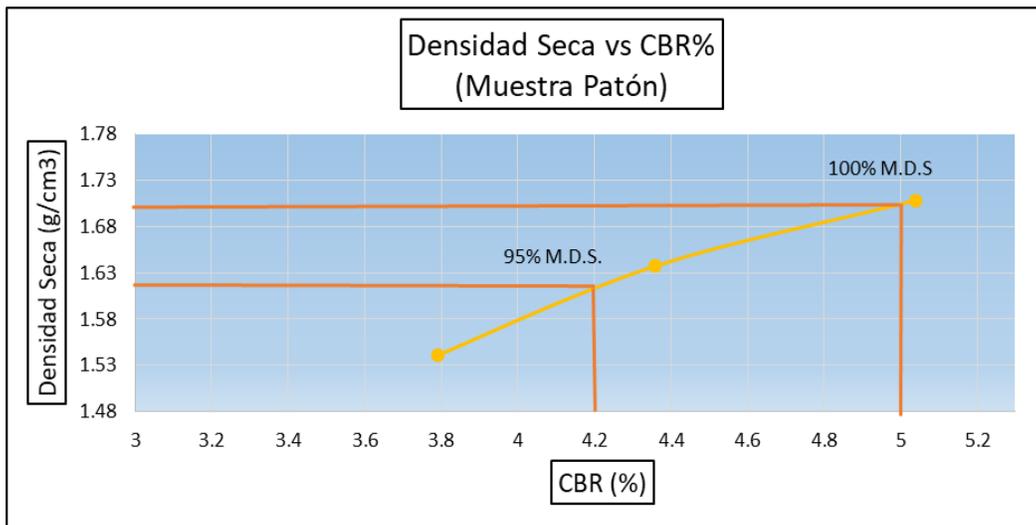


Figura 44. Densidad seca vs. CBR (muestra patrón)
Fuente: Propia

En los resultados obtenidos en las pruebas CBR, derivado de la muestra con 4 % de NaCl, se observa que para el 100 % de la máxima densidad seca (1.830 g/cm³) se obtuvo un valor de CBR de 6.1 %, del mismo modo para el 95 % de la máxima densidad seca (1.739 g/cm³), se obtuvo un valor de CBR de 4.9 %. Cabe mencionar que el óptimo contenido de humedad fue de 15.23%. Así mismo, se apreció un incremento en la curva con cada adición de NaCl, respecto a la muestra patrón.

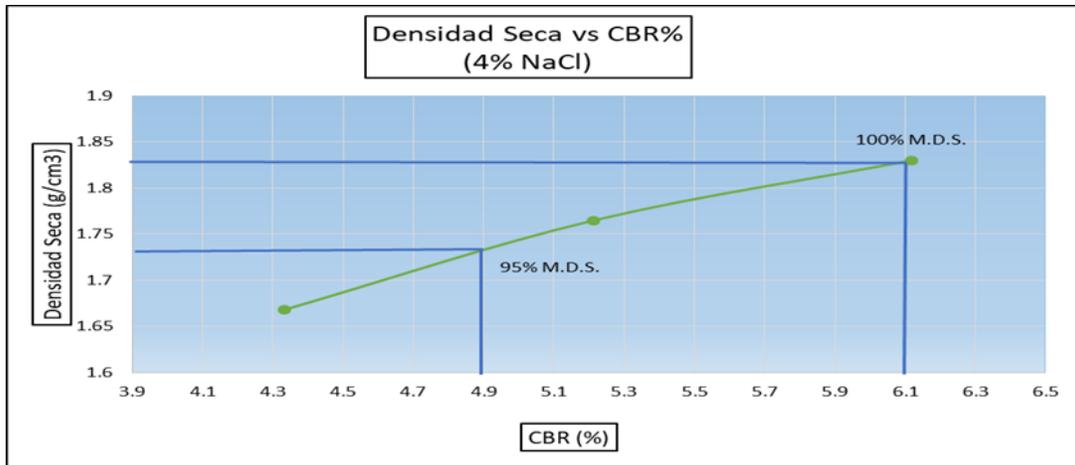


Figura 45. Densidad seca vs. CBR % al 4%
Fuente: Propia

En los resultados obtenidos en las pruebas CBR, derivado de la muestra con 6 % de NaCl, se observa que para el 100 % de la máxima densidad seca (1.851 g/cm³) se obtuvo un valor de CBR de 7.1 %, del mismo modo para el 95 % de la máxima densidad seca (1.758 g/cm³), se obtuvo un valor de CBR de 6.0 %. Cabe mencionar que el óptimo contenido de humedad fue de 13 %. Así mismo, se apreció un incremento en la curva con cada adición de NaCl, respecto a la muestra patrón.

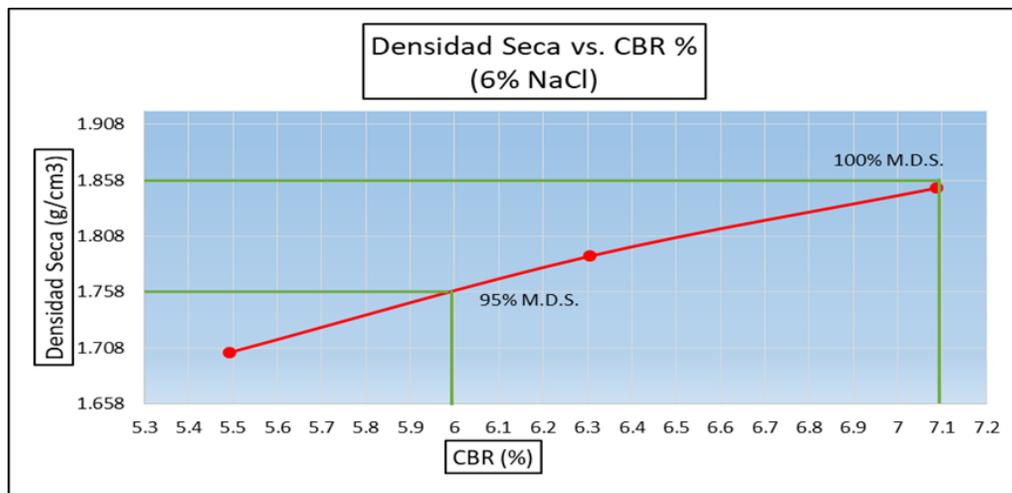


Figura 46. Densidad seca vs. CBR % al 6%
Fuente: Propia.

En los resultados obtenidos en las pruebas CBR, derivado de la muestra con 10 % de NaCl, se observa que para el 100 % de la máxima densidad seca (1.873 g/cm³) se obtuvo un valor de CBR de 8.4 %, del mismo modo para el 95 % de la máxima densidad seca (1.779 g/cm³), se obtuvo un valor de CBR de 6.4 %. Cabe mencionar que el óptimo contenido de humedad fue de 11.37%. Así mismo, se apreció un incremento en la curva con cada adición de NaCl, respecto a la muestra patrón.

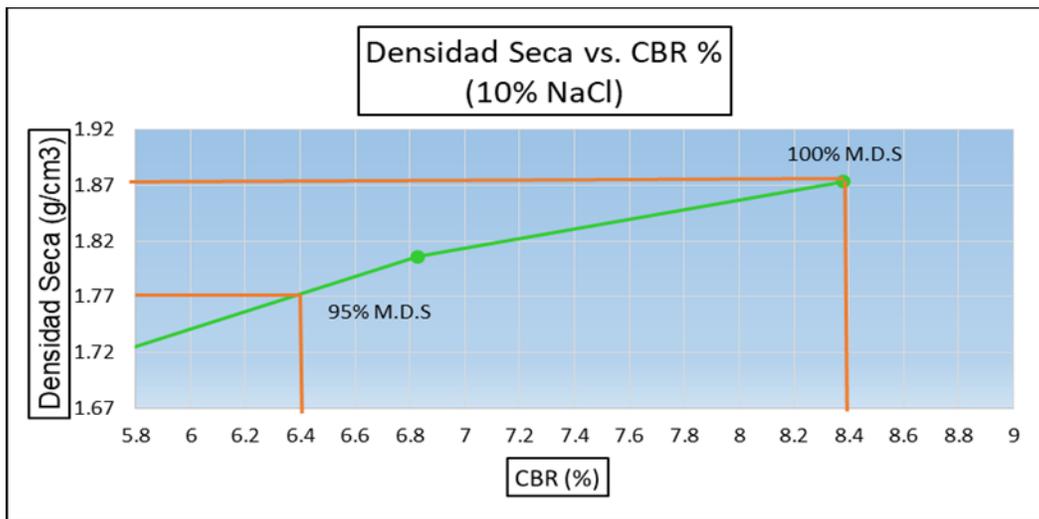


Figura 47. Densidad seca vs. CBR % al 10%
Fuente: Propia

Finalmente, se muestra un resumen de los resultados obtenidos en cada prueba, con su respectiva proporción de NaCl. En base a ello, se observa un aumento del parámetro CBR en relación al aumento de NaCl. Del mismo modo, la proporción de NaCl más óptima fue del 10%, tanto para el 100% de la máxima densidad seca, como para el 95% de la máxima densidad seca, con CBR de 8.4% y 6.4% respectivamente.

Tabla 13. Resumen de pruebas CBR.

RESULTADOS DEL ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)	Porcentaje NaCl			
	0%	4%	6%	10%
CBR (100% M.D.S. y 0.1" de penetración)	5	6.1	7.1	8.4
CBR (95% M.D.S. y 0.1" de penetración)	4.2	4.9	6	6.4

Fuente: Propia

2.6.3 Procedimiento del Objetivo Especifico 2, respecto a la influencia que tiene la estabilización con adición de Cloruro de Sodio en la compresión no confinada de un suelo arcilloso

Para la presente investigación se consideró como objetivo específico optimizar el parámetro de resistencia a la Compresión No Confinada, considerando que este, es un parámetro relevante en el desarrollo de la estabilización. El procedimiento de ensayo está basado en el manual de ensayos de laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones en su norma MTC E 121-200. Compresión No Confinada en Muestras de Suelos.

Procedimiento de elaboración de probetas

Se prepararon dos especímenes para cada prueba, de sección circular y eje perpendicular a dicha sección. La elaboración de los especímenes corresponde al tipo de probeta compactada, según norma. Consecuentemente, se compactaron los especímenes en cinco capas y en moldes con una humedad y peso unitario prefijado. Posteriormente, se extrajeron los moldes y se cuantificó sus pesos y dimensiones. Así mismo, para la incorporación de las proporciones de NaCl se consideraron porcentajes correspondientes al 4%, 6% y 10%. Para cada una de las proporciones señaladas se elaboraron 2 probetas. Para el primer ensayo, se incorporó 4% de NaCl, para el segundo ensayo, 6% de NaCl y en el último ensayo, 10% de NaCl. En simultaneo,

se habilito una muestra de control o muestra patrón en su estado natural, siguiendo las pautas antes mencionadas.



Figura 48. Registro de dimensiones del espécimen
Fuente: Propia



Figura 49. Compactación de espécimen con NaCl
Fuente: Propia



Figura 50. Pesaje de muestra
Fuente: Propia

Después, se colocaron los especímenes, por separado, en la prensa de manera centrada y se puso en cero el indicador de deformaciones. Seguidamente se accionó la prensa con una velocidad de deformación unitaria comprendida entre el 0.5% y 2%. Se tomó registro en tanto las cargas disminuían o se llegaba a una deformación axial del 20% (lo que sucedía primero). El tiempo de la prueba fue de 10 min por espécimen.



Figura 51. Se coloca la probeta en la prensa
Fuente: Propia



Figura 52. Deformación de la probeta
Fuente: Propia

Finalmente, se tomó una pequeña muestra, cercana a la zona en donde se produjo la falla, a fin de calcular su contenido humedad.



Figura 53. Rotura de probetas.
Fuente: Propia



Figura 54. Contenido de humedad.
Fuente: Propia

Resultados de las pruebas

En los resultados obtenidos en las pruebas de Compresión No Confinada, derivado de la muestra patrón, se observan las curvas correspondientes al espécimen 1 y 2, con esfuerzos de compresión máximos de 62 kPa y 66 kPa, respectivamente. El resultado final de la prueba fue de 64 kPa, dicho resultado se obtuvo del promedio de los esfuerzos antes mencionados.

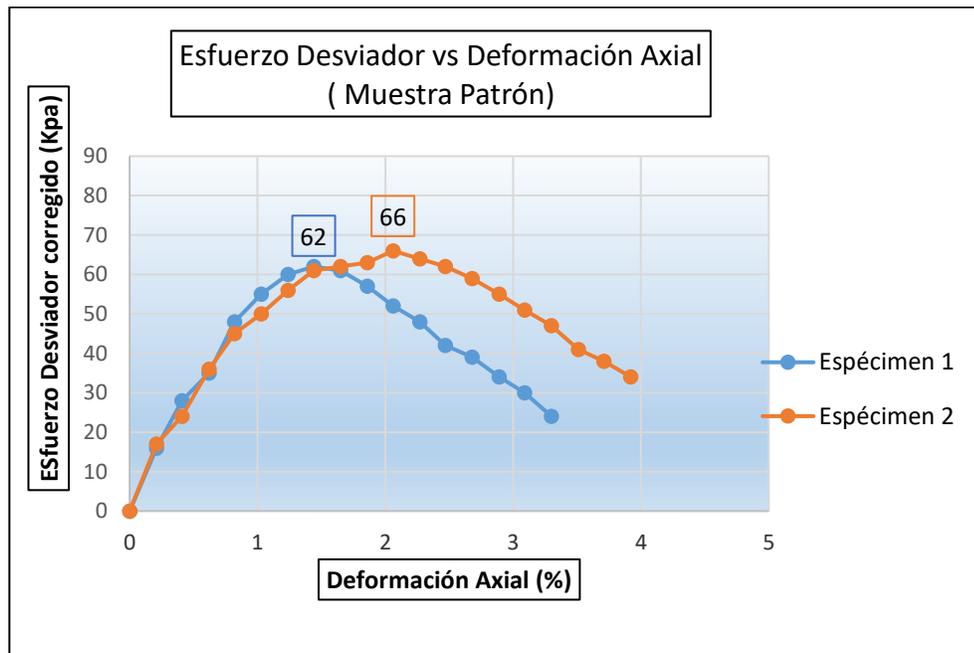


Figura 55. Curvas de esfuerzo vs. Deformación (muestra patrón)
Fuente: Propia

En los resultados obtenidos en las pruebas de Compresión No Confinada, derivado de la muestra con 4% de NaCl, se observan las curvas correspondientes al espécimen 1 y 2, con esfuerzos de compresión máximos de 101 kPa y 106 kPa, respectivamente. En tal sentido, el resultado final de la prueba fue de 104 kPa, dicho resultado se obtuvo del promedio de los esfuerzos antes mencionados. Así mismo, se apreció un incremento en la curva con respecto a la muestra patrón.

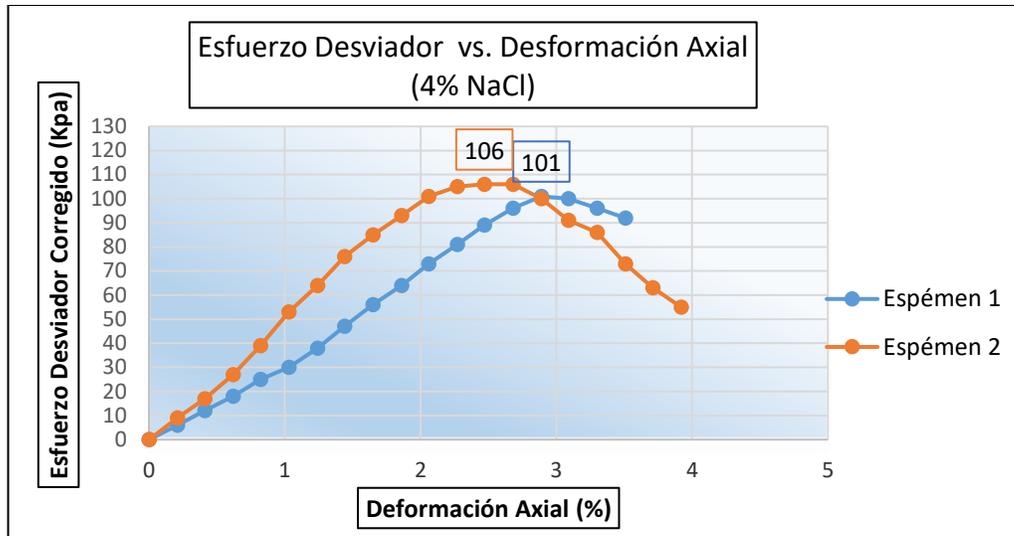


Figura 56. Curvas de esfuerzo vs deformación con 4% de NaCl
 Fuente: Propia

En los resultados obtenidos en las pruebas de Compresión No Confinada, derivado de la muestra con 6% de NaCl, se observan las curvas correspondientes al espécimen 1 y 2, con esfuerzos de compresión máximos de 123 kPa y 115 kPa, respectivamente. En tal sentido, el resultado final de la prueba fue de 119 kPa, dicho resultado se obtuvo del promedio de los esfuerzos antes mencionados. Así mismo, se apreció un incremento en la curva con respecto a la muestra patrón.

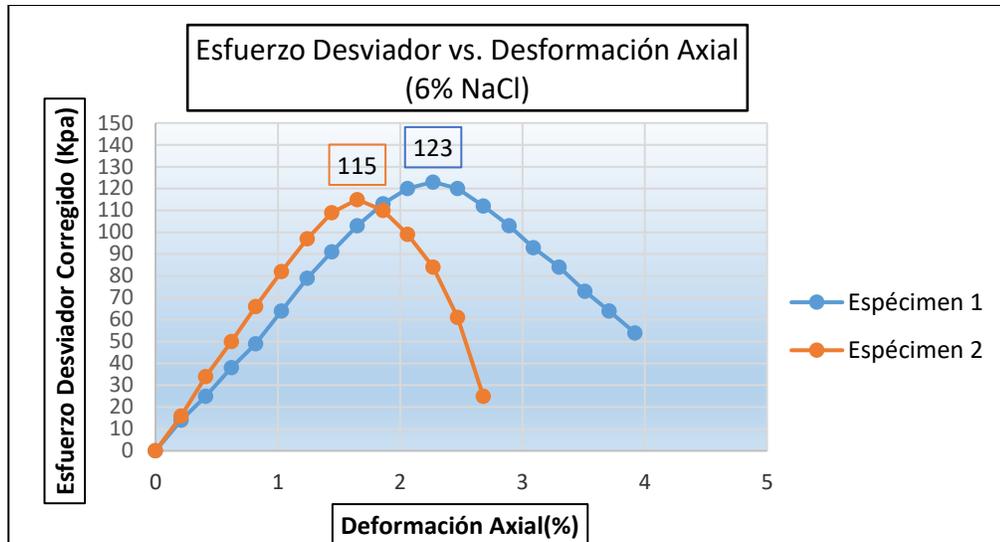


Figura 56. Curvas de esfuerzo vs deformación con 4% de NaCl
Fuente: Propia

En los resultados obtenidos en las pruebas de Compresión No Confinada, derivado de la muestra con 10% de NaCl, se observan las curvas correspondientes al espécimen 1 y 2, con esfuerzos de compresión máximos de 109 kPa y 109 kPa, respectivamente. En ese sentido, el resultado final de la prueba fue de 109 kPa, dicho resultado se obtuvo del promedio de los esfuerzos antes mencionados. Así mismo, se apreció un incremento en la curva con respecto a la muestra patrón.

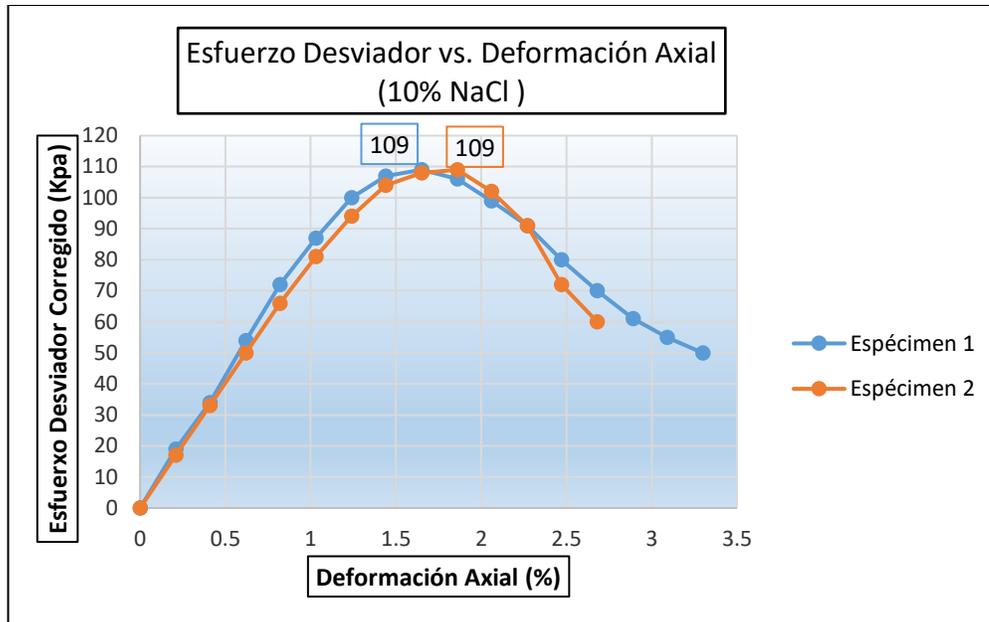


Figura 58. Curvas esfuerzo vs deformación con 10% de NaCl
Fuente: Propia

Finalmente se muestra un resumen de los resultados obtenidos en cada prueba, con su respectiva proporción de NaCl. En base a ello, se observa un aumento de la resistencia a la compresión no confinada en relación al aumento de NaCl. Del mismo modo, la proporción de NaCl más óptima fue la de 6%, con un valor de 119 kPa y la menos óptima fue la de 10%. Así mismo, se apreció un decremento en la curva con respecto a la muestra patrón.

Tabla 14. Resumen de pruebas (Compresión No Confinada)

COMPRESIÓN NO CONFINADA EN SUELOS COHESIVOS	Porcentaje NaCl			
	0%	4%	6%	10%
Esfuerzo de compresión no confinada (kPa)	64	104	119	109

Fuente: Propia

2.6.4 Procedimiento del Objetivo Especifico 3, respecto a la influencia que tiene la estabilización con adición de Cloruro de Sodio en la compactación de un suelo arcilloso

Para la presente investigación se consideró como objetivo específico optimizar el parámetro de compactación, considerando que este, es un parámetro relevante en el desarrollo de la estabilización. El procedimiento de ensayo está basado en la NTP 339.141: SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada.

Procedimiento de elaboración de probetas

El ensayo contempló la elaboración de 4 especímenes para cada prueba, de acuerdo a norma. Para la preparación de cada espécimen se realizó el tamizado a través de la malla N°4, determinándose que menos del 20% es retenido en dicho tamiz, en base ello se usó el método A y se pesó 3 kg de muestra. Así mismo, para la incorporación de las proporciones de NaCl se consideraron porcentajes correspondientes al 4%, 6% y 10%. Para cada una de las proporciones señaladas se elaboraron 4 probetas. Para el primer ensayo, se incorporó 4% de NaCl, para el segundo ensayo, 6% de NaCl y en el último ensayo, 10% de NaCl. En simultaneo, se habilito una muestra de control o muestra patrón en su estado natural, siguiendo las pautas antes mencionadas.



Figura 59. Pesaje de material
Fuente: Propia



Figura 60. Preparación de muestra
Fuente: Propia

A continuación, se prepararon las muestras para la elaboración de 4 especímenes. Luego, se determinaron contenidos de agua cercanos al óptimo contenido de humedad. Después, se mezcló la muestra, el agua y el NaCl para cada espécimen. En adelante se detalla el proceso

seguido para un espécimen, para los 3 especímenes restantes y demás pruebas con su respectiva proporción de NaCl se siguieron los mismos procedimientos.

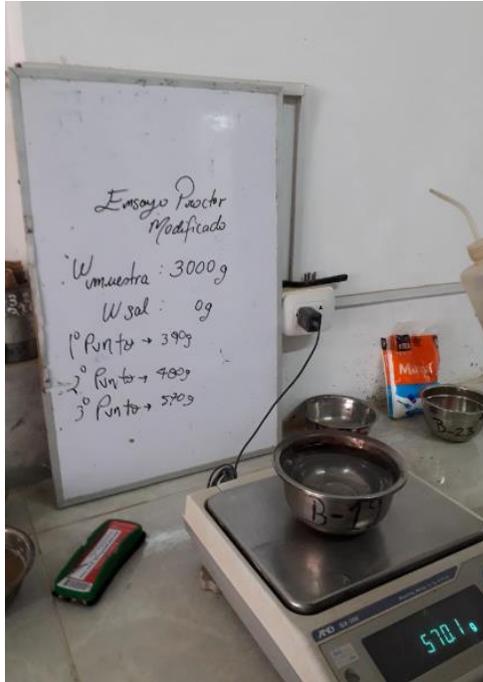


Figura 61. Peso del agua en una tara
Fuente: Propia



Figura 62. Mezcla de muestra, agua y NaCl.
Fuente: Propia

Luego, se registró el peso del molde con la base, la altura y el diámetro. Con dichos datos se calculó el volumen del molde, el cual fue 944 cm³. Después, se ensambló el molde y la base con el collarín de extensión.



Figura 63. Peso del molde
Fuente: Propia



Figura 64. Ensamblaje de molde y collarín.
Fuente: Propia.

Seguidamente, se compactó el espécimen en 5 capas aproximadamente iguales, cada una con 25 golpes. Para la compactación se hizo uso de un pistón manual de 10 lbf con caída libre de 18 pulg.



Figura 65. Capas de espécimen.
Fuente: Propia



Figura 66. Compactación de espécimen.
Fuente: Propia.

Después, ya compactado el espécimen, se removió cuidadosamente el collarín y se procedió a enrazar la superficie irregular del molde.



Figura 67. Remoción del collarín.
Fuente: Propia



Figura 68. Enraizado de material.
Fuente: Propia

Finalmente, se procedió a registrar la masa del espécimen compactado, el molde y el plato base, para posteriores cálculos. Por último, se removió el material del molde para obtener su contenido de humedad.



Figura 69. Pesaje de espécimen compactado
Fuente: Propia

Resultados de las pruebas

En los resultados obtenidos en las pruebas Proctor Modificado, derivado de la muestra patrón, se observa la curva de compactación correspondiente a los especímenes 1, 2,3 y 4. De dicha curva se obtuvieron los valores de Máxima Densidad Seca y Optimo Contenido de Humedad, los cuales fueron 1.702 g/cm³ y 18 % respectivamente.

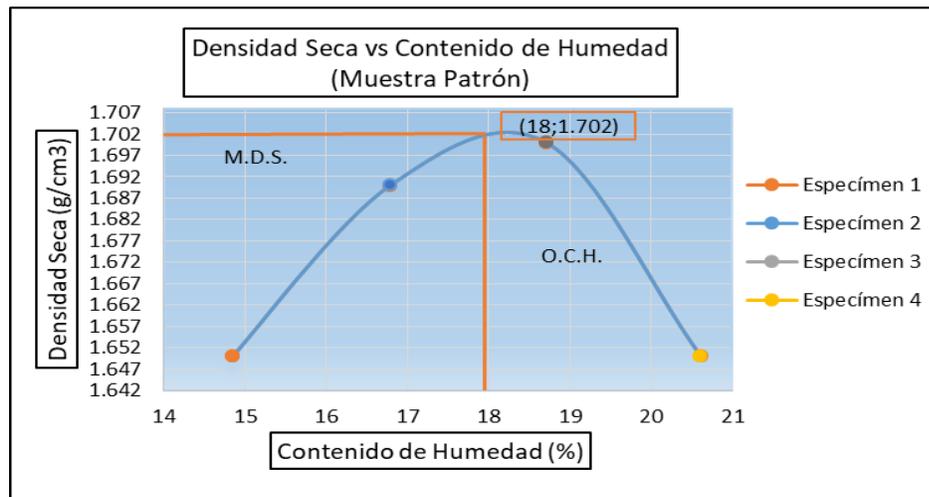


Figura 70. Curva de compactación, muestra patrón.

Fuente: Propia

En los resultados obtenidos en las pruebas Proctor Modificado, derivado de la muestra con 4% de NaCl, se observa la curva de compactación correspondiente a los especímenes 1,2, 3 y 4. De dicha curva se obtuvieron los valores de Máxima Densidad Seca y Optimo Contenido de Humedad, los cuales fueron 1.830 g/cm³ y 15.23 % respectivamente. Así mismo, se apreció en la curva un incremento en la densidad y un decremento en la humedad con cada adición de NaCl, respecto a la muestra patrón.

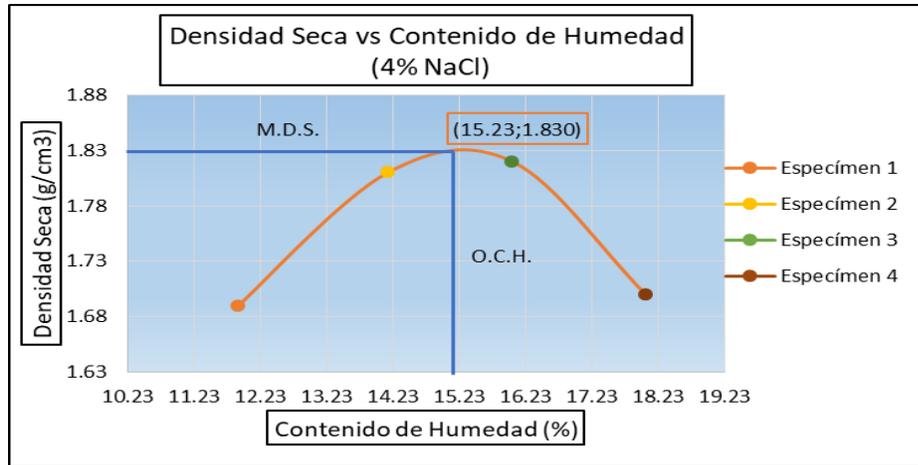


Figura 71. Curva de compactación, muestra con 4% de NaCl.
Fuente: Propia.

En los resultados obtenidos en las pruebas Proctor Modificado, derivado de la muestra con 6% de NaCl, se observa la curva de compactación correspondiente a los especímenes 1, 2, 3 y 4. De dicha curva se obtuvieron los valores de Máxima Densidad Seca y Óptimo Contenido de Humedad, los cuales fueron 1.851 g/cm³ y 13 % respectivamente. Así mismo, se apreció en la curva un incremento en la densidad y un decremento en la humedad con cada adición de NaCl, respecto a la muestra patrón.

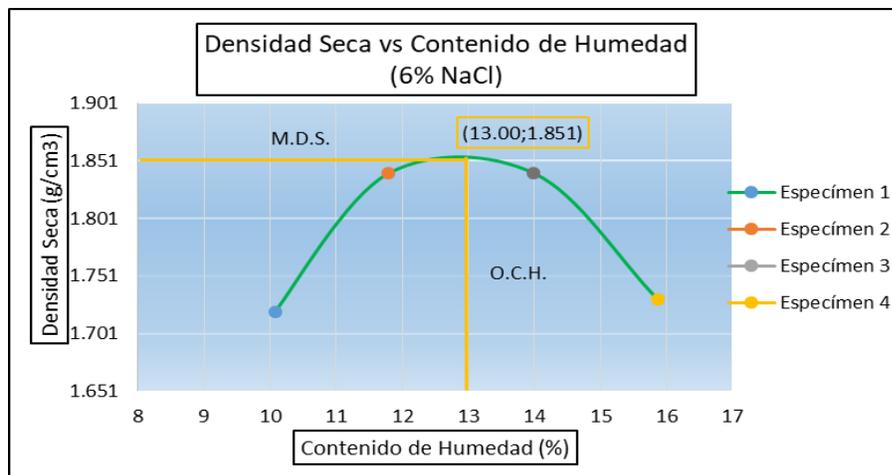


Figura 72. Curva de compactación, muestra con 6% de NaCl.
Fuente: Propia

En los resultados obtenidos en las pruebas Proctor Modificado, derivado de la muestra con 10% de NaCl, se observa la curva de compactación correspondiente a los especímenes 1, 2,3 y 4. De dicha curva se obtuvieron los valores de Máxima Densidad Seca y Optimo Contenido de Humedad, los cuales fueron 1.873 g/cm³ y 11.37 % respectivamente.

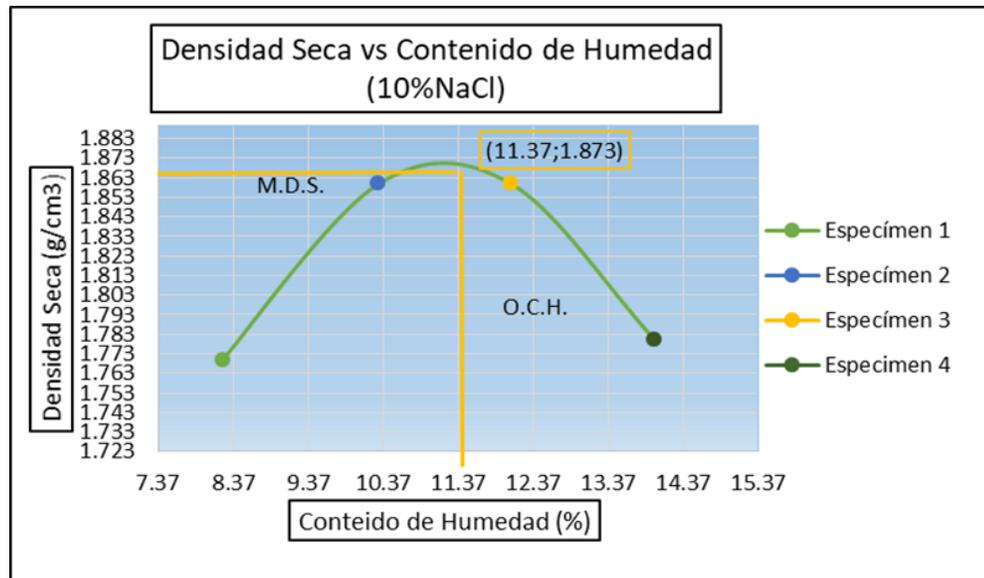


Figura 73. Curva de compactación, muestra con 10% de NaCl.
Fuente: Propia

Finalmente, se muestra un resumen de los resultados obtenidos en cada prueba, con su respectiva proporción de NaCl. En base a ello, se observa un aumento de la Máxima Densidad Seca y una disminución del Óptimo Contenido de Humedad en relación al aumento de NaCl. Del mismo modo, la proporción de NaCl más óptima fue del 10%. Así mismo, se apreció en la curva un incremento en la densidad y un decremento en la humedad con cada adición de NaCl, respecto a la muestra patrón.

Tabla 15. Resultado de densidad seca y contenido de humedad.

ENSAYO DE COMPACTACIÓN DEL SUELO	Porcentaje NaCl			
	0%	4%	6%	10%
Densidad Seca Máxima (g/cm ³)	1.702	1.83	1.851	1.873
Contenido de Humedad (%)	18	15.23	13	11.37

Fuente: Propia

2.6.5 Procedimiento del Objetivo Especifico 4, respecto a la influencia que tiene la estabilización con adición de Cloruro de Sodio en la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo arcilloso

Para la presente investigación se consideró como objetivo específico optimizar el parámetro de resistencia al esfuerzo cortante, considerando que este, es un parámetro relevante en el desarrollo de la estabilización. El procedimiento de ensayo está basado en la NTP 339. 164 Método de ensayo normalizado de compresión triaxial no consolidado-no drenado para suelos cohesivos.

Procedimiento de elaboración de probetas

El ensayo contempló la elaboración de 3 especímenes para cada prueba de acuerdo a norma. Así mismo, para la incorporación de las proporciones de NaCl se consideraron porcentajes correspondientes al 4%, 6% y 10%. Para cada una de las proporciones señaladas se elaboraron 3 probetas. Para el primer ensayo, se incorporó 4% de NaCl, para el segundo ensayo, 6% de NaCl y en el último ensayo, 10% de NaCl. Por otra parte, se tomó como referencia el óptimo contenido de humedad, obtenido previamente de pruebas Proctor Modificado. En síntesis, los resultados obtenidos en cada prueba Proctor Modificado con su respectiva

proporción de NaCl, fueron usados en las pruebas de Corte Triaxial No Consolidado No Drenado que contenían la misma proporción de NaCl. En simultáneo, se habilitó una muestra de control o muestra patrón en su estado natural, siguiendo las pautas antes mencionadas. En adelante se detalla el proceso seguido para un espécimen. Para los especímenes restantes y demás pruebas con su respectiva proporción de NaCl se siguieron los mismos procedimientos. En ese sentido, de acuerdo a norma, se añadió agua a la muestra. La cantidad de agua añadida corresponde al óptimo contenido de humedad, obtenido previamente de pruebas Proctor Modificado. Luego de añadir el agua, se dejó reposar la muestra 16 horas. Después, se utilizó un molde circular con un diámetro de 100 mm y una altura de 200 mm en el cual se compactó el material en cinco capas. Cada capa fue rastrillada.



Figura 74. Rastrillado de muestra
Fuente: Propia



Figura 75. Compactación de muestra
Fuente: Propia

Después, se colocó la membrana de látex al espécimen en conjunto con la tapa y la base. Seguidamente se incorporó en la cámara de compresión triaxial y se fijó la verticalidad. Luego se llenó la cámara con agua y se controló la presión mediante un sensor por 10 minutos, antes de aplicar la carga axial. Así mismo, se registró la fricción inicial del pistón y el empuje producido por la presión de la cámara.

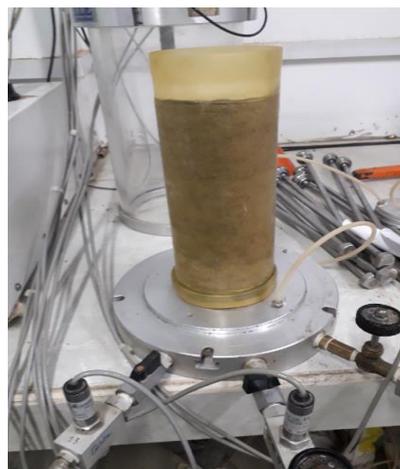


Figura 76. Muestra con membrana de látex
Fuente: Propia



Figura 77. Verificación de verticalidad y llenado de agua
Fuente: Propia



Figura 78. Control de presión de confinamiento
Fuente: Propia

Finalmente, ya fijada la presión de confinamiento, se aplicó una carga axial a velocidad de 1%/minuto (velocidad requerida para materiales plásticos). Se tomó registro del esfuerzo y la deformación del espécimen mediante un computador. Después, se retiró el espécimen de la cámara para determinar su contenido de humedad.

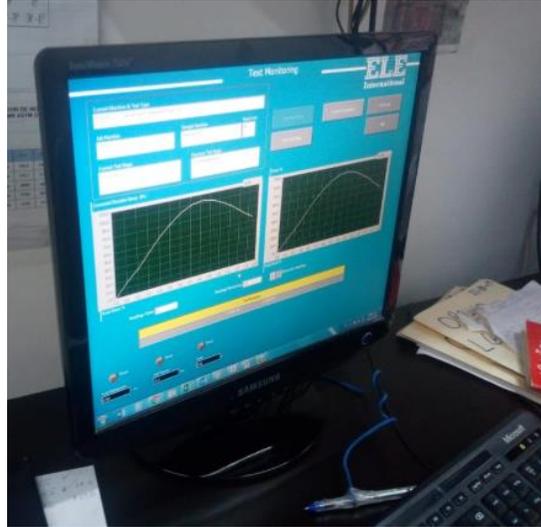


Figura 79. Registro de esfuerzo desviador vs deformación
Fuente: Propia



Figura 80. Muestra ensayada
Fuente: Propia

Resultados de las pruebas

En los resultados obtenidos en las pruebas de Corte Triaxial No Consolidado No Drenado, derivado de la muestra patrón, se observan los círculos de Mohr correspondientes a los especímenes 1,2 y 3, con esfuerzos de confinamiento de 100 Kpa, 200 Kpa y 400Kpa respectivamente. Así mismo se observa la envolvente de falla, de donde se obtuvieron los siguientes parámetros del suelo: $\phi=8.28^\circ$ y $c=53$ Kpa.

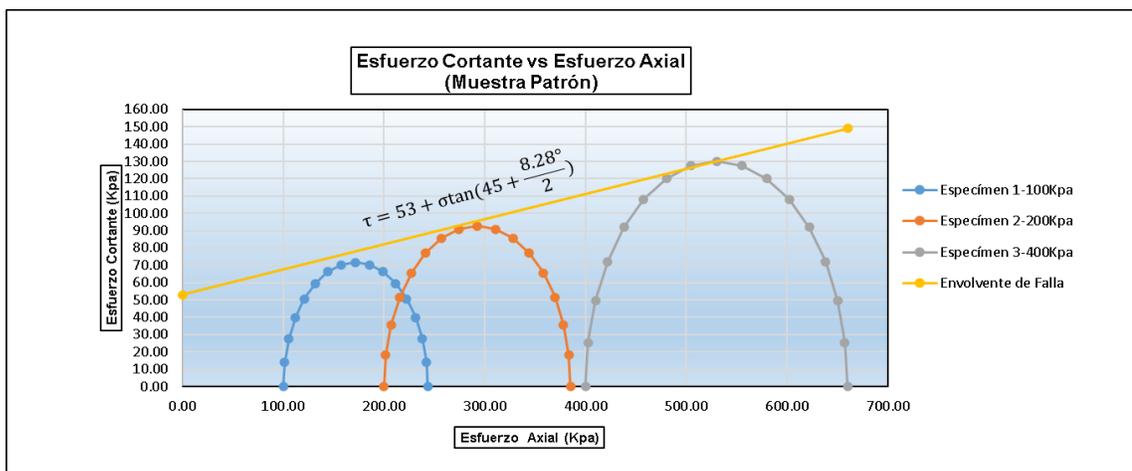


Figura 81. Prueba de corte triaxial-muestra patrón
Gráfica: Fuente: Propia

En los resultados obtenidos en las pruebas de Corte Triaxial No Consolidado No Drenado, derivado de la muestra con 4% de NaCl, se observan los círculos de Mohr correspondientes a los especímenes 1,2 y 3, con esfuerzos de confinamiento de 100 Kpa, 200 Kpa y 400Kpa respectivamente. Así mismo se observa la envolvente de falla, de donde se obtuvieron los siguientes parámetros del suelo: $\phi=14.1^\circ$ y $c=45$ Kpa. Así mismo, se apreció en la curva un incremento en el ángulo de fricción y un decremento en la cohesión con cada adición de NaCl, respecto a la muestra patrón.

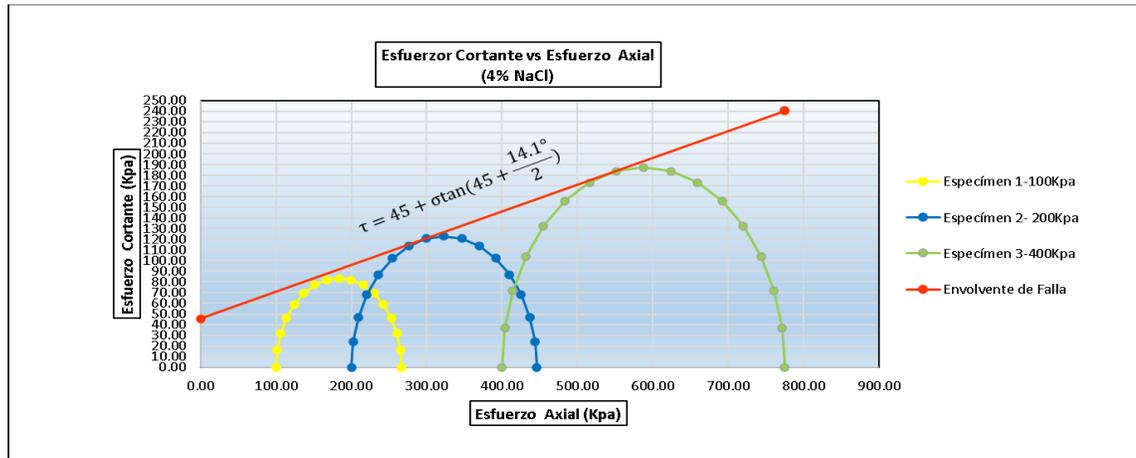


Figura 82. Prueba de corte triaxial-muestra con 4% de NaCl
Fuente: Propia

En los resultados obtenidos en las pruebas de Corte Triaxial No Consolidado No Drenado, derivado de la muestra con 6% de NaCl, se observan los círculos de Mohr correspondientes a los especímenes 1,2 y 3, con esfuerzos de confinamiento de 100 Kpa, 200 Kpa y 400Kpa respectivamente. Así mismo se observa la envolvente de falla, de donde se obtuvieron los siguientes parámetros del suelo: $\phi=18.88^\circ$ y $c=35$ Kpa. Así mismo, se apreció en la curva un incremento en el ángulo de fricción y un decremento en la cohesión con cada adición de NaCl, respecto a la muestra patrón.

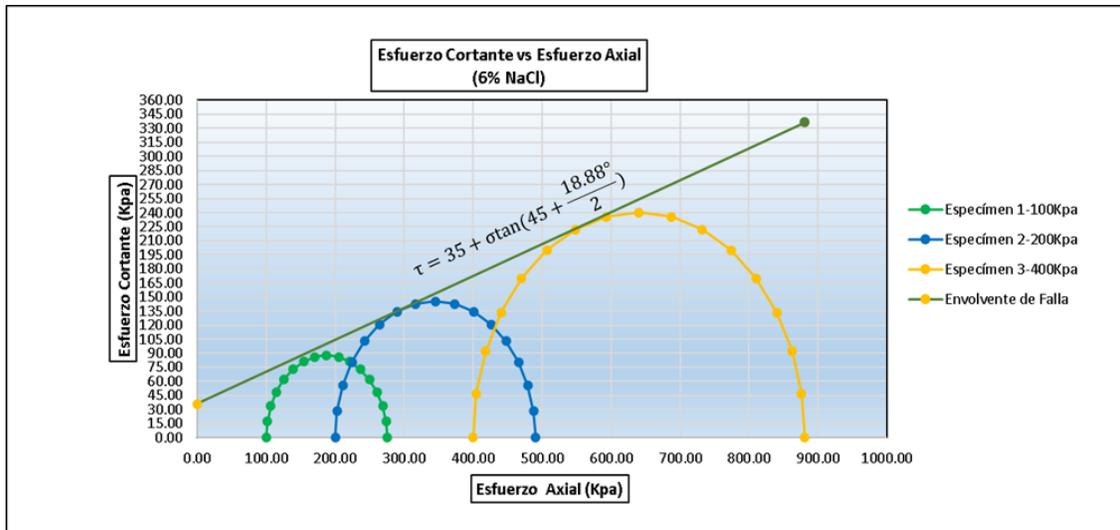


Figura 83. Prueba de corte triaxial-muestra con 6% de NaCl
Fuente: Propia

En los resultados obtenidos en las pruebas de Corte Triaxial No Consolidado No Drenado, derivado de la muestra con 10% de NaCl, se observan los círculos de Mohr correspondientes a los especímenes 1,2 y 3, con esfuerzos de confinamiento de 100 Kpa, 200 Kpa y 400Kpa respectivamente. Así mismo se observa la envolvente de falla, de donde se obtuvieron los siguientes parámetros del suelo: $\phi=25.37^\circ$ y $c=33$ Kpa. Así mismo, se apreció en la curva un incremento en el ángulo de fricción y un decremento en la cohesión con cada adición de NaCl, respecto a la muestra patrón.

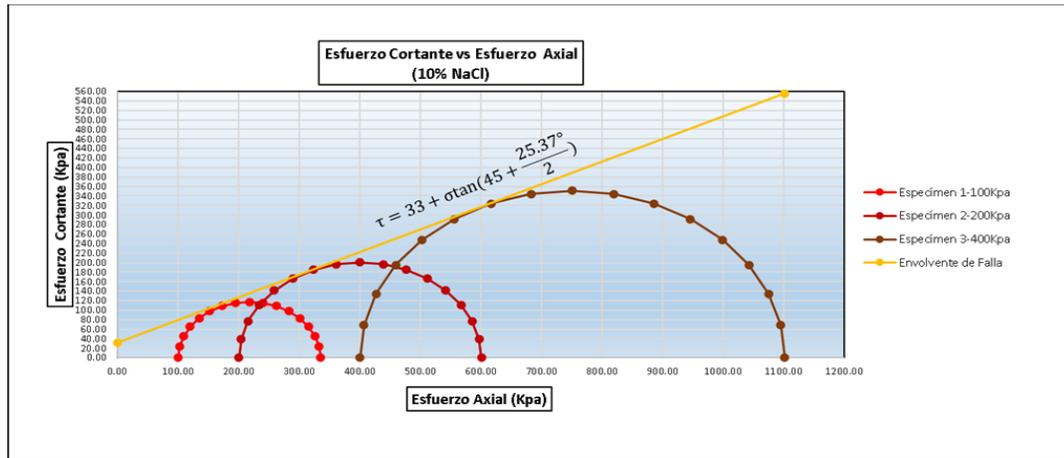


Figura 84. Prueba de corte triaxial-muestra con 10% de NaCl
Fuente: Propia

Finalmente, se muestra un resumen de los resultados obtenidos en cada prueba, con su respectiva proporción de NaCl. En base a ello, se observa un aumento del Ángulo de fricción interna y una disminución de la cohesión en relación al aumento de NaCl. Del mismo modo, la proporción de NaCl más óptima fue del 10%.

Tabla 16. Resumen de parámetros del suelo.

ENSAYO TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO	Porcentaje NaCl			
	0%	4%	6%	10%
Cohesión (Kpa)	53	45	35	33
Ángulo de fricción interna	8.28°	14.1°	18.88°	25.37°

Fuente: Propia

3 CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

3.1.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS VARIABLES

3.1.1.1 Pruebas para clasificar el suelo

Tabla 17. Resultados W, LL, LP.

% NaCl	Prueba			unidad
	Humedad	Limite liquido	Limite plástico	
0%	28.3	60	24	%

Fuente: Propia

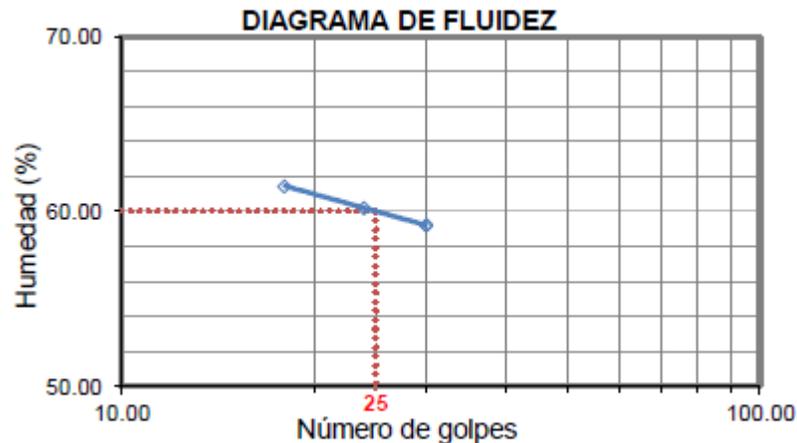


Figura 85. Diagrama de Fluidez

Fuente: Propia

ANÁLISIS:

Se observan los valores de Contenido de humedad, Limite líquido y Limite plástico del suelo en su estado natural. De lo cual se puede interpretar que el suelo, al presentar un alto valor en la prueba de Limite líquido, presentará un comportamiento líquido, siendo esto desfavorable en proyectos con fines de edificación.

3.1.1.2 Prueba N° 1- Capacidad de Soporte

La prueba se refirió a la capacidad de soporte del suelo a estabilizar, considerando se los % de NaCl seleccionados, al 100 y al 95%, obteniéndose:

Tabla 18. Resultados CBR (95%-100%)

% NaCl	Prueba 1 al 100%	Prueba 1 al 95%
0%	5	4.2
4%	6.1	4.9
6%	7.1	6
10%	8.4	6.4

Fuente: Propia

Como se puede apreciar, se muestra un incremento de la capacidad de soporte en todos los casos.

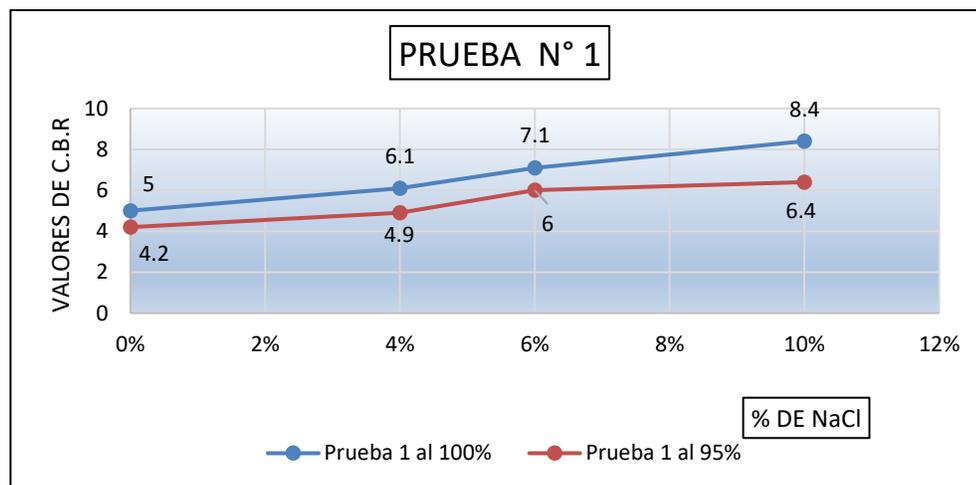


Figura 86. Prueba de valores de C.B.R. - % de NaCl

Fuente: Propia

ANÁLISIS:

A partir de los resultados obtenidos en las pruebas CBR, derivado de la muestra patrón, se observa que para el 100 % de la máxima densidad seca se obtuvo un CBR de 5%, del mismo modo para el 95 % de la máxima densidad seca se determinó un CBR de 4.2 %. Así mismo, en los resultados obtenidos en las pruebas CBR, derivado de la muestra con 4 % de NaCl, se observa que para el 100 % de la máxima densidad seca se obtuvo un valor de CBR de 6.1 %. Encontrándose un incremento del 9.9% con respecto a la muestra patrón. Del mismo modo para el 95 % de la máxima densidad seca, se obtuvo un valor de CBR de 4.9 %. Encontrándose un incremento del 7.69% con respecto a la muestra patrón. Seguidamente, en los resultados obtenidos en las pruebas CBR, derivado de la muestra con 6 % de NaCl, se observa que para el 100 % de la máxima densidad seca se obtuvo un valor de CBR de 7.1 %. Encontrándose un incremento del 17.36% con respecto a la muestra patrón. Del mismo modo para el 95 % de la máxima densidad seca, se obtuvo un valor de CBR de 6.0 %. Encontrándose un incremento del 17.65% con respecto a la muestra patrón. Finalmente, en los resultados obtenidos en las pruebas CBR, derivado de la muestra con 10 % de NaCl, se observa que para el 100 % de la máxima densidad seca se obtuvo un valor de CBR de 8.4 %. Encontrándose un incremento del 25.37% con respecto a la muestra patrón. Del mismo modo para el 95 % de la máxima densidad seca, se obtuvo un valor de CBR de 6.4 %. Encontrándose un incremento del 20.75% con respecto a la muestra patrón. En general, se observa como el incremento de la concentración de cloruro de sodio, influye en el incremento de los valores del CBR, y las pruebas al 100% de la máxima densidad tienen los mejores resultados.

3.1.1.3 Prueba N° 2 - Compresión No Confinada

Tabla 19. Resultados Compresión No Confinada.

% NaCl	Prueba 2 (No Confinada)	unid
0%	64	kPa
4%	104	kPa
6%	119	kPa
10%	109	kPa

Fuente: Propia

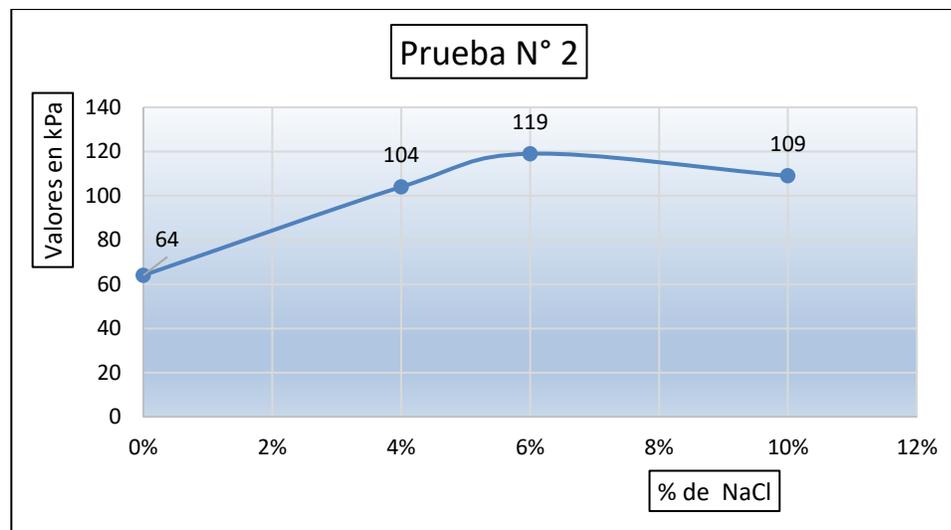


Figura 87. Prueba de valores de Kpa - % DE NaCl

Fuente: Propia

ANÁLISIS:

En los resultados obtenidos en las pruebas de Compresión No Confinada, derivado de la muestra patrón, se obtuvo como resultado un valor de 64 kPa. Así mismo, en los resultados derivados de la muestra con 4% de NaCl, se obtuvo como resultado final un valor de 104 kPa. Encontrándose un incremento del 23.81% con respecto a la muestra patrón. Seguidamente, en los resultados derivados de la muestra con 6% de NaCl, se obtuvo como resultado un valor de 119

kPa. Encontrándose un incremento del 30.05% con respecto a la muestra patrón. Finalmente, en los resultados derivados de la muestra con 10% de NaCl, se obtuvo como resultado un valor de 109 kPa. Encontrándose un incremento del 26.01% con respecto a la muestra patrón. En general, podemos observar que un incremento en la concentración del cloruro de sodio, influye en el incremento de la Compresión No Confinada, en valores en kPa, pero se satura y baja cuando la concentración de cloruro de sodio sube por encima del 6%.

3.1.1.4 Prueba N° 3 - % de Humedad

Tabla 20. Resultados de Compactación (% de Humedad)

% NaCl	Prueba 3 % (Humedad)	Unid.
0%	18	%
4%	15.23	%
6%	12.75	%
10%	11.37	%

Fuente: Propia

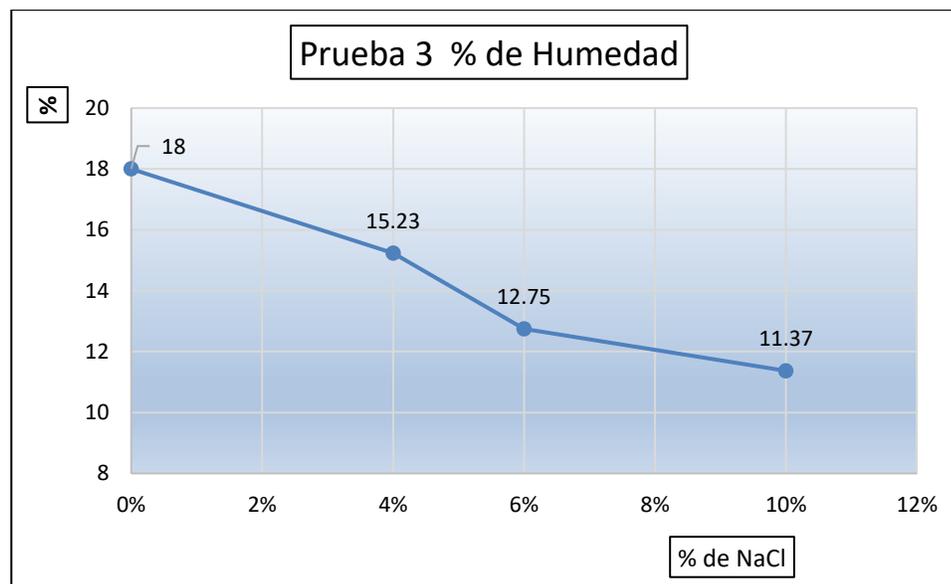


Figura 88. Prueba 3 - % de humedad - % de NaCl

Fuente: Propia

ANÁLISIS:

En los resultados obtenidos en las pruebas Proctor Modificado en el parámetro de humedad, derivado de la muestra patrón, se obtuvo un valor de 18 %. Así mismo, en los resultados obtenidos de la muestra con 4% de NaCl, se obtuvo un valor de 15.23 %. Encontrándose un decremento del -8.34% con respecto a la muestra patrón. Seguidamente, en los resultados obtenidos de la muestra con 6% de NaCl, se obtuvo un valor de 12.75 %. Encontrándose un decremento del -17.07% con respecto a la muestra patrón. Finalmente, en los resultados obtenidos de la muestra con 10% de NaCl, se obtuvo un valor de 11.37 %. Encontrándose un decremento del -22.57% con respecto a la muestra patrón. En general, podemos ver que a medida que se incrementa la concentración de cloruro de sodio, el porcentaje de humedad disminuye, la relación es inversa.

3.1.1.5 Prueba N° 3 – Densidad

Tabla 21. Resultados de Compactación (Densidad)

% NaCl	Prueba 3 (Densidad)	Unid.
0%	1.7	g/cm ³
4%	1.83	g/cm ³
6%	1.85	g/cm ³
10%	1.87	g/cm ³

Fuente: Propia

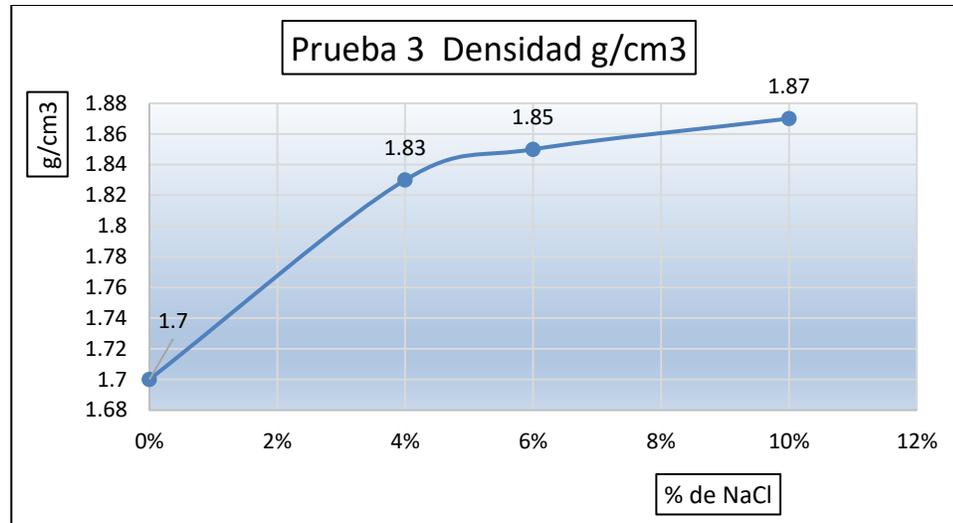


Figura 89. Prueba 3 - Densidad G/CM3 - % DE NaCl

Fuente: Propia

ANÁLISIS:

En los resultados obtenidos en las pruebas Proctor Modificado en el parámetro de densidad, derivado de la muestra patrón, se obtuvo un valor de 1.7 g/cm³. Así mismo, en los resultados obtenidos de la muestra con 4% de NaCl, se obtuvo un valor de 1.83 g/cm³. Encontrándose un incremento del 3.68% con respecto a la muestra patrón. Seguidamente, en los resultados obtenidos de la muestra con 6% de NaCl, se obtuvo un valor de 1.85 g/cm³. Encontrándose un incremento del 4.23% con respecto a la muestra patrón. Finalmente, en los resultados obtenidos de la muestra con 10% de NaCl, se obtuvo un valor de 1.87 g/cm³. Encontrándose un incremento del 4.76% con respecto a la muestra patrón. En general, podemos ver que a medida que la concentración de cloruro de sodio aumenta, la densidad se incrementa potencialmente en el suelo.

3.1.1.6 Prueba N° 4 – Cohesión

Tabla 22. Resultados de Esfuerzo Cortante (Cohesión)

% NaCl	Prueba 4 (Cohesión)	Unid.
0%	53	Kpa
4%	45	Kpa
6%	36	Kpa
10%	33	Kpa

Fuente: Propia

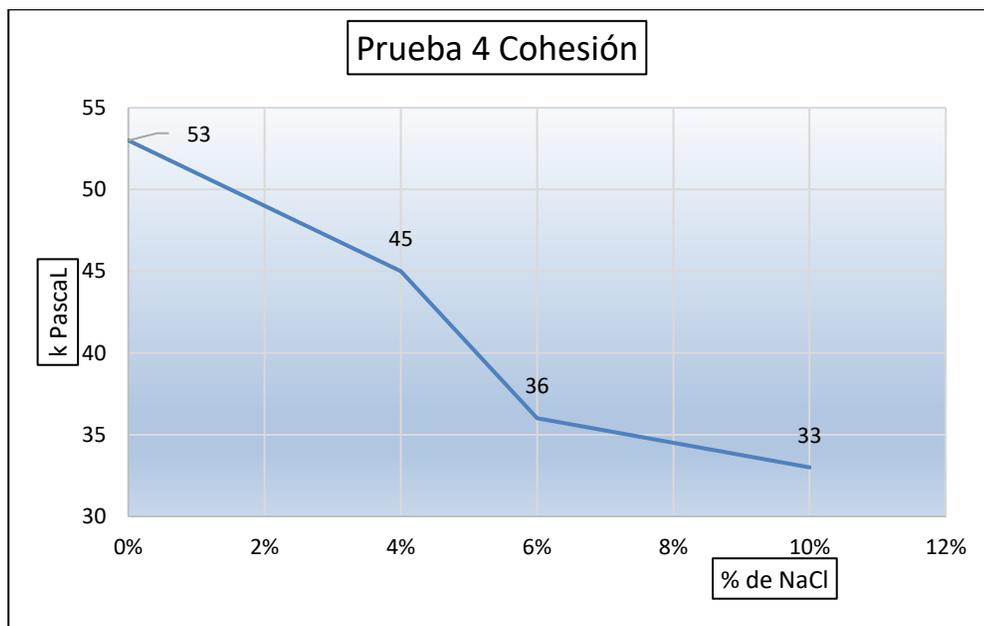


Figura 90. Prueba 4 (COHESIÓN) - % de NaCl

Fuente: Propia

ANÁLISIS:

En los resultados obtenidos en las pruebas de Corte Triaxial No Consolidado No Drenado en el parámetro de cohesión, derivado de la muestra patrón, se obtuvo un valor de $c=53$ Kpa. Así mismo, en los resultados derivados de la muestra con 4% de NaCl, se obtuvo un valor de $c=45$ Kpa. Encontrándose un decremento del -8.16% con respecto a la muestra patrón.

Seguidamente, en los resultados derivados de la muestra con 6% de NaCl, se obtuvo un valor de $c=36$ Kpa. Encontrándose un decremento del -19.10% con respecto a la muestra patrón. Finalmente, en los resultados derivados de la muestra con 10% de NaCl, se obtuvo un valor de $c=33$ Kpa. Encontrándose un decremento del -23.26% con respecto a la muestra patrón. En general, se observa que a medida que la concentración de cloruro de sodio se incrementa, la cohesión en kPa disminuye linealmente, es decir se relaciona en proporción inversa.

3.1.1.7 Prueba N° 4 - Ø Fricción

Tabla 23. Resultados de Esfuerzo Cortante (Fricción)

% NaCl	Prueba 4 (Ø Fricción)	Unid.
0%	8.28	0
4%	14.4	0
6%	18.88	0
10%	25.37	0

Fuente: Propia

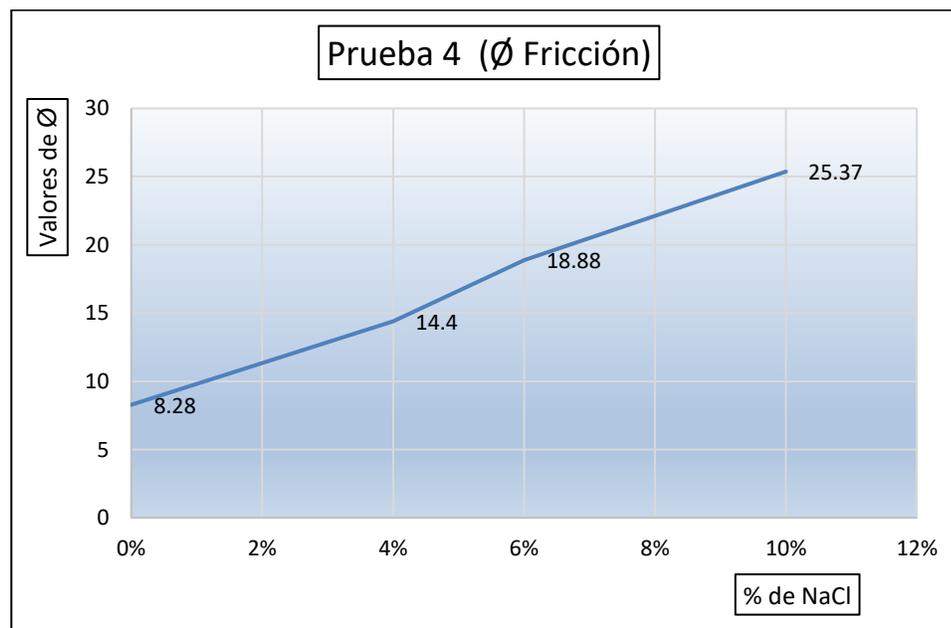


Figura 91. Prueba 4 (Ø FRICCIÓN) - % de NaCl

Fuente: Propia

ANÁLISIS:

En los resultados obtenidos en las pruebas de Corte Triaxial No Consolidado No Drenado en el parámetro de Angulo de fricción interna, derivado de la muestra patrón, se obtuvo un valor de 8.28° . Así mismo, en los resultados derivados de la muestra con 4% de NaCl, se obtuvo un valor de 14.4° . Encontrándose un incremento del 29.98% con respecto a la muestra patrón. Seguidamente, en los resultados derivados de la muestra con 6% de NaCl, se obtuvo un valor de 18.88° . Encontrándose un incremento del 39.03% con respecto a la muestra patrón. Finalmente, en los resultados derivados de la muestra con 10% de NaCl, se obtuvo un valor de 25.37° . Encontrándose un incremento del 50.79% con respecto a la muestra patrón. En general, se observa que a medida que la concentración del cloruro de sodio aumenta, el ϕ de fricción se incrementa. La relación es lineal directa.

3.2 ESTADÍSTICA INFERENCIAL

3.2.1 APLICACIÓN INFERENCIAL DE LAS VARIABLES

3.2.1.1 LA CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

La hipótesis general se contrastará mediante cuadros estadísticos y las hipótesis específicas mediante pruebas cuantitativa de análisis de regresión lineal, donde se obtendrá la (ANOVA), determinaremos la validez del modelo matemático dado por tal análisis, para determinar la influencia que tiene la estabilización con adición de cloruro de sodio en las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso, caso terreno de fundación de la construcción del Centro Comercial las Vegas Plaza en el distrito de Puente Piedra, 2020.

Para ello primero se realizó la prueba de normalidad de los resultados de cada prueba, para luego realizar el análisis de regresión de cada hipótesis específica.

3.2.2 NORMALIZACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LAS VARIABLES

Ho: “La variable dependiente Propiedades Mecánicas: Capacidades de soporte (CBR), compresión no confinada, compactación y la resistencia al esfuerzo cortante **siguen una distribución Normal**”

H1: “La variable dependiente Propiedades mecánicas: Capacidades de soporte (CBR), compresión no confinada, compactación y la resistencia al esfuerzo cortante **no sigue una distribución Normal**”

Tabla 24. Prueba de Normalidad-Shapiro Wilk

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
PRUEBA 1 AL 100%	0,996	4	0,986
PRUEBA 2 AL 95%	0,943	4	0,671
PRUEBA 2	0,853	4	0,235
PRUEBA 3 % DE HUMEDAD	0,817	4	0,136
PRUEBA 3 DENSIDAD	0,942	4	0,664
PRUEBA 4 COHESION	1,000	4	0,999

Fuente: Elaboración Propia SPSS

N.S.= 0.05

La Contrastación de la Hipótesis: En el cuadro de normalidad de la columna sig. De Shapiro-Wilk todos son mayores que 0.05, por lo cual se ACEPTA la hipótesis Nula.

3.2.3 PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

3.2.3.1 El Planteamiento de la Hipótesis General

Tabla 25. Pruebas-Concentración de Sal.

ESTABILIZACION SUIELO ARCILLOSO		CONCENTRACION DE SAL			
		0%	4%	6%	10%
PRUEBA 1	Capacidad de Soporte al 100%	5	6.1	7.1	8.4
	Capacidad de Soporte al 95%	4.2	4.9	6	6.4
PRUEBA 2	Compresión no Confinada	64	104	119	109
PRUEBA 3	% Humedad	18	15.23	12.75	11.87
	Densidad g/cm ³	1.7	1.83	1.85	1.87
PRUEBA 4 TRIAXIAL	Cohesión (kPa)	53	45	36	33
	ϕ Fricción	8.28	14.4	18.88	25.37

Fuente: Propia

Ho: “La Estabilización con adición de Cloruro de Sodio NO influye en las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso.”

H1: “La Estabilización con adición de Cloruro de Sodio SI influye en las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso.”

La Contrastación de la Hipótesis: mediante la siguiente grafica estadística, verificaremos que la estabilización con adición de Cloruro de Sodio influye fuertemente en las propiedades mecánicas del suelo arcilloso.

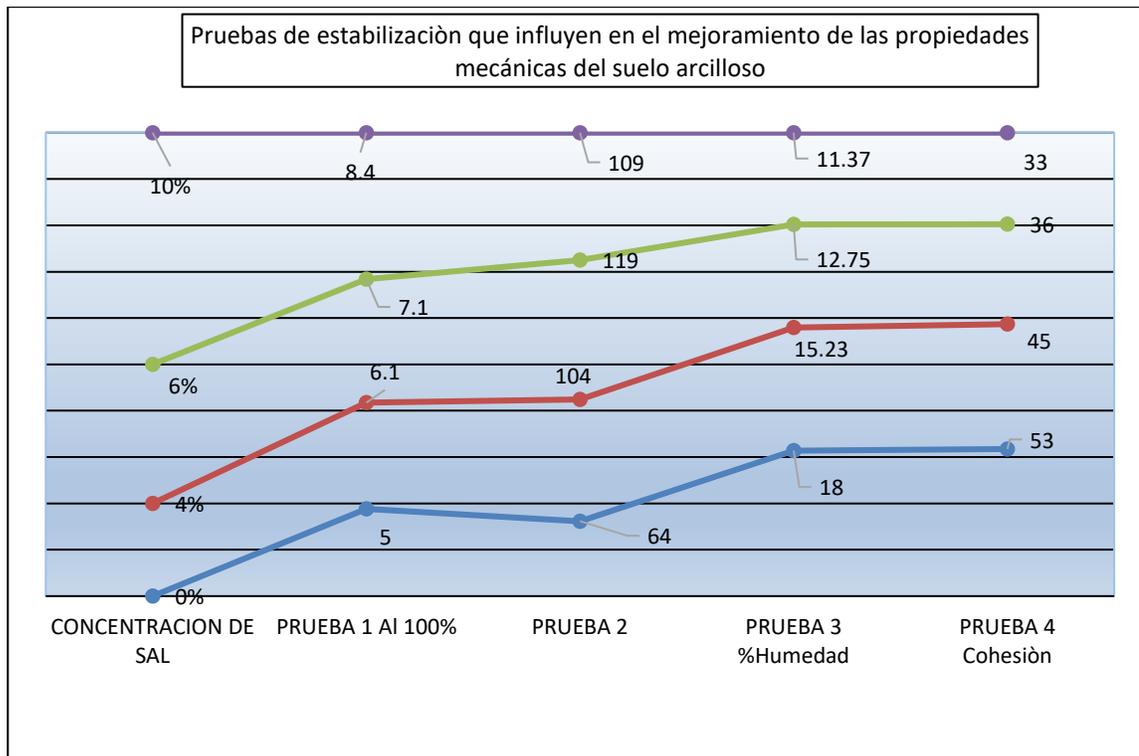


Figura 92. Pruebas de Estabilización que Influyen en el Mejoramiento de propiedades Mecánicas del Suelo Arcilloso.

Fuente: Elaboración propia SPSS

En este cuadro se refleja como las propiedades mecánicas del suelo arcilloso son influidas por la estabilización del suelo con el incremento del cloruro de sodio al 0%, 4%, 6% y 10%.

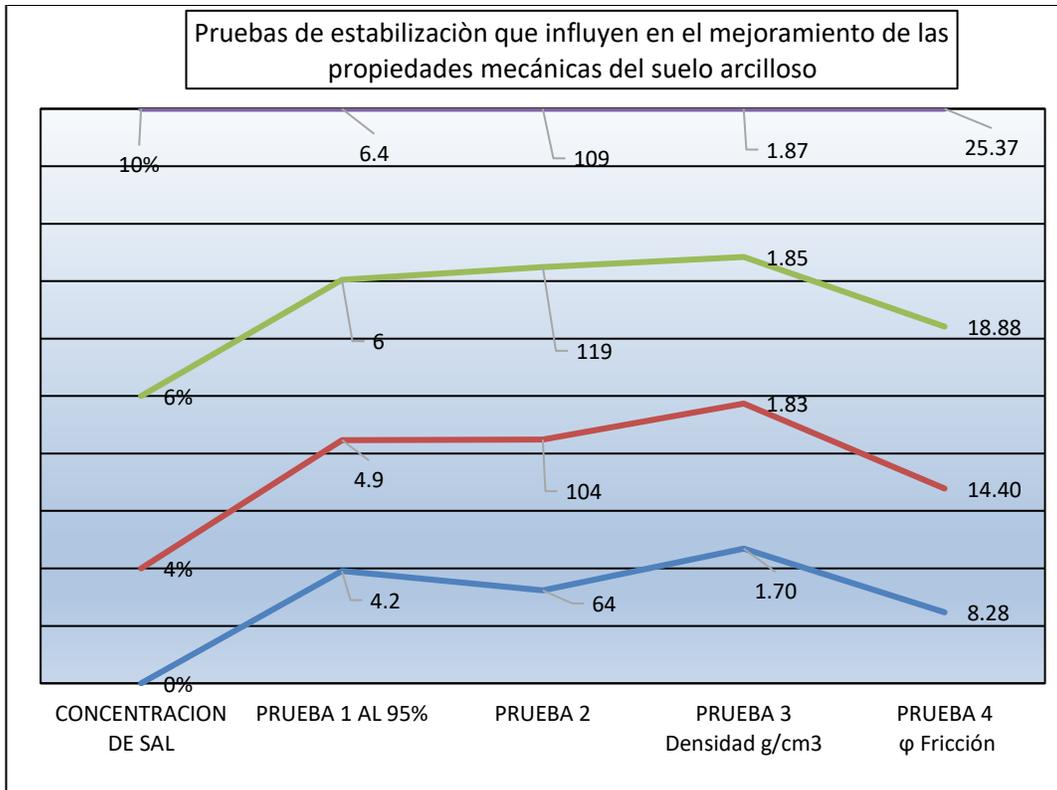


Figura 93. Pruebas de Estabilización que Influyen en el Mejoramiento de Propiedades Mecánicas del Suelo Arcilloso.

Fuente: Elaboración Propia SPSS

De manera similar, este cuadro también refleja como las propiedades mecánicas del suelo son influidos por la estabilización del suelo con el incremento del cloruro de sodio al 0%, 4%, 6% y 10%.

Finalmente, se contrasta la hipótesis general, de que la estabilización con la adición del cloruro de sodio influye en las propiedades mecánicas del suelo arcilloso.

3.2.3.2 El Planteamiento de las Hipótesis Específicas

PRUEBA N°1- CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) AL 100%

a) El Planteo de las Hipótesis Especifica 1

H₀: “La estabilización con adición de Cloruro de Sodio no influye en la capacidad de soporte (CBR) de un suelo arcilloso; estadísticamente $\beta_0=0$ ”.

H₁: “La estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en la capacidad de soporte (CBR) de un suelo arcilloso; estadísticamente $\beta_0 \neq 0$ ”.

b) Nivel de significancia (N.S.): 0.05

c) La Contrastación de la Hipótesis regresión lineal prueba de la ANOVA

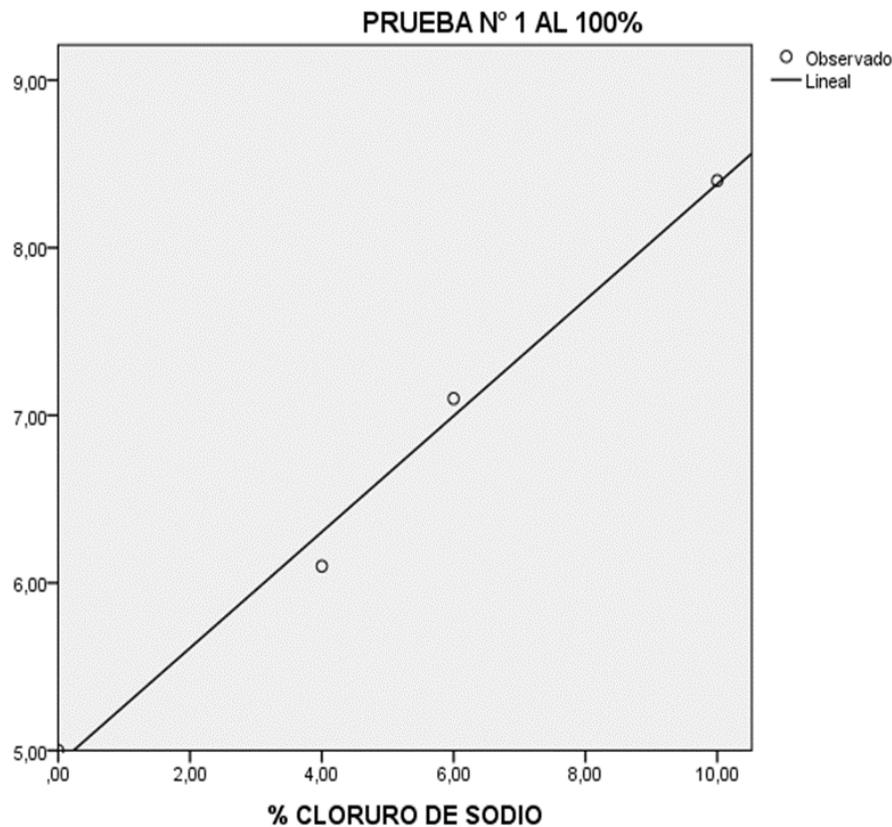


Figura 94. Prueba N° 1 al 100% de CBR - Cloruro de Sodio (%).

Fuente: Elaboración propia en SPSS

Tabla 26. Resumen del Modelo - CBR al 100%

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
,995	,991	,986	,172

Fuente: Elaboración propia en SPSS

Tabla 27. Modelo Matemático - CBR al 100%

MODELO	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
% DE SAL	,346	,024	,995	14,505	,005
(Constante)	4,919	,147		33,439	,001

Fuente: Elaboración propia en SPSS

a. Variables predictoras: (Constante), % CLORURO DE SODIO

b. Variable dependiente: PRUEBA N° 1 AL 100%

c. El modelo es: $\hat{Y} = 4.919 + 0.346X$

Tabla 28. ANOVA -CBR al 100%

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	6,231	1	6,231	210,390	,005
Residual	,059	2	,030		
Total	6,290	3			

Fuente: Elaboración propia en SPSS

Finalmente se observa en el cuadro de la ANOVA la sig. es menor que el 5%, se rechaza la hipótesis nula en favor de la hipótesis alternativa.

PRUEBA N°1- CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) AL 95%

a) El Planteo de las Hipótesis Especifica 1

Ho: ” La estabilización con adición de Cloruro de Sodio no influye en la capacidad de soporte (CBR) de un suelo arcilloso; estadísticamente $\beta_0 = 0$ ”.

H1: “La estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en la capacidad de soporte (CBR) de un suelo arcilloso; estadísticamente $\beta_0 \neq 0$ ”.

b) NS= 0.05

c) La Contrastación de la Hipótesis regresión lineal prueba de la ANOVA

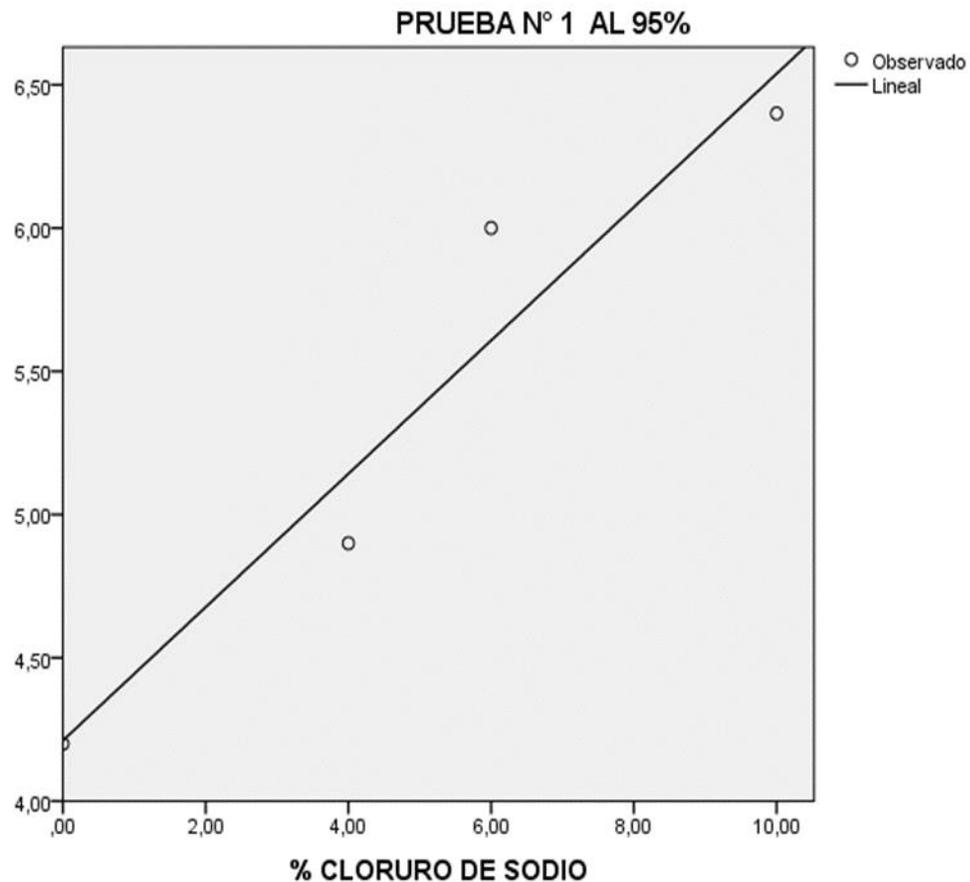


Figura 95. Prueba N° 1 al 95% de CBR- Cloruro de Sodio (%).
Fuente: Elaboración propia en SPSS

Tabla 29. Resumen del modelo-CBR al 95%

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
,961	,924	,886	3,405

Fuente: Elaboración propia en SPSS

Tabla 30. Modelo Matemático -CBR al 95%

MODELO	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
% DE SAL	0,233	,047	,961	4,928	,039
(Constante)	4,212	,291		14,468	,005

Fuente: Elaboración propia en SPSS

a. Variables predictoras: (Constante), % CLORURO DE SODIO

b. Variable dependiente: PRUEBA N° 1 AL 95%

c. El modelo es: $\hat{Y} = 4.212 + 0.233X$

Tabla 31. ANOVA - CBR al 95%

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	281,558	1	281,558	24,280	,039 ^b
Residual	23,192	2	11,596		
Total	304,750	3			

Fuente: Elaboración propia en SPSS

Finalmente se observa en el cuadro de la ANOVA la sig. Es menor que el 5% se rechaza la hipótesis nula en favor de la hipótesis alternativa.

PRUEBA N° 2- COMPRESIÓN NO CONFINADA (Kpa)

a) El Planteo de las Hipótesis Específica 2

H₀:” La estabilización con adición de Cloruro de Sodio NO influye en la compresión no confinada de un suelo arcilloso, caso Construcción del Centro Comercial Las Vegas, distrito de Puente Piedra, año 2020, estadísticamente $\beta_0=0$ ”.

H₁: “La estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en la compresión no confinada de un suelo arcilloso, caso Construcción del Centro Comercial Las Vegas, distrito de Puente Piedra, año 2020 estadísticamente $\beta_0 \neq 0$ ”.

b) N.S: 0.05

c) La Contrastación de la Hipótesis: Se realizó un análisis de regresión cuadrática por la naturaleza de los resultados de la prueba N° 2 Cuadro de ANOVA Pruebas estadísticas de F de Fisher.

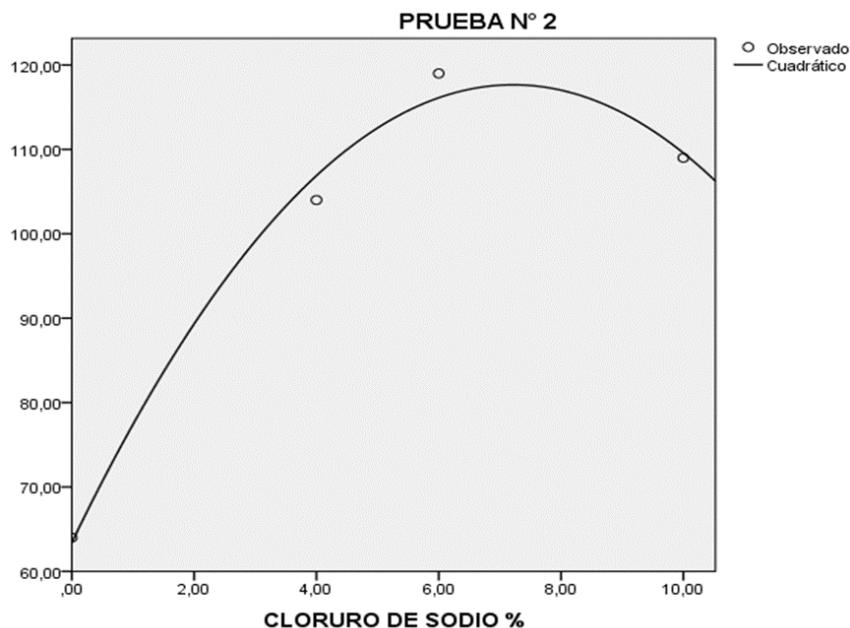


Figura 96. Prueba N°2 Compresión Simple –Cloruro de Sodio (%)

Fuente: Elaboración propia en SPSS

Tabla 32. Resumen del modelo -Compresión No Confinada.

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
,995	,990	,970	4,160

Fuente: Elaboración propia en SPSS

Tabla 33. Modelo matemático - Compresión no Confinada.

MODELO	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
% DE SAL	15,032	1,827	2,591	8,228	,077
% DE SAL	-1,042	,173	-1,892	-6,009	,105
(Constante)	63,423	4,120		15,394	,041

Fuente: Elaboración propia en SPSS

a. Variables predictoras: (Constante), % CLORURO DE SODIO

b. Variable dependiente: PRUEBA N°2 Compresión No Confinada

c. El modelo es $\hat{Y} = -1,042x^2 + 15,032x + 63,423$

Tabla 34. ANOVA -Compresión No Confinada.

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	1,732,692	2	866,346	50,056	,099
Residual	17,308	1	17,308		
Total	1,750,000	3			

Fuente: Elaboración propia en SPSS

Finalmente se observa en el cuadro de la ANOVA la sig. Es mayor que el 5% se acepta la hipótesis nula.

PRUEBA N° 3 –CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

a) El Planteo de las Hipótesis Especifica 3

H₀:” La estabilización con adición de Cloruro de Sodio NO influye en la compactación de un suelo arcilloso caso Construcción del Centro Comercial las Vegas, distrito de Puente Piedra, año 2020, estadísticamente $\beta_0=0$ ”.

H₁: “La estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en la compactación de un suelo arcilloso caso Construcción del Centro Comercial Las Vegas, distrito de Puente Piedra, año 2020, estadísticamente $\beta_0\neq 0$ ”.

b) N.S = 0.05

c) La Contrastación de la Hipótesis: La Contrastación de la Hipótesis regresión lineal prueba de la ANOVA

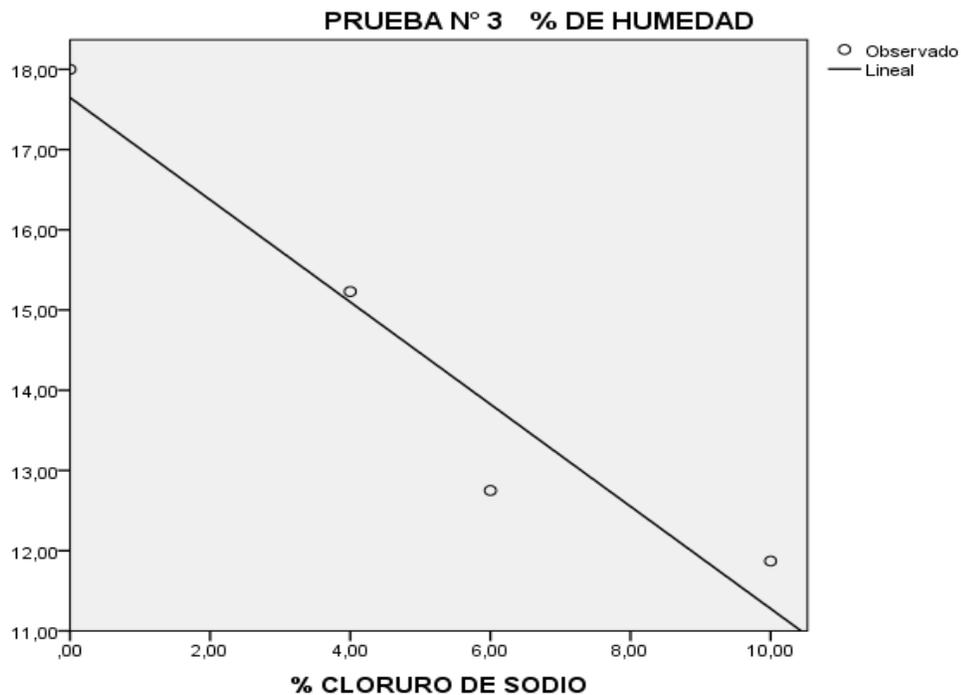


Figura 97. Prueba N°3 Optimo Contenido de Humedad (%) – Cloruro de Sodio (%)

Fuente: Elaboración propia en SPSS

Tabla 35. Resumen del modelo -Contenido de Humedad.

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
,963 ^a	,928	,891	,908

Fuente: Elaboración propia en SPSS

Tabla 36. Modelo matemático-Contenido de Humedad.

MODELO	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
(Constante)	17,648	,776		22,736	,002
% DE SAL	-,637	,126	-,963	-5,060	,037

Fuente: Elaboración propia en SPSS

a. Variable dependiente: PRUEBA N° 3 HUMEDAD %

b. Variables predictoras: (Constante), % CLORURO DE SODIO

c. El modelo es $\hat{Y} = 17,648 - 0,637x$

Tabla 37. ANOVA-Contenido de Humedad.

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	21,108	1	21,108	25,600	,037 ^b
Residual	1,649	2	,825		
Total	22,757	3			

Fuente: Elaboración propia en SPSS

Finalmente se observa en el cuadro de la ANOVA la sig. Es menor que el 5% se rechaza la hipótesis nula en favor de la hipótesis alternativa.

PRUEBA N°3 – MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)

a) El Planteo de las Hipótesis Específica 3

H₀: ” La estabilización con adición de Cloruro de Sodio no influye en la compactación de un suelo arcilloso caso Construcción del Centro Comercial Las Vegas, distrito de Puente Piedra, año 2020, estadísticamente $\beta_0=0$ ”.

H₁: “La estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en la compactación de un suelo arcilloso caso Construcción del Centro Comercial Las Vegas, distrito de Puente Piedra, año 2020, estadísticamente $\beta_0\neq 0$ ”.

b) N.S = 0.05

c) La Contrastación de la Hipótesis: La Contrastación de la Hipótesis regresión cubica prueba de la ANOVA

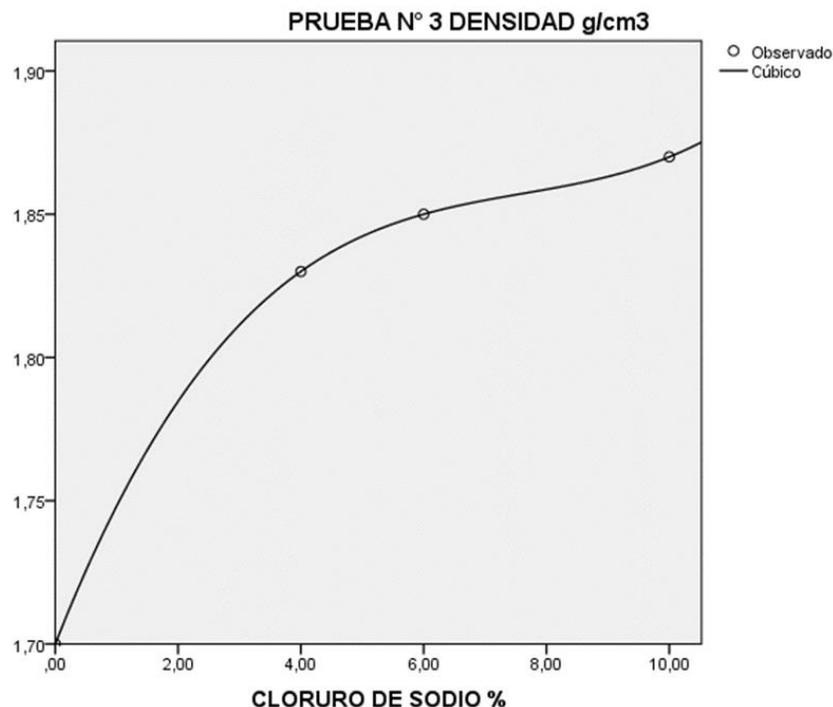


Figura 98. Prueba N°3 Máxima Densidad Seca (g/cm3) – Cloruro de Sodio (%)

Fuente: Elaboración propia en SPSS

Tabla 38. Resumen del modelo-Densidad.

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
1,000	1,000	0	0

Fuente: Elaboración propia en SPSS

El termino lineal no aparece en el modelo, se observa que R2 es 100% la correlación cubica es perfecta.

Tabla 39. Modelo matemático-Densidad.

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
CLORURO DE SODIO %	,054	,000	2,956	0	0
CLORURO DE SODIO % ** 2	-,007	,000	-3,811	0	0
CLORURO DE SODIO % ** 3	,000	,000	1,757	0	0
(Constante)	1,700	,000		0	0

Fuente: Elaboración propia en SPSS

a. Variable dependiente: PRUEBA N° 3 DENSIDAD g/cm3

b. Variables predictoras: (Constante), % CLORURO DE SODIO

c. El modelo es $\hat{Y} = 0,054x - 0,007x^2 + 1.70$

Tabla 40. ANOVA- Densidad.

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	0,018	3	0,006	0	0
Residual	0,000	0			
Total	0,018	3			

Fuente: Elaboración propia en SPSS

Finalmente se observa en el cuadro de la ANOVA la sig. Es menor que el 5% se rechaza la hipótesis nula en favor de la hipótesis alternativa.

PRUEBA N° 4 - TRIAXIAL COHESIÓN (kPa)

a) El Planteo de las Hipótesis Especifica 4

H₀: “La estabilización con adición de Cloruro de Sodio NO influye en la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo arcilloso caso construcción del Centro Comercial Las Vegas, distrito de Puente Piedra, año 2020, estadísticamente $\beta_0=0$ ”.

H₁: “La estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo arcilloso caso construcción del Centro Comercial Las Vegas, distrito de Puente Piedra, año 2020, estadísticamente $\beta_0 \neq 0$.”

b) N.S = 0.05

c) La Contrastación de la Hipótesis: La Contrastación de la Hipótesis regresión lineal prueba de la ANOVA

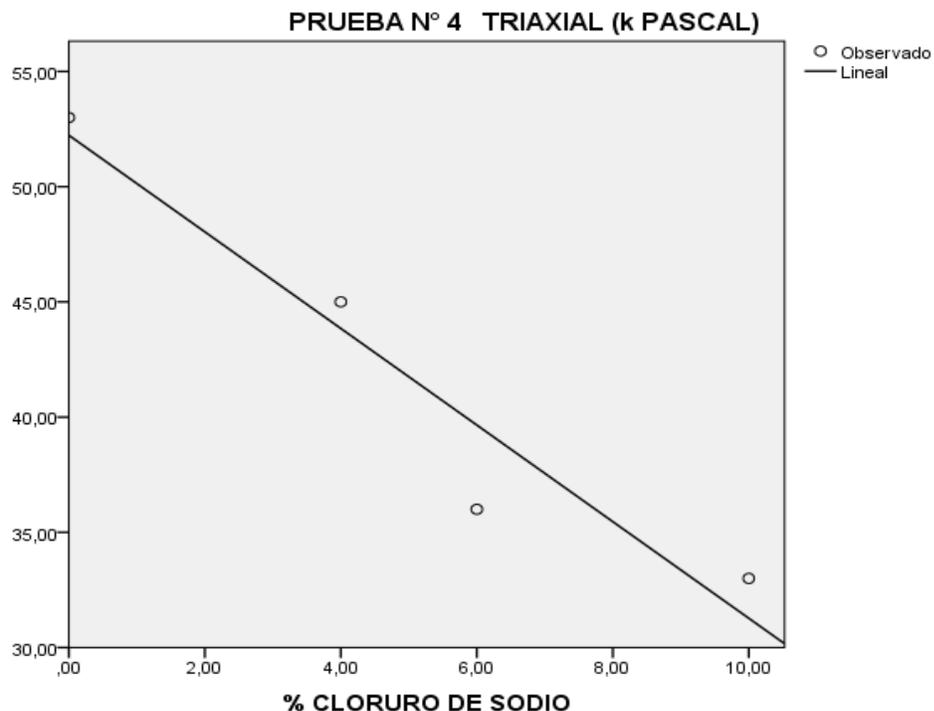


Figura 99. Prueba N°4 Triaxial Cohesión (Kpa)- Cloruro de Sodio (%)

Fuente: Elaboración propia en SPSS

Tabla 41. Resumen del modelo-Cohesión.

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
,962 ^a	,926	,889	3,022

Fuente: Elaboración propia en SPSS

Tabla 42. Modelo matemático-Cohesión.

MODELO	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
% DE SAL	-2,096	,419	-,962	-5,001	,038
(Constante)	52,231	2,584		20,216	,002

Fuente: Elaboración propia en SPSS

a. Variable dependiente: PRUEBA N° 4 COHESION (kPa)

b. Variables predictoras: (Constante), CLORURO DE SODIO %

c. El modelo es $\hat{Y} = 52,231 - 2,096x$

Tabla 43. ANOVA-Cohesión.

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	228,481	1	228,481	25,013	,038 ^b
Residual	18,269	2	9,135		
Total	246,750	3			

Fuente: Elaboración propia en SPSS

Finalmente se observa en el cuadro de la ANOVA la sig., es menor que el 5% se rechaza la hipótesis nula en favor de la hipótesis alternativa.

PRUEBA N° 4 - TRIAXIAL ANGULO DE FRICCIÓN (ϕ)

a) El Planteo de las Hipótesis Especifica 4

H₀: ” La estabilización con adición de Cloruro de Sodio NO influye en la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo arcilloso caso construcción del Centro Comercial Las Vegas, distrito de Puente Piedra, año 2020, estadísticamente $\beta_0=0$ ”.

H₁: “La estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo arcilloso caso construcción del Centro Comercial Las Vegas, distrito de Puente Piedra, año 2020, estadísticamente $\beta_0 \neq 0$.”

b) N.S = 0.05

c) La Contrastación de la Hipótesis: La Contrastación de la Hipótesis regresión lineal prueba de la ANOVA

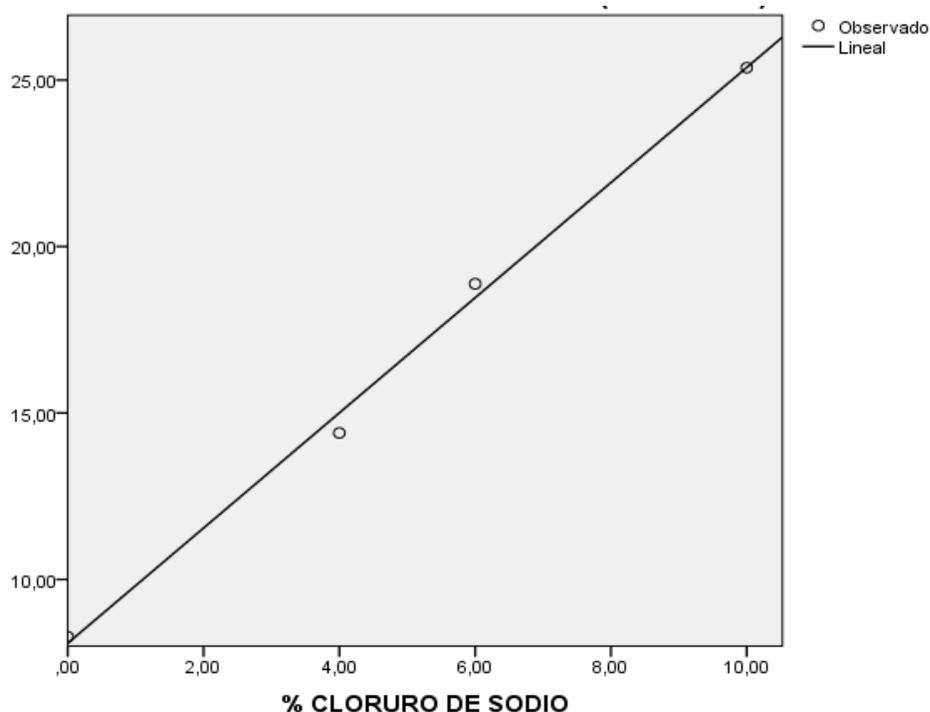


Figura 100. Prueba N°4 Triaxial Fricción (ϕ) – Cloruro de Sodio (%)

Fuente: Elaboración propia en SPSS

Tabla 44. Resumen del modelo -Angulo de Fricción.

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0,998 ^a	0,997	0,995	0,498

Fuente: Elaboración propia en SPSS

Tabla 45. Modelo matemático-Angulo de Fricción.

MODELO	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
% DE SAL	1,728	,069	,998	25,033	,002
(Constante)	8,110	,426		19,057	,003

Fuente: Elaboración propia en SPSS

a. Variable dependiente: PRUEBA N° 4 (FRICCIÓN)

b. Variables predictoras: (Constante), CLORURO DE SODIO %

c. El modelo es $\hat{Y} = 8,110 + 1,728x$

Tabla 46. ANOVA-Angulo de Fricción.

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	155,285	1	155,285	539,596	,002 ^b
Residual	,496	2	,248		
Total	156,781	3			

Fuente: Elaboración propia en SPSS

Finalmente se observa en el cuadro de la ANOVA la sig., es menor que el 5% se rechaza la hipótesis nula en favor de la hipótesis alternativa.

4 CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

4.1 DISCUSIÓN

Discusión de resultado prueba N° 1, para la Capacidad de Soporte CBR al 95% y 100% de la máxima densidad seca, se establecieron incrementos en los valores del CBR; específicamente para las muestras 100% de MDS, se mostró un incremento más notorio con la inserción de NaCl en proporciones del 4% al 10%, con el cual se obtuvo valores de entre 6.1 a 8.4 de capacidad de soporte CBR respectivamente, lo cual es contrastable con el comportamiento óptimo de la cal como estabilizante, propuesto por (Rodríguez & Hidalgo, 2005) desarrollado en Colombia, adiciones en proporciones del 6% al 9%, preferentemente aplicado para suelos cohesivos, más sugirieron desecharlo como estabilizante de suelos granulares, del mismo modo los autores precisan, que en base a los ensayos de C.B.R se puede inferir que la capacidad de soporte del suelo que se estabiliza con cal se duplica. Por otro lado, es importante considerar la influencia que tendría el efecto puzolánico y aumento en el peso volumétrico de los suelos a estabilizar.

Del mismo modo, es preciso señalar que en base a los resultados obtenidos tanto para el 100% como para el 95% de la máxima densidad seca en las pruebas CBR, se obtuvieron incrementos correspondientes al 9.9%,17.36%,25.37% y 7.69%,17.65%,20.75% respectivamente. Dichas variaciones corresponden a la comparación de cada prueba con su respectiva proporción de NaCl (4%,6%,10%) respecto a la muestra patrón. En base ello , se demuestra que la adición de NaCl mejora sustancialmente el índice de resistencia de los suelos arcillosos.

Discusión de resultado prueba N° 2, para la Compresión No Confinada, se apreció claramente el mejoramiento de la resistencia a la compresión al adicionar del 4% a 6% de NaCl, incrementándose la resistencia a las presiones, desde 104 kPa a 119 kPa, en contraposición, se presentó un declive al verse un incremento del 10% de NaCl, el comportamiento señalado, es congruente con lo evidenciado por otro tipo de estabilizadores con fines de cimentación como la cal, en ese sentido, en el antecedente (López, M. A., 2017) cuya investigación del “Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de los suelos arenosos del sector de Pomasqui para cimentaciones superficiales y contrapisos, mediante el uso de cemento tipo MH”, cuyos resultados determinaron un incremento en la resistencia de los suelos de fundación utilizados con fines para cimentación, cuando el contenido de Cal se adiciona en una proporción de entre el 1% y el 2.5%, donde se establece que a mayores contenidos, se genera un descenso en la resistencia al transcurrir los días. En ese sentido, acorde al presente estudio y los antecedentes, se puede considerar que a una mayor concentración del NaCl u otro elemento estabilizar, no influye necesariamente en el incremento de la Compresión No Confinada, en valores en kPa, es decir cuando el suelo se satura, desciende su resistencia, cuando la concentración de sal u otro elemento estabilizante es mayor.

Así mismo (Durotoye, T.O., Akimmusuru , J. O., & Ogundipe , K. E., 2018), mencionan en su artículo “Conjunto de datos experimentales sobre propiedades de ingeniería de suelos expansivos tratados con sal común”, que el óptimo contenido de NaCl para mejorar el parámetro de compresión no confinada en suelos arcillosos es de 1.5%.

Del mismo modo, es preciso señalar que, en base a los resultados obtenidos se obtuvieron incrementos correspondientes al 23.81%,30.05% y 26.01%. Dichas variaciones corresponden a la comparación de cada prueba con su respectiva proporción de NaCl (4%,6%,10%) respecto a la

muestra patrón. En base ello, se demuestra que la adición de NaCl mejora sustancialmente la resistencia a la compresión no confinada. Evidenciándose que el mayor incremento obtenido fue de 30.05%, correspondiente a la adición de 6% de NaCl, sin embargo, al adicionar una proporción de 10% de NaCl se observa un decremento de 26.01% con respecto a la muestra ensayada con 6% de NaCl. Este comportamiento anómalo, puede deberse a que, al continuar adicionando NaCl, el óptimo contenido de humedad se reduce como se ha evidenciado en la presente investigación. Esto podría afectar la interacción entre partículas, ya que estas necesitan del agua para poder interactuar entre sí.

Discusión de resultado prueba N° 3, para el % de Humedad y Densidad, se demostró que, a mayor concentración de cloruro de sodio, el % de humedad del suelo descendió en una proporción mayor a un tercio respecto a la muestra patrón, en contraposición, a mayor inserción de sal, la densidad se incrementa potencialmente en el suelo en un 10 % adicional respecto a la muestra patrón. Los resultados descritos guardan relación con los hallazgos encontrados en la tesis presentada por (Porrás & García, 2014), los cuales utilizan de modo similar compuestos estabilizadores de suelos, como el cloruro de sodio, en proporciones controladas, ya que manifiestan que, con una concentración de cloruro de sodio, en un parámetro del 1% al 7% encontraron efectos en la densidad y porcentaje de humedad. En ese sentido, (Porrás & García, 2014) a través del ensayo de Proctor modificado sugieren que, mientras mayor sea la proporción de cloruro de sodio aplicado, la densidad máxima seca del suelo se incrementará, y por el contrario, el porcentaje de humedad óptima se reducirá. Lo señalado, podría deberse a que los investigadores incorporaron cloruro de sodio diluido en agua con aspecto de salmuera, debido a ello se obtuvo como resultante el mejoramiento de la mezcla a aplicar.

Del mismo modo, es preciso señalar que, en base a los resultados obtenidos se obtuvieron incrementos en el parámetro de densidad y decrementos en la de humedad correspondientes al 3.68%,4.23%,4.76% y -8.34%, -17.07%, -22.57% respectivamente. Dichas variaciones corresponden a la comparación de cada prueba con su respectiva proporción de NaCl (4%,6%,10%) respecto a la muestra patrón. En base ello, se demuestra que la adición de NaCl mejora sustancialmente la densidad del suelo. Sin embargo, debido a las propiedades higroscópicas del NaCl, la humedad se ve reducida. Esto podría afectar la cohesión entre las partículas debido a que estas dependen entre otros factores de la humedad contenida dentro del suelo para poder interactuar entre sí.

Discusión de resultado prueba N° 4, referidas a los esfuerzos cortantes, para el indicador de la Cohesión, se demostró que, a mayor concentración de NaCl, la cohesión en los suelos finos se redujo en más de un tercio con respecto a la muestra patrón, ya que según los resultados obtenidos con la adición del 4% al 10%, se redujo la cohesión de 53kPa a 33kPa, esto adicionalmente se evidenció con otros resultados que arrojaron que, a mayor concentración de sal, el porcentaje de humedad se reduce. Lo descrito, afectaría la cohesión ya que la atracción de las partículas requiere de la presencia de películas de agua, asimismo (Bonifacio & Sanchez, 2015), referencian estudios basados en estabilizantes como el cloruro de sodio, encontrando que al adicionar este compuesto con un alto contenido de humedad, casi al punto de saturación, y dejar secar el material, se observa que la sal crea una cementación entre partículas dándole una mayor resistencia a la compresión y crea una capa blanquecina en la parte superior de la muestra. En ese sentido, considerando los resultados obtenidos, se demostró que mientras la proporción de NaCl aumente, la cohesión en los suelos en kPa, disminuirá linealmente, con lo cual se puede establecer que la relación entre incorporación de NaCl es inversamente proporcional a la

Cohesión. Así mismo (Wilson, A., & Vasudevan, A. K., 2019) mencionan que los parámetros de resistencia al corte en pruebas no consolidadas-no drenadas para suelos arcillosos alcanzan su valor óptimo con una concentración de 2.3%, luego de lo cual disminuyen.

Del mismo modo, es preciso señalar que, en base a los resultados obtenidos se obtuvieron decrementos correspondientes al **-8.16%**, **-19.10%**, **-23.26%**. Dichas variaciones corresponden a la comparación de cada prueba con su respectiva proporción de NaCl (4%,6%,10%) respecto a la muestra patrón. En base ello, es preciso señalar que una disminución en la cohesión afecta la resistencia al esfuerzo cortante del suelo. Esto podría tener implicancias en el desarrollo de estudios para construir diversos tipos de muros de contención.

Discusión de resultado prueba N° 4, referidas a los esfuerzos cortantes, para el ϕ Fricción se ha demostrado que la incorporación de NaCl en proporciones del 4% a 10% incrementan hasta en tres grados el ángulo de fricción, por lo cual de 8.28° de la muestra inalterada, el ángulo llegó hasta 25.37° , lo cual guarda concordancia con (Guaman, 2016) en su investigación denominada “Estudio del comportamiento de un Suelo Arcilloso Estabilizado por dos Métodos Químicos (cal y cloruro de sodio)”, donde se establece que la cohesión y el ángulo de fricción interna ϕ se reducen en especímenes donde no se pierde la humedad, por el contrario, si el espécimen es expuesto a un procedimiento de secado, el ángulo de fricción y la cohesión se incrementan en gran medida.

Del mismo modo, es preciso señalar que, en base a los resultados obtenidos se obtuvieron incrementos correspondientes al 29.98% 39.03%, 50.79% Dichas variaciones corresponden a la comparación de cada prueba con su respectiva proporción de NaCl (4%,6%,10%) respecto a la muestra patrón. En base ello, es preciso señalar que un aumento en este parámetro se podría

interpretar como una mejora de la capacidad de carga en un suelo para fines de cimentación, en base a las fórmulas para el cálculo de capacidad de carga.

4.2 CONCLUSIONES

Se concluye que, según los resultados obtenidos para las dimensiones de la variable dependiente, Propiedades mecánicas, tales como, capacidad de soporte (CBR), compresión no confinada, compactación y la resistencia al esfuerzo cortante, al someterse a la prueba de Shapiro-Wilk, siguen una distribución normal. En tal sentido, se decidió por el desarrollo de los análisis de regresión lineal múltiple, cuadrática y cubica, con sus respectivas pruebas de ANOVA, para contrastar las hipótesis planteadas. Los resultados específicos, dan por conclusión holística que, la estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso.

Para la Prueba N° 1, Capacidad de Soporte CBR al 100%, se concluye que la estabilización de un suelo arcilloso con adición de Cloruro de Sodio, sí influye en la capacidad de soporte (CBR), caso terreno de fundación de la construcción del Centro Comercial las Vegas Plaza, del distrito de Puente Piedra, año 2020, ello se contrasto estadísticamente, con $\beta_0 \neq 0$, es decir el modelo matemático de regresión lineal es válido en la prueba F Fisher con la ANOVA con un nivel de significancia menor del 5%.

Para la Prueba N° 1, Capacidad de Soporte CBR al 95%, se concluye que la estabilización de un suelo arcilloso con adición de Cloruro de Sodio, si influye en la capacidad de soporte (CBR), caso terreno de fundación de la construcción del Centro Comercial las Vegas Plaza, del distrito de Puente Piedra, año 2020; donde estadísticamente $\beta_0 \neq 0$, es decir el modelo

matemático de regresión lineal es válido en la prueba F Fisher con la ANOVA, con un nivel de significancia menor del 5%.

Para la Prueba N° 2 - Compresión no confinada (Kpa), se concluye que la estabilización con adición de Cloruro de Sodio, no influye en la compresión no confinada de un suelo arcilloso, caso terreno de fundación de la construcción del Centro Comercial las Vegas Plaza, del distrito de Puente Piedra, año 2020; donde estadísticamente $\beta_0 \neq 0$, verificándose con el modelo matemático de regresión cuadrática y que es válido en la prueba de F Fisher con la prueba ANOVA, con un nivel de significancia mayor del 5%. La base de la conclusión se ratificó, al apreciarse el incremento de la resistencia a la compresión al incorporar del 4% a 6% de NaCl, mejorando la resistencia respectivamente desde 104 kPa a 119 kPa, sin embargo, se presentó un decremento de la resistencia con la adición del 10% de NaCl.

Para la prueba N°3 - Contenido Humedad (%), se concluye que la estabilización con adición de Cloruro de Sodio, sí influye en la compactación de un suelo arcilloso, caso terreno de fundación de la construcción del Centro Comercial las Vegas Plaza, del distrito de Puente Piedra, año 2020; donde estadísticamente $\beta_0 \neq 0$, es decir el modelo matemático de regresión Lineal Inversa es válido en la prueba de F Fisher con la prueba ANOVA con un nivel de significancia menor del 5%.

Para la prueba N°3 - Máxima Densidad Seca (g/cm^3), se concluye que la estabilización con adición de Cloruro de Sodio, sí influye en la compactación de un suelo arcilloso, caso terreno de fundación de la construcción del Centro Comercial las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020; donde estadísticamente $\beta_0 \neq 0$, es decir el modelo matemático de regresión

Cúbica es válido en la prueba de F Fisher con la prueba ANOVA con un nivel de significancia menor del 5%.

Para la prueba N°4 - resistencia al esfuerzo cortante triaxial (Cohesión, kPa), se concluye que la estabilización con adición de Cloruro de Sodio, sí influye en la resistencia al esfuerzo cortante, en su Cohesión (kPa), de un suelo arcilloso, caso terreno de fundación de la construcción del Centro Comercial las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020. Donde estadísticamente $\beta_0 \neq 0$, y la relación es inversa (verificado con modelo de regresión lineal inversa) validado en la prueba de F Fisher con la prueba ANOVA con un nivel de significancia menor del 5%, es decir a mayor concentración de sal, menor será la cohesión (kPa).

Para la prueba N°4 - resistencia al esfuerzo cortante triaxial (Angulo de fricción, ϕ), se concluye que la estabilización con adición de Cloruro de Sodio sí influye en la resistencia al esfuerzo cortante, en su ángulo de fricción ϕ , de un suelo arcilloso, caso terreno de fundación de la construcción del Centro Comercial las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020. Donde estadísticamente $\beta_0 \neq 0$, y la relación es directa (verificado con modelo de regresión lineal) validado en la prueba de F Fisher con la prueba ANOVA con un nivel de significancia menor del 5%, es decir a mayor concentración de sal, mayor será el ángulo de fricción ϕ .

Finalmente, se concluye que el porcentaje óptimo de NaCl para estabilizar suelos arcillosos, caso construcción del Centro Comercial las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020 es del 6%, esto en base a los resultados obtenidos en pruebas de laboratorio en donde se evidenció una mejora notable en la resistencia a la compresión no confinada hasta dicho porcentaje, así mismo se concluye que porcentajes mayores al mencionado tienen una influencia negativa en la estabilización, debido a que disminuye la cohesión, la resistencia a la compresión

no confinada y el óptimo contenido de humedad, siendo esto perjudicial en un proceso de compactación para fines de edificación.

4.3 RECOMENDACIONES

- 1) Se recomienda la estabilización de suelos con NaCl en de 4%, 6% y 10%, considerando el 100% de la máxima densidad seca, esto a fin de mejorar la capacidad de soporte CBR; Por otro lado, se sugiere minimizar la estabilización de suelos finos con la proporción del 95% de la máxima densidad seca, considerando que lo resultados mostraron una leve reducción de la pendiente en la capacidad de soporte CBR (Ver prueba N°01 de la Capacidad de Soporte).
- 2) Para efectos de estabilización, se recomienda adicionar una proporción de 6% de NaCl, considerando que la resistencia a la compresión se mejoró notoriamente hasta dicho porcentaje, desde 64 kPa en la de la muestra patrón a 119 kPa a la muestra alterada, Por otro lado, es importante resaltar que proporciones mayores al 6% no son sugeribles para el mejoramiento de la resistencia en suelos finos. (Ver prueba N°02 de Compresión No Confinada)
- 3) Considerando que la aplicación de NaCl reduce el óptimo contenido de humedad de suelos arcillosos, según los resultados obtenidos (Ver prueba N°03- % de Humedad), es recomendable controlar gradualmente las dosificaciones de sal utilizadas, preferentemente diluida en agua con aspecto de salmuera, lo cual mejoraría la mezcla de aplicación
- 4) Para la adición de NaCl a los suelos arcillosos, según los resultados obtenidos (Ver prueba N°03- Densidad), se aprecia un aumento de la densidad, en ese sentido, se recomienda que, en la ejecución de un método de compactación, el control sea

exhaustivo, por parte de los especialistas, ya que un incremento de la energía de compactación aumentará la máxima densidad seca y bajará el contenido óptimo de compactación.

- 5) Se recomienda la estabilización controlada de los suelos arcillosos con NaCl, ya que se demostró el incremento del ángulo de fricción ϕ de 8.28° de la muestra patrón, a 25.37° ante el 10% de incremento de NaCl, (Ver prueba N°04- ángulo de fricción ϕ), en ese sentido considerando la teoría de Terzaghi los coeficientes adimensionales N_c , N_q y N_γ , mostrarían mayor magnitud, lo que se podría interpretar como una mejora de la capacidad de carga en un suelo para fines de cimentación, en base a la fórmulas para el cálculo de capacidad de carga (Braja M., 2015). Mas considerando la recomendación 2, el porcentaje sugerido sería el 6%, debido a que porcentajes mayores muestran una tendencia a la reducción de la cohesión.

ZAPATA CORRIDA O CONTINUA	$q_c = C N_c + \gamma D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$
---------------------------------	----------------------------------------------------------------

ZAPATA CUADRADA	$q_c = 1.3 C N_c + \gamma D_f N_q + 0.4 \gamma B N_\gamma$
--------------------	------------------------------------------------------------

ZAPATA CIRCULAR	$q_c = 1.3 C N_c + \gamma D_f N_q + 0.6 \gamma R N_\gamma$
--------------------	------------------------------------------------------------

- 6) Se recomienda la estabilización controlada de los suelos arcillosos con NaCl, ya que esto influirá en la cohesión, debido a que el cloruro de sodio incrementa la atracción entre las partículas del suelo originando la cementación del suelo con la sal, estableciéndose así una mayor resistencia a la compresión.

- 7) Debido a la escasa información documental se recomienda ampliar esta investigación a fin de lograr el establecimiento de una normativa para el empleo de NaCl en las actividades de estabilización de suelos en terrenos proyectados para edificaciones.
- 8) El tipo de sal utilizada en el estudio fue del tipo de sal común, esto debido al difícil acceso a las canteras naturales. Se sugiere hacer estudios con sal de canteras en estado natural, con el objetivo de determinar su influencia en las propiedades mecánicas del suelo arcilloso.
- 9) La estabilización con cloruro de sodio en suelos utilizados para cimentar no es recomendable, debido a que los elementos contenidos en la sal (NaCl) podrían afectar el desempeño de las cimentaciones de concreto armado. Para tal efecto es sugerible el uso de cemento tipo V el cual es resistente a sulfatos y sales.
- 10) En referencia a los resultados obtenidos, se sugiere realizar ensayos de consolidación, capilaridad, corte directo, Resistencia al esfuerzo cortante (Prueba Consolidada-Drenada), Resistencia al esfuerzo cortante (Prueba Consolidada-No Drenada), a fin de tener un concepto más amplio del comportamiento del NaCl en la estabilización de suelos arcillosos.
- 11) La estabilización con NaCl puede verse afectada ante posibles inundaciones o niveles elevados en la capa freática, por ello se recomienda hacer estudios a fin de determinar en qué medida el exceso de agua afecta en la estabilización con la adición de NaCl.
- 12) En referencia a los resultados obtenidos en la prueba de Limite líquido y limite plástico, se sugiere realizar pruebas con distintas proporciones de NaCl. Esto a fin de determinar que influencia tendrían dichos parámetros en las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con fines de edificación.

5 REFERENCIAS

Alvarado , L., & Palomino, S. (2015). *Determinación del Esfuerzo de Preconsolidación para el Cálculo de Asentamientos de Suelos Finos en la zona de Sagari-Cusco*. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil , Universidad Ricardo Palma , Lima, Lima .

Afrin, H. (29 de November de 2017). Stabilization of Clayey Soils Using Chloride Components. *American Journal of Civil Engineering*, 3, 365-370.

Arias O. (2012). *El Proyecto de Investigacion*. Caracas: EDITORIAL EPISTEME.

Bencardino, C. (2012). *Estadística y muestreo* (13 ed.). Bogotá: Ecoe.

Betancourt E. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras tomo 1*. (A. Editores, Ed.) Bogota, Colombia .

Bonifacio, W., & Sanchez, J. (2015). *Estabilización Química en Carreteras no Pavimentadas usando Cloruro de Magnesio , Cloruro de Calcio y Cemento en la Region Lambayeque*. Tesis, Chiclayo.

Braja M., D. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (4th Edition ed.). CENGAGE Learning.

Braja, M. (2015). *Conceptos fundamentales de geotecnia*.

Bulnes, C.& May, E. (2019). *Comparación del 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 (Tesis de Titulación)*.

Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.

Calla Coa. (2007). *DESARROLLO DEL MAPA DE PELIGROS DEL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA MEDIANTE ESTUDIOS DE MICROZONIFICACION.*

Canta, J. (2018). *Gestión de proyectos bajo el enfoque PMI-PMBOK y los plazos de liquidación de los proyectos Cash Qali Warma promovidos por FONCODES, PERU, 2017.* Lima: Escuela de Posgrado de la Universidad Ricardo Palma.

Chavez, E. (2019). *Comparación del 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.* Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego.

Coarita, M. (2019). *Estabilización Con Bischofita y Sal en el Mantenimiento de la Carretera Departamental No Pavimentada MO-107 Tramo “Emp.Mo-107 Progresiva 21+560 - 52+381 Emp. Ta-105 – Moquegua, 2018.* Tacna: Universidad Privada de Tacna.

Cochachin , R. . (2018). *Estabilización y durabilidad de sub base usando la cantera de Challhua con adición de cloruro de sodio en 2,4 y 6%-Huaraz-2007.* Universidad San Pedro , Huaraz.

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales. (2002). *Método de ensayo para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea.* Lima: INDECOPI .

Crespo C. (2004). *Vías de comunicación :caminos,ferrocariles,aeropuertos,puentes y puertos* (Tercera ed., Vol. 740). Mexico: Limusa. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=TVogJOYf7pgC&printsec=frontcover&dq=CRESPO,+C.+V%C3%ADas+de+comunicaci%C3%B3n.+pdf&hl=es->

419&sa=X&ved=0ahUKEwiB-ZXGo-

rlAhUR26wKHQIdBNsQ6AEIKDAA#v=onepage&q&f=false

De Los Rios, P. (2008). *Estudio semi empirico de muros de piedra tipo pirca utilizados como cimentacion de viviendas en AA:HH. de Lima Metropolitana.*

De Solminihac T.; Echeverria G.; Thenoux G. (2012). Estabilizacion quimica de suelos : aplicaciones en la construccion de estructuras de pavimentos. *Revista ingeniería de construcción*, 6, 53-78.

Díaz, G. (2018). *Mejoramiento del CBR de un suelo arcilloso*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.

Durotoye, T.O., Akimmsuru , J. O., & Ogundipe , K. E. (2018). Experimental datasets on engineering properties of expansive soil treated with common salt. *ELSEVIER*, 1277-1281. Obtenido de <https://europepmc.org/backend/ptpmcrender.fcgi?accid=PMC5997960&blobtype=pdf>

Fernandez, L. (2018). *Estabilización de suelos arcillosos mediante adición de cloruro de sodio (NaCl) para uso de vías terrestres estudios de casos: suelos de Chachapoyas, 2016.*

Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas , Chachapoyas .

Fernández, W. (2015). *Evaluación de la capacidad portante de los suelos de fundación de la ciudad universitaria – Universidad Nacional de Cajamarca- 2014.* Tesis doctoral, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Cajamarca.

- Garnica, P., Pérez , A., Gómez , J., & Yhaaraby , E. (2002). *Estabilización de Suelos con Cloruro de Sodio para su uso en las Vías Terrestres*. Publicación Técnica, Coordinación de Infraestructura del Instituto Mexicano del Transporte, Mexixo D.F.
- Ghavami S., Jahanbakhsh H. Azizkandi A.S., & Nejad F.M. (2020). Influencia del Cloruro de Sodio en suelos arcillosos tratados con polvo de hornos de cemento: propiedades de resistencia, análisis de costos e impacto ambiental. *Enyiroment development and sustainability*, 1-20.
- González de vallejo, L. I., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo , C. (2004). *Ingeniería Geológica*. Madrid: Pearson Educación, S.A. Obtenido de https://www.academia.edu/40405447/PWiimir_ll_ll_t_i_M_J_rm_m_r_11
- Guaman, I. (2016). “*Estudio del comportamiento de un Suelo Arcilloso Estabilizado por dos Métodos Químicos (cal y cloruro de sodio)*”. Ambato: Universidad Tecnica de Ambato.
- Hernández S; et.al. (2010). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Iparraquirre Gomez, H. E.; Rodríguez Gonzáles, O. A. (2020). *Efecto del Cloruro de Sodio en el CBR de un suelo arcilloso en el caserío de Huangamarca, distrito de Otuzco*. Universidad César Vallejo, Lamballeque , Trujillo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46491>
- James, J. (2019). Strength benefit of sawdust/wood ash amenendment in cement stabilization of an expansive soil. *Revista Facultad de Ingeniería*, 28(50), 44-61. Obtenido de <https://revistas.uptc.edu.co/revistas/index.php/ingenieria/article/view/8790>

Junco J., & Tejada E. (agosto de 2011). Aditivo químico obtenido de sales cuaternarias empleado para la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes de carreteras. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 5(2).

Laboratorio de Ingeniería Sísmica del Instituto de Investigaciones en Ingeniería. (21 de 06 de 2011). *LIS-Universidad de Costa Rica* . Obtenido de <http://www.lis.ucr.ac.cr>:
<http://www.lis.ucr.ac.cr/239>

León, J. (20 de 04 de 2016). *El Comercio*. Recuperado el 2019 de 07 de 20, de elcomercio.pe:
<https://elcomercio.pe/lima/sucesos/vida-suelos-expansion-urbana-pone-riesgo-sismico-miles-limenos-noticia-452637>

Lepkowski. (2008). *"Telephone survey methods: adapting to change"* (sexta ed.). México: McGRAWHill.

LOPEZ MARTINES, M. (2017). *MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARENOSOS DEL SECTOR DE POMASQUI PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y CONTRAPISOS, MEDIANTE EL USO DE CEMENTO TIPO MH.*

López, M. A. (2017). *Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de los suelos arenosos del sector de Pomasqui para cimentaciones superficiales y contrapisos, mediante el uso de cemento tipo MH (Tesis de Titulación)*. Universidad Católica del Ecuador , Quito. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/13132>

Manuel, Borja S. (2012). *Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros* (6 edición ed.). Chiclayo, Venezuela .

- Martinez, R., & Benitez, O. (2016). *Metodologia de la Investigacion Social* . Mexico.
- Mas, M. I., García, E. M., Marco, L. J., & De Marco, J. (2016). Analisis de la viabilidad ambiental de la utilizacion de morteros fabricados con polvo de vidrio para la estabilizacion de suelos. *Información Tecnológica*, 27(5), 77-86.
- Mendez, N. (2017). Estabilizacion de las arcillas expansivas en viabilidades de comunidades urbanas. *Alta Tecnologia y Sociedad*, 1-6.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2000). Compactacion de suelos en laboratorio utilizando una energia modificada. 1-23. Lima, Peru.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2000). *Manual de Ensayo de Materiales*.
- Ministerio de Transportes y comunicaciones. (2000). *MTC E 110-200.Determinación del Límite Líquido de los Suelos*. Lima: INDECOPI .
- Ministerio de Transportes y comunicaciones. (2000). *MTC E 111-200.Determinacion del Limite Plastico e Indice de plasticidad*. Lima: INDECOPI .
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2000). *MTC E 112-2000.Determinación de los factores de contracción de los suelos*. Lima: INDECOPI .
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2000). Norma CBR de suelos. 1-11. Lima, Peru.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). Manual de Carreteras Suelos,Geologia,Geotecnia y Pavimentos. *INDECOPI* , 121.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). CE.020 Estabilización de suelos y taludes., (pág. 5). Lima.

Mohd , N., Wanatowski , D., Marto , A., & Jusoh , S. (2017). Strength improvement of lime-treated clay with sodium chloride. *Geotechnical Research*, 4, 192-202.

doi:10.1680/jgere.17.00001

Niño, R. (2011). *Metodologia de la Investigacion*. Bogota.

Norma Técnica Peruana. (1999). *NTP 339.128.SUELOS.Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico*. Lima: INDECOPI .

Norma Técnica Peruana. (2005). *NTP 339.164 SUELOS.Método de ensayo normalizado de compresión triaxial no consolidado - no drenado para suelos cohesivos*. Lima: INDECOPI .

Norma Técnica Peruana. (2017). *NTP 339.171.Suelos.Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas*. Lima: INDECOPI .

Ojeda, Sara. (2000). Determinacion del Ensayo Capacidad de Soporte del Suelo. 1-46.

Ordoñez, J., Auvinet, G., & Juárez, M. (2014). Caracterización del subsuelo y análisis de riesgos geotécnicos asociados a las arcillas expansivas de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

Ingeniería Investigación y Tecnología, XVI(3), 453-470.

doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.riit.2015.05.010

Palomino, Y. (2016). *“Influencia de la adición de Cloruro de Sodio en el índice California Bearing Ratio(CBR) de un suelos arcilloso*. Tesis para obtener el titulo de Ingeniero Civil, Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Cajamarca.

Pérez Ardila, & Torres Valenzuela. (2015). *Estudio de la cal y el cloruro de sodio como agentes estabilizadores de suelos arcillooso como la resistencia y expansividad*.

Porras, M., & Garcia, A. (2014). *Estabilizacion de Suelos con Cloruro de Sodio*. Bucaramanga.

Rahil, F. H.; Al-Soudany ,K.Y., Abbas, N. S.; & Hussein, L. Y. (2019). *Geotechnical Properties*

of Clayey Soils Induced by the Presence of Sodium Chloride. University of

technology, Building and Construction Engineering Department, Bagdad, Iraq. Obtenido

de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757->

[899X/518/2/022064/meta?fbclid=IwAR3E2513HC_Zo8Rg-_kM6bz1-](https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/518/2/022064/meta?fbclid=IwAR3E2513HC_Zo8Rg-_kM6bz1-)

[bjD5aivHaqSHWjMt_pQit_q1f0R-iUbT7U](https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/518/2/022064/meta?fbclid=IwAR3E2513HC_Zo8Rg-_kM6bz1-bjD5aivHaqSHWjMt_pQit_q1f0R-iUbT7U)

Reglamento Nacional de Edificaciones. (2018). *Suelos y cimentaciones -E 0.50*.

Rico A., & Del Castillo H. (1977). *La ingeniería de suelos en las vías*

terrestres: carreteras, ferrocarriles y aeropistas (Vol. 2). Mexico: Limusa.

Rodríguez, A. R., & Del Castillo, H. (1981). *La ingeniería de suelos en las vías*

terrestres: carreteras, ferrocarriles y aeropistas (Vol. 1). México: Limusa. Obtenido de

[https://books.google.com.pe/books?id=rU_pA257zUEC&pg=PA63&lpg=PA63&dq=fall](https://books.google.com.pe/books?id=rU_pA257zUEC&pg=PA63&lpg=PA63&dq=fallas+esfuerzos+cortantes+en+suelos+finos&source=bl&ots=xTqaUaSrSs&sig=ACfU3U2)

[as+esfuerzos+cortantes+en+suelos+finos&source=bl&ots=xTqaUaSrSs&sig=ACfU3U2](https://books.google.com.pe/books?id=rU_pA257zUEC&pg=PA63&lpg=PA63&dq=fallas+esfuerzos+cortantes+en+suelos+finos&source=bl&ots=xTqaUaSrSs&sig=ACfU3U2)

[WHAA8Id_oS8yUPJ7Q1QGIGgM_RQ&hl=es-](https://books.google.com.pe/books?id=rU_pA257zUEC&pg=PA63&lpg=PA63&dq=fallas+esfuerzos+cortantes+en+suelos+finos&source=bl&ots=xTqaUaSrSs&sig=ACfU3U2)

[419&sa=X&ved=2ahUKEwi32uHq1qznAhW9IbkGHVc7CTs4ChDoATABegQICRAB#](https://books.google.com.pe/books?id=rU_pA257zUEC&pg=PA63&lpg=PA63&dq=fallas+esfuerzos+cortantes+en+suelos+finos&source=bl&ots=xTqaUaSrSs&sig=ACfU3U2)

[v=onepage](https://books.google.com.pe/books?id=rU_pA257zUEC&pg=PA63&lpg=PA63&dq=fallas+esfuerzos+cortantes+en+suelos+finos&source=bl&ots=xTqaUaSrSs&sig=ACfU3U2)

Rodríguez, M., & Hidalgo, C. (2005). Comportamiento de suelos residuales de diorita

estabilizados con cal y su evolución en el tiempo. *Revista de Ingenieria*, 4(6), 1-13.

Sant, Quesada. (2017). *ESTUDIO COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS*

ARCILLOSOS CON VALVAS DE MOLUSCO PARA PAVIMENTACION.

- Sanz, J. (1975). *Mecánica de suelos, Reunión de ingenieros*. Barcelona: Editores técnicos asociados SA. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=oQFZRKlix_EC&pg=PA89&dq=suelos&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwieo6fsrvDnAhWcGbkGHTjoANcQ6AEIbTAJ#v=onepage&q=suelos&f=false
- Sepúlveda, S. (s.f.). *Universidad de O'Higgins*. Recuperado el 20 de 07 de 2019, de <http://uoh.emol.com>: <http://uoh.emol.com/2017/10/30/efecto-sitio-peligro-sismico-nuestras-ciudades/>
- Sharpe A. (1993). *Química inorgánica*. Barcelona, España : Reverte. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=q1iWMtPDuOMC&pg=PA163&dq=estructura+d-el+cloruro+de+sodio&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwirsYm4yOLIAhXKrVvKkHW8jCF8Q6AEIPzAD#v=onepage&q=estructura%20del%20cloruro%20de%20sodio&f=false>
- Silmi, N., Djarwanti, N., Prasetyo, G., & Erianto, F. (2019). Peat Soil Stabilization in Rawa Pening Salatiga Central Java using Synthetic Gypsum and Salt. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)*, 81(3), 21-26. doi:10.11113/jt.v81.12859|
- Suárez, J. (2009). *Deslizamientos. Analisis geotecnico* (Uniknown ed., Vol. 1). (U. I. UIS, Ed.) Colombia. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/131088529/Deslizamientos-Analisis-Geotecnico-Jaime-Suarez>
- Tacca Huaracca, J. A. (2021). *Estabilización de suelo arcilloso con adición de cal para el mejoramiento de la subrasante, Vía de evitamiento, Abancay–Apurímac*. Universidad

César Vallejo, Apurímac, Abancay. Obtenido de

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/58189>

Terzaghi, K., & Peck , R. B. (1967). *Mecánica de suelos ;en la ingeniería práctica* (Segunda ed.). El Ateneo.S.A. Obtenido de <https://es.slideshare.net/a17045o/mecanica-de-suelos-en-la-ingenieria-practicakarl-terzaghi-y-realph-b>

Torrachi, C., Caparo, E., & Pariona, M. (2019). ¿Como plantear las variables de una investigacion?:Operacionalizacion de las variables. *Odontologia Activa Revista Cientifica*, 4(1), 15-20.

Wilson, A., & Vasudevan, A. K. (20 de December de 2019). Strength and Stiffness of Under Salinity Conditions. (T. E. Vellarakad, Ed.) thrissur, Kerala, India. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Arikkath_Mana_Vasudevan/publication/344379475_Strength_and_Stiffness_of_Soils_Under_Salinity_Conditions/links/5f6e1ddd458515b7cf4d819b/Strength-and-Stiffness-of-Soils-Under-Salinity-Conditions.pdf

6 ANEXOS

6.1 ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Estabilización de suelos arcillosos para el mejoramiento de propiedades mecánicas, con la adición de cloruro de sodio, Puente Piedra, año 2020		
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS
Problema General: ¿Cuál es la influencia de la estabilización con la adición de cloruro de sodio en las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso , caso construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza ubicado el distrito de Puente Piedra, año 2020?	Objetivo general: Demostrar la influencia que tiene la estabilización con adición de Cloruro de Sodio en las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso, caso construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020.	Hipótesis general: Ha: La estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso. Ho: La estabilización con adición de Cloruro de Sodio no influye en las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso.
Problemas Específicos PE.1- ¿Cuál es la influencia de la estabilización con la adición de cloruro de sodio en la capacidad de soporte (CBR), de un suelo arcilloso, caso construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020?	Objetivos específicos: OE.1- Demostrar la influencia que tiene la estabilización con adición de Cloruro de Sodio en la capacidad de soporte (CBR) de un suelo arcilloso, caso construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020.	Hipótesis específicas: H1a: La estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en la capacidad de soporte (CBR) de un suelo arcilloso. H1o: La estabilización con adición de Cloruro de Sodio no influye en la capacidad de soporte (CBR) de un suelo arcilloso.
PE.2- ¿Cuál es la influencia de la estabilización con la adición de cloruro de sodio en la Compresión No Confinada, de un suelo arcilloso, caso construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020?	OE.2- Demostrar la influencia que tiene la estabilización con adición de Cloruro de Sodio en la compresión no confinada de un suelo arcilloso, caso construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020.	H2a: La estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en la compresión no confinada de un suelo arcilloso. H2o: La estabilización con adición de Cloruro de Sodio no influye en la compresión no confinada de un suelo arcilloso.
PE.3- ¿Cuál es la influencia de la estabilización con la adición de cloruro de sodio en la Compactación, de un suelo arcilloso, caso construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020?	OE.3- Demostrar la influencia que tiene la estabilización con adición de Cloruro de Sodio en la compactación de un suelo arcilloso, caso construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020.	H3a: La estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en la compactación de un suelo arcilloso. H3o: La estabilización con adición de Cloruro de Sodio no influye en la compactación de un suelo arcilloso.
PE.4- ¿Cuál es la influencia de la estabilización con la adición de cloruro de sodio en la resistencia al esfuerzo cortante, de un suelo arcilloso, caso Construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020?	OE.4- Demostrar la influencia que tiene la estabilización con adición de Cloruro de Sodio en la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo arcilloso, caso construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020.	H4a: La estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo arcilloso. H4o: La estabilización con adición de Cloruro de Sodio no influye en la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo arcilloso.
TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
TIPO: APLICADA. DISEÑO: EXPERIMENTAL. MÉTODO: Hipotético – Deductivo.	POBLACIÓN: Suelos Arcillosos del distrito de Puente Piedra. TIPO DE MUESTRA: Arcilla de alta plasticidad según clasificación SUCS. TAMAÑO DE MUESTRA: 9 Calicatas.	Variable 1: Estabilización con la adición de cloruro de sodio. Técnicas: Observación experimental. Instrumentos: Hojas de cálculo, softwares (WORD, EXCEL y SPSS). Variable 2: Propiedades mecánicas de un suelo arcilloso. Técnicas: Observación experimental. Instrumentos: Hojas de cálculo, softwares (WORD, EXCEL y SPSS).

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
TÍTULO: Estabilización de Suelos arcillosos para el mejoramiento de propiedades mecánicas, con la adición de cloruro de sodio, Puente Piedra, año 2020						
AUTORES: Carlos Torres Rivera y Sadith Giovanna Flor Salazar						
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES			
<p>Problema general:</p> <p>¿Cuál es la influencia de la estabilización con la adición de cloruro de sodio en las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso, caso construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza ubicado el distrito de Puente Piedra, año 2020?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Demostrar la influencia que tiene la estabilización con adición de Cloruro de Sodio en las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso, caso Construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>Ha: La estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso.</p> <p>Ho: La estabilización con adición de Cloruro de Sodio no influye en las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso.</p>	Variable 1: ESTABILIZACIÓN CON LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO			
			Dimensiones	Indicadores	Unidad	Equipos/ensayo
<p>Problemas Específicos:</p> <p>PE.1- ¿Cuál es la influencia de la estabilización con la adición de cloruro de sodio en la capacidad de soporte (CBR), de un suelo arcilloso, caso construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020?</p>	<p>Objetivos Específicos:</p> <p>OE.1- Demostrar la influencia que tiene la estabilización con adición de Cloruro de Sodio en la capacidad de soporte (CBR) de un suelo arcilloso, caso Construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020.</p>	<p>Hipótesis Específicas:</p> <p>H1a: La estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en la capacidad de soporte (CBR) de un suelo arcilloso.</p> <p>H1o: La estabilización con adición de Cloruro de Sodio no influye en la capacidad de soporte (CBR) de un suelo arcilloso.</p>	ESTADO NATURAL	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Limite liquido - LL. Porcentajes ✓ Limite plástico -LP. Porcentaje ✓ Índice de plasticidad. Porcentaje ✓ Contenido de Humedad. Porcentaje ✓ Índice de grupo. Adimensional ✓ Diámetro de partícula. Milímetros ✓ Acumulado que pasa. Porcentaje 	<ul style="list-style-type: none"> -Copa Casa Grande -Espatula -Tamices -Horno -Base de vidrio esmerilado -Recipientes 	
			ADICION DE NaCl	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Porcentajes añadidos de NaCl (4%,6% y 10%). 	Porcentaje	No aplica
<p>PE.2- ¿Cuál es la influencia de la estabilización con la adición de cloruro de sodio en la Compresión No Confinada, de un suelo arcilloso, caso construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020?</p>	<p>OE.2- Demostrar la influencia que tiene la estabilización con adición de Cloruro de Sodio en la compresión no confinada de un suelo arcilloso, caso Construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020.</p>	<p>H2a: La estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en la compresión no confinada de un suelo arcilloso.</p> <p>H2o: La estabilización con adición de Cloruro de Sodio no influye en la compresión no confinada de un suelo arcilloso.</p>	Variable 2: PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO ARCILLOSO			
			Dimensiones	Indicadores	Unidad	Equipos/ensayo
<p>PE.3- ¿Cuál es la influencia de la estabilización con la adición de cloruro de sodio en la Compactación, de un suelo arcilloso, caso construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020.</p>	<p>OE.3- Demostrar la influencia que tiene la estabilización con adición de Cloruro de Sodio en la compactación de un suelo arcilloso, caso Construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020.</p>	<p>H3a: La estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en la compactación de un suelo arcilloso.</p> <p>H3o: La estabilización con adición de Cloruro de Sodio no influye en la compactación de un suelo arcilloso.</p>	D1XV2 CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Porcentaje de capacidad de soporte CBR 	<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje 	<ul style="list-style-type: none"> -Moldes -Apisonador -Máquina de carga -Papel filtro -Tamices
			D2XV2-COMPRESIÓN NO CONFINADA	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Esfuerzo de compresión no confinada. 	$\frac{kg}{cm^2}$	<ul style="list-style-type: none"> -Aparato de compresión -Moldes -Cronometro -Balanza
			D3XV2-COMPACTACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Máxima densidad seca. ✓ Optimo contenido de humedad. 	$\frac{g}{cm^3}$	<ul style="list-style-type: none"> -Moldes de 4" y 6" -Pistón de penetración -Tamices

<p>2020?</p> <p>PE.4- ¿Cuál es la influencia de la estabilización con la adición de cloruro de sodio en la resistencia al esfuerzo cortante, de un suelo arcilloso, caso Construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020?</p>	<p>OE.4- Demostrar la influencia que tiene la estabilización con adición de Cloruro de Sodio en la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo arcilloso, caso Construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020.</p>	<p>H4a: La estabilización con adición de Cloruro de Sodio si influye en la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo arcilloso. H4o: La estabilización con adición de Cloruro de Sodio no influye en la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo arcilloso.</p>	<p>D4XV2- RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE</p>	<p>✓ Cohesión. ✓ Angulo de fricción interna.</p>	<p>Porcentaje</p> <p>kPa</p> <p>°</p>	<p>-Horno -Balanza -Regla</p> <p>-Dispositivo de carga triaxial -Cámara de compresión -Membrana de jebes -Dispositivo de control de presión -Moldes -Regla</p>
<p>TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION</p>	<p>POBLACION Y MUESTRA</p>	<p>TECNICAS E INSTRUMENTOS</p>	<p>ESTADISTICA A UTILIZAR</p>			
<p>TIPO: APLICADA</p> <p>DISEÑO: EXPERIMENTAL</p> <p>METODO: HIPOTETICO-DEDUCTIVO</p>	<p>POBLACION: Suelos arcillosos del distrito de Puente Piedra</p> <p>TIPO DE MUESTRA: Arcilla de alta plasticidad según clasificación SUCS ubicada en Av. San Juan, esquina con Av. Industrial en el distrito de Puente Piedra.</p> <p>TAMAÑO DE MUESTRA: 48 probetas</p>	<p>VARIABLE 1: Estabilización con la adición de cloruro de sodio</p> <p>TECNICAS: Observación experimental</p> <p>INSTRUMENTOS: Hojas de cálculo, softwares (WORD, EXCEL y SPSS)</p>	<p>DESCRIPTIVA: Porcentajes e Histogramas.</p> <p>INFERENCIAL: Ecuaciones Anova.</p>			

6.2 ANEXO 2. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS



ANEXO N°01. VALIDACION DE DATOS

CARTA DE PRESENTACION

Ing. Juan Sanchez Rivas

Presente:

Asunto: Validación de Instrumentos

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la **UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE**, requerimos validad los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con lo cual optaremos el Título de Ingeniero Civil. El título de nuestro proyecto de investigación es: **“Estabilización de Suelos para el mejoramiento de propiedades mecánicas y físicas, con la adición de cloruro de sodio, Puente Piedra, año 2018”** y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones
- Matriz de operacionalización de la variable
- Certificado de validez de contenido de instrumentos

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.


GEO FRONTIER PERU S.A.C.
Ing. JUAN FAUSTO SÁNCHEZ RIVAS
JEFE DE LABORATORIO



"Año de la lucha contra la corrupción e impunidad"

Lima, 12 de noviembre de 2019

Carta N° LAB19- 0064

SEÑORES:
Carlos Torres Rivera
Sadith Flor Salazar

REFERENCIA: Entrega de Informe LG19-110.

De mi mayor consideración:

La presente es para expresarles nuestro cordial saludo y a la vez remitirle el Informe de ensayos de laboratorio correspondiente a la cotización N° **LG19-110** del proyecto "Estabilización de Suelo Arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza"

Sin otro particular, hago propicia la ocasión para expresarle los sentimientos de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,



GEO FRONTIER PERU S.A.C.
Ing. JUAN FAUSTO SANCHEZ RIVA
JEFE DE LABORATORIO

23/4/2015

AMRL - Proficiency Testing - Individual Enrollment Ratings Sheet



Search Search
Logged in as: jcastro@geofrontperu.com | Logout

Home My Tab About Us AASHTO Accreditation Laboratory Assessments Proficiency Samples FWD Library Resources 50 Years

Individual Enrollment Ratings Sheet

Please Note:
1. To print this page, Click the 'View Printer Friendly Ratings' button below
2. To save this page on your computer, Click File > Save As...
Interested in our analysis method? You can view a description of our [PSP Analysis Method](#).



Soil Classification and Compaction 171/172
Final Report Date: 4/22/2015

PSP Enrollment #5711
Geofrontier Peru
Lima, Peru Peru

Submitted by jcastro@geofrontperu.com on 4/7/2015 at 9:20 PM

[View Your Data Submission Details](#)

The Z-Score indicates the number of standard deviations from the average value. The Z-Score is determined by the following calculation:

$$Z\text{-Score} = (\text{Laboratory Test Result} - \text{Average Value}) / (\text{Standard Deviation})$$

The laboratory Rating calculation is based on the absolute value of the Z-Score (or number of standard deviations from the average). The following describes the laboratory Rating system:

- If Z-Score <= 1 Then Rating = 5
- If Z-Score > 1 And <= 1.5 Then Rating = 4
- If Z-Score > 1.5 And <= 2 Then Rating = 3
- If Z-Score > 2 And <= 2.5 Then Rating = 2
- If Z-Score > 2.5 And <= 3 Then Rating = 1
- If Z-Score > 3 Then Rating = 0

A negative sign on a Z-Score or Rating indicates that the laboratory's result was below the average, while a positive Z-Score or Rating indicates that the laboratory's result was above the average.

For more information on ratings, please review [Proficiency Sample Ratings: Being Average Has Never Been So Good](#).

Particle Size Analysis of Soils by Hydrometer
Total material passing the 0.200-mm (No. 10) sieve (0.1 percent) - T88/D422

	Sample 171						Sample 172						Repeatability(within-lab)		
	Total Labs	Lab Data	Avg	1S	Z-Score	Rating	Lab Data	Avg	1S	Z-Score	Rating	1S	Z-Score	Lab Rating	
1	1217	99.7	99.56	**	**	**	99.6	99.46	**	**	**	**	**	**	

Particle Size Analysis of Soils by Hydrometer
Total material passing the 0.425-mm (No. 40) sieve (0.1 percent) - T88/D422

	Sample 171						Sample 172						Repeatability(within-lab)		
	Total Labs	Lab Data	Avg	1S	Z-Score	Rating	Lab Data	Avg	1S	Z-Score	Rating	1S	Z-Score	Lab Rating	
2	1216	74.0	74.73	2.03	-0.36	-5	73.0	73.98	1.97	-0.50	-5	0.97	-0.18	-5	

Particle Size Analysis of Soils by Hydrometer
Total material passing the 0.075-mm (No. 200) sieve (0.1 percent) - T88/D422

	Sample 171						Sample 172						Repeatability(within-lab)		
	Total Labs	Lab Data	Avg	1S	Z-Score	Rating	Lab Data	Avg	1S	Z-Score	Rating	1S	Z-Score	Lab Rating	
3	1220	48.9	52.55	1.49	-2.46	-2	49.8	51.94	1.35	-1.59	-3	0.81	1.32	4	

Particle Size Analysis of Soils by Hydrometer
Total material smaller than 0.02 mm (0.1 percent) - T88/D422

	Sample 171						Sample 172						Repeatability(within-lab)		
	Total Labs	Lab Data	Avg	1S	Z-Score	Rating	Lab Data	Avg	1S	Z-Score	Rating	1S	Z-Score	Lab Rating	
4	1132	--	47.42	3.49	--	--	--	46.69	3.47	--	--	--	--	--	

Particle Size Analysis of Soils by Hydrometer
Total material smaller than 0.002 mm (0.1 percent) - T88/D422

	Sample 171						Sample 172						Repeatability(within-lab)		
	Total Labs	Lab Data	Avg	1S	Z-Score	Rating	Lab Data	Avg	1S	Z-Score	Rating	1S	Z-Score	Lab Rating	
5	1129	--	22.91	3.42	--	--	--	22.88	3.36	--	--	--	--	--	

Particle Size Analysis of Soils by Hydrometer
Total material smaller than 0.001 mm (0.1 percent) - T88/D422

	Sample 171						Sample 172						Repeatability(within-lab)		
	Total Labs	Lab Data	Avg	1S	Z-Score	Rating	Lab Data	Avg	1S	Z-Score	Rating	1S	Z-Score	Lab Rating	
6	1122	--	15.56	3.15	--	--	--	15.83	3.18	--	--	--	--	--	

Liquid Limit of Soils (Atterberg Limits)
Liquid Limit (0.1 percent) - T89/D4318

	Sample 171						Sample 172						Repeatability(within-lab)		
	Total Labs	Lab Data	Avg	1S	Z-Score	Rating	Lab Data	Avg	1S	Z-Score	Rating	1S	Z-Score	Lab Rating	
7	1525	27.7	26.77	2.02	0.46	5	30.4	29.53	2.14	0.41	5	1.05	-0.04	-5	

Plastic Limit of Soils (Atterberg Limits)
Plastic Limit (0.1 percent) - T90/D4318

	Sample 171						Sample 172						Repeatability(within-lab)		
	Total Labs	Lab Data	Avg	1S	Z-Score	Rating	Lab Data	Avg	1S	Z-Score	Rating	1S	Z-Score	Lab Rating	

http://amr1.net/Amr1sitefinity/default/psp/psdas/ndv_enrollmentsheet.aspx?day=4/23/2015&SampleRoundResultSetID=RwBJew&H4U*V

1/2

23/4/2015

AMRL - Proficiency Testing - Individual Enrollment Ratings Sheet

8	1524	14.5	14.13	1.17	0.31	5	14.8	14.25	1.23	0.45	5	0.47	0.28	5
---	------	------	-------	------	------	---	------	-------	------	------	---	------	------	---

Shrinkage Factors of Soils by Wax Method
Shrinkage Limit (Wax Method) (0.1 percent) - D4943
[View Youden Diagram](#) | [View Performance Chart](#)

Sample 171						Sample 172						Repeatability(within-lab)		
Total Labs	Lab Data	Avg	IS	Z-Score	Rating	Lab Data	Avg	IS	Z-Score	Rating	IS	Z-Score	Lab Rating	
9	64	--	10.52	1.15	--	--	10.71	1.32	--	--	--	--	--	

Specific Gravity of Soils
Specific Gravity, Passing 2.00 mm (No. 10), TX / 20°C - T100/D854
[View Youden Diagram](#) | [View Performance Chart](#)

Sample 171						Sample 172						Repeatability(within-lab)		
Total Labs	Lab Data	Avg	IS	Z-Score	Rating	Lab Data	Avg	IS	Z-Score	Rating	IS	Z-Score	Lab Rating	
10	876	2.653	2.6571	0.0283	-0.14	-5	2.654	2.6553	0.0296	-0.04	-5	0.0139	0.14	5

Moisture-Density (Proctor) of Soils, Standard Effort
Optimum Moisture Content (Standard) (0.1 percent) - T99/D698
[View Youden Diagram](#) | [View Performance Chart](#)

Sample 171						Sample 172						Repeatability(within-lab)		
Total Labs	Lab Data	Avg	IS	Z-Score	Rating	Lab Data	Avg	IS	Z-Score	Rating	IS	Z-Score	Lab Rating	
11	1208	--	9.28	0.59	--	--	9.67	0.56	--	--	--	--	--	

Moisture-Density (Proctor) of Soils, Standard Effort
Maximum Dry Density (Standard) (0.1 lb/ft³) - T99/D698
[View Youden Diagram](#) | [View Performance Chart](#)

Sample 171						Sample 172						Repeatability(within-lab)		
Total Labs	Lab Data	Avg	IS	Z-Score	Rating	Lab Data	Avg	IS	Z-Score	Rating	IS	Z-Score	Lab Rating	
12	1208	--	126.70	1.31	--	--	125.47	1.22	--	--	--	--	--	

Moisture-Density (Proctor) of Soils, Modified Effort
Optimum Moisture Content (Modified) (0.1 percent) - T180/D1557
[View Youden Diagram](#) | [View Performance Chart](#)

Sample 171						Sample 172						Repeatability(within-lab)		
Total Labs	Lab Data	Avg	IS	Z-Score	Rating	Lab Data	Avg	IS	Z-Score	Rating	IS	Z-Score	Lab Rating	
13	363	--	6.79	0.50	--	--	6.95	0.49	--	--	--	--	--	

Moisture-Density (Proctor) of Soils, Modified Effort
Maximum Dry Density (Modified) (0.1 lb/ft³) - T180/D1557
[View Youden Diagram](#) | [View Performance Chart](#)

Sample 171						Sample 172						Repeatability(within-lab)		
Total Labs	Lab Data	Avg	IS	Z-Score	Rating	Lab Data	Avg	IS	Z-Score	Rating	IS	Z-Score	Lab Rating	
14	363	--	135.87	1.38	--	--	135.05	1.32	--	--	--	--	--	

** Ratings Suppressed -- No Data Submitted or Data Out of Accepted Range

** Suppressed Items:
Particle Size Analysis of Soils by Hydrometer (Total material passing the 2.00-mm (No. 10) sieve) - For informational purposes only.

[Back](#) [View Sample Round Analysis](#) [View Printer Friendly Ratings](#)



AASHTO Materials Reference Laboratory
© 2015 AASHTO Materials Reference Laboratory. All Rights Reserved.
[Contact Us](#) | [Terms of Use](#) | [Privacy Policy](#)



ISO 9001:2008 Certified

1. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES VARIABLE DEPENDIENTE

1.1. VARIABLE DEPENDIENTE

1.1.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO ARCILLOSO

Según (López, M. A., 2017) Las propiedades físico mecánicas de los suelos son parámetros fundamentales para el diseño de la cimentación de cualquier estructura, de manera que la misma cumpla parámetros de calidad, servicialidad, y economía. El tipo de cimentación se selecciona de acuerdo a dos parámetros fundamentales: la carga que la estructura transmite al suelo, y al tipo de suelo y su capacidad portante. Los contrapisos por otro lado son elementos estructurales que se asientan y transmiten la carga directamente contra el suelo.

En ciertas circunstancias es necesario realizar un mejoramiento de suelo para disminuir la profundidad de la cimentación, o para homogenizar el suelo a lo largo de la misma. En el caso de los contrapisos muchas veces también es necesario hacerlo para disminuir el grosor de la losa de contrapiso y evitar posibles fisuras en la misma durante su uso.

1.1.2. Dimensiones de la variable

• Dimensión 1.- Capacidad de soporte (CBR)

Según (Botia W., 2015, pág. 133) en su tesis para obtener el título de ingeniero profesional denominada: “Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memorias de cálculo”, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá Colombia, establece que el método de CBR, denominado también ensayo de relación de soporte, bajo condiciones de humedad y densidad controlada, mide la resistencia al corte de un suelo en el estado en que este se

encuentre. Evalúa la resistencia potencial de los materiales utilizados, estos valores se obtienen mediante la relación de la carga unitaria aplicada durante el ensayo.

• **Dimensión 2.- Compresión no confinada**

Procedimiento que determina la resistencia a la compresión no-confinada de suelos cohesivos en condición inalterada y remodelada sin ningún apoyo, empleando la aplicación de carga ya sea por deformación controlada o por esfuerzo controlado. El propósito principal del ensayo de compresión no confinada es someter la muestra a una carga axial a compresión hasta que ocurra la falla. La resistencia al cortante se asume que es igual a la mitad de la resistencia a compresión no confinada. (Suárez, 2009, pág. 99).

• **Dimensión 3.- Proctor Modificado**

En base a las dosificaciones establecidas en los ensayos, para establecer el contenido óptimo de NaCl, al respecto (Roldan J., 2010) en su tesis de titulación denominada: "Estabilización de Suelo con Cloruro de Sodio (NaCl) para Bases y Sub Bases", de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, precisa que la relación existente entre la densidad seca de un suelo (su grado de compacidad) y su contenido en agua es de gran utilidad en la compactación de suelos. Su regulación se realiza mediante el ensayo de Proctor en sus dos variantes, normal y modificado.

• **Dimensión 4.- Resistencia al esfuerzo cortante (Triaxial no consolidado-no drenado)**

Según (Valerio O., 2011) en su artículo “Ensayos triaxial para suelos. Métodos y Materiales”, La prueba de ensayo triaxial es uno de los métodos más confiables para determinar los parámetros de resistencias al esfuerzo cortante de suelos cohesivos saturados, donde se

expresan los esfuerzos totales. Se ha definido al esfuerzo cortante como la última o máxima resistencia que el suelo puede soportar, la capacidad de soporte de cimentaciones superficiales como profundas, la estabilidad de los taludes y el diseño de muros o paredes de retención; lo que ofrece una resistencia interna a la masa de suelo por área unitaria para resistir la falla al deslizamiento o asentamiento a lo largo de cualquier plano.

1.2. VARIABLE INDEPENDIENTE: ESTABILIZACIÓN CON LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO

Según (De Solminihac T.; Echeverria G.; Thenoux G., 2012, pág. 1) en su artículo “Estabilización Química de Suelos: Aplicaciones en la construcción de estructuras de pavimentos”, la estabilización de suelos, consiste en un tratamiento químico o mecánico para mejorar una masa de suelo o para mejorar sus propiedades ingenieriles. Consiste en alterar las propiedades del suelos con aditivos, al ser mezclado se produce un cambio en las propiedades moleculares superficiales, un incremento en su resistencia, disminuye su deformación y la permeabilidad.

Así mismo, (Betancourt E., 2002, pág. 120) en su tema “Ingeniería de pavimentación para carreteras”, La sal como estabilizante es apropiada en todos los suelos, salvo aquellos que contienen materia orgánica. La sal puede agregarse al suelo seco, en cristales o en forma de salmuera y produce una capa con superficie lisa y uniforme. Aunque no se conoce completamente el mecanismo por medio del cual se produce la estabilización, se cree que se producen reacciones coloidales a través de las cuales el ion sodio del aditivo desplaza los iones naturales de los minerales arcillosos del suelo. La principal desventaja que se presenta es la solubilidad de la sal, lo que hace que pueda ser fácilmente lavada por el agua de percolación, lo

que se traduce en una escasa durabilidad de la capa estabilizada. Un estudio realizado en el antiguo MOPT con una arcilla de baja compresibilidad de Manaure (Guajira) indico que la adición de sal produce modificaciones de escasa importancia en los límites líquido y plástico, aumentos en la humedad optima de compactación y disminuciones en la densidad máxima y, curiosamente, en la resistencia a la compresión inconfina.

1.2.1. Dimensiones de la variable

• Dimensión 1.- SUELO EN ESTADO NATURAL

Al respecto sobre suelos en estado natural (Sant, Quesada, 2017) menciona que un suelo estable es aquel que presenta la resistencia suficiente para no sufrir deformaciones ni desgastes por la acción del uso o de los agentes atmosféricos y climatológicos. Cuando el suelo natural presenta estas características, se considera utilizable para la pavimentación de un camino, pero en algunas ocasiones del proceso constructivo, el suelo natural no cumple con las características requeridas para que sea apto, características de estabilidad volumétrica, resistencia, permeabilidad, compresibilidad y durabilidad. En estos casos el ingeniero responsable se ve en la necesidad de decidir entre: aceptar el suelo tal y como está, tomando en cuenta su calidad; eliminar el suelo no apto y reemplazarlo por otro que cumpla las especificaciones; o modificar las propiedades del suelo no apto y hacerlo capaz de cumplir los requerimientos, usando para ello el método de estabilización.

• Dimensión 2.- ADICION DE NAACL

El Cloruro de Sodio mejora las características electrolíticas de los suelos, al respecto (Mohd , Wanatowski , Marto , & Jusoh , 2017), en su artículo científico denominado: “ Mejora de la resistencia de la arcilla tratada con cal con cloruro de sodio.”, precisan que el exceso de

iones de sodio (Na^+) estimula un incremento producción de compuestos puzolánicos y genera ventajas para la disolución de sílice del suelo.

Del mismo modo los autores describen:

Además, se cree que la presencia de iones de sodio en la solución comprime una capa de agua difusa, lo que aumenta el contacto entre partículas y ayuda al proceso de floculación, lo que conduce a la formación de materiales de cementación debido a reacciones químicas. Hasta ahora, no ha habido un discurso académico probatorio sobre el impacto de las sales en el comportamiento de la compresión-deformación del suelo orgánico tratado con cal mediante pruebas de compresión triaxial. (p. 197).

Asi mismo .Son limitadas las investigaciones que establezcan la relación de la adición de cloruro de sodio con las deformaciones que se presentan en el suelo inestables, así como también de los esfuerzos actuantes en especial en los suelos finos, al respecto (Garnica, Pérez , Gómez , & Yhaaraby , 2002) establecen que hay varios estudios que analizan principalmente las propiedades físicas entre ellas se tiene:

(a)El peso volumétrico seco y la resistencia a la compresión se incrementan al adicionar cloruro de sodio hasta en un 3%, por el contrario, el límite líquido y el índice plástico se reducen al adicionar cloruro de sodio. (b)La cohesión y el ángulo de fricción interna parecen disminuir al adicionar cloruro de sodio y en especímenes en los que no se permita la pérdida de humedad. (c)Parece que si se permite el secado antes de ensayar los especímenes tanto la cohesión como el ángulo de fricción se incrementa notoriamente. (d)La capacidad de retención de humedad aumenta. También se presentan suelos que no responden a la estabilización con cloruro de sodio. (p. 23).

6.3 ANEXO 3. Matriz de Operacionalidad de Variables

Variable dependiente	Dimensiones	Definición conceptual	Indicador
Propiedades Mecánicas de un suelo arcilloso	Capacidad de Soporte (CBR)	denominado también ensayo de relación de soporte, bajo condiciones de humedad y densidad controlada, mide la resistencia al corte de un suelo en el estado en que este se encuentre (Botia W., 2015, pág. 133).	PORCENTAJE DE CAPACIDAD DE SOPORTE
	Compresión no Confinada	Determinación de la resistencia a la compresión no-confinada de suelo cohesivo en las condiciones inalterada y remodelada (Suarez J., 2009, pág. 99).	ESFUERZO DE COMPRESION NO CONFINADA
	Proctor Modificado	el efecto del cloruro de sodio en las propiedades de los suelos, principalmente en las propiedades físicas y entre las principales ,se observa como el peso volumétrico seco y la resistencia a la compresión se incrementan al adicionar cloruro de sodio hasta un 3% ,reduciendo el límite líquido y el índice plástico (Roldan J., 2010).	MAXIMA DENSIDAD SECA Y OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD
	Resistencia al esfuerzo cortante (Triaxial)	determinar los parámetros de resistencias al esfuerzo cortante de un suelos cohesivos saturados, donde se expresan los esfuerzos totales.se ha definido al esfuerzo cortante como la última o máxima resistencia que el suelo puede soportar (Valerio O., 2011).	TRIAxIAL NO CONSOLIDAD,NO DRENADA
Variable independiente	Dimensiones	Definición conceptual	Indicador
Estabilización con la adición de cloruro de sodio	Estudio Natural	(Sant,Quesada, 2017) menciona que un suelo estable es aquel que presenta la resistencia suficiente para no sufrir deformaciones ni desgastes por la acción del uso o de los agentes atmosféricos y climatológicos,cuando el suelo natural no cumple con las características se reemplazarlo por otro que cumpla las especificaciones.	Límite Líquido ;Límite Plástico ;índice de Plasticidad (%);Contenido de Humedad;índice de Grupo;Diámetro de Partículas;Acumulado que pasa
	Adición Cloruro de sodio	La sal como estabilizante es apropiada en todos los suelos, salvo aquellos que contienen materia orgánica. La sal puede agregarse al suelo seco, en cristales o en forma de salmuera y produce una capa con superficie lisa y uniforme (Betancourt E., 2002, pág. 120).	porcentajes añadidos de NaCl (0%,4%,6%y 10%)

6.4 ANEXO 4. Validez del Instrumento que mide la Variable Dependiente



**Informe
Técnico
IT- 0012-19**

FECHA: 23/07/2019		
CLIENTE: GEO FRONTIER PERU S.A.C.	RUC 20552091460	
DIRECCIÓN: LOTE. 37 URB. TEBOL, EL IV ETAPA - LOS OLIVOS	TEL: -----	CONTACTO: -----

EQUIPO: HORNO ELÉCTRICO

DESCRIPCIÓN:	MARCA:	MODELO:	SERIE:	CÓDIGO:
Eléctrica	ECOCELL	EC111	D130292	NO INDICA

ÁREA:
DIAGNÓSTICO DEL EQUIPO:

Se revisó el equipo encontrándose: *Suciedad y polvo.
Alerta de error en el funcionamiento del horno.
Desconfiguración en el panel de control.*

TRABAJOS REALIZADOS:

- Limpieza general del equipo.
- Revisión del panel de control.
- Se reconfiguró nuevamente el horno.
- Se comprobó funcionamiento de las resistencias calefactoras.
- Se instaló y ajustó bien el enchufe de alimentación.

OBSERVACIONES :

- Se recomienda no manipular las opciones múltiples en el panel de control; debido a que cualquier dato cambiado afectaría directamente al funcionamiento del equipo.
- Se verificó el buen funcionamiento del equipo con la siguiente trazabilidad. (CTM-002-2019 ; LT-011-2018)
- El equipo se encuentra operativo.




Luigi Asenjo G.
Jefe de Metrología



Metrotest E.I.R.L.
LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CTM-211-2019

Página 1 de 5

Solicitante : GEO FRONTIER PERU S.A.C.
Dirección : JR. LOS CHASQUIS, LOS 2164 MZA. B LOTE. 37
URB. TREBOL, EL IV ETAPA - LOS OLIVOS
Equipo de Medición : HORNO ELECTRICO
Marca : ECOCELL
Modelo : EC111
Procedencia : USA
Código de Ident. : NO INDICA
Número de Serie : D130292
T° de trabajo : 110 °C ± 5 °C
Ventilación : Forzada
Lugar de Calibración : Lab. Temperatura de Metrotest E.I.R.L.

Misión:

Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

Visión:

Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios. Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

Instrumento de Medición :

Nombre	Marca	Modelo	Código de Identificación	Alcance de indicación	División mínima	Tipo de Indicación
Termometro controlador	MMM GROUP	NO INDICA	NO INDICA	250°C	1°C	Digital

Fecha de Calibración : 2019-07-23

Fecha de Emisión : 2019-07-23

Método de Calibración Empleado

La calibración se realizó tomando como referencia el Método de Comparación entre las indicaciones de lectura del termometro controlador del equipo a calibrar con Termometro patrón con 10 termopares utilizando el "Procedimiento de INDECOP/ SNM PC-005 1° Ed. "Procedimiento para la Calibración de Hornos".

Observaciones

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
 - La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.
- (*) Código asignado por Metrotest E.I.R.L.




Luigi Aserio G
Jefe de Metrología



Metrotest E.I.R.L.
LABORATORIO DE METROLOGÍA

**CERTIFICADO DE CALIBRACION
CTM-211-2019**

Página 2 de 5

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROTEST E.I.R.L.	Termómetro de indicación Digital con 10 sensores	CTM-002-2019
Patrones de referencia de DM-INACAL	Termómetro de indicación digital	LT-011-2018

Condiciones Ambientales:

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	18	18,2
Humedad (%)	59	58

Resultados de la calibración:

CALIBRACION PARA 110 °C ± 5 °C

TIEMPO (min.)	T ind. (°C) Termómetro del equipo	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICION (°C)										T prom. (°C)	Tmax-Tmin. (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110	109,0	106,6	106,9	106,4	107,2	107,3	106,4	112,2	112,8	114,0	108,9	7,6
02	110	109,1	106,6	107,2	106,3	107,2	107,3	106,7	112,1	112,8	114,0	108,9	7,7
04	110	109,1	106,6	107,0	106,4	107,3	107,3	106,5	112,2	112,9	113,9	108,9	7,5
06	110	109,1	106,6	107,0	106,4	107,3	107,2	106,5	112,2	112,9	113,9	108,9	7,5
08	110	109,1	106,6	106,9	106,4	107,4	107,2	106,4	112,2	113,0	113,8	108,9	7,4
10	110	109,0	106,6	106,9	106,4	107,4	107,2	106,4	112,2	113,0	113,8	108,9	7,4
12	110	109,1	106,6	107,2	106,7	107,5	107,3	106,7	112,5	113,1	113,7	109,0	7,1
14	110	109,1	106,6	107,0	106,5	107,5	107,3	106,5	112,3	113,1	113,7	109,0	7,2
16	110	109,1	106,6	107,0	106,5	107,5	107,4	106,5	112,3	113,1	113,8	109,0	7,3
18	110	109,1	106,6	106,9	106,4	107,4	107,4	106,4	112,2	113,0	113,8	108,9	7,4
20	110	109,0	106,6	106,9	106,4	107,2	107,4	106,4	112,2	112,8	113,7	108,9	7,3
22	110	109,1	106,6	107,2	106,3	107,2	107,2	106,7	112,1	112,8	113,7	108,9	7,4
24	110	109,1	106,6	107,0	106,4	107,3	107,2	106,5	112,2	112,9	113,8	108,9	7,4
26	110	109,1	106,6	107,0	106,4	107,3	107,0	106,5	112,2	112,9	113,8	108,9	7,4
28	110	109,1	106,6	106,9	106,4	107,4	107,0	106,4	112,2	113,0	113,9	108,9	7,5
30	110	109,0	106,6	106,9	106,4	107,4	107,0	106,4	112,2	113,0	113,9	108,9	7,5
32	110	109,1	106,6	107,2	106,7	107,5	107,0	106,7	112,5	113,1	114,0	109,0	7,4
34	110	109,1	106,6	107,0	106,5	107,5	107,0	106,5	112,3	113,1	114,0	109,0	7,5
36	110	109,1	106,6	107,0	106,5	107,5	107,0	106,5	112,3	113,1	114,0	109,0	7,5
38	110	109,1	106,6	106,9	106,4	107,4	107,2	106,4	112,2	113,0	113,9	108,9	7,5
40	110	109,0	106,6	106,9	106,4	107,2	107,2	106,4	112,2	112,8	113,9	108,9	7,5
42	110	109,1	106,6	107,2	106,3	107,2	107,2	106,7	112,1	112,8	113,7	108,9	7,4
44	110	109,1	106,6	107,0	106,4	107,3	107,1	106,5	112,2	112,9	113,7	108,9	7,3
46	110	109,1	106,6	107,0	106,4	107,3	107,1	106,5	112,2	112,9	113,7	108,9	7,3
48	110	109,1	106,6	106,9	106,4	107,4	107,3	106,4	112,2	113,0	113,8	108,9	7,4
50	110	109,0	106,6	106,9	106,4	107,4	107,3	106,4	112,2	113,0	113,7	108,9	7,3
52	110	109,1	106,6	107,2	106,7	107,5	107,3	106,7	112,5	113,1	113,7	109,0	7,1
54	110	109,1	106,6	107,0	106,5	107,5	107,3	106,5	112,3	113,1	113,9	109,0	7,4
56	110	109,1	106,6	107,0	106,5	107,5	107,2	106,5	112,3	113,1	114,0	109,0	7,5
58	110	109,1	106,6	106,9	106,4	107,4	107,2	106,4	112,2	113,0	114,0	108,9	7,6
60	110	109,0	106,5	107,0	106,5	107,5	107,2	106,5	112,3	113,1	114,0	109,0	7,5
T.PROM	110	109,1	106,6	107	106	107	107,2	107	112,2	113,0	113,8	108,9	
T.MAX	110	109,1	106,6	107	107	108	107,4	107	112,5	113,1	114,0		
T.MIN	110	109,0	106,5	107	106	107	107,0	106	112,1	112,8	113,7		
DTT	0,0	0,1	0,1	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3		



Jr. Aristides Sologuren 484 Dpto. 102 Urb. Villa Sol - Los Olivos www.metrotesteirl.com / metrotestlogistica@hotmail.com / ventas@metrotesteirl.com
Telf.: 528-7898 Telefax: 528-3324 Entel: 997 045 343 / #962 889 991

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE METROTEST EIRL



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CTM-211-2019

Página 3 de 5

PARÁMETRO	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	114,0	0,3
Mínima Temperatura Medida	106,3	0,3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0,4	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	7,4	0,3
Estabilidad	± 0,20	0,04
Uniformidad	7,7	0,3

T.PROM.: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.

T.prom.: Promedio de la temperatura en las diez posiciones de medición para un instante dado.

T.MAX: Temperatura máxima

T.MIN.: Temperatura mínima

DTT.: Desviación de Temperatura en el tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del medio isoterm: 0,5 °C

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

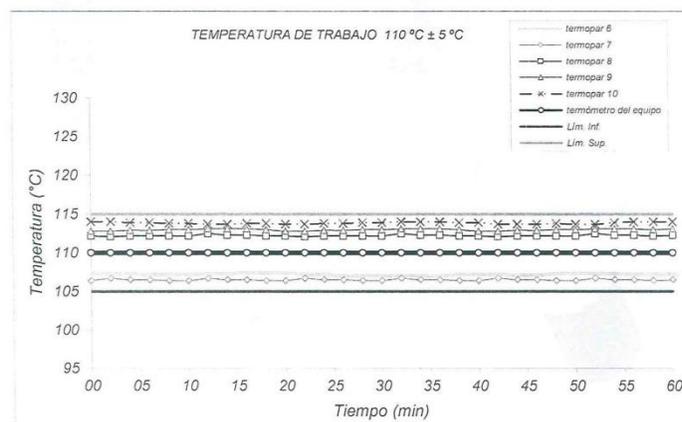
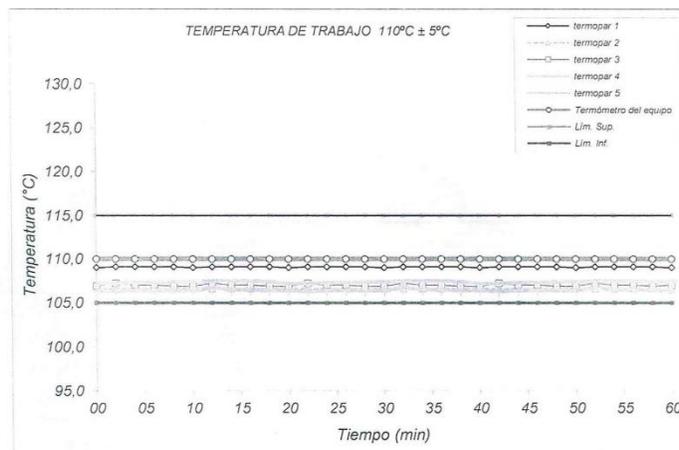
La estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ máx. DTT.





**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CTM-211-2019**

Página 4 de 5



Jr. Aristides Sologuren 484 Dpto. 102 Urb. Villa Sol - Los Olivos www.metrotesteir.com / metrotestlogistica@hotmail.com / ventas@metrotesteir.com

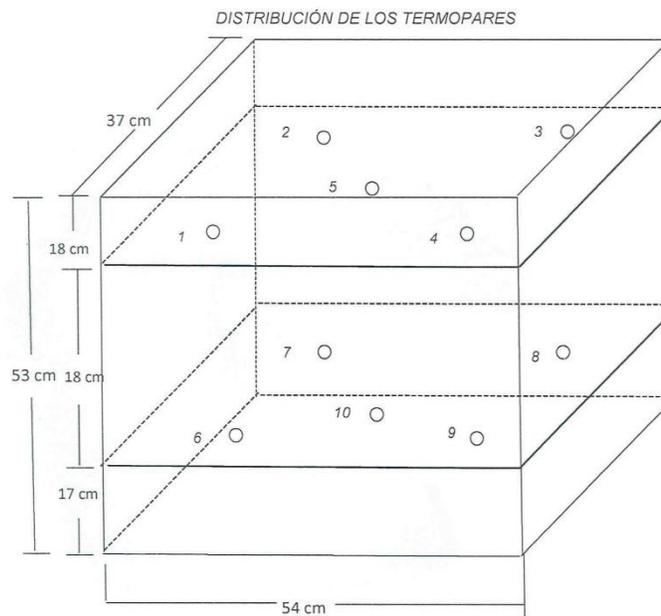
Tel.: 528-7898 Telefax: 528-3324 Entel: 997 045 343 / #962 889 991

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST EIRL



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CTM-211-2019

Página 5 de 5



Los termopares 5 y 10 están ubicados en el centro de los planos inferior y superior.
Los termopares del 1 al 4 y del 6 al 10 están ubicados a 9 cm de las paredes laterales.
Los termopares del 1 al 4 y del 6 al 10 están ubicados a 10 cm y a 12 cm respectivamente de la parte superior e inferior del horno tal como se muestra en el dibujo.





TEST SIEVE CERTIFICATE OF COMPLIANCE

P.O. BOX 608
Loveland, CO 80539-0608
In USA 1-800-323-1242
Worldwide (970) 663-9780
Fax: (970) 663-9781
E-mail: soiltest@eleusa.com
Website: www.eleusa.com

Chartmoor Road, Chantwell Business Park
Leighton Buzzard
Bedfordshire, LU7 8WG, England
Phone: +44 1525 249200
Fax: +44 1525 249249
E-mail: ele@eleint.co.uk
<http://www.ele.com>

This Certificate of Compliance represents ELE's commitment to deliver testing sieves of the highest quality. Every test sieve conforms to the manufacturing requirements of the following specifications:

ASTM E 11

ISO 565
ISO 3310-1

BS
410

Serial Number: 124026774

30



TEST SIEVE CERTIFICATE OF COMPLIANCE

P.O. BOX 608
Loveland, CO 80539-0608
In USA 1-800-323-1242
Worldwide (970) 663-9780
Fax: (970) 663-9781
E-mail: soiltest@eleusa.com
Website: www.eleusa.com

Chartmoor Road, Chantwell Business Park
Leighton Buzzard
Bedfordshire, LU7 8WG, England
Phone: +44 1525 249200
Fax: +44 1525 249249
E-mail: ele@eleint.co.uk
<http://www.ele.com>

This Certificate of Compliance represents ELE's commitment to deliver testing sieves of the highest quality. Every test sieve conforms to the manufacturing requirements of the following specifications:

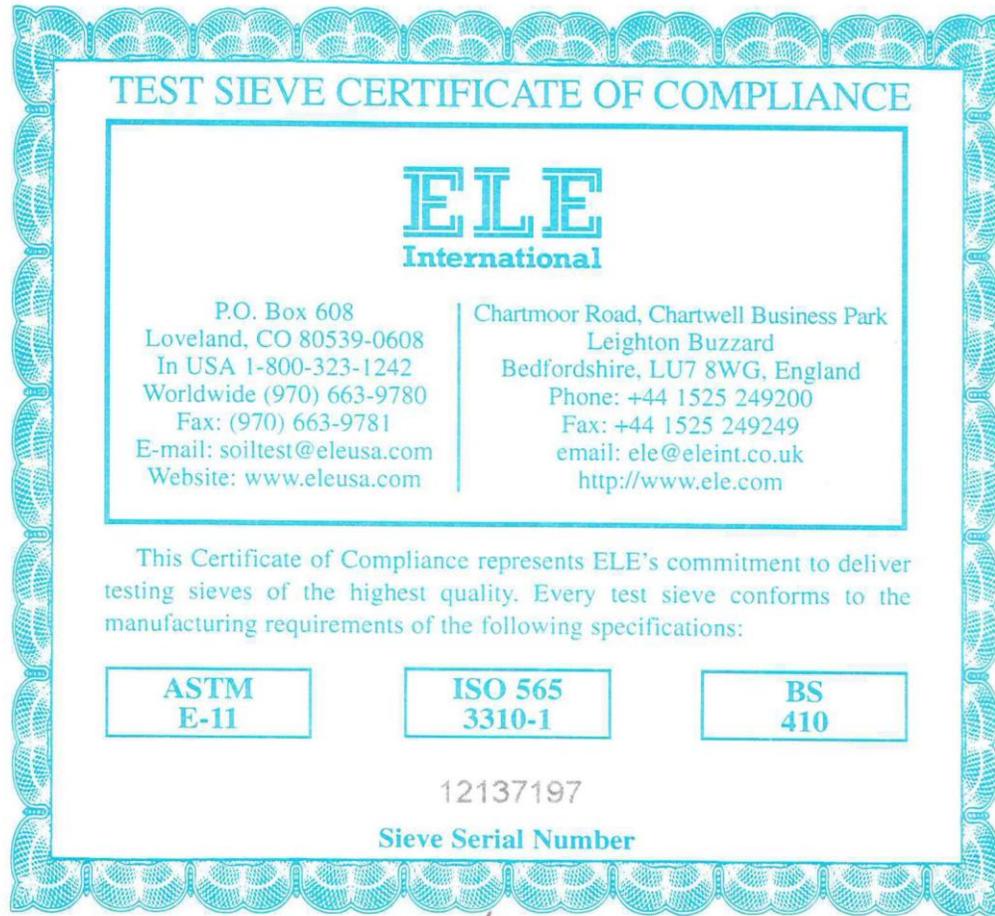
ASTM E 11

ISO 565
ISO 3310-1

BS
410

Serial Number: 145128618

2''





TEST SIEVE CERTIFICATE OF COMPLIANCE

P.O. BOX 608
Loveland, CO 80539-0608
In USA 1-800-323-1242
Worldwide (970) 663-9780
Fax: (970) 663-9781
E-mail: soiltest@eleusa.com
Website: www.eleusa.com

Chartmoor Road, Chantwell Business Park
Leighton Buzzard
Bedfordshire, LU7 8WG, England
Phone: +44 1525 249200
Fax: +44 1525 249249
E-mail: ele@eleint.co.uk
<http://www.ele.com>

This Certificate of Compliance represents ELE's commitment to deliver testing sieves of the highest quality. Every test sieve conforms to the manufacturing requirements of the following specifications:

ASTM E 11

ISO 565
ISO 3310-1

BS
410

Serial Number: 130723417

411



TEST SIEVE CERTIFICATE OF COMPLIANCE

P.O. BOX 608
Loveland, CO 80539-0608
In USA 1-800-323-1242
Worldwide (970) 663-9780
Fax: (970) 663-9781
E-mail: soiltest@eleusa.com
Website: www.eleusa.com

Chartmoor Road, Chantwell Business Park
Leighton Buzzard
Bedfordshire, LU7 8WG, England
Phone: +44 1525 249200
Fax: +44 1525 249249
E-mail: ele@eleint.co.uk
<http://www.ele.com>

This Certificate of Compliance represents ELE's commitment to deliver testing sieves of the highest quality. Every test sieve conforms to the manufacturing requirements of the following specifications:

ASTM E 11

ISO 565
ISO 3310-1

BS
410

Serial Number: 145117979

3/411



TEST SIEVE CERTIFICATE OF COMPLIANCE

P.O. BOX 608
Loveland, CO 80539-0608
In USA 1-800-323-1242
Worldwide (970) 663-9780
Fax: (970) 663-9781
E-mail: soiltest@eleusa.com
Website: www.eleusa.com

Chartmoor Road, Chantwell Business Park
Leighton Buzzard
Bedfordshire, LU7 8WG, England
Phone: +44 1525 249200
Fax: +44 1525 249249
E-mail: ele@eleint.co.uk
<http://www.ele.com>

This Certificate of Compliance represents ELE's commitment to deliver testing sieves of the highest quality. Every test sieve conforms to the manufacturing requirements of the following specifications:

ASTM E 11

ISO 565
ISO 3310-1

BS
410

Serial Number: 145128635

3/8"

ELE
International

TEST SIEVE CERTIFICATE OF COMPLIANCE

P.O. BOX 608 Loveland, CO 80539-0608 In USA 1-800-323-1242 Worldwide (970) 663-9780 Fax: (970) 663-9781 E-mail: soiltest@eleusa.com Website: www.eleusa.com	Chartmoor Road, Chantwell Business Park Leighton Buzzard Bedfordshire, LU7 8WG, England Phone: +44 1525 249200 Fax: +44 1525 249249 E-mail: ele@eleint.co.uk http://www.ele.com
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

This Certificate of Compliance represents ELE's commitment to deliver testing sieves of the highest quality. Every test sieve conforms to the manufacturing requirements of the following specifications:

ASTM E 11	ISO 565 ISO 3310-1	BS 410
-----------	-----------------------	-----------

Serial Number: 130521868

0/2/0



TEST SIEVE CERTIFICATE OF COMPLIANCE

P.O. BOX 608
Loveland, CO 80539-0608
In USA 1-800-323-1242
Worldwide (970) 663-9780
Fax: (970) 663-9781
E-mail: soiltest@eleusa.com
Website: www.eleusa.com

Chartmoor Road, Chantwell Business Park
Leighton Buzzard
Bedfordshire, LU7 8WG, England
Phone: +44 1525 249200
Fax: +44 1525 249249
E-mail: ele@eleint.co.uk
<http://www.ele.com>

This Certificate of Compliance represents ELE's commitment to deliver testing sieves of the highest quality. Every test sieve conforms to the manufacturing requirements of the following specifications:

ASTM E 11

ISO 565
ISO 3310-1

BS
410

Serial Number: 145117987

Nº 4



TEST SIEVE CERTIFICATE OF COMPLIANCE

P.O. BOX 608
Loveland, CO 80539-0608
In USA 1-800-323-1242
Worldwide (970) 663-9780
Fax: (970) 663-9781
E-mail: soiltest@eleusa.com
Website: www.eleusa.com

Chartmoor Road, Chantwell Business Park
Leighton Buzzard
Bedfordshire, LU7 8WG, England
Phone: +44 1525 249200
Fax: +44 1525 249249
E-mail: ele@eleint.co.uk
<http://www.ele.com>

This Certificate of Compliance represents ELE's commitment to deliver testing sieves of the highest quality. Every test sieve conforms to the manufacturing requirements of the following specifications:

ASTM E 11

ISO 565
ISO 3310-1

BS
410

Serial Number: 144725177

Nº 40



TEST SIEVE CERTIFICATE OF COMPLIANCE

<p>P.O. BOX 608 Loveland, CO 80539-0608 In USA 1-800-323-1242 Worldwide (970) 663-9780 Fax: (970) 663-9781 E-mail: soiltest@eleusa.com Website: www.eleusa.com</p>	<p>Chartmoor Road, Chantwell Business Park Leighton Buzzard Bedfordshire, LU7 8WG, England Phone: +44 1525 249200 Fax: +44 1525 249249 E-mail: ele@eleint.co.uk http://www.ele.com</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

This Certificate of Compliance represents ELE's commitment to deliver testing sieves of the highest quality. Every test sieve conforms to the manufacturing requirements of the following specifications:

ASTM E 11	ISO 565 ISO 3310-1	BS 410
-----------	-----------------------	-----------

Serial Number: 130128091

M. S. 2008



ELE
International

TEST SIEVE CERTIFICATE OF COMPLIANCE

P.O. BOX 608
Loveland, CO 80539-0608
In USA 1-800-323-1242
Worldwide (970) 663-9780
Fax: (970) 663-9781
E-mail: soiltest@eleusa.com
Website: www.eleusa.com

Chartmoor Road, Chantwell Business Park
Leighton Buzzard
Bedfordshire, LU7 8WG, England
Phone: +44 1525 249200
Fax: +44 1525 249249
E-mail: ele@eleint.co.uk
<http://www.ele.com>

This Certificate of Compliance represents ELE's commitment to deliver testing sieves of the highest quality. Every test sieve conforms to the manufacturing requirements of the following specifications:

ASTM E 11

ISO 565
ISO 3310-1

BS
410

Serial Number: 130522070

6/1/00



TEST SIEVE CERTIFICATE OF COMPLIANCE

P.O. BOX 608
Loveland, CO 80539-0608
In USA 1-800-323-1242
Worldwide (970) 663-9780
Fax: (970) 663-9781
E-mail: soiltest@eleusa.com
Website: www.eleusa.com

Chartmoor Road, Chantwell Business Park
Leighton Buzzard
Bedfordshire, LU7 8WG, England
Phone: +44 1525 249200
Fax: +44 1525 249249
E-mail: ele@eleint.co.uk
<http://www.ele.com>

This Certificate of Compliance represents ELE's commitment to deliver testing sieves of the highest quality. Every test sieve conforms to the manufacturing requirements of the following specifications:

ASTM E 11

ISO 565
ISO 3310-1

BS
410

Serial Number: 144612010

Nº 140

ELE
International

TEST SIEVE CERTIFICATE OF COMPLIANCE

P.O. BOX 608 Loveland, CO 80539-0608 In USA 1-800-323-1242 Worldwide (970) 663-9780 Fax: (970) 663-9781 E-mail: soiltest@eleusa.com Website: www.eleusa.com	Chartmoor Road, Chantwell Business Park Leighton Buzzard Bedfordshire, LU7 8WG, England Phone: +44 1525 249200 Fax: +44 1525 249249 E-mail: ele@eleint.co.uk http://www.ele.com
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

This Certificate of Compliance represents ELE's commitment to deliver testing sieves of the highest quality. Every test sieve conforms to the manufacturing requirements of the following specifications:

ASTM E 11	ISO 565 ISO 3310-1	BS 410
-----------	-----------------------	-----------

Serial Number: 124910777

N 200



ELE International
Chartmoor Road
Chartwell Business Park
Leighton Buzzard
Bedford
LU7 4WG
United Kingdom
Tel: 01525 249200 Fax: 01525 249249
www.ele.com

Transducer Calibration Certificate

ELE Cat. No: 27-1553

Range: 0-10 kN

Transducer Serial Number: 42095

Calibration Standard
Certificate No: 085666
(Traceable to National Standards)

Laboratory Temperature: 20°C (+/- 2°C)

Calibration Results

Reference Standard Force (kN)	S-Type Load Cell Value (kN)	Error (%/Indicated)	Slope Constant
0	0.000	0.000	
2.000	1.998	0.200	- 8.312552
4.000	3.999	0.025	- 8.312552
6.000	6.000	0.000	- 8.312552
8.000	8.000	0.000	- 8.312552
10.000	10.001	0.010	- 8.312552

Gain: 8

Average Slope: - 8.312552

Calibration Engineer: _____

Approved By: _____

CALIBRATION VALID FROM DATE OF SALE

Input and Output Voltages			Test Equipment Used	
Excitation	9.987	Volts	TE013 - Fluke 45 Multimeter Serial Number: 5255095	
0.000 kN	0.009	mV	TE123 - Load cell type: 9363-10T-D3-20T1-R Serial No: 70416939	
10.000 kN	22.968	mV		



ELE International
Chartmoor Road
Chartwell Business Park
Leighton Buzzard
Bedford
LU7 4WG
United Kingdom
Tel: 01525 249200 Fax: 01525 249249
www.ele.com

Transducer Calibration Certificate

ELE Cat. No: 27-1617 Axial Strain Transducer Assembly 50mm travel

Range: 0-50mm

Transducer Serial Number: E10744

Calibration Standard
Certificate No: 166288
(Traceable to National Standards)

Calibration Temperature: 22°C

Calibration Results

Reference Standard Displacement (mm)	Displacement Sensor Value (mm)	Error (%/Indicated)	Slope Constant
0	0.00	0.000	
10	10.04	0.400	+0.012890
20	20.07	0.350	+0.012890
30	30.06	0.200	+0.012890
40	40.08	0.200	+0.012890
50	50.01	0.020	+0.012890

Gain: 8
Average Slope: +0.012890

ECU Calibration Number: 01250201521	-36.309 MIN mV 37.601 MAX mV
-------------------------------------	---------------------------------

Calibration Engineer: 

CALIBRATION VALID FROM DATE OF SALE

Input and Output Voltages			Test Equipment Used
Excitation	9.993	Volts	Fluke 45 Multimeter Serial Number: 5255095 last calibrated 19/March/2012 M47 Steel Gauge Block Set Serial Number: 070965 calibrated 21/August/2011
0.00 mm	-36.309	mV	
50.00 mm	37.601	mV	



ELE International
Chartmoor Road
Chartwell Business Park
Leighton Buzzard
Bedford
LU7 4WG
United Kingdom
Tel: 01525 249200 Fax: 01525 249249
www.ele.com

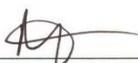
Transducer Calibration Certificate

ELE Cat. No: 27-1633 Pressure Transducer Assembly 1700 kPa
Range: 0-1700 kPa
Transducer Serial Number: 154180
Calibration Standard Certificate No: N9807
(Traceable to National Standards)
Calibration Temperature: 20°C

Calibration Results

Reference Standard Pressure (kpa)	Displacement Pressure Value (kpa)	Error (%/Indicated)	Slope Constant
0.0	0.00	0.000	
100.0	100.18	0.180	-1.303681
500.0	502.88	0.576	-1.303681
900.0	903.09	0.343	-1.303681
1300.0	1300.69	0.053	-1.303681
1700.0	1696.09	0.230	-1.303681

Gain: 6
Average Slope: -1.303681

Calibration Engineer: 

CALIBRATION VALID FROM DATE OF SALE

Input and Output Voltages			Test Equipment Used
Excitation	9.992	Volts	Fluke 45 Multimeter Serial Number: 5255095 last calibrated 19/March/2012 DACO Deadweight Tester Type M2200/3 S/No. 6654-91 used with set of weights s/no. 6654-91. Last calibrated Dec 2011.
0 kPa	0.003	mV	
1700 kPa	99.484	mV	



ELE International
Chartmoor Road
Chartwell Business Park
Leighton Buzzard
Bedford
LU7 4WG
United Kingdom
Tel: 01525 249200 Fax: 01525 249249
www.ele.com

Transducer Calibration Certificate

ELE Cat. No: 27-1633 Pressure Transducer Assembly 1700 kPa

Range: 0-1700 kPa

Transducer Serial Number: 154186

Calibration Standard
Certificate No: N9807
(Traceable to National Standards)

Calibration Temperature: 20°C

Calibration Results

Reference Standard Pressure (kpa)	Displacement Pressure Value (kpa)	Error (%/Indicated)	Slope Constant
0.0	0.00	0.000	
100.0	99.40	0.600	-1.304682
500.0	501.58	0.316	-1.304682
900.0	901.89	0.210	-1.304682
1300.0	1299.79	0.016	-1.304682
1700.0	1695.79	0.248	-1.304682

Gain: 6

Average Slope: -1.304682

Calibration Engineer: 

CALIBRATION VALID FROM DATE OF SALE

Input and Output Voltages			Test Equipment Used
Excitation	9.992	Volts	Fluke 45 Multimeter Serial Number: 5255095 last calibrated 19/March/2012 DACO Deadweight Tester Type M2200/3 S/No. 6654-91 used with set of weights s/no. 6654-91. Last calibrated Dec 2011.
0 kPa	-0.072	mV	
1700 kPa	99.362	mV	



ELE International
Chartmoor Road
Chartwell Business Park
Leighton Buzzard
Bedford
LU7 4WG
United Kingdom
Tel: 01525 249200 Fax: 01525 249249
www.ele.com

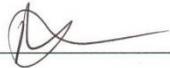
Transducer Calibration Certificate

ELE Cat. No: 27-1633 Pressure Transducer Assembly 1700 kPa
Range: 0-1700 kPa
Transducer Serial Number: 154194
Calibration Standard Certificate No: N9807
(Traceable to National Standards)
Calibration Temperature: 20°C

Calibration Results

Reference Standard Pressure (kpa)	Displacement Pressure Value (kpa)	Error (%/Indicated)	Slope Constant
0.0	0.00	0.000	
100.0	100.68	0.680	-1.301685
500.0	502.78	0.556	-1.301685
900.0	901.69	0.188	-1.301685
1300.0	1297.79	0.170	-1.301685
1700.0	1690.59	0.554	-1.301685

Gain: 6
Average Slope: -1.301685

Calibration Engineer: 

CALIBRATION VALID FROM DATE OF SALE

Input and Output Voltages			Test Equipment Used
Excitation	9.992	Volts	Fluke 45 Multimeter Serial Number: 5255095 last calibrated 19/March/2012 DACO Deadweight Tester Type M2200/3 S/No. 6654-91 used with set of weights s/no. 6654-91. Last calibrated Dec 2011.
0 kPa	-0.074	mV	
1700 kPa	99.208	mV	

6.5 ANEXO 5. Ensayos de Laboratorio

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución:** 30/09/2019
Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza
Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra
Sondeo : 01
Muestra : 01
Prof. (m) : 1.50

Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D6913)		
Nro. Malla	Abertura (mm)	% Acum. que pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1 1/2"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
3/4"	19.100	100.0
3/8"	9.520	100.0
Nº 4	4.760	100.0
Nº 10	2.000	99.8
Nº 20	0.840	95.4
Nº 40	0.425	89.9
Nº 60	0.250	86.2
Nº 140	0.106	82.9
Nº 200	0.075	82.2

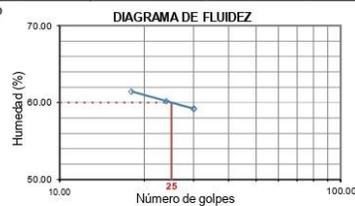
Grava	%	0.0
Arena	%	17.8
Finos	%	82.2

D10	mm	---
D30	mm	---
D60	mm	---
Cu	---	---
Cc	---	---

Contenido de humedad (ASTM D2216)		Método utilizado
Humedad	28.3 %	Secado al horno

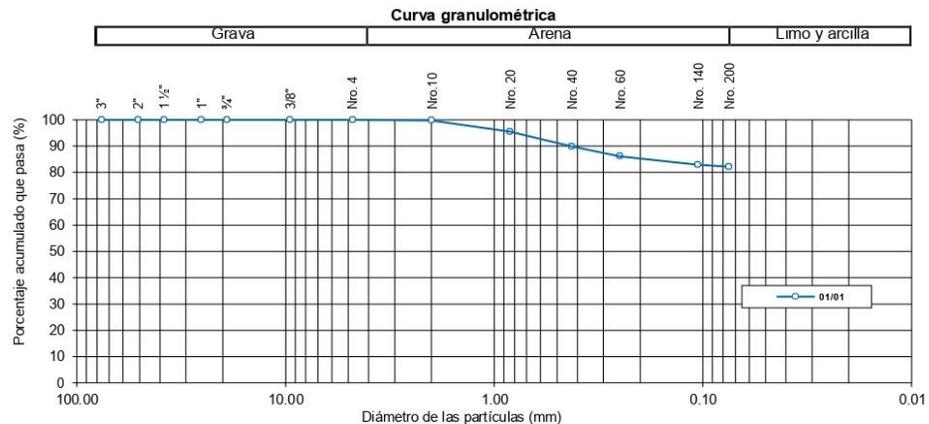
Límites de consistencia (ASTM D4318)		Equipo de ensayo utilizado	
Límite líquido (LL)	60	Límite plástico	Manual
Límite plástico (LP)	24	Límite líquido	Mecánico
Índice plástico (IP)	36	Espátula Casagrande	Plástica

NP: no plástico



Clasificación AASHTO (ASTM D3282)	
Grupo de clasificación	A-7-6
Índice de grupo	14

Clasificación SUCS (ASTM D2487)	
Símbolo de grupo	CH
Nombre de grupo	Arcilla de alta plasticidad con arena



Observaciones:

- El muestreo es responsabilidad del solicitante
- El peso de la muestra cumple con lo especificado en la norma
- - -

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO - PRÓCTOR MODIFICADO

ASTM D1557

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución:** 30/09/2019
Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

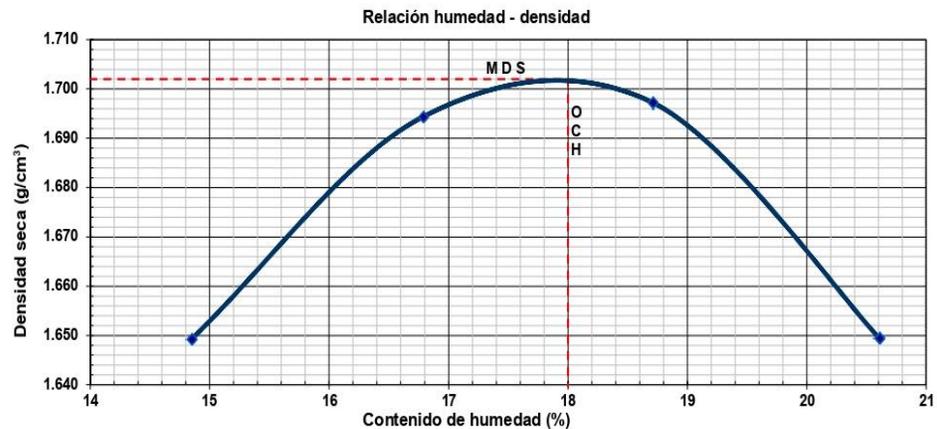
Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01 **Clasificación SUCS** : CH
Muestra : Suelo Natural **Clasificación AASHTO:** A-7-6 (14)
Prof. (m) : 1.50 **Método de Compactación** : A

Método de preparación : Húmedo **Retenidos 3/4"** : 0 %
Contenido de Humedad recibido : 28.3 % **3/8"** : 0 %
Descripción del pisón : Manual **Nro. 4 :** 0 %

Peso suelo compactado + molde	(g)	5825.00	5905.00	5939.00	5915.00
Peso molde	(g)	4036.00	4036.00	4036.00	4036.00
Peso suelo húmedo compactado	(g)	1789.00	1869.00	1903.00	1879.00
Volumen del molde	(cm ³)	944.50	944.50	944.50	944.50
Densidad húmeda	(g/cm ³)	1.89	1.98	2.01	1.99
Recipiente N°		A-12	A-16	RS	L-22
Peso muestra húmeda + tara	(g)	521.40	517.20	487.20	621.40
Peso muestra seca + tara	(g)	474.11	466.20	434.00	540.80
Peso de tara	(g)	155.60	162.40	149.70	149.70
Peso de agua	(g)	47.29	51.00	53.20	80.60
Peso de la muestra seca	(g)	318.51	303.80	284.30	391.10
Contenido de humedad	(%)	14.85	16.79	18.71	20.61
Densidad seca	(g/cm ³)	1.65	1.69	1.70	1.65

Máxima Densidad Seca	M.D.S.	1.702	g/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad	O.C.H.	18.00	%



Observaciones:

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el solicitante
-
-

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO - PRÓCTOR MODIFICADO

ASTM D1557

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución:** 30/09/2019
Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

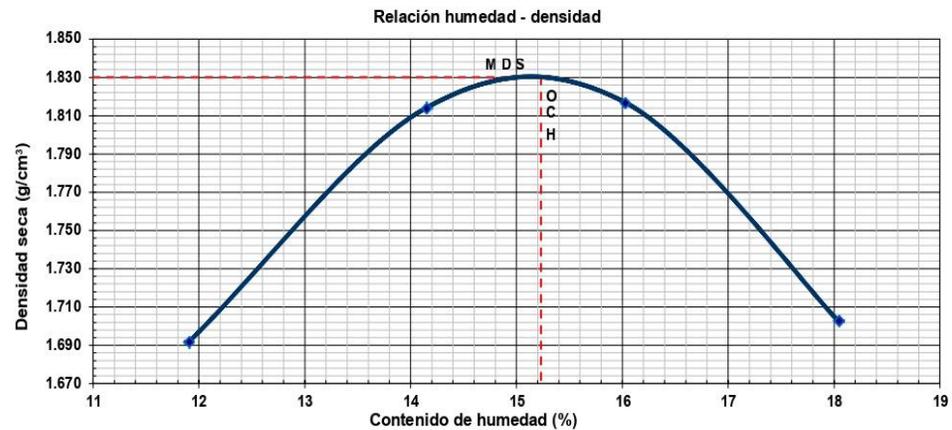
Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01 **Clasificación SUCS** : CH
Muestra : Mezcla 4 % **Clasificación AASHTO** : A-7-6 (14)
Prof. (m) : 1.50 **Método de Compactación** : A

Método de preparación : Húmedo **Retenidos 3/4"** : 0 %
Contenido de Humedad recibido : 28.3 % **3/8"** : 0 %
Descripción del pisón : Manual **Nro. 4** : 0 %

Peso suelo compactado + molde	(g)	5824.00	5992.00	6027.00	5934.00
Peso molde	(g)	4036.00	4036.00	4036.00	4036.00
Peso suelo húmedo compactado	(g)	1788.00	1956.00	1991.00	1898.00
Volumen del molde	(cm ³)	944.50	944.50	944.50	944.50
Densidad húmeda	(g/cm ³)	1.89	2.07	2.11	2.01
Recipiente N°		T-11	D-41	A-15	C-02
Peso muestra húmeda + tara	(g)	645.20	715.60	548.30	588.20
Peso muestra seca + tara	(g)	592.80	647.02	493.10	521.80
Peso de tara	(g)	152.60	162.40	148.70	153.80
Peso de agua	(g)	52.40	68.58	55.20	66.40
Peso de la muestra seca	(g)	440.20	484.62	344.40	368.00
Contenido de humedad	(%)	11.90	14.15	16.03	18.04
Densidad seca	(g/cm ³)	1.69	1.81	1.82	1.70

Máxima Densidad Seca	M.D.S.	1.830	g/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad	O.C.H.	15.23	%



Observaciones:

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el solicitante

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO - PRÓCTOR MODIFICADO

ASTM D1557

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución:** 07/10/2019
Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

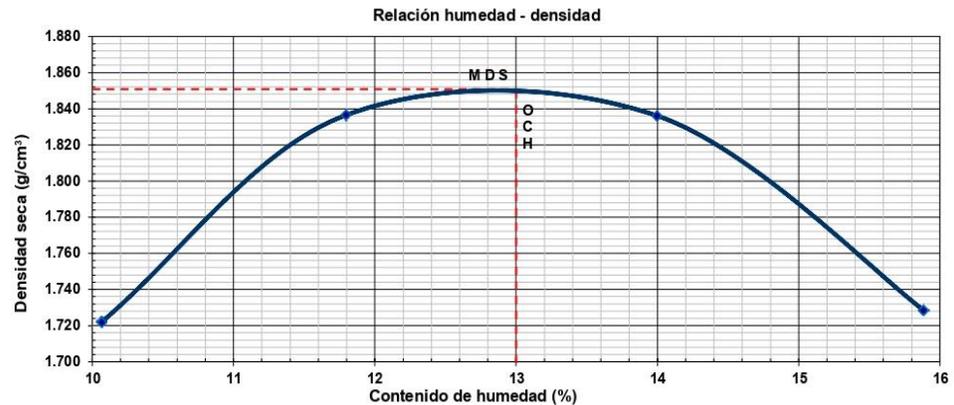
Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01 **Clasificación SUCS** : CH
Muestra : Mezcla 6 % **Clasificación AASHTO** : A-7-6 (14)
Prof. (m) : 1.50 **Método de Compactación** : A

Método de preparación : Húmedo **Retenidos 3/4"** : 0 %
Contenido de Humedad recibido : 28.3 % **3/8"** : 0 %
Descripción del pisón : Manual **Nro. 4** : 0 %

Peso suelo compactado + molde	(g)	5826.00	5975.00	6013.00	5928.00
Peso molde	(g)	4036.00	4036.00	4036.00	4036.00
Peso suelo húmedo compactado	(g)	1790.00	1939.00	1977.00	1892.00
Volumen del molde	(cm ³)	944.50	944.50	944.50	944.50
Densidad húmeda	(g/cm ³)	1.90	2.05	2.09	2.00
Recipiente N°		Z-41	C-02	RN	XR
Peso muestra húmeda + tara	(g)	687.20	599.40	628.20	585.70
Peso muestra seca + tara	(g)	638.65	551.55	570.05	528.20
Peso de tara	(g)	156.30	145.80	154.60	166.20
Peso de agua	(g)	48.55	47.85	58.15	57.50
Peso de la muestra seca	(g)	482.35	405.75	415.45	362.00
Contenido de humedad	(%)	10.07	11.79	14.00	15.88
Densidad seca	(g/cm ³)	1.72	1.84	1.84	1.73

Máxima Densidad Seca	M.D.S.	1.851	g/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad	O.C.H.	13.00	%



Observaciones:

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el solicitante

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO - PRÓCTOR MODIFICADO

ASTM D1557

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución:** 07/10/2019
Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

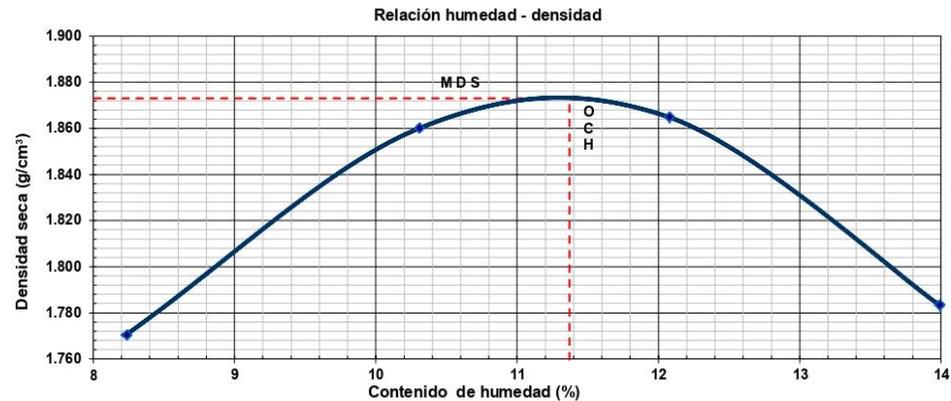
Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01 **Clasificación SUCS** : CH
Muestra : Mezcla 10 % **Clasificación AASHTO** : A-7-6 (14)
Prof. (m) : 1.50 **Método de Compactación** : A

Método de preparación : Húmedo **Retenidos 3/4"** : 0 %
Contenido de Humedad recibido : 28.3 % **3/8"** : 0 %
Descripción del pisón : Manual **Nro. 4** : 0 %

Peso suelo compactado + molde	(g)	5846.00	5974.00	6010.00	5956.00
Peso molde	(g)	4036.00	4036.00	4036.00	4036.00
Peso suelo húmedo compactado	(g)	1810.00	1938.00	1974.00	1920.00
Volumen del molde	(cm ³)	944.50	944.50	944.50	944.50
Densidad húmeda	(g/cm ³)	1.92	2.05	2.09	2.03
Recipiente N°		Z-12	A-01	D-21	F-11
Peso muestra húmeda + tara	(g)	565.40	624.50	648.50	588.20
Peso muestra seca + tara	(g)	533.40	580.40	596.00	535.00
Peso de tara	(g)	144.80	152.70	161.20	154.70
Peso de agua	(g)	32.00	44.10	52.50	53.20
Peso de la muestra seca	(g)	388.60	427.70	434.80	380.30
Contenido de humedad	(%)	8.23	10.31	12.07	13.99
Densidad seca	(g/cm ³)	1.77	1.86	1.86	1.78

Máxima Densidad Seca	M.D.S.	1.873	g/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad	O.C.H.	11.37	%



Observaciones:

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el solicitante

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

ASTM D1883

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución:** 30/09/2019
Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01 **Clasificación SUCS** : CH
Muestra : Suelo Natural **Clasificación AASHTO:** A-7-6 (14)
Prof. (m) : 1.50 **Método de Compactación** : A
Compactación : Próctor modificado ASTM D1557 **Sobrepeso** : 4.54 kg

COMPACTACIÓN											
Molde Nº	C-33			C-34			C-22				
Capas Nº	5			5			5				
Golpes por capa Nº	56			25			10				
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO			
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11836.7	11899.5		11752.2	11846.6		12230.4	12353.6			
Peso de molde (g)	7572.0	7572.0		7658.0	7658.0		8355.7	8355.7			
Peso del suelo húmedo (g)	4264.7	4327.5		4094.2	4188.6		3874.7	3997.9			
Volumen del molde (cm ³)	2116.0	2132.9		2120.0	2158.2		2130.0	2192.2			
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.0	2.0		1.9	2.0		1.8	1.9			
Tara (Nº)	A-79	A-88		A-181	A-231		A-60	A-58			
Peso suelo húmedo + tara (g)	974.5	985.5		828.7	945.4		997.4	965.4			
Peso suelo seco + tara (g)	851.2	850.0		726.2	811.2		877.3	825.0			
Peso de tara (g)	167.1	185.4		156.3	184.5		210.6	195.4			
Peso de agua (g)	123.3	135.5		102.5	134.2		120.1	140.4			
Peso de suelo seco (g)	684.1	664.6		569.9	626.7		666.7	629.6			
Contenido de humedad (%)	18.0	20.4		18.0	21.4		18.0	22.3			
Densidad seca (g/cm ³)	1.708	1.685		1.637	1.599		1.541	1.491			
EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
23/09/2019	08:20	0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0
24/09/2019	08:20	24	8.000	0.2	0.2	19.000	0.5	0.4	33.000	0.8	0.7
25/09/2019	08:20	48	20.000	0.5	0.4	41.000	1.0	0.8	67.000	1.7	1.3
26/09/2019	08:20	72	33.000	0.8	0.7	62.000	1.6	1.2	103.000	2.6	2.1
27/09/2019	08:20	96	40.000	1.0	0.8	90.000	2.3	1.8	146.000	3.7	2.9
PENETRACIÓN											
Penetración	Carga estándar	Molde nro. C-33			Molde nro. C-34			Molde nro. C-22			
		Carga	Corrección		Carga	Corrección		Carga	Corrección		
(mm)	psi	psi	psi	CBR (%)	psi	psi	CBR (%)	psi	psi	CBR (%)	
0.000		0.0			0.0			0.0			
0.635		29.3			29.3			21.9			
1.270		36.6			35.1			30.7			
1.905		43.2			39.5			36.6			
2.540	1000.0	49.8	50.4	5.03779	43.2	43.6	4.3575	40.2	37.9	3.79035	
3.180		56.3			46.5			41.7			
3.810		62.2			49.8			43.2			
4.450		67.3			53.8			46.5			
5.080	1500.0	71.7	73.3	4.8885	60.7	59.9	3.99113	49.8	53.0	3.53034	
7.620		84.9			68.0			62.2			
10.160		91.5			73.9			68.8			
12.700		94.4			82.7			75.4			

Observaciones:

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el solicitante

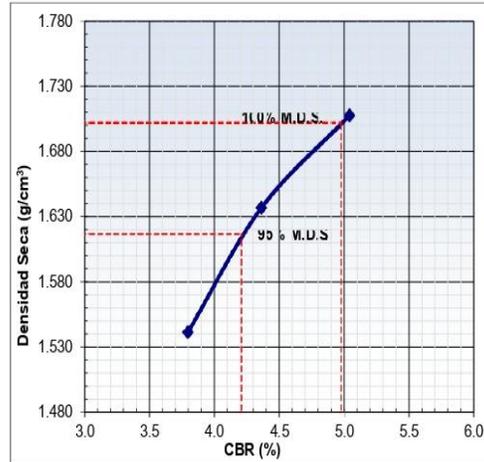
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

ASTM D1883

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución** : 30/09/2019
Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01 **Clasificación SUCS** : CH
Muestra : Suelo Natural **Clasificación AASHTO**: A-7-6 (14)
Prof. (m) : 1.50 **Método de Compactación** : A
Compactación : Próctor modificado ASTM D1557 **Sobrepeso** : 4.54 kg

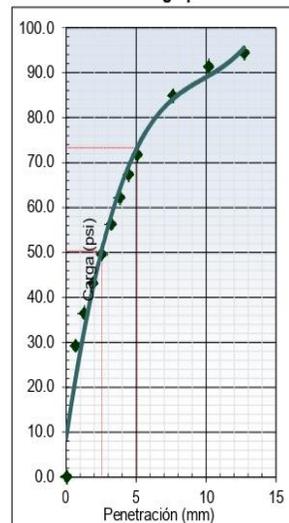


Máxima Densidad Seca (g/cm³) : 1.702
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 18
95% máxima densidad seca (g/cm³) : 1.617

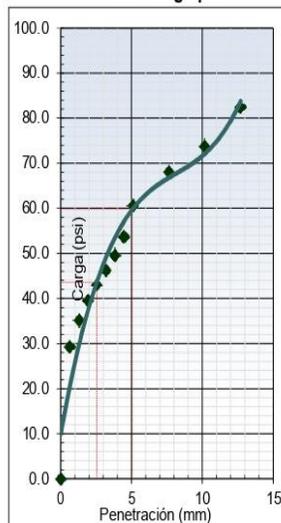
RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 5.0
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 4.2

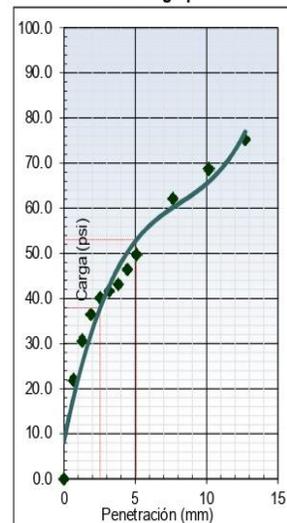
EC = 56 golpes



EC = 25 golpes



EC = 10 golpes



Observaciones:

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el solicitante

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

ASTM D1883

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución** : 30/09/2019
Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01 **Clasificación SUCS** : CH
Muestra : Mezcla 4 % **Clasificación AASHTO**: A-7-6 (14)
Prof. (m) : 1.50 **Método de Compactación** : A
Compactación : Próctor modificado ASTM D1557 **Sobrepeso** : 4.54 kg

COMPACTACIÓN											
Molde Nº	C-1		C-3		C-5						
Capas Nº	5		5		5						
Golpes por capa Nº	56		25		10						
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO					
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11906.7	11966.0	11892.2	11989.9	12355.4	12476.8					
Peso de molde (g)	7452.0	7452.0	7586.0	7586.0	8282.0	8282.0					
Peso del suelo húmedo (g)	4454.7	4514.0	4306.2	4403.9	4073.4	4194.8					
Volumen del molde (cm ³)	2113.0	2126.9	2118.0	2152.3	2120.0	2174.3					
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.1	2.1	2.0	2.1	1.9	2.0					
Tara (Nº)	A-1	A-54	A-84	A-77	A-33	A-48					
Peso suelo húmedo + tara (g)	972.2	982.1	825.6	943.5	995.7	962.5					
Peso suelo seco + tara (g)	866.0	866.0	737.8	825.5	891.8	837.7					
Peso de tara (g)	168.8	183.5	158.7	183.5	208.4	193.4					
Peso de agua (g)	106.2	116.1	87.8	118.0	103.9	124.8					
Peso de suelo seco (g)	697.2	682.5	579.1	642.0	683.4	644.3					
Contenido de humedad (%)	15.2	17.0	15.2	18.4	15.2	19.4					
Densidad seca (g/cm ³)	1.830	1.814	1.765	1.728	1.668	1.616					
EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
23/09/2019	09:20	0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0
24/09/2019	09:20	24	5.000	0.1	0.1	16.000	0.4	0.3	28.000	0.7	0.6
25/09/2019	09:20	48	15.000	0.4	0.3	35.000	0.9	0.7	58.000	1.5	1.2
26/09/2019	09:20	72	21.000	0.5	0.4	69.000	1.8	1.4	92.000	2.3	1.8
27/09/2019	09:20	96	33.000	0.8	0.7	81.000	2.1	1.6	128.000	3.3	2.6
PENETRACIÓN											
Penetración (mm)	Carga estándar psi	Molde nro. C-1			Molde nro. C-3			Molde nro. C-5			
		Carga psi	Corrección psi	CBR (%)	Carga psi	Corrección psi	CBR (%)	Carga psi	Corrección psi	CBR (%)	
0.000		0.0			0.0			0.0			
0.635		40.2			36.6			32.9			
1.270		46.8			40.2			36.6			
1.905		56.3			43.2			40.2			
2.540	1000.0	65.8	61.2	6.11716	54.1	52.1	5.21315	43.2	43.3	4.33143	
3.180		68.0			57.4			46.5			
3.810		69.5			60.7			49.8			
4.450		73.9			63.7			53.0			
5.080	1500.0	78.3	83.3	5.55139	66.6	69.2	4.61447	56.3	59.2	3.94599	
7.620		94.4			75.4			68.8			
10.160		103.9			81.2			75.4			
12.700		113.4			91.5			81.2			

Observaciones:

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el solicitante

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

ASTM D1883

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución** : 30/09/2019

Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01

Clasificación SUCS : CH

Muestra : Mezcla 4 %

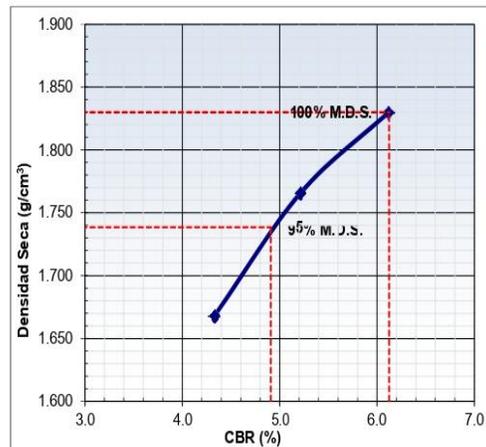
Clasificación AASHTO : A-7-6 (14)

Prof. (m) : 1.50

Método de Compactación : A

Compactación : Próctor modificado ASTM D1557

Sobrepeso : 4.54 kg

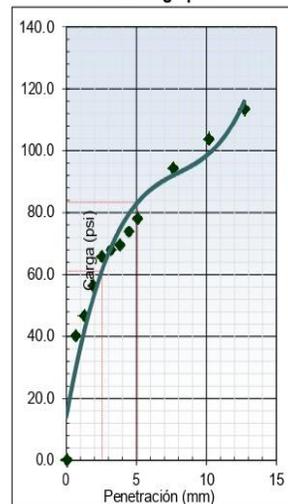


Máxima Densidad Seca (g/cm³) : 1.830
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 15.23
95% máxima densidad seca (g/cm³) : 1.739

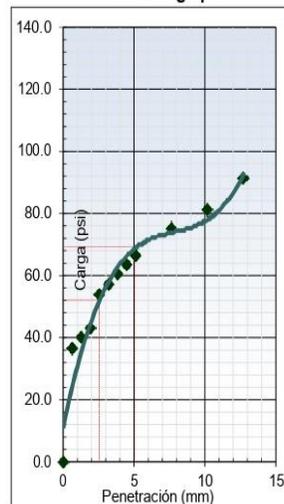
RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 6.1
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 4.9

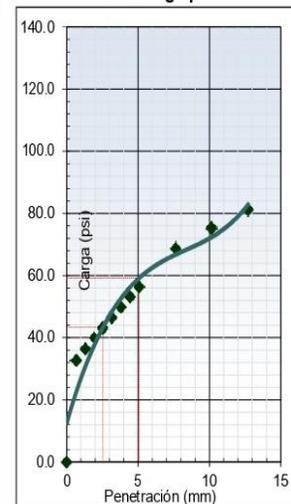
EC = 56 golpes



EC = 25 golpes



EC = 10 golpes



Observaciones:

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el solicitante

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

ASTM D1883

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución** : 07/10/2019
Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01 **Clasificación SUCS** : CH
Muestra : Mezcla 6 % **Clasificación AASHTO** : A-7-6 (14)
Prof. (m) : 1.50 **Método de Compactación** : A
Compactación : Próctor modificado ASTM D1557 **Sobrepeso** : 4.54 kg

COMPACTACIÓN											
Molde Nº	C-5			C-7			C-9				
Capas Nº	5			5			5				
Golpes por capa Nº	56			25			10				
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO			
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11845.7	11911.0	11802.2	11909.6	12260.0	12385.8					
Peso de molde (g)	7433.0	7433.0	7522.0	7522.0	8181.0	8181.0					
Peso del suelo húmedo (g)	4412.7	4478.0	4280.2	4387.6	4079.0	4204.8					
Volumen del molde (cm ³)	2110.0	2120.6	2115.0	2142.9	2118.0	2166.7					
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.1	2.1	2.0	2.1	1.9	2.0					
Tara (Nº)	B-15	B-74	B-45	B-56	B-102	B-36					
Peso suelo húmedo + tara (g)	970.0	980.0	822.0	942.0	993.0	960.0					
Peso suelo seco + tara (g)	877.5	875.0	745.4	835.9	902.4	846.6					
Peso de tara (g)	165.8	180.8	157.9	181.4	205.6	192.1					
Peso de agua (g)	92.5	105.0	76.6	106.1	90.6	113.4					
Peso de suelo seco (g)	711.7	694.2	587.5	654.5	696.8	654.5					
Contenido de humedad (%)	13.0	15.1	13.0	16.2	13.0	17.3					
Densidad seca (g/cm ³)	1.851	1.834	1.790	1.762	1.704	1.654					
EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
23/09/2019	10:15	0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0
24/09/2019	10:15	24	6.000	0.2	0.1	14.000	0.4	0.3	25.000	0.6	0.5
25/09/2019	10:15	48	15.000	0.4	0.3	30.000	0.8	0.6	50.000	1.3	1.0
26/09/2019	10:15	72	20.000	0.5	0.4	45.000	1.1	0.9	76.000	1.9	1.5
27/09/2019	10:15	96	25.000	0.6	0.5	66.000	1.7	1.3	115.000	2.9	2.3
PENETRACIÓN											
Penetración (mm)	Carga estándar psi	Molde nro. C-5			Molde nro. C-7			Molde nro. C-9			
		Carga psi	Corrección psi	CBR (%)	Carga psi	Corrección psi	CBR (%)	Carga psi	Corrección psi	CBR (%)	
0.000		0.0			0.0			0.0			
0.635		46.8			40.2			36.6			
1.270		52.7			46.8			40.2			
1.905		62.2			56.3			46.8			
2.540	1000.0	75.4	70.9	7.08772	65.1	63.0	6.30369	56.3	54.9	5.49229	
3.180		80.1			69.9			61.1			
3.810		84.9			74.6			65.8			
4.450		91.1			79.4			70.6			
5.080	1500.0	97.3	103.8	6.92058	84.1	88.3	5.88842	75.4	77.9	5.19319	
7.620		129.5			103.9			91.5			
10.160		141.9			113.4			101.0			
12.700		158.0			129.5			113.4			

Observaciones:

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el solicitante

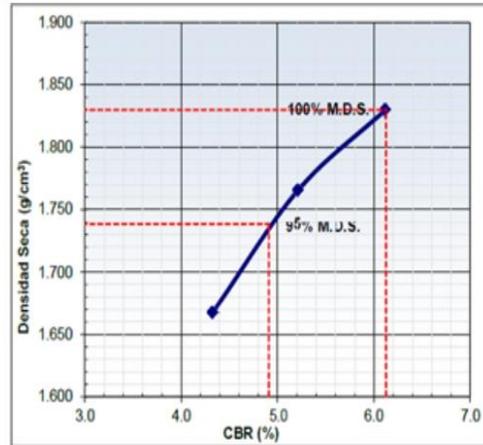
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

ASTM D1883

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución** : 07/10/2019
Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01 **Clasificación SUCS** : CH
Muestra : Mezcla 6 % **Clasificación AASHTO** : A-7-6 (14)
Prof. (m) : 1.50 **Método de Compactación** : A
Compactación : Próctor modificado ASTM D1557 **Sobrepeso** : 4.54 kg

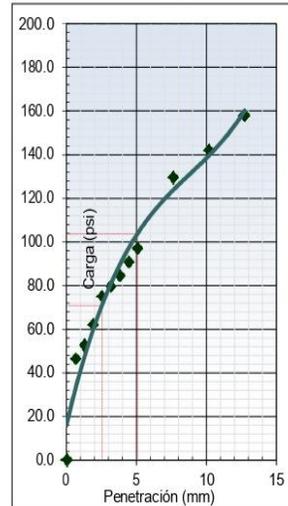


Máxima Densidad Seca (g/cm³) : 1.851
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 13
 95% máxima densidad seca (g/cm³) : 1.758

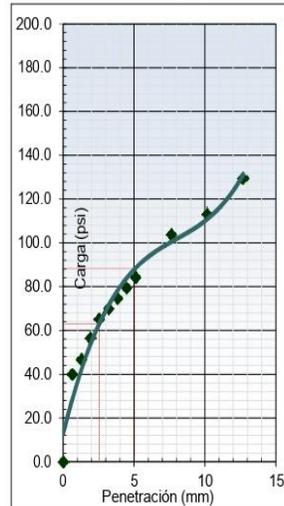
RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 7.1
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 6.0

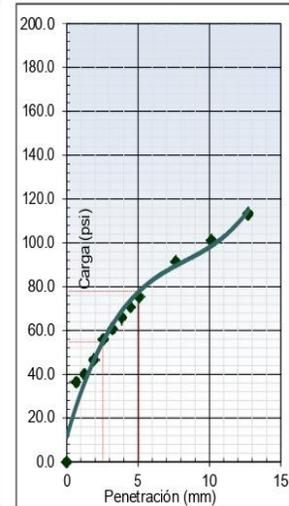
EC = 56 golpes



EC = 25 golpes



EC = 10 golpes



Observaciones:

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el solicitante

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

ASTM D1883

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución** : 07/10/2019
Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01 **Clasificación SUCS** : CH
Muestra : Mezcla 10 % **Clasificación AASHTO** : A-7-6 (14)
Prof. (m) : 1.50 **Método de Compactación** : A
Compactación : Próctor modificado ASTM D1557 **Sobrepeso** : 4.54 kg

COMPACTACIÓN											
Molde Nº	C-10			C-15			C-18				
Capas Nº	5			5			5				
Golpes por capa Nº	56			25			10				
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO			
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11677.7	11739.5		11622.2	11715.5		12068.5	12198.6			
Peso de molde (g)	7272.0	7272.0		7373.0	7373.0		8008.0	8008.0			
Peso del suelo húmedo (g)	4405.7	4467.5		4249.2	4342.5		4060.5	4190.6			
Volumen del molde (cm ³)	2112.0	2119.2		2111.0	2132.5		2115.0	2159.8			
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.1	2.1		2.0	2.1		1.9	2.0			
Tara (Nº)	C-4	C-15		C-84	C-57		C-69	C-85			
Peso suelo húmedo + tara (g)	968.8	978.0		820.0	940.4		990.5	958.8			
Peso suelo seco + tara (g)	886.6	882.8		751.8	842.2		910.0	854.4			
Peso de tara (g)	163.5	178.9		155.8	180.4		203.5	191.9			
Peso de agua (g)	82.2	95.2		68.2	98.2		80.5	104.4			
Peso de suelo seco (g)	723.1	703.9		596.0	661.8		706.5	662.5			
Contenido de humedad (%)	11.4	13.5		11.4	14.8		11.4	15.8			
Densidad seca (g/cm ³)	1.873	1.857		1.806	1.773		1.723	1.676			
EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
23/09/2019	11:10	0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0
24/09/2019	11:10	24	3.000	0.1	0.1	10.000	0.3	0.2	18.000	0.5	0.4
25/09/2019	11:10	48	8.000	0.2	0.2	22.000	0.6	0.4	40.000	1.0	0.8
26/09/2019	11:10	72	12.000	0.3	0.2	38.000	1.0	0.8	70.000	1.8	1.4
27/09/2019	11:10	96	17.000	0.4	0.3	51.000	1.3	1.0	106.000	2.7	2.1
PENETRACIÓN											
Penetración (mm)	Carga estándar psi	Molde nro. C-10			Molde nro. C-15			Molde nro. C-18			
		Carga psi	Corrección psi	CBR (%)	Carga psi	Corrección psi	CBR (%)	Carga psi	Corrección psi	CBR (%)	
0.000		0.0			0.0			0.0			
0.635		49.8			46.8			40.2			
1.270		62.2			52.7			46.8			
1.905		71.7			59.3			52.7			
2.540	1000.0	84.9	83.8	8.37696	70.2	68.3	6.8287	59.3	57.2	5.72285	
3.180		94.4			75.0			62.6			
3.810		103.9			79.7			65.8			
4.450		110.1			84.5			70.6			
5.080	1500.0	116.3	122.0	8.13417	89.3	92.7	6.17956	75.4	79.6	5.30838	
7.620		145.6			103.9			94.4			
10.160		164.6			116.3			106.8			
12.700		183.6			132.4			120.0			

Observaciones:

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el solicitante

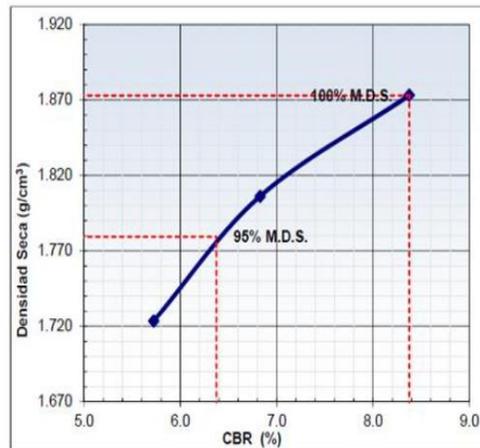
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

ASTM D1883

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución** : 07/10/2019
Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01 **Clasificación SUCS** : CH
Muestra : Mezcla 10 % **Clasificación AASHTO** : A-7-6 (14)
Prof. (m) : 1.50 **Método de Compactación** : A
Compactación : Próctor modificado ASTM D1557 **Sobrepeso** : 4.54 kg

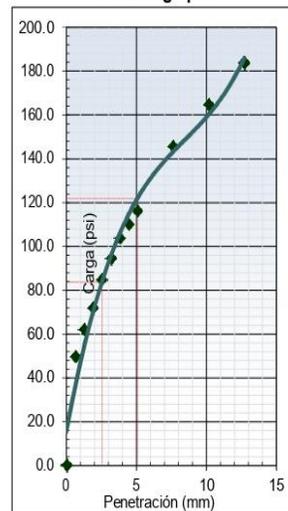


Máxima Densidad Seca (g/cm³) : 1.873
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 11.37
95% máxima densidad seca (g/cm³) : 1.779

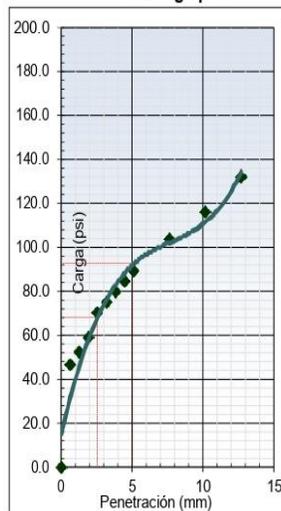
RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 8.4
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 6.4

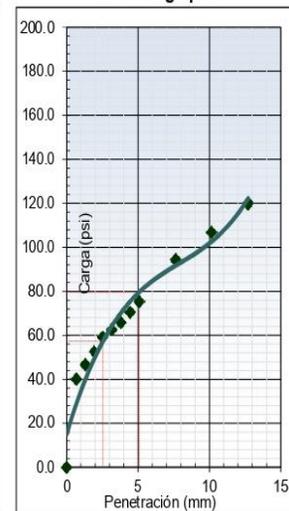
EC = 56 golpes



EC = 25 golpes



EC = 10 golpes



Observaciones:

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el solicitante

COMPRESIÓN NO CONFINADA EN SUELOS COHESIVOS

ASTM D2166

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución** : 04/11/2019

Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01 **Clasificación S.U.C.S.** : CH

Muestra : Suelo natural **Estado** : Remoldeado

Prof. (m) : 1.50

Límites de Consistencia (ASTM D4318)

LL: 60 LP: 24 IP: 36

Espécimen 1	Condiciones iniciales
Altura	173.0 mm
Diámetro	75.1 mm
Humedad	18 %
Densidad húmeda	18.7 kN/m ³
Densidad seca	15.9 kN/m ³

Espécimen 2	Condiciones iniciales
Altura	173.0 mm
Diámetro	75.0 mm
Humedad	18 %
Densidad húmeda	18.7 kN/m ³
Densidad seca	15.9 kN/m ³

Deformación		Fuerza	Área corregida	Esfuerzo
mm	%	kN	mm ²	kPa
0.00	0.00	0.00	4424.2	0
0.21	0.12	0.07	4429.4	16
0.41	0.24	0.12	4434.7	28
0.62	0.36	0.16	4440.0	35
0.82	0.48	0.21	4445.3	48
1.03	0.60	0.25	4450.7	55
1.24	0.72	0.27	4456.0	60
1.44	0.83	0.28	4461.4	62
1.65	0.95	0.27	4466.7	61
1.86	1.07	0.25	4472.1	57
2.06	1.19	0.23	4477.5	52
2.27	1.31	0.22	4482.9	48
2.47	1.43	0.19	4488.4	42
2.68	1.55	0.18	4493.8	39
2.89	1.67	0.15	4499.2	34
3.09	1.79	0.14	4504.7	30
3.30	1.91	0.11	4510.2	24
3.51	2.03	0.10	4515.7	21

Deformación		Fuerza	Área corregida	Esfuerzo
mm	%	kN	mm ²	kPa
0.00	0.00	0.00	4418.3	0
0.21	0.12	0.07	4423.5	17
0.41	0.24	0.11	4428.8	24
0.62	0.36	0.16	4434.1	36
0.82	0.48	0.20	4439.4	45
1.03	0.60	0.22	4444.7	50
1.24	0.72	0.25	4450.1	56
1.44	0.83	0.27	4455.4	61
1.65	0.95	0.28	4460.8	62
1.86	1.07	0.28	4466.2	63
2.06	1.19	0.29	4471.6	66
2.27	1.31	0.29	4477.0	64
2.47	1.43	0.28	4482.4	62
2.68	1.55	0.26	4487.8	59
2.89	1.67	0.25	4493.2	55
3.09	1.79	0.23	4498.7	51
3.30	1.91	0.21	4504.2	47
3.51	2.03	0.19	4509.6	41
3.71	2.15	0.17	4515.1	38
3.92	2.26	0.15	4520.6	34

Observaciones:

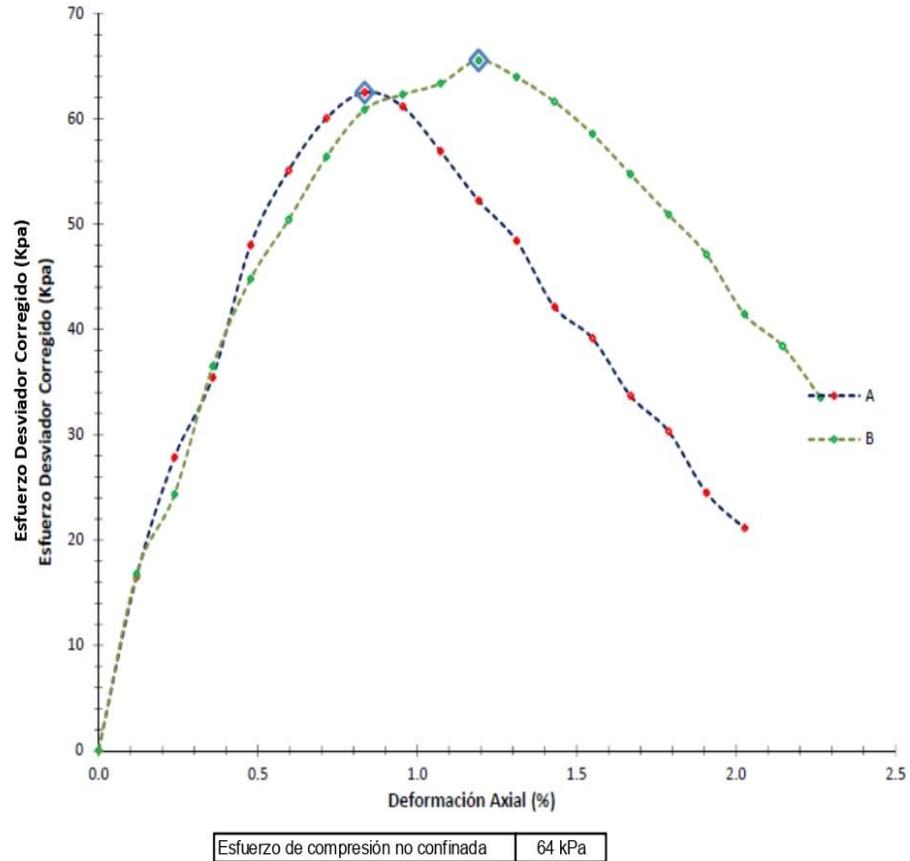
- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el Solicitante

COMPRESIÓN NO CONFINADA EN SUELOS COHESIVOS

ASTM D2166

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución** : 04/11/2019
Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza
Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01 **Clasificación S.U.C.S.** : CH
Muestra : Suelo natural **Nombre** : Arena arcillosa
Prof. (m) : 1.50



Observaciones:

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el Solicitante

COMPRESIÓN NO CONFINADA EN SUELOS COHESIVOS

ASTM D2166

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución** : 04/11/2019
Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01 **Clasificación S.U.C.S.** : CH
Muestra : Suelo natural **Estado** : Remoldeado
Prof. (m) : 1.50

PANEL FOTOGRÁFICO

ESPÉCIMEN "1"



ESPÉCIMEN "2"



Observaciones :

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el Solicitante

COMPRESIÓN NO CONFINADA EN SUELOS COHESIVOS

ASTM D2166

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución** : 05/11/2019

Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01 **Clasificación S.U.C.S.** : CH
Muestra : Mezcla 4 % **Estado** : Remoldeado
Prof. (m) : 1.50

Límites de Consistencia (ASTM D4318)		
LL: 60	LP: 24	IP: 36

Espécimen 1	Condiciones iniciales
Altura	173.0 mm
Diámetro	75.1 mm
Humedad	15.2 %
Densidad húmeda	19.6 kN/m ³
Densidad seca	17.1 kN/m ³

Espécimen 2	Condiciones iniciales
Altura	173.0 mm
Diámetro	75.1 mm
Humedad	15.2 %
Densidad húmeda	19.6 kN/m ³
Densidad seca	17.1 kN/m ³

Deformación		Fuerza	Área corregida	Esfuerzo
mm	%	kN	mm ²	kPa
0.00	0.00	0.00	4430.8	0
0.21	0.12	0.03	4436.1	6
0.41	0.24	0.05	4441.4	12
0.62	0.36	0.08	4446.7	18
0.82	0.48	0.11	4452.1	25
1.03	0.60	0.13	4457.4	30
1.24	0.72	0.17	4462.8	38
1.44	0.83	0.21	4468.1	47
1.65	0.95	0.25	4473.5	56
1.86	1.07	0.29	4478.9	64
2.06	1.19	0.33	4484.3	73
2.27	1.31	0.37	4489.7	81
2.47	1.43	0.40	4495.1	89
2.68	1.55	0.43	4500.6	96
2.89	1.67	0.45	4506.0	101
3.09	1.79	0.45	4511.5	100
3.30	1.91	0.43	4517.0	96
3.51	2.03	0.41	4522.5	92
3.71	2.15	0.39	4528.0	87
3.92	2.26	0.38	4533.5	83

Deformación		Fuerza	Área corregida	Esfuerzo
mm	%	kN	mm ²	kPa
0.00	0.00	0.00	4425.3	0
0.21	0.12	0.04	4430.6	9
0.41	0.24	0.08	4435.9	17
0.62	0.36	0.12	4441.2	27
0.82	0.48	0.18	4446.5	39
1.03	0.60	0.24	4451.9	53
1.24	0.72	0.29	4457.2	64
1.44	0.83	0.34	4462.6	76
1.65	0.95	0.38	4467.9	85
1.86	1.07	0.42	4473.3	93
2.06	1.19	0.45	4478.7	101
2.27	1.31	0.47	4484.1	105
2.47	1.43	0.48	4489.5	106
2.68	1.55	0.48	4495.0	106
2.89	1.67	0.45	4500.4	100
3.09	1.79	0.41	4505.9	91
3.30	1.91	0.39	4511.4	86
3.51	2.03	0.33	4516.8	73
3.71	2.15	0.29	4522.3	63
3.92	2.26	0.25	4527.9	55

Observaciones :

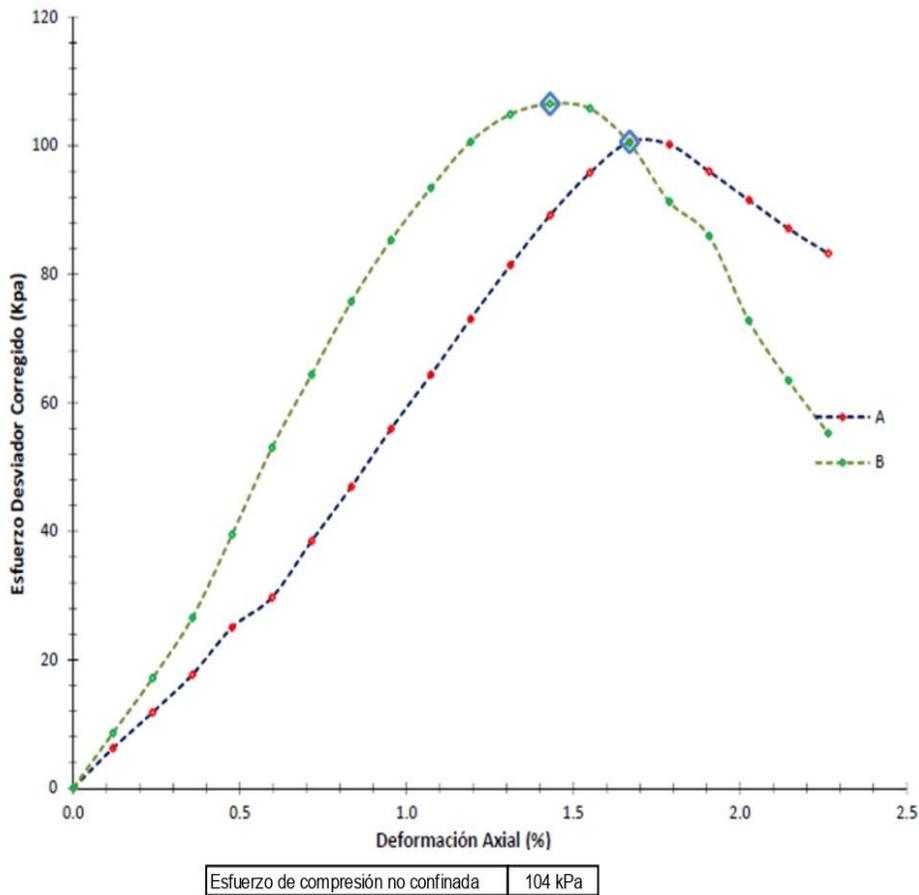
- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el Solicitante

COMPRESIÓN NO CONFINADA EN SUELOS COHESIVOS

ASTM D2166

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución** : 05/11/2019
Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza
Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - PuentePiedra

Sondeo : 01 **Clasificación S.U.C.S.** : CH
Muestra : Mezcla 4 % **Nombre** : Arena arcillosa
Prof. (m) : 1.50



Observaciones:

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el Solicitante
- ---

COMPRESIÓN NO CONFINADA EN SUELOS COHESIVOS

ASTM D2166

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución** : 05/11/2019

Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01

Clasificación S.U.C.S. : CH

Muestra : Mezcla 4 %

Estado : Remoldeado

Prof. (m) : 1.50

PANEL FOTOGRÁFICO

ESPÉCIMEN "1"



ESPÉCIMEN "2"



Observaciones :

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el Solicitante

COMPRESIÓN NO CONFINADA EN SUELOS COHESIVOS

ASTM D2166

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución** : 06/11/2019
Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza
Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01 **Clasificación S.U.C.S.** : CH
Muestra : Mezcla 6 % **Estado** : Remoldeado
Prof. (m) : 1.50

Límites de Consistencia (ASTM D4318)		
LL: 60	LP: 24	IP: 36

Espécimen 1	Condiciones iniciales
Altura	173.0 mm
Diámetro	75.1 mm
Humedad	13 %
Densidad húmeda	19.5 kN/m ³
Densidad seca	17.3 kN/m ³

Espécimen 2	Condiciones iniciales
Altura	173.0 mm
Diámetro	75.1 mm
Humedad	13 %
Densidad húmeda	19.5 kN/m ³
Densidad seca	17.3 kN/m ³

Deformación		Fuerza kN	Área corregida mm ²	Esfuerzo kPa
mm	%			
0.00	0.00	0.00	4430.8	0
0.21	0.12	0.06	4436.1	14
0.41	0.24	0.11	4441.4	25
0.62	0.36	0.17	4446.7	38
0.82	0.48	0.22	4452.1	49
1.03	0.60	0.28	4457.4	64
1.24	0.72	0.35	4462.8	79
1.44	0.83	0.41	4468.1	91
1.65	0.95	0.46	4473.5	103
1.86	1.07	0.50	4478.9	113
2.06	1.19	0.54	4484.3	120
2.27	1.31	0.55	4489.7	123
2.47	1.43	0.54	4495.1	120
2.68	1.55	0.51	4500.6	112
2.89	1.67	0.46	4506.0	103
3.09	1.79	0.42	4511.5	93
3.30	1.91	0.38	4517.0	84
3.51	2.03	0.33	4522.5	73
3.71	2.15	0.29	4528.0	64
3.92	2.26	0.25	4533.5	54

Deformación		Fuerza kN	Área corregida mm ²	Esfuerzo kPa
mm	%			
0.00	0.00	0.00	4425.3	0
0.21	0.12	0.07	4430.6	16
0.41	0.24	0.15	4435.9	34
0.62	0.36	0.22	4441.2	50
0.82	0.48	0.29	4446.5	66
1.03	0.60	0.36	4451.9	82
1.24	0.72	0.43	4457.2	97
1.44	0.83	0.49	4462.6	109
1.65	0.95	0.52	4467.9	115
1.86	1.07	0.49	4473.3	110
2.06	1.19	0.44	4478.7	99
2.27	1.31	0.38	4484.1	84
2.47	1.43	0.27	4489.5	61
2.68	1.55	0.11	4495.0	25

Observaciones:

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el Solicitante

COMPRESIÓN NO CONFINADA EN SUELOS COHESIVOS

ASTM D2166

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución** : 06/11/2019

Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - PuentePiedra

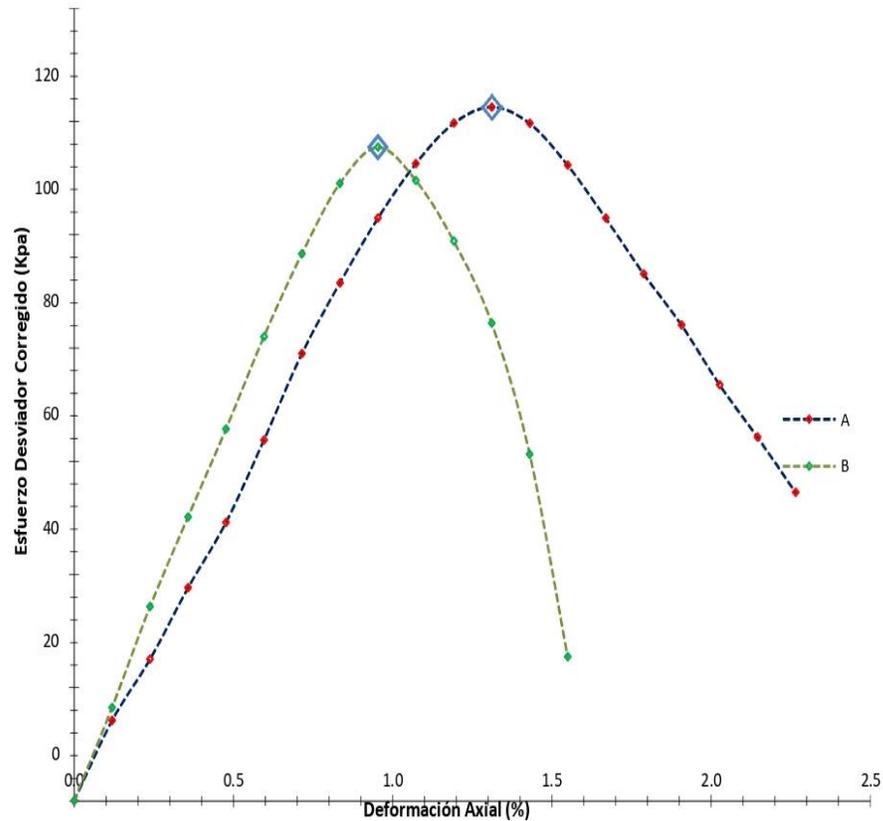
Sondeo : 01

Clasificación S.U.C.S. : CH

Muestra : Mezcla 6 %

Nombre : Arena arcillosa

Prof. (m) : 1.50



Esfuerzo de compresión no confinada | 119 kPa

Observaciones:

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el Solicitante

COMPRESIÓN NO CONFINADA EN SUELOS COHESIVOS

ASTM D2166

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución** : 06/11/2019
Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01 **Clasificación S.U.C.S.** : CH
Muestra : Mezcla 6 % **Estado** : Remoldeado
Prof. (m) : 1.50

PANEL FOTOGRÁFICO

ESPÉCIMEN "1"



ESPÉCIMEN "2"



Observaciones:

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el Solicitante

COMPRESIÓN NO CONFINADA EN SUELOS COHESIVOS

ASTM D2166

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución** : 07/11/2019

Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01 **Clasificación S.U.C.S.** : CH

Muestra : Mezcla 10 % **Estado** : Remoldeado

Prof. (m) : 1.50

Límites de Consistencia (ASTM D4318)		
LL: 60	LP: 24	IP: 36

Espécimen 1	Condiciones iniciales
Altura	173.0 mm
Diámetro	75.0 mm
Humedad	11.3 %
Densidad húmeda	19.4 kN/m ³
Densidad seca	17.5 kN/m ³

Espécimen 2	Condiciones iniciales
Altura	173.0 mm
Diámetro	75.1 mm
Humedad	11.3 %
Densidad húmeda	19.4 kN/m ³
Densidad seca	17.5 kN/m ³

Deformación		Fuerza	Área corregida	Esfuerzo
mm	%	kN	mm ²	kPa
0.00	0.00	0.00	4418.3	0
0.21	0.12	0.08	4423.5	19
0.41	0.24	0.15	4428.8	34
0.62	0.36	0.24	4434.1	54
0.82	0.48	0.32	4439.4	72
1.03	0.60	0.39	4444.7	87
1.24	0.72	0.44	4450.1	100
1.44	0.83	0.48	4455.4	107
1.65	0.95	0.49	4460.8	109
1.86	1.07	0.47	4466.2	106
2.06	1.19	0.44	4471.6	99
2.27	1.31	0.41	4477.0	91
2.47	1.43	0.36	4482.4	80
2.68	1.55	0.31	4487.8	70
2.89	1.67	0.28	4493.2	61
3.09	1.79	0.25	4498.7	55
3.30	1.91	0.22	4504.2	50

Deformación		Fuerza	Área corregida	Esfuerzo
mm	%	kN	mm ²	kPa
0.00	0.00	0.00	4424.2	0
0.21	0.12	0.08	4429.4	17
0.41	0.24	0.15	4434.7	33
0.62	0.36	0.22	4440.0	50
0.82	0.48	0.30	4445.3	66
1.03	0.60	0.36	4450.7	81
1.24	0.72	0.42	4456.0	94
1.44	0.83	0.46	4461.4	104
1.65	0.95	0.48	4466.7	108
1.86	1.07	0.49	4472.1	109
2.06	1.19	0.46	4477.5	102
2.27	1.31	0.41	4482.9	91
2.47	1.43	0.32	4488.4	72
2.68	1.55	0.27	4493.8	60

Observaciones :

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el Solicitante

COMPRESIÓN NO CONFINADA EN SUELOS COHESIVOS

ASTM D2166

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución** : 07/11/2019

Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01

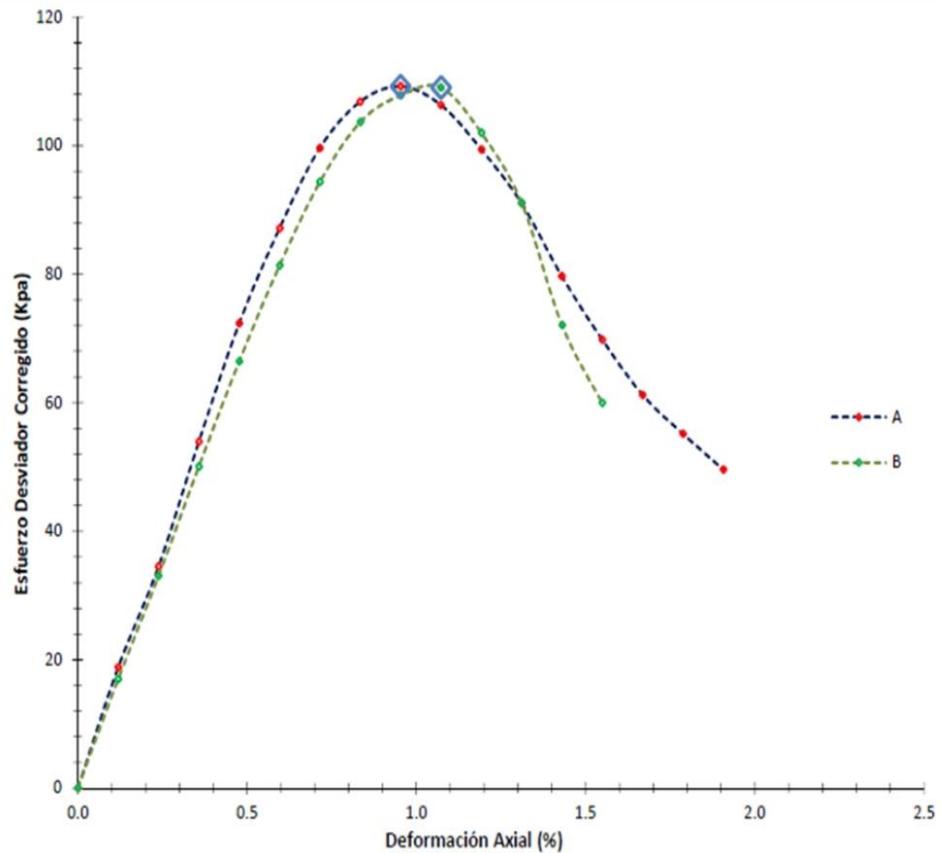
Clasificación S.U.C.S. : CH

Muestra : Mezcla 10 %

Nombre : Arcilla de alta

Prof. (m) : 1.50

plasticidad con arena



Esfuerzo de compresión no confinada | 109 kPa

Observaciones:

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el Solicitante

COMPRESIÓN NO CONFINADA EN SUELOS COHESIVOS

ASTM D2166

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución** : 07/11/2019
Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01 **Clasificación S.U.C.S.** : CH
Muestra : Mezcla 10 % **Estado** : Remoldeado
Prof. (m) : 1.50

PANEL FOTOGRÁFICO

ESPÉCIMEN "1"



ESPÉCIMEN "2"



Observaciones :

- La muestra ha sido identificada y proporcionada por el Solicitante

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU)
(ASTM D2850)

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución:** 14/10/2019

Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01

Muestra : Suelo natural

Prof. (m) : 1.50

PRESIÓN DE CELDA = 100 kPa

Probeta 1	Condiciones iniciales
Altura	200.0 mm
Diámetro	100.0 mm
Humedad	18.0 %
Densidad Seca	15.86 kN/m ³

Estado de Muestra : Remoldeada

Velocidad de Ensayo : 0.5 mm/min

Clasificación SUCS (Muestra Global) : ---

Clasificación SUCS (Muestra matriz ensayada) : CH

Deformación (%)	F N	σ_{desv} kPa	p kPa	q kPa	σ_1 kPa	σ_3 kPa	q/p	Oblicuidad σ_1/σ_3
0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.0	0.00	1.00
0.10	85.72	10.90	105.45	5.45	110.90	100.0	0.05	1.11
0.20	140.69	17.88	108.94	8.94	117.88	100.0	0.08	1.18
0.30	188.11	23.88	111.94	11.94	123.88	100.0	0.11	1.24
0.40	228.77	29.02	114.51	14.51	129.02	100.0	0.13	1.29
0.50	265.00	33.58	116.79	16.79	133.58	100.0	0.14	1.34
1.00	435.29	54.88	127.44	27.44	154.88	100.0	0.22	1.55
1.50	560.21	70.27	135.14	35.14	170.27	100.0	0.26	1.70
2.00	653.27	81.53	140.77	40.77	181.53	100.0	0.29	1.82
2.50	720.56	89.47	144.73	44.73	189.47	100.0	0.31	1.89
3.00	780.35	96.40	148.20	48.20	196.40	100.0	0.33	1.96
4.00	875.68	107.06	153.53	53.53	207.06	100.0	0.35	2.07
5.00	951.71	115.14	157.57	57.57	215.14	100.0	0.37	2.15
6.00	1011.52	121.09	160.54	60.54	221.09	100.0	0.38	2.21
7.00	1063.68	125.98	162.99	62.99	225.98	100.0	0.39	2.26
8.00	1110.74	130.14	165.07	65.07	230.14	100.0	0.39	2.30
9.00	1141.16	132.25	166.12	66.12	232.25	100.0	0.40	2.32
10.00	1172.77	134.42	167.21	67.21	234.42	100.0	0.40	2.34
11.00	1189.59	136.65	168.32	68.32	236.65	100.0	0.41	2.37
12.00	1200.86	138.70	169.35	69.35	238.70	100.0	0.41	2.39
13.00	1243.63	140.50	170.25	70.25	240.50	100.0	0.41	2.41
14.00	1287.36	142.13	171.06	71.06	242.13	100.0	0.42	2.42
15.00	1301.68	143.43	171.72	71.72	243.43	100.0	0.42	2.43
16.00	1039.42	138.70	169.35	69.35	238.70	100.0	0.41	2.39
17.00	976.78	130.85	165.42	65.42	230.85	100.0	0.40	2.31
18.00	937.64	125.60	162.80	62.80	225.60	100.0	0.39	2.26
19.00	901.50	120.77	160.39	60.39	220.77	100.0	0.38	2.21
20.00	879.20	113.18	156.59	56.59	213.18	100.0	0.36	2.13

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material empleado en el remoldeo menor al tamiz N° 3/4", Humedad proporcionada = 18.0 %, densidad seca proporcionada = 15.86 kN/m³. Los datos de remoldeo son responsabilidades del solicitante.

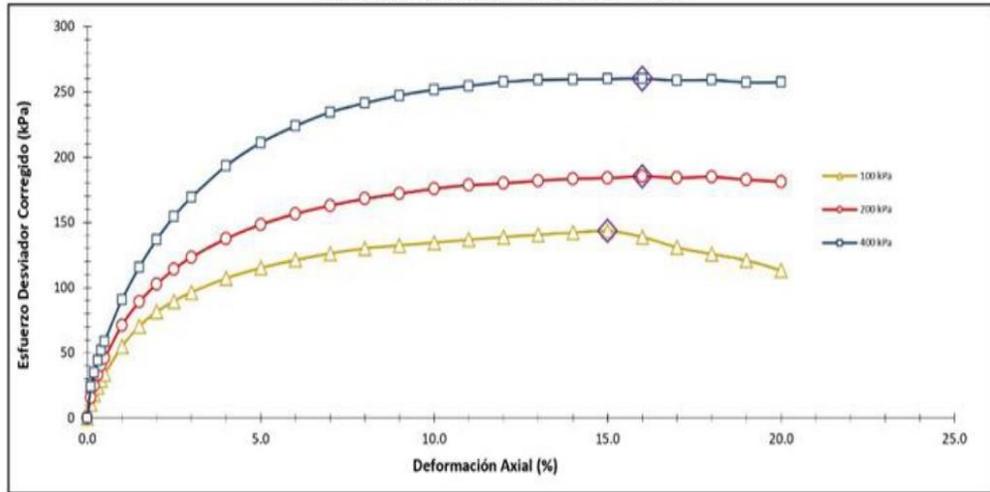
ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU)
(ASTM D2850)

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución:** 14/10/2019
Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

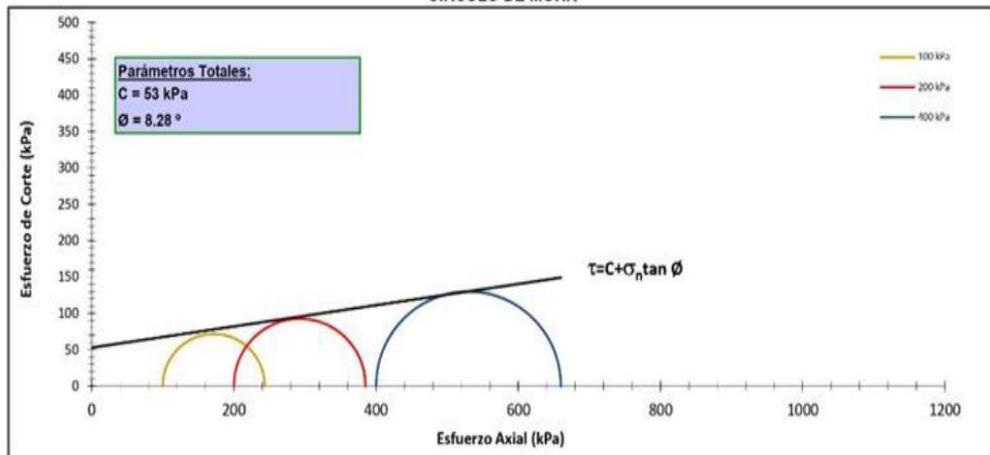
Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01 **Clasificación SUCS (Muestra matriz ensayada) :** CH
Muestra : Suelo natural **Nombre de grupo :** Arcilla de alta plasticidad con arena
Prof. (m) : 1.50

ESFUERZO DESVIADOR & DEFORMACIÓN AXIAL



CÍRCULO DE MOHR



ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU)
(ASTM D2850)

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución:** 14/10/2019
Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01
Muestra : Suelo natural
Prof. (m) : 1.50

Espécimen 100 kPa



Espécimen 200 kPa



Espécimen 400 kPa



ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU)
(ASTM D2850)

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución:** 21/10/2019
Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza
 --
Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01
Muestra : Mezcla 4 %
Prof. (m) : 1.50

PRESIÓN DE CELDA = 200 kPa

Probeta 1	Condiciones Iniciales
Altura	200.0 mm
Diámetro	100.0 mm
Humedad	15.2 %
Densidad Seca	17.05 kN/m ³

Estado de Muestra : Remoldeada
Velocidad de Ensayo : 0.5 mm/min
Clasificación SUCS (Muestra Global) : --
Clasificación SUCS (Muestra matriz ensayada) : CH

Deformación (%)	F N	σ_{desv} kPa	p kPa	q kPa	σ_1 kPa	σ_3 kPa	q/p	Oblicuidad σ_1/σ_3
0.00	0.00	0.00	200.00	0.00	200.00	200.0	0.00	1.00
0.10	46.44	5.91	202.96	2.96	205.91	200.0	0.01	1.03
0.20	133.65	16.99	208.50	8.50	216.99	200.0	0.04	1.08
0.30	207.90	26.41	213.20	13.20	226.41	200.0	0.06	1.13
0.40	275.28	34.93	217.47	17.47	234.93	200.0	0.08	1.17
0.50	327.27	41.49	220.74	20.74	241.49	200.0	0.09	1.21
1.00	566.79	71.49	235.74	35.74	271.49	200.0	0.15	1.36
1.50	753.57	94.56	247.28	47.28	294.56	200.0	0.19	1.47
2.00	912.61	113.94	256.97	56.97	313.94	200.0	0.22	1.57
2.50	1045.00	129.80	264.90	64.90	329.80	200.0	0.25	1.65
3.00	1166.37	144.14	272.07	72.07	344.14	200.0	0.26	1.72
4.00	1372.45	167.86	283.93	83.93	367.86	200.0	0.30	1.84
5.00	1544.09	186.88	293.44	93.44	386.88	200.0	0.32	1.93
6.00	1701.65	203.78	301.89	101.89	403.78	200.0	0.34	2.02
7.00	1829.75	216.79	308.40	108.40	416.79	200.0	0.35	2.08
8.00	1951.27	228.70	314.35	114.35	428.70	200.0	0.36	2.14
9.00	2037.81	236.25	318.13	118.13	436.25	200.0	0.37	2.18
10.00	2110.48	241.99	320.99	120.99	441.99	200.0	0.38	2.21
11.00	2169.33	245.97	322.99	122.99	445.97	200.0	0.38	2.23
12.00	2192.66	245.82	322.91	122.91	445.82	200.0	0.38	2.23
13.00	2199.08	243.74	321.87	121.87	443.74	200.0	0.38	2.22
14.00	2185.34	239.44	319.72	119.72	439.44	200.0	0.37	2.20
15.00	2094.00	226.76	313.38	113.38	426.76	200.0	0.36	2.13
16.00	2026.23	216.84	308.42	108.42	416.84	200.0	0.35	2.08
17.00	2010.52	212.60	306.30	106.30	412.60	200.0	0.35	2.06
18.00	1995.74	208.49	304.25	104.25	408.49	200.0	0.34	2.04
19.00	1960.85	202.35	301.17	101.17	402.35	200.0	0.34	2.01
20.00	1963.25	200.10	300.05	100.05	400.10	200.0	0.33	2.00

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material empleado en el remoldeo menor al tamiz N° 3/4", Humedad proporcionada = 15.2 %, densidad seca proporcionada = 17.05 kN/m³. Los datos de remoldeo son responsabilidades del solicitante.

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU)
(ASTM D2850)

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución:** 21/10/2019
Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza
 --
Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01
Muestra : Mezcla 4 %
Prof. (m) : 1.50

PRESIÓN DE CELDA = 400 kPa

Probeta 1	Condiciones Iniciales
Altura	200.0 mm
Diámetro	100.0 mm
Humedad	15.2 %
Densidad Seca	17.05 kN/m ³

Estado de Muestra : Remoldeada
Velocidad de Ensayo : 0.5 mm/min
Clasificación SUCS (Muestra Global) : --
Clasificación SUCS (Muestra matriz ensayada) : CH

Deformación (%)	F N	σ_{desv} kPa	p kPa	q kPa	σ_1 kPa	σ_3 kPa	q/p	Oblicuidad σ_1/σ_3
0.00	0.00	0.00	400.00	0.00	400.00	400.0	0.00	1.00
0.10	151.52	23.27	411.63	11.63	423.27	400.0	0.03	1.06
0.20	261.52	40.36	420.18	20.18	440.36	400.0	0.05	1.10
0.30	397.37	53.17	426.58	26.58	453.17	400.0	0.06	1.13
0.40	541.49	66.42	433.21	33.21	466.42	400.0	0.08	1.17
0.50	652.66	80.49	440.25	40.25	480.49	400.0	0.09	1.20
1.00	1121.56	121.62	460.81	60.81	521.62	400.0	0.13	1.30
1.50	1252.68	157.20	478.60	78.60	557.20	400.0	0.16	1.39
2.00	1580.51	197.33	498.66	98.66	597.33	400.0	0.20	1.49
2.50	1834.01	227.81	513.91	113.91	627.81	400.0	0.22	1.57
3.00	2046.19	252.86	526.43	126.43	652.86	400.0	0.24	1.63
4.00	2378.41	290.89	545.44	145.44	690.89	400.0	0.27	1.73
5.00	2599.97	314.68	557.34	157.34	714.68	400.0	0.28	1.79
6.00	2798.11	335.09	567.55	167.55	735.09	400.0	0.30	1.84
7.00	2937.85	348.08	574.04	174.04	748.08	400.0	0.30	1.87
8.00	3058.63	358.50	579.25	179.25	758.50	400.0	0.31	1.90
9.00	3177.87	368.42	584.21	184.21	768.42	400.0	0.32	1.92
10.00	3242.07	371.74	585.87	185.87	771.74	400.0	0.32	1.93
11.00	3306.18	374.88	587.44	187.44	774.88	400.0	0.32	1.94
12.00	3317.79	371.97	585.98	185.98	771.97	400.0	0.32	1.93
13.00	3327.13	368.77	584.39	184.39	768.77	400.0	0.32	1.92
14.00	3331.93	365.06	582.53	182.53	765.06	400.0	0.31	1.91
15.00	3305.41	357.94	578.97	178.97	757.94	400.0	0.31	1.89
16.00	3306.45	353.84	576.92	176.92	753.84	400.0	0.31	1.88
17.00	3260.69	344.79	572.40	172.40	744.79	400.0	0.30	1.86
18.00	3193.71	333.64	566.82	166.82	733.64	400.0	0.29	1.83
19.00	3092.81	319.16	559.58	159.58	719.16	400.0	0.29	1.80
20.00	2915.04	297.10	548.55	148.55	697.10	400.0	0.27	1.74

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material empleado en el remoldeo menor al tamiz N° 3/4", Humedad proporcionada = 15.2 %, densidad seca proporcionada = 17.05 kN/m³. Los datos de remoldeo son responsabilidades del solicitante.

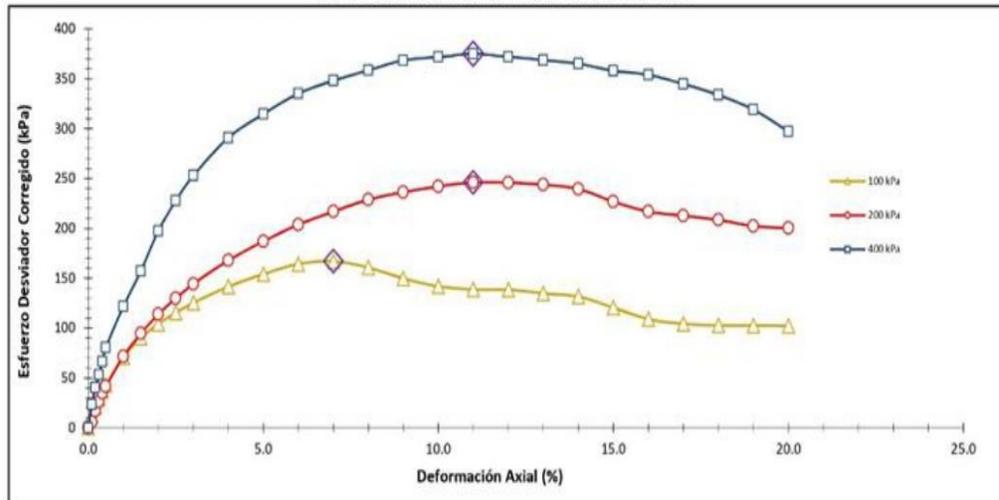
ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU)
(ASTM D2850)

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución:** 21/10/2019
Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

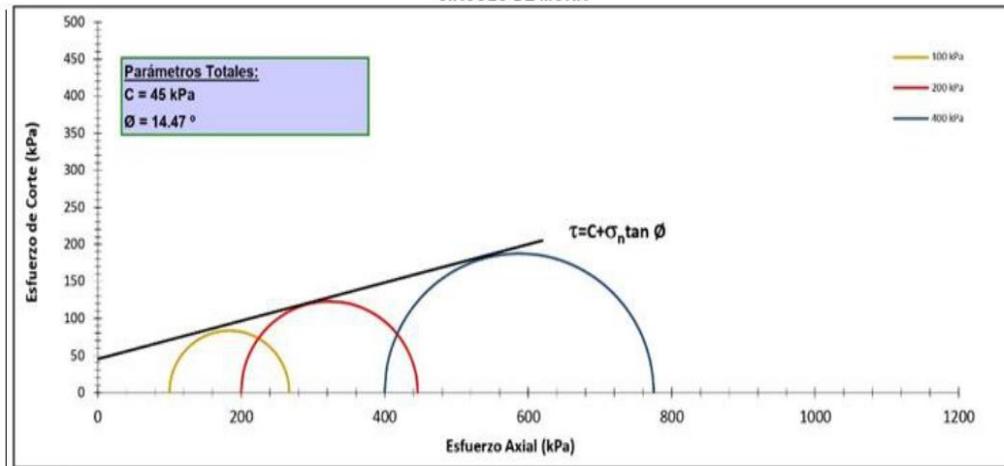
Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01 **Clasificación SUCS (Muestra matriz ensayada) :** CH
Muestra : Mezcla 4 % **Nombre de grupo :** Arena pobremente gradada con limo
Prof. (m) : 1.50

ESFUERZO DESVIADOR & DEFORMACIÓN AXIAL



CÍRCULO DE MOHR



ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU)
(ASTM D2850)

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución:** 21/10/2019
Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01
Muestra : Mezcla 4 %
Prof. (m) : 1.50

Espécimen 100 kPa



Espécimen 200 kPa



Espécimen 400 kPa



ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU)

(ASTM D2850)

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución:** 28/10/2019

Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01

Muestra : Mezcla 6 %

Prof. (m) : 1.50

PRESIÓN DE CELDA = 200 kPa

Probeta 1	Condiciones Iniciales
Altura	200.0 mm
Diámetro	100.0 mm
Humedad	13.0 %
Densidad Seca	17.25 kN/m ³

Estado de Muestra : Remoldeada

Velocidad de Ensayo : 0.5 mm/min

Clasificación SUCS (Muestra Global) : --

Clasificación SUCS (Muestra matriz ensayada) : CH

Deformación (%)	F N	σ_{desv} kPa	p kPa	q kPa	σ_1 kPa	σ_3 kPa	q/p	Oblicuidad σ_1/σ_3
0.00	0.00	0.00	200.00	0.00	200.00	200.0	0.00	1.00
0.10	197.46	25.13	212.57	12.57	225.13	200.0	0.06	1.13
0.20	305.85	38.89	219.44	19.44	238.89	200.0	0.09	1.19
0.30	398.16	50.57	225.29	25.29	250.57	200.0	0.11	1.25
0.40	485.61	61.62	230.81	30.81	261.62	200.0	0.13	1.31
0.50	553.42	70.15	235.08	35.08	270.15	200.0	0.15	1.35
1.00	863.02	108.85	254.43	54.43	308.85	200.0	0.21	1.54
1.50	1087.29	136.45	268.22	68.22	336.45	200.0	0.25	1.68
2.00	1261.69	157.53	278.76	78.76	357.53	200.0	0.28	1.79
2.50	1408.83	175.00	287.50	87.50	375.00	200.0	0.30	1.88
3.00	1537.00	189.94	294.97	94.97	389.94	200.0	0.32	1.95
4.00	1746.11	213.56	306.78	106.78	413.56	200.0	0.35	2.07
5.00	1920.92	232.50	316.25	116.25	432.50	200.0	0.37	2.16
6.00	2059.26	246.62	323.31	123.31	446.62	200.0	0.38	2.23
7.00	2180.84	258.40	329.20	129.20	458.40	200.0	0.39	2.29
8.00	2280.57	267.31	333.65	133.65	467.31	200.0	0.40	2.34
9.00	2348.94	272.33	336.16	136.16	472.33	200.0	0.41	2.36
10.00	2425.12	278.07	339.04	139.04	478.07	200.0	0.41	2.39
11.00	2477.72	280.95	340.47	140.47	480.95	200.0	0.41	2.40
12.00	2547.65	285.63	342.81	142.81	485.63	200.0	0.42	2.43
13.00	2595.01	287.63	343.82	143.82	487.63	200.0	0.42	2.44
14.00	2637.20	288.95	344.47	144.47	488.95	200.0	0.42	2.44
15.00	2682.61	290.51	345.25	145.25	490.51	200.0	0.42	2.45
16.00	2699.19	288.86	344.43	144.43	488.86	200.0	0.42	2.44
17.00	2741.95	289.94	344.97	144.97	489.94	200.0	0.42	2.45
18.00	2770.77	289.46	344.73	144.73	489.46	200.0	0.42	2.45
19.00	2784.73	287.37	343.69	143.69	487.37	200.0	0.42	2.44
20.00	2820.66	287.49	343.74	143.74	487.49	200.0	0.42	2.44

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material empleado en el remoldeo menor al tamiz N° 3/4", Humedad proporcionada = 13.0 %, densidad seca proporcionada = 17.25 kN/m³. Los datos de remoldeo son responsabilidades del solicitante.

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU)

(ASTM D2850)

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución:** 28/10/2019

Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01

Muestra : Mezcla 6 %

Prof. (m) : 1.50

PRESIÓN DE CELDA = 400 kPa

Probeta 1	Condiciones Iniciales
Altura	200.0 mm
Diámetro	100.0 mm
Humedad	13.0 %
Densidad Seca	17.25 kN/m ³

Estado de Muestra : Remoldeada

Velocidad de Ensayo : 0.5 mm/min

Clasificación SUCS (Muestra Global) : --

Clasificación SUCS (Muestra matriz ensayada) : CH

Deformación (%)	F N	σ_{desv} kPa	p kPa	q kPa	σ_1 kPa	σ_3 kPa	q/p	Oblicuidad σ_1/σ_3
0.00	0.00	0.00	400.00	0.00	400.00	400.0	0.00	1.00
0.10	323.34	41.15	420.58	20.58	441.15	400.0	0.05	1.10
0.20	497.15	63.21	431.61	31.61	463.21	400.0	0.07	1.16
0.30	644.47	81.86	440.93	40.93	481.86	400.0	0.09	1.20
0.40	783.73	99.45	449.72	49.72	499.45	400.0	0.11	1.25
0.50	891.62	113.02	456.51	56.51	513.02	400.0	0.12	1.28
1.00	1384.33	174.60	487.30	87.30	574.60	400.0	0.18	1.44
1.50	1741.98	218.60	509.30	109.30	618.60	400.0	0.21	1.55
2.00	2021.44	252.38	526.19	126.19	652.38	400.0	0.24	1.63
2.50	2257.50	280.42	540.21	140.21	680.42	400.0	0.26	1.70
3.00	2462.89	304.36	552.18	152.18	704.36	400.0	0.28	1.76
4.00	2796.91	342.07	571.04	171.04	742.07	400.0	0.30	1.86
5.00	3076.98	372.41	586.20	186.20	772.41	400.0	0.32	1.93
6.00	3297.47	394.89	597.45	197.45	794.89	400.0	0.33	1.99
7.00	3500.06	414.70	607.35	207.35	814.70	400.0	0.34	2.04
8.00	3679.00	431.21	615.60	215.60	831.21	400.0	0.35	2.08
9.00	3811.44	441.88	620.94	220.94	841.88	400.0	0.36	2.10
10.00	3953.02	453.26	626.63	226.63	853.26	400.0	0.36	2.13
11.00	4046.15	458.78	629.39	229.39	858.78	400.0	0.36	2.15
12.00	4164.47	466.89	633.44	233.44	866.89	400.0	0.37	2.17
13.00	4249.79	471.04	635.52	235.52	871.04	400.0	0.37	2.18
14.00	4325.40	473.91	636.95	236.95	873.91	400.0	0.37	2.18
15.00	4419.77	478.62	639.31	239.31	878.62	400.0	0.37	2.20
16.00	4465.85	477.92	638.96	238.96	877.92	400.0	0.37	2.19
17.00	4545.59	480.66	640.33	240.33	880.66	400.0	0.38	2.20
18.00	4595.84	480.12	640.06	240.06	880.12	400.0	0.38	2.20
19.00	4617.96	476.55	638.27	238.27	876.55	400.0	0.37	2.19
20.00	4678.03	476.79	638.39	238.39	876.79	400.0	0.37	2.19

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material empleado en el remoldeo menor al tamiz N° 3/4", Humedad proporcionada = 13.0 %, densidad seca proporcionada = 17.25 kN/m³. Los datos de remoldeo son responsabilidades del solicitante.

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU)
(ASTM D2850)

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución:** 28/10/2019

Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

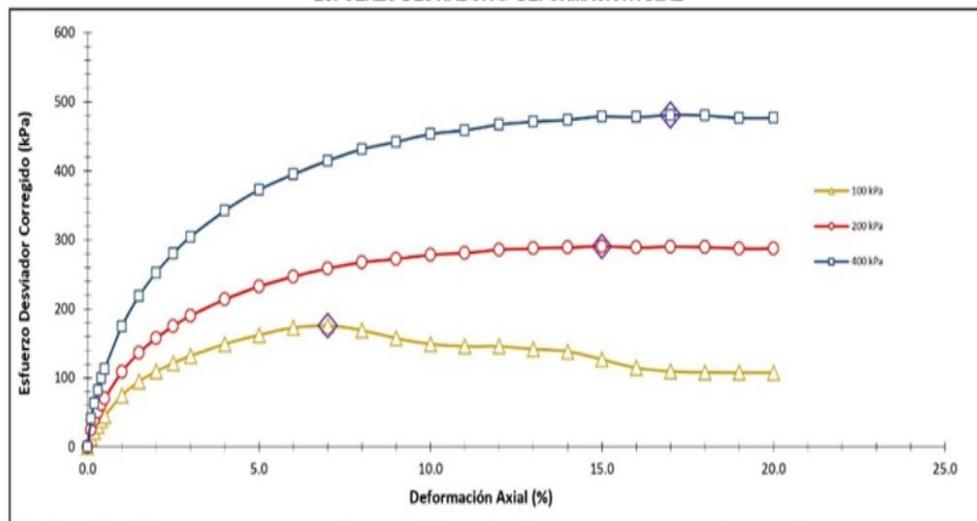
Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01 **Clasificación SUCS (Muestra matriz ensayada) :** CH

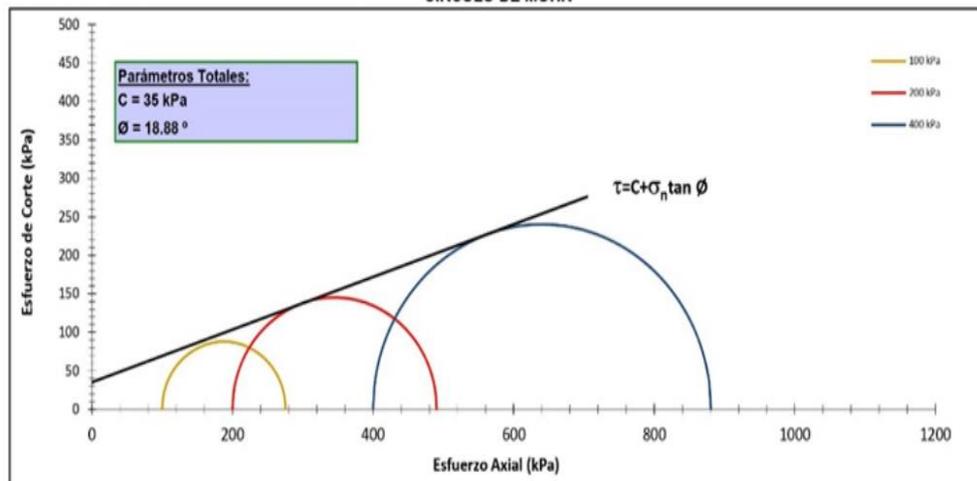
Muestra : Mezcla 6 % **Nombre de grupo :** Arena pobremente gradada con limo

Prof. (m) : 1.50

ESFUERZO DESVIADOR & DEFORMACIÓN AXIAL



CÍRCULO DE MOHR



ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU)
(ASTM D2850)

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución:** 28/10/2019

Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01

Muestra : Mezcla 6 %

Prof. (m) : 1.50

Espécimen 100 kPa



Espécimen 200 kPa



Espécimen 400 kPa



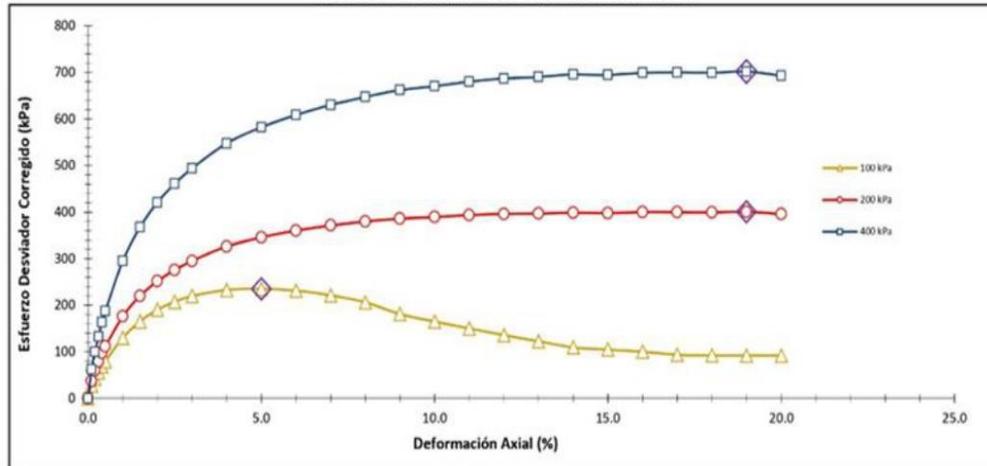
ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU)
(ASTM D2850)

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución:** 30/10/2019
Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

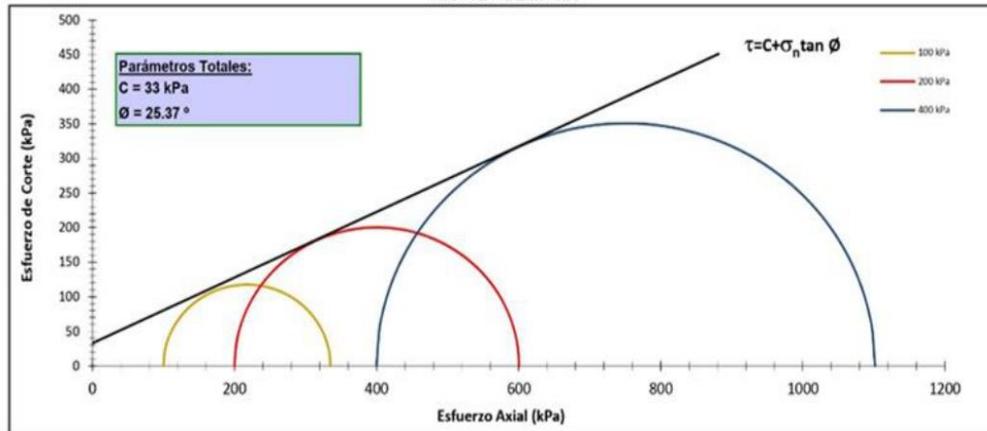
Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01 **Clasificación SUCS (Muestra matriz ensayada) :** CH
Muestra : Mezcla 10 % **Nombre de grupo :** Arena pobremente gradada con limo
Prof. (m) : 1.50

ESFUERZO DESVIADOR & DEFORMACIÓN AXIAL



CÍRCULO DE MOHR



ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU)

(ASTM D2850)

Solicitante : Carlos Enrique Torres Rivera / Sadith Giovanna Flor Salazar **Fecha de Ejecución:** 30/10/2019
Proyecto : Estabilización de suelo arcilloso con NaCl en el Centro Comercial Las Vegas Plaza

Ubicación : Cruce con avenida San Juan de Dios y av. Industrial - Puente Piedra

Sondeo : 01
Muestra : Mezcla 10 %
Prof. (m) : 1.50

Espécimen 100 kPa



Espécimen 200 kPa



Espécimen 400 kPa



6.6 ANEXO 6. Panel Fotográfico



Figura 100. Mezcla de material con NaCl
Fuente: Propia



Figura 101. Ensamblaje de probeta
Fuente: Propia



Figura 102. Apisonado de material
Fuente: Propia



Figura 103. Tamizado de material
Fuente: Propia



Figura 104. Material estabilizante
Fuente: Propia



Figura 105. Tamizado para pruebas
Fuente: Propia



Figura 106. Inmersión en tanque de curado
Fuente: Propia



Figura 107. Transporte de material a laboratorio
Fuente: Propia

6.7 ANEXO 7. Ficha Técnica de Cloruro de Sodio

 QUIMPAC DE COLOMBIA S. A.	FICHA TÉCNICA SAL MARINA REFINADA, YODADA Y FLUORIZADA PARA CONSUMO HUMANO		N° LSa-0-001-0
			Fecha : Julio 30 de 2013 Página 1 de 3
Revisado por : Jefe de Laboratorio	Firma(s)	Aprobado por : Gerente de Producción	Firma(s)

1. IDENTIFICACIÓN:

NOMBRE COMERCIAL: Sal Marina Refinada Yodada y Fluorizada para Consumo Humano.
 MARCAS: **NATUSAL** y **PURASAL**
 NOMBRE QUÍMICO: Cloruro de Sodio
 FORMULA QUÍMICA: NaCl
 PESO MOLECULAR: 58.45 g/mol

2. DESCRIPCIÓN:

La sal marina refinada para consumo humano está conformada por cristales blancos, inodoros e higroscópicos, solubles en agua y con sabor salino característico. El yodo y el flúor son adicionados en forma de sales de potasio en cantidades que cumplen la legislación nacional vigente. La presentación y especificaciones de calidad de la sal refinada para consumo humano, están sujetas y cumplen con los requerimientos establecidos en el Decreto 547 de 1996, expedido por el Ministerio de Salud.

3. USOS:

Esta sal se puede emplear como ingrediente en la preparación de alimentos e industrialmente como vehículo de nutrientes, en la fabricación de conservas, sopas instantáneas, procesamiento y conservación de pescado y carnes en general; procesamiento de derivados lácteos, panadería y pastelería.

4. ESPECIFICACIONES:

PARÁMETRO	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN
Cloruro de sodio (como NaCl)	% m/m base seca	99.0 mínimo
Humedad	% m/m de agua	0.2 máximo
Flúor (como F)	mg/kg de F ⁻	180-220
Yodo (como I)	mg/kg de I ⁻	50-100
Sulfatos (como SO ₄ ⁻)	mg/kg de SO ₄ ⁻	2800 máximo
Calcio (como Ca ²⁺)	mg/kg de Ca ²⁺	1000 máximo
Magnesio (como Mg ²⁺)	mg/kg de Mg ²⁺	800 máximo
Otros insolubles en agua	mg/kg	1600 máximo
Plomo (como Pb)	mg/kg	1 máximo
Arsénico (como As)	mg/kg	1 máximo
Granulometría	% m/m	Pasamalla 20: Min 80 % Pasamalla 70: Max 20 %
Anticompactante (Dióxido de Silicio Amorfo)	mg/kg	<= 20 mg/kg

Pág. 2-3	FICHA TÉCNICA SAL MARINA REFINADA, YODADA Y FLUORIZADA PARA CONSUMO HUMANO	N° L Sa -0-001-0
----------	----------------------------------------------------------------------------	------------------

5. COMPOSICIÓN DEL PRODUCTO:

MATERIAL	FORMULACIÓN (%)
Cloruro de sodio (como NaCl)	Mínimo 99.0
Yodato de potasio (como I)	De 0.018 a 0.022
Fluoruro de potasio (como F)	De 0.005 a 0.010
Anticompactante (Dióxido de silicio Amorfo)	Máximo 0.002

6. PROCESO DE FABRICACIÓN:

QUIMPAC S. A., obtiene la sal por evaporación solar y mediante una planta refinadora somete la materia prima a un proceso de purificación por lavado, centrifugación y secado a alta temperatura, con la posterior adición de yoduro de potasio, fluoruro de sodio y dióxido de silicio amorfo como anticompactante, de esta manera se obtiene la sal de consumo humano con especificaciones que satisfacen los requerimientos del mercado nacional y de exportación, cumpliendo con la normatividad vigente.

7. PRESENTACIÓN DEL EMPAQUE:

Está sujeta y cumple los requisitos establecidos en el Decreto 547 de 1996, expedido por el Ministerio de Salud.

PESO DE PRODUCTO POR EMPAQUE	MATERIAL DEL EMPAQUE	PRESENTACION
125 g	Salero en Polipropileno	Caja x 12
500 g	Bolsa en Polietileno	Paca x 25
500 g	Salero en Polipropileno	Caja x 12
1000 g	Bolsa en Polietileno	Paca x 20
25 kg	Saco en Polipropileno laminado	Saco
50 kg	Saco en Polipropileno laminado	Saco

8. ALMACENAMIENTO:

Se realiza sobre estibas en bodegas cubiertas y secas, evitando el contacto con cualquier tipo de contaminación e insalubridad, de tal forma que se vea afectada la calidad del producto.

PRESENTACION	BODEGAJE		
	EMBALAJE	ESTIBADO	PESO ESTIBA
Saleros de 125 g x 12	12 Saleros / Caja	10 Planchas de 34 Cajas	510 Kg
Bolsas de 500 g x 25	25 Bolsas / Paca	8 Planchas de 13 Pacas	1.300 Kg
Saleros de 500 g x 12	12 Saleros / Caja	6 Planchas de 18 Cajas	648 Kg
Bolsas de 1.000 g x 20	20 Bolsas / Paca	8 Planchas de 9 Pacas	1.440 Kg
Sacos de 25 Kg	Sacos de 25 Kg	6 Planchas de 10 Sacos	1.500 Kg
Sacos de 50 Kg	Sacos de 50 Kg	5 Planchas de 5 Sacos	1.250 Kg

Nota: EL patrón de arrume en bodega es de máximo 4 estibas una encima de otra, adicional a eso el producto estibado se le coloca Stretch.

9. TRANSPORTE:

Pág. 3-3	FICHA TÉCNICA SAL MARINA REFINADA, YODADA Y FLUORIZADA PARA CONSUMO HUMANO	N° LSa -0-001-0
----------	-------------------------------------------------------------------------------	-----------------

EL transporte de la sal para consumo humano se realiza en condiciones tales que excluyan el riesgo de contaminación y/o modificación de sus características físico – químicas u organolépticas del producto.

10. VIDA ÚTIL:

El producto posee vida útil ilimitada en cuanto a sus características químicas. Con relación a sus características físicas permanece suelta, siempre y cuando se mantenga en su empaque original, no reciba humedad directamente y se almacene en lugar seco.

11. DATOS DE LA COMPAÑÍA:

- Producido y empaçado por: Quimpac S. A.; Avenida Néstor Gambetta 8585 – Callao – Perú
- Importado y comercializado por: Quimpac de Colombia S.A. – Autopista Yumbo – Aeropuerto Km. 13 – Palmira (Valle del Cauca) Colombia. Teléfono Fijo: (57-2) 6858888 o (57-2) 2717888.

12. ANTECEDENTES:

Se modifica por adición de las marcas, composición, proceso de fabricación del producto y datos de compañía, también se cambia el cargo de la persona que autoriza y se ajusta el formato del documento.

COPIA NO CONTROLADA