



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Efecto del Cloruro de Sodio en el CBR de un suelo arcilloso en el caserío de
Huangamarca, distrito de Otuzco

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Iparraguirre Gomez, Harlyn Elvis (ORCID: 0000-0002-7915-1375)

Rodríguez Gonzáles Olmahan Américo (ORCID: 0000-0002-2487-4859)

ASESORES:

MG. Meza Rivas Jorge Luis (ORCID: 0000-0002-4258-4097)

MG. Farfán Córdova Marlon Gastón (ORCID: 0000-0001-9295-5557)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

TRUJILLO - PERÚ

2020

DEDICATORÍA

A Dios: Por haberme permitido culminar esta nueva etapa de mi vida, asimismo por brindarme salud para poder lograr todos mis objetivos propuestos del mismo modo agradecerle por ayudarme a nunca rendirme y ser perseverante en todo momento. También dedico con todo cariño a mis padres, hermanos y primos Jazmín, Jade, Rosita y Fernando.

A Dios: Por haberme brindado el refugio y consuelo en momentos difíciles, además de recibir en todo momento su gracia, así como el entendimiento para poder realizar satisfactoriamente esta empresa.

AGRADECIMIENTO

De manera especial a mi familia: A mi padre Edgardo Iparraguirre Correa que siempre me aconseja en pensar en grande ya que eso es la clave del éxito y con mucho sacrificio todo se llega a cumplir. Del mismo modo a mi querida madre Hilda Gomez Cedano por su sacrificio, esfuerzo y creer en mi capacidad a pesar de todas las adversidades siempre ha estado brindándome su cariño, comprensión y todo su amor. De igual manera a mis abuelitos Margarita Cedano Zavala y Fernando Gomez Ulloa por su apoyo incondicional en todo este tiempo. También a mis queridos tíos Raúl, Gisela, Solís y Mirtha que siempre estuvieron apoyándome en todo momento con sus consejos para lograr culminar esta etapa de mi vida profesional. Así mismo a mi compañera Débora Peralta que siempre me apoyaba día a día a no rendirme jamás. Por último, un agradecimiento especial a mi asesor Mg. Ing. Jorge Luis Meza Rivas por su apoyo incondicional.

Harlyn I.G

A mis padres: Los señores, Reynerio Rodríguez y Eliza Gonzáles, por ser los artífices y cómplices de este gran paso, pues su inmenso amor y paciencia han sembrado en mí ideales de libertad, perseverancia y respeto hacia la vida, para así cada vez soñar con una patria más justa y digna para todos.

A mis hermanos: Reysser y Manuel por ser en todo momento el soporte y brindarme los ánimos en cada día para no desmayar en tiempos adversos, para ustedes mi admiración y respeto, además tengo presente en todo momento a mi sobrino Joaquín, quién desde su llegada alegra nuestras vidas. La lista es interminable, un saludo fraterno a mi extensa familia y amigos.

Un agradecimiento especial a mi asesor Mg. Ing. Marlon Farfán Córdova por su apoyo incondicional.

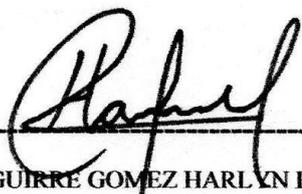
Olmahan R.G

PÁGINA DE JURADO

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Harlyn Elvis Iparraguirre Gomez y Olmahan Américo Rodríguez Gonzáles identificados con DNI N° 75505817 – 44291583, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería civil, declaramos bajo juramento y con la responsabilidad que ello amerita que toda la documentación que se adjunta en la investigación es completamente verídica y auténtica. En tal sentido, asumimos la responsabilidad y llana disposición según corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 20 de julio del 2020



IPARRAGUIRRE GOMEZ HARLYN ELVIS
DNI N° 75505817



RODRÍGUEZ GONZÁLES OLMAHAN AMERICO
DNI N° 44291583

ÍNDICE

DEDICATORÍA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO	10
2.1. Tipo y Diseño de Investigación	10
2.1.1. Tipo de Investigación	10
2.1.2. Diseño de Investigación	10
2.2. Operacionalización de Variables	12
2.3. Población, muestra y muestreo	13
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	14
2.4.1. Ensayo Granulométrico	14
2.4.2. Ensayo de Límites de Atterberg	14
2.4.3. Ensayo de Contenido de Humedad	15
2.4.4. Ensayo de compactación Proctor Modificado	15
2.4.5. Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)	15
2.5. Procedimiento	16
2.6. Método de análisis de datos	16
2.7. Aspectos éticos	16
III. RESULTADOS	18
3.1. Interpretación de resultados	18
3.1.1. Calicata “A”	20
3.1.2. Calicata “B”	29
3.1.3. Clasificación de Subrasante	38
3.2. Programa Estadístico SPSS	39
3.2.1. Calicata “A”	39
3.2.1.1 CBR 100%”	39
3.2.1.2. CBR 95%”	41
3.2.2. Calicata “B”	42
3.2.2.1. CBR 100%”	42

3.2.2.2. CBR 95%	44
IV. DISCUSIÓN	46
V. CONCLUSIONES	48
VI. RECOMENDACIONES	49
REFERENCIAS	50
ANEXOS	55
Calicata “A - Patrón”	55
Calicata “A – 15% de NaCl”	65
Calicata “A - 20% de NaCl”	75
Calicata “A - 25% de NaCl”	85
Calicata “B - Patrón”	95
Calicata “B – 15% de NaCl”	105
Calicata “B - 20% de NaCl”	115
Calicata “B - 25% de NaCl”	125
PANEL FOTOGRAFICO	135

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de suelos según el tamaño de partículas.....	5
Cuadro 2. Clasificación de suelos mediante sistema SUCS y AASHTO.....	6
Cuadro 3. Características típicas de la sal (NaCl).....	8
Cuadro 4. Grupo de Diseño y sus proporciones.	11
Cuadro 5. Operacionalización de Variables	12
Cuadro 6. Ubicación y características de Calicatas.	14
Cuadro 7, Resumen detallado de los resultados obtenidos en el laboratorio de suelos.....	18
Cuadro 8. C-A, Granulometría.	20
Cuadro 9. C-A, Límite líquido.....	20
Cuadro 10. C-A, Límite Plástico.	21
Cuadro 11. C-A, Índice de plasticidad.	21
Cuadro 12. C-A, Proctor Modificado.....	22
Cuadro 13. C-A, Óptimo Contenido de Humedad.....	22
Cuadro 14. C-A, Repeticiones del Grupo Control con la adición del 15% de Cloruro de sodio (CBR-100%).....	23

Cuadro 15. C-A, Repeticiones del Grupo Control con la adición del 20% de Cloruro de sodio (CBR-100%).....	24
Cuadro 16. C-A, Repeticiones del Grupo Control con la adición del 25% de Cloruro de sodio (CBR-100%).....	24
Cuadro 17. C-A, Promedios del Grupo Control con las adiciones del Cloruro de sodio (CBR-100%).....	25
Cuadro 18. Repeticiones del Grupo Control con la adición del 15% de Cloruro de sodio (CBR-95%).....	25
Cuadro 19. Repeticiones del Grupo Control con la adición del 20% de Cloruro de sodio. (CBR-95%).....	26
Cuadro 20. Repeticiones del Grupo Control con la adición del 25% de Cloruro de sodio. (CBR-95%).....	27
Cuadro 21. Promedios del Grupo Control con las adiciones del Cloruro de sodio (CBR-95%).	27
Cuadro 22. Ensayo carga Penetración.....	28
Cuadro 23. C-B, Granulometría.....	29
Cuadro 24. C-B, Límite líquido.....	29
Cuadro 25. C-B, Limite Plástico.....	29
Cuadro 26. C-B, Índice de plasticidad.	30
Cuadro 27. C-B, Proctor Modificado.....	31
Cuadro 28. C-B, Óptimo Contenido de Humedad.....	31
Cuadro 29. C-B, Repeticiones del Grupo Control con la adición del 15% de Cloruro de sodio (CBR-100%).....	32
Cuadro 30. C-B, Repeticiones del Grupo Control con la adición del 20% de Cloruro de sodio (CBR-100%).....	33
Cuadro 31. C-B, Repeticiones del Grupo Control con la adición del 25% de Cloruro de sodio (CBR-100%).....	33
Cuadro 32. Promedios del Grupo Control con las adiciones del Cloruro de sodio (CBR-100%).	34
Cuadro 33. Repeticiones del Grupo Control con la adición del 15% de Cloruro de sodio (CBR-95%).....	35
Cuadro 34. Repeticiones del Grupo Control con la adición del 20% de Cloruro de sodio (CBR-95%).....	35
Cuadro 35. Repeticiones del Grupo Control con la adición del 25% de Cloruro de sodio.	36
Cuadro 36. Promedios del Grupo Control con las adiciones del Cloruro de sodio (CBR-95%).	37
Cuadro 37. Ensayo Carga Penetración.....	37
Cuadro 38. Categorías de Subrasante.....	38
Cuadro 39. Clasificación de subrasante de los datos obtenidos.....	39

Cuadro 40. Prueba de normalidad C-A, (CBR-100%).....	39
Cuadro 41. Prueba ANOVA C-A, (CBR-100%).....	40
Cuadro 42. Comparaciones múltiples C-A, (CBR-100%).....	40
Cuadro 43. Pruebas de normalidad C-A, (CBR-95%).....	41
Cuadro 44. Prueba ANOVA C-A, (CBR-95%).....	41
Cuadro 45. Comparaciones múltiples C-A, (CBR-95%).....	42
Cuadro 46. Prueba de normalidad C-B, (CBR-100%).....	42
Cuadro 47. Prueba ANOVA C-B, (CBR-100%).....	43
Cuadro 48. Comparaciones múltiples C-B, (CBR-100%).....	43
Cuadro 49. Pruebas de normalidad C-B, (CBR-95%).....	44
Cuadro 50. Prueba ANOVA C-B, (CBR-95%).....	44
Cuadro 51. Comparaciones múltiples C-B, (CBR-95%).....	44
Cuadro 52. C-A Patrón, Clasificación SUCS y AASHTO.....	55
Cuadro 53. C-A Patrón, Datos del ensayo.....	55
Cuadro 54. C-A Patrón, Ensayo de Granulometría.....	56
Cuadro 55. C-A Patrón, Límites de Consistencia.....	58
Cuadro 56. C-A Patrón, Proctor Modificado Paso 1.....	58
Cuadro 57. C-A Patrón, Proctor Modificado Paso 2.....	59
Cuadro 58. C-A Patrón, Máxima densidad seca y Óptimo contenido de Humedad.....	59
Cuadro 59. C-A Patrón, Ensayo CBR – Paso 1.....	60
Cuadro 60. C-A Patrón, Ensayo CBR – Paso 2.....	61
Cuadro 61. C-A Patrón, Ensayo CBR – Paso 3.....	61
Cuadro 62. C-A Patrón, Ensayo CBR – Penetración 0.1”.....	63
Cuadro 63. C-A Patrón, Ensayo CBR – Penetración 0.2”.....	63
Cuadro 64. C-A Patrón, Resultados del Ensayo CBR.....	64
Cuadro 65. C-A Patrón, Repeticiones del Ensayo CBR.....	64
Cuadro 66. C-A (15% NaCl), Clasificación SUCS y AASHTO.....	65
Cuadro 67. C-A (15% NaCl), Datos del ensayo.....	65
Cuadro 68. C-A (15% NaCl), Ensayo de Granulometría.....	66
Cuadro 69. C-A (15% NaCl), Límites de Consistencia.....	68
Cuadro 70. C-A (15% NaCl), Proctor Modificado Paso 1.....	68
Cuadro 71. C-A (15% NaCl), Proctor Modificado Paso 2.....	69
Cuadro 72. C-A (15% NaCl), Máxima densidad seca y Óptimo contenido de Humedad.....	69
Cuadro 73. C-A (15% NaCl), Ensayo CBR – Paso 1.....	70
Cuadro 74. C-A (15% NaCl), Ensayo CBR – Paso 2.....	71
Cuadro 75. C-A (15% NaCl), Ensayo CBR – Paso 3.....	71

Cuadro 76. C-A (15% NaCl), Ensayo CBR – Penetración 0.1”	73
Cuadro 77. C-A (15% NaCl), Ensayo CBR – Penetración 0.2”	73
Cuadro 78. C-A (15% NaCl), Resultados del Ensayo CBR	74
Cuadro 79. C-A (15% NaCl), Repeticiones del Ensayo CBR	74
Cuadro 80. C-A (20% NaCl), Clasificación SUCS y AASHTO	75
Cuadro 81. C-A (20% NaCl), Datos del ensayo	75
Cuadro 82. C-A (20% NaCl), Ensayo de Granulometría	76
Cuadro 83. C-A (20% NaCl), Límites de Consistencia	78
Cuadro 84. C-A (20% NaCl), Proctor Modificado Paso 1	78
Cuadro 85. C-A (20% NaCl), Proctor Modificado Paso 2	79
Cuadro 86. C-A (20% NaCl), Máxima densidad seca y Óptimo contenido de Humedad	79
Cuadro 87. C-A (20% NaCl), Ensayo CBR – Paso 1	80
Cuadro 88. C-A (20% NaCl), Ensayo CBR – Paso 2	81
Cuadro 89. C-A (20% NaCl), Ensayo CBR – Paso 3	81
Cuadro 90. C-A (20% NaCl), Ensayo CBR – Penetración 0.1”	83
Cuadro 91. C-A (20% NaCl), Ensayo CBR – Penetración 0.2”	83
Cuadro 92. C-A (20% NaCl), Resultados del Ensayo CBR	84
Cuadro 93. C-A (20% NaCl), Repeticiones del Ensayo CBR	84
Cuadro 94. C-A (25% NaCl), Clasificación SUCS y AASHTO	85
Cuadro 95. C-A (25% NaCl), Datos del ensayo	85
Cuadro 96. C-A (25% NaCl), Ensayo de Granulometría	86
Cuadro 97. C-A (25% NaCl), Límites de Consistencia	88
Cuadro 98. C-A (25% NaCl), Proctor Modificado Paso 1	88
Cuadro 99. C-A (25% NaCl), Proctor Modificado Paso 2	89
Cuadro 100. C-A (25% NaCl), Máxima densidad seca y Óptimo contenido de Humedad.....	89
Cuadro 101. C-A (25% NaCl), Ensayo CBR – Paso 1	90
Cuadro 102. C-A (25% NaCl), Ensayo CBR – Paso 2	91
Cuadro 103. C-A (25% NaCl), Ensayo CBR – Paso 3	91
Cuadro 104. C-A (25% NaCl), Ensayo CBR – Penetración 0.1”	93
Cuadro 105. C-A (25% NaCl), Ensayo CBR – Penetración 0.2”	93
Cuadro 106. C-A (25% NaCl), Resultados del Ensayo CBR	94
Cuadro 107. C-A (25% NaCl), Repeticiones del Ensayo CBR	94
Cuadro 108. C-B Patrón, Clasificación SUCS y AASHTO	95
Cuadro 109. C-B Patrón, Datos del ensayo	95
Cuadro 110. C-B Patrón, Ensayo de Granulometría	96
Cuadro 111. C-B Patrón, Límites de Consistencia	98

Cuadro 112. C-B Patrón, Proctor Modificado Paso 1.....	98
Cuadro 113. C-B Patrón, Proctor Modificado Paso 2.....	99
Cuadro 114. C-B Patrón, Máxima densidad seca y Óptimo contenido de Humedad	99
Cuadro 115. C-B Patrón, Ensayo CBR – Paso 1	100
Cuadro 116. C-B Patrón, Ensayo CBR – Paso 2	101
Cuadro 117. C-B Patrón, Ensayo CBR – Paso 3	101
Cuadro 118. C-B Patrón, Ensayo CBR – Penetración 0.1”	103
Cuadro 119. C-B Patrón, Ensayo CBR – Penetración 0.2”	103
Cuadro 120. C-B Patrón, Resultados del Ensayo CBR.....	104
Cuadro 121. C-B Patrón, Repeticiones del Ensayo CBR.....	104
Cuadro 122. C-B (15% NaCl), Clasificación SUCS y AASHTO	105
Cuadro 123. C-B (15% NaCl), Datos del ensayo	105
Cuadro 124. C-B (15% NaCl), Ensayo de Granulometría	106
Cuadro 125. C-B (15% NaCl), Límites de Consistencia.....	108
Cuadro 126. C-B (15% NaCl), Proctor Modificado Paso 1.	108
Cuadro 127. C-B (15% NaCl), Proctor Modificado Paso 2.	109
Cuadro 128. C-B (15% NaCl), Máxima densidad seca y Óptimo contenido de Humedad.....	109
Cuadro 129. C-B (15% NaCl), Ensayo CBR – Paso 1.....	110
Cuadro 130. C-B (15% NaCl), Ensayo CBR – Paso 2.....	111
Cuadro 131. C-B (15% NaCl), Ensayo CBR – Paso 3.....	111
Cuadro 132. C-B (15% NaCl), Ensayo CBR – Penetración 0.1”	113
Cuadro 133. C-B (15% NaCl), Ensayo CBR – Penetración 0.2”	113
Cuadro 134. C-B (15% NaCl), Resultados del Ensayo CBR	114
Cuadro 135. C-B (15% NaCl), Repeticiones del Ensayo CBR.	114
Cuadro 136. C-B (20% NaCl), Clasificación SUCS y AASHTO	115
Cuadro 137. C-B (20% NaCl), Datos del ensayo	115
Cuadro 138. C-B (20% NaCl), Ensayo de Granulometría	116
Cuadro 139. C-B (20% NaCl), Límites de Consistencia.....	118
Cuadro 140. C-B (20% NaCl), Proctor Modificado Paso 1.	118
Cuadro 141. C-B (20% NaCl), Proctor Modificado Paso 2.	119
Cuadro 142. C-B (20% NaCl), Máxima densidad seca y Óptimo contenido de Humedad.....	119
Cuadro 143. C-B (20% NaCl), Ensayo CBR – Paso 1.....	120
Cuadro 144. C-B (20% NaCl), Ensayo CBR – Paso 2.....	121
Cuadro 145. C-B (20% NaCl), Ensayo CBR – Paso 3.....	121
Cuadro 146. C-B (20% NaCl), Ensayo CBR – Penetración 0.1”	123
Cuadro 147. C-B (20% NaCl), Ensayo CBR – Penetración 0.2”	123

Cuadro 148. C-B (20% NaCl), Resultados del Ensayo CBR	124
Cuadro 149. C-B (20% NaCl), Repeticiones del Ensayo CBR.	124
Cuadro 150. C-B (25% NaCl), Clasificación SUCS y AASHTO	125
Cuadro 151. C-B (25% NaCl), Datos del ensayo	125
Cuadro 152. C-B (25% NaCl), Ensayo de Granulometría	126
Cuadro 153. C-B (25% NaCl), Límites de Consistencia.....	128
Cuadro 154. C-B (25% NaCl), Proctor Modificado Paso 1.	128
Cuadro 155. C-B (25% NaCl), Proctor Modificado Paso 2.	129
Cuadro 156. C-B (25% NaCl), Máxima densidad seca y Óptimo contenido de Humedad.....	129
Cuadro 157. C-B (25% NaCl), Ensayo CBR – Paso 1.....	130
Cuadro 158. C-B (25% NaCl), Ensayo CBR – Paso 2.....	131
Cuadro 159. C-B (25% NaCl), Ensayo CBR – Paso 3.....	131
Cuadro 160. C-B (25% NaCl), Ensayo CBR – Penetración 0.1”	133
Cuadro 161. C-B (25% NaCl), Ensayo CBR – Penetración 0.2”	133
Cuadro 162. C-B (25% NaCl), Resultados del Ensayo CBR	134
Cuadro 163. C-B (25% NaCl), Repeticiones del Ensayo CBR.	134
Cuadro 164. Sistema de Clasificación de Suelos SUCS.	146
Cuadro 165. Sistema de Clasificación de Suelos AASHTO.	148

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cristales de Cloruro de Sodio visto mediante un telescopio de Barrido.	7
Figura 2. Codificación de Grupos a Analizar.	11
Figura 3. Localización del Caserío en Estudio - Google Earth.....	13
Figura 4. Calicata "A", Límite Líquido.	20
Figura 5. Calicata "A", Límite Plástico.	21
Figura 6. Calicata "A", Índice de Plasticidad.	21
Figura 7. Calicata "A", Máxima Densidad Seca.	22
Figura 8. Calicata "A", Óptimo Contenido de Humedad.	23
Figura 9. Calicata "A", Adición 15% de NaCl - CBR 100%.....	23
Figura 10. Calicata "A", Adición 20% de NaCl - CBR 100%.....	24
Figura 11. Calicata "A", Adición 25% de NaCl - CBR 100%.....	24
Figura 12. Calicata "A", Muestra Patrón vs Promedio 15,20 y 25% de NaCl - CBR 100%.....	25
Figura 13. Calicata "A", Adición 15% de NaCl - CBR 95%.....	26
Figura 14. Calicata "A", Adición 20% de NaCl - CBR 95%.....	26
Figura 15. Calicata "A", Adición 25% de NaCl - CBR 95%.....	27

Figura 16. Calicata "A", Muestra Patrón vs Promedio 15,20 y 25% de NaCl - CBR 95%.....	28
Figura 17. Calicata "B", Límite Líquido.	29
Figura 18. Calicata "B", Límite Plástico.	30
Figura 19. Calicata "B", Índice de Plasticidad.....	30
Figura 20. Calicata "B", Máxima Densidad Seca.	31
Figura 21. Calicata "B", Óptimo Contenido de Humedad.....	32
Figura 22. Calicata "B", Adición 15% de NaCl - CBR 100%.....	32
Figura 23. Calicata "B", Adición 20% de NaCl - CBR 100%.....	33
Figura 24. Calicata "B", Adición 25% de NaCl - CBR 100%.....	34
Figura 25. Calicata "B", Muestra Patrón vs Promedio 15,20 y 25% de NaCl - CBR 100%.	34
Figura 26. Calicata "B", Adición 15% de NaCl - CBR 95%.....	35
Figura 27. Calicata "B", Adición 20% de NaCl - CBR 95%.....	36
Figura 28. Calicata "B", Adición 25% de NaCl - CBR 95%.....	36
Figura 29. Calicata "B", Muestra Patrón vs Promedio 15,20 y 25% de NaCl - CBR 95%.	37
Figura 30. Calicata "A - Patrón", Curva Granulométrica.....	57
Figura 31. Calicata "A - Patrón", Diagrama de Fluidez.	58
Figura 32. Calicata "A- Patrón", Curva de Compactación.	59
Figura 33. Calicata "A - Patrón", Curva de Penetración.	62
Figura 34. Calicata "A - Patrón", Curva Densidad - CBR.....	63
Figura 35. Calicata "A - 15% de NaCl", Curva Granulométrica.	67
Figura 36. Calicata "A - 15% de NaCl", Diagrama de Fluidez.	68
Figura 37. Calicata "A - 15% de NaCl", Curva de Compactación.....	69
Figura 38. Calicata "A - 15% de NaCl", Curva de Penetración.....	72
Figura 39. Calicata "A - 15% de NaCl", Curva Densidad - CBR.....	73
Figura 40. Calicata "A - 20% de NaCl", Curva Granulométrica.	77
Figura 41. Calicata "A - 20% de NaCl", Diagrama de Fluidez.	78
Figura 42. Calicata "A - 20% de NaCl", Curva de Compactación.....	79
Figura 43. Calicata "A - 20% de NaCl", Curva de Penetración.....	82
Figura 44. Calicata "A - 20% de NaCl", Curva Densidad - CBR.....	83
Figura 45. Calicata "A - 25% de NaCl", Curva Granulométrica.	87
Figura 46. Calicata "A - 25% de NaCl", Diagrama de Fluidez.	88
Figura 47. Calicata "A - 25% de NaCl", Curva de Compactación.....	89
Figura 48. Calicata "A - 25% de NaCl", Curva de Penetración.....	92
Figura 49. Calicata "A - 25% de NaCl", Curva Densidad - CBR.....	93
Figura 50. Calicata "B - Patrón", Curva Granulométrica.	97
Figura 51. Calicata "B - Patrón", Diagrama de Fluidez.	98

Figura 52. Calicata "B - Patrón", Curva de Compactación.	99
Figura 53. Calicata "B - Patrón", Curva de Penetración.	102
Figura 54. Calicata "B - Patrón", Curva Densidad - CBR.....	103
Figura 55. Calicata "B - 15% de NaCl", Curva Granulométrica.	107
Figura 56. Calicata "B - 15% de NaCl", Diagrama de Fluidez.....	108
Figura 57. Calicata "B - 15% de NaCl", Curva de Compactación.....	109
Figura 58. Calicata "B - 15% de NaCl", Curva de Penetración.....	112
Figura 59. Calicata "B - 15% de NaCl", Curva Densidad - CBR.....	113
Figura 60. Calicata "B - 20% de NaCl", Curva Granulométrica.	117
Figura 61. Calicata "B - 20% de NaCl", Diagrama de Fluidez.....	118
Figura 62. Calicata "B - 20% de NaCl", Curva de Compactación.....	119
Figura 63. Calicata "B - 20% de NaCl", Curva de Penetración.....	122
Figura 64. Calicata "B - 20% de NaCl", Curva Densidad - CBR.....	123
Figura 65. Calicata "B - 25% de NaCl", Curva Granulométrica.....	127
Figura 66. Calicata "B - 25% de NaCl", Diagrama de Fluidez.....	128
Figura 67. Calicata "B - 25% de NaCl", Curva de Compactación.....	129
Figura 68. Calicata "B - 25% de NaCl", Curva de Penetración.....	132
Figura 69. Calicata "B - 25% de NaCl", Curva Densidad - CBR.....	133
Figura 70. Ábaco Índice de Plasticidad vs Límite Líquido.	149

RESUMEN

La presente investigación determina el efecto del cloruro de sodio en el CBR de un suelo arcilloso en el caserío de Huangamarca, distrito de Otuzco. Adicionando proporciones de 15%, 20% y 25% de NaCl (cloruro de sodio) en la muestra patrón, el material encontrado presenta baja permeabilidad en presencia de agua, esto se acentúa en el invierno, tal condición requiere un estabilizante para mejorar estos suelos. Para ello se realizó un estudio de mecánica de suelos, comprendiendo los ensayos de Granulometría, Límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR. Al finalizar la investigación se determinó el mejoramiento del CBR con NaCl, reafirmando la hipótesis planteada. En la calicata “A” aumentó de 5.94% en la adición de 15% de NaCl, 10.04% en la adición de 20% de NaCl y un decremento de 1.61% para la adición de 25% de NaCl frente a la muestra patrón, realizado para un CBR al 100% de la máxima densidad seca. Igualmente, en la calicata “B” se presenta un incremento de 5.55% en la adición de 15% de NaCl, 6.1% para la adición de 20% de NaCl y de 0.11% con la adición de 25% de NaCl frente a la muestra patrón, estos resultados se obtienen para un CBR al 100% de la máxima densidad seca. Se concluyó que el porcentaje óptimo de NaCl que presenta un mejor resultado es con un 20%.

Palabras clave: Cloruro de sodio, Suelo, Calicata, California Bearing Ratio.

ABSTRACT

The present investigation determines the effect of sodium chloride on the CBR of a clay soil in the hamlet of Huangamarca, Otuzco district. Adding proportions of 15%, 20% and 25% NaCl (sodium chloride) in the standard sample, the material found has low permeability in the presence of water, this is accentuated in the winter, such a condition requires a stabilizer to improve these soils. For this, a study of soil mechanics was carried out, including the tests of Granulometry, Atterberg Limits, Modified Proctor and CBR. At the end of the investigation, the improvement of CBR with NaCl was determined, reaffirming the hypothesis. In the soil pit "A", it increased from 5.94% in the addition of 15% NaCl, 10.04% in the addition of 20% NaCl and a decrease of 1.61% for the addition of 25% NaCl against the standard sample, performed for a CBR at 100% of the maximum dry density. Likewise, in the soil pit "B" there is an increase of 5.55% in the addition of 15% NaCl, 6.1% for the addition of 20% NaCl and 0.11% with the addition of 25% NaCl in front of the sample pattern, these results are obtained for a CBR at 100% of the maximum dry density. It was concluded that the optimal percentage of NaCl that has a better result is with 20%.

Keywords: Sodium chloride, Soil, Soil pit, California Bearing Ratio.

I. INTRODUCCIÓN

En investigaciones sobre las mejoras que se puedan aplicar para mejorar la calidad del suelo con cloruro de sodio, son muchos los debates concernientes en lo relativo sobre el cambio en el peso volumétrico de un material arcilloso al agregar cloruro de sodio, según lo investigado por diversos investigadores como Díaz (2018), Palomino (2016), Reyes, Camacho y Troncoso (2006) quienes afirman un notable incremento, existe un acuerdo general que al agregar cloruro de sodio en un suelo arcilloso permite la disminución de la humedad óptima. Dentro de algunos parámetros que se dan en la mejora del suelo se pueden encontrar, los empleados en la Fuerza aérea estadounidense (USA), con la finalidad de estabilizar el suelo. Son muchos los factores a considerar en la elección de un apropiado estabilizante, uno de los principales a tener en cuenta es conocer el tipo de suelo que se quiere estabilizar. Cuando se ha definido, considerando como base los factores de orden práctico y/o económico la clase de estabilizante a usar, se debe elegir que capa es más adecuada para tratar, según la disponibilidad de los materiales, su calidad y su costo. Es de suma importancia conocer el tipo de sales analizadas para fines de estabilización, desde años atrás una de gran interés es el cloruro de sodio, por razones netamente económicas al ser un producto de menor precio, es el compuesto que más se emplea en carreteras, viéndose en temas particulares un mayor o menor éxito dependiendo de las cantidades añadidas a un suelo, (García, Pérez, Gómez, Obil, 2002, "Instituto Mexicano de Transportes"). Su uso es en todo tipo de suelo, pero su eficacia decrece ante la presencia de material orgánico. La sal modifica la estructura del material pétreo mejorando sus propiedades físicas, lo que contribuye a aumentar la resistencia a los esfuerzos de tracción y compresión, por lo tanto, a la disminución a la permeabilidad, Gutiérrez (2010).

La estabilización de suelos, ha sido una práctica frecuentemente usada para aumentar el comportamiento frente a esfuerzos de corte en el suelo. La mejora del suelo se ve priorizado por diversos requerimientos, uno de ellos es la resistencia al esfuerzo cortante, la estabilidad volumétrica ante la presencia de agua o la deformidad o compresibilidad, entre otros más; requiriendo encontrar en los casos expuestos, un excelente comportamiento esfuerzo deformación del suelo y de la estructura que se coloque en ellos, durante toda su vida útil MTC (2005). Los suelos arcillosos generalmente no satisfacen los requerimientos exigidos para garantizar la estabilidad en terraplenes debido a su baja resistencia al corte, altas deformaciones e índice de plasticidad. Para lograr esto se tiene que utilizar procesos de mejoramiento o en su defecto reemplazar la totalidad del suelo, lo cual genera grandes

inversiones económicas y una sobre explotación de recursos naturales (Gil y Núñez, 2018). Según Abook, Kasa y Chick (2007), sostienen que la adición de cloruro de sodio disminuye de plasticidad en el suelo. Villalaz (2004), afirma que la plasticidad es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse, hasta cierto límite sin romperse.

En el caserío de Huangamarca, perteneciente a la provincia de Otuzco; de acuerdo a las últimas estadísticas proporcionadas por el INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017) indica que existen trescientas cuarenta y cuatro viviendas. Este caserío cuenta con una carretera parcialmente asfaltada que inicia en Otuzco y pasa por el caserío mencionado, se dirige hacia distritos como Usquil y Charat. Esta vía es una carretera de tercera clase donde transitan una cantidad significativa de vehículos haciendo intercambios de productos. El tipo de suelo característico de la zona es de material arcilloso, esto se comprobó mediante la observación y ensayos prácticos in situ (Prueba de lanzamiento de la bola, comprensión de la bola además de la prueba de la botella). Este material por su naturaleza posee la característica de tener una baja permeabilidad en contacto con el agua, tiene un bajo comportamiento cuando está expuesto a lluvias en los meses de invierno; estas condiciones hacen que sea necesario estabilizar la vía con un tipo de material que logre incrementar la resistencia del terreno, lo cual permita al mismo tener un mejor funcionamiento, durabilidad y transitabilidad en esta vía de comunicación.

La presente investigación analiza el efecto en el CBR al adicionar cloruro de sodio a un suelo arcilloso en porcentajes de 15%, 20% y 25%. Para la investigación se necesitó tener estudios previos, los cuales se presentan a continuación siendo internacionales, nacionales y locales: Pérez y Torres (2015), en la investigación “Estudio de la cal y del Cloruro de Sodio como agentes estabilizadores de suelos arcillosos en propiedades como la resistencia y expansividad”, tuvieron como finalidad estudiar la cal y el cloruro de sodio como agentes estabilizadores; para ello se basaron en la revisión bibliográfica acerca de los efectos químicos, mecánicos y físicos en los suelos por la adición de agentes estabilizadores como la cal y el cloruro de sodio en su preparación. Sus investigaciones revelan que el cloruro de sodio y la cal disminuyen el pH, la presión de expansión, expansión libre, entre otros; y cómo la cal aumenta la resistencia a la compresión, tracción y penetración. Además de ser estabilizadores amigables con el medio ambiente, ser de bajo costo, de fácil acceso y otorgar excelentes resultados al momento de mejorar las características de los suelos.

Según Roldán de Paz (2010), en su Tesis denominada “Estabilización de Suelos con Cloruro de Sodio (NaCl) para Bases y Sub bases”, tuvo como propósito considerar las propiedades

del compuesto mineral cloruro de sodio y su influencia para mejorar los suelos, para tal fin realizó e hizo uso del ensayo Triaxial para verificar cuales son los cambios de volumen en esfuerzos de cortes, adicionando una dosificación de NaCl en suelos areno limosos, la exposición de resultados afirman que, al proporcionar cloruro de sodio hasta un 2% a un espécimen, resultó que la cohesión del material tiene una disminución escasamente notable; es así que al otorgar NaCl del 2% hasta un porcentaje de 4% la cohesión aumenta considerablemente; teniendo en cuenta los resultados se concluyó que, el porcentaje de compactación para suelos areno limosos y arenas calizas tienen una mejora con las adiciones de sal común en porcentajes no excedentes al 2%, empero el porcentaje de CBR no se comporta de igual manera. En materiales areno limosos el porcentaje de CBR disminuye, en tanto para materiales como arenas calizas el porcentaje de CBR aumenta para especímenes compactados a 65 golpes.

De similar forma Reyes, Camacho, Troncoso (2006), en la revista “Uso del cloruro de sodio en bases granulares”, tuvieron como objetivo establecer el efecto sobre las propiedades mecánicas, al incorporar NaCl industrial en bases granulares, para tal fin usaron ensayos de CBR, compresión simple y compresión diametral, obteniendo como resultado un importante aumento en la resistencia del CBR de nueve veces con una adición del 15% de cloruro de sodio, un incremento de la resistencia del 100% para el 8% de cloruro de sodio y un declive en la resistencia a tracción para todos los porcentajes de adición. Concluyeron que, cuanto mayor es el porcentaje de NaCl en el material granular, la humedad óptima disminuye y la densidad seca máxima no presenta cambios importantes.

Es así que, en su investigación Hinrichsen (2005), en su Tesis “Estudio de Comportamiento de Suelo Estabilizado con Sal: Frente a la acción del agua, para distintas Mezclas”, tuvo como finalidad analizar cómo se comporta un suelo estabilizado con distintas mezclas de sal al entrar en contacto con el agua, para ello realizó ensayos de estabilización utilizando medios químicos el cual se logra adicionando agentes definidos de naturaleza orgánica y/o inorgánica, en cuya derivación de los agentes indicados se obtienen estabilizadores de tipo ácido, neutro o alcalino; siendo los del tipo ácido y alcalino los que batallan químicamente a los componentes del material del suelo, en especial a los suelos arcillosos provocando en estas nuevas reacciones compuestos de naturaleza cementante, los estudios efectuados en laboratorio mostraron que el CBR no contribuye en los resultados que faciliten cuantificar los efectos exitosos de la sal, ya que con la adición de NaCl no se observa sustancialmente el aumento en su capacidad de soporte. Se concluyó que, realizando ensayos de resistencia

a la compresión no confinada, la adición de sal si incrementa la capacidad de soporte; el cual no fue posible medir directamente en el ensayo de CBR. Según Cochachin (2018), en su tesis “Estabilización y durabilidad de sub base usando la cantera de Challhua con adición de cloruro de sodio en 2, 4 y 6% Huaraz – 2017”, tuvo por finalidad adicionar NaCl en proporciones de 2, 4, y 6% al material de la cantera Challhua, con la intención de aumentar el índice CBR para los porcentajes mencionados y además verificar su durabilidad. Sus estudios determinaron que el porcentaje de compactación y CBR tienen un aumento en sus valores al adicionar 2% de cloruro de sodio: En las características de compactación se obtiene la densidad seca máxima de 1,211 gr/cm³ y la humedad óptima de 14.1%. El valor del CBR de la muestra patrón es 96,8% y el valor del CBR de la muestra efectiva es 99.9%, por lo que se tuvo un aumento de 3.1%. Sin embargo, al adicionar 4 y 6% de cloruro de sodio el valor del CBR disminuye, con valores de 96.2% y 68.5% respectivamente.

Así mismo en la investigación de Díaz (2018), en su Tesis “Mejoramiento del CBR de un suelo arcilloso con cloruro de sodio”, afirma que el suelo mejora hasta un 20% al adicionar porcentajes de 14%, 16% y 18% de sal; determinando el índice de CBR sometido a 0.1” en el ensayo de penetración, registró un CBR de 4.05% para la muestra patrón, al adicionar 14% de NaCl obtuvo un ligero incremento en el CBR, tomando un valor de 5.02%, así también al adicionar NaCl en proporción de 16% obtuvo un valor del CBR de 4.45%, en tanto que para una adición con 18% de NaCl se obtuvo un CBR de 5.85%. Para un CBR sometido a 0.2” en el ensayo de penetración, para la muestra patrón se obtiene un CBR de 4.85%, al adicionar 14% de NaCl se registra un valor en el CBR de 5.82%, de forma similar al adicionar 16% de NaCl se obtiene un CBR de 6.1%, e incrementando con 18% de NaCl se obtiene un CBR de 6.30%.

De modo similar Palomino (2016), en su Tesis “Influencia de la adición de cloruro de sodio en el Índice California Bearing Ratio (CBR) de un suelo arcilloso, Cajamarca 2016”, tuvo por propósito principal estimar el efecto del NaCl en 4%, 8% y 12% en el CBR para un suelo con material arcilloso, teniendo como resultado el incremento del CBR hasta de un 10% en comparación con la muestra patrón, Encontró los siguientes resultados para un CBR sometido a 0.1” en el ensayo de penetración; la muestra patrón llega a tener un CBR de 4.43%, al adicionar una dosificación del 4% de NaCl se tiene un CBR de 4.50%, cuando se adiciona 8% de NaCl el CBR presenta un valor de 4.70%, asimismo con una proporción de 12% de NaCl el CBR tiene un valor de 4.85%. Para un CBR expuesto a 0.2” en el ensayo de penetración, la muestra patrón cuenta con un valor de CBR de 4.85%. Cuando se somete a

una dosificación de 4% de NaCl, el CBR encontrado es de 5.01%; de manera homóloga al adicionar 8% de NaCl se tiene un valor de CBR de 5.21%, asimismo considerando un 12% de NaCl como dosificación se puede obtener un valor de CBR de 4.32%. Demostrando de esta manera que la adición de NaCl en porcentajes de 4%,8% y 12% aseguran un aumento sustancial en el Índice de soporte de california.

La investigación que se expone cuenta con una base teórica, la misma que aporta información necesaria y fundamentada para el propósito que se pretende atender. Se pudo encontrar una cantidad de información bibliográfica reducida porque, el campo de acción de usos de aditivos en el sector y área está todavía muy poco investigada, Pozo (2019). Para tal fin, es importante investigar el comportamiento ante la alteración frente a cualquier asentamiento. El suelo se comporta como una estructura más, contando con cualidades físicas propias como, densidad, porosidad, módulo de balasto, talud natural, cohesión y ángulo de fricción interna, esto le confiere ciertas propiedades de resistencia frente a distintas sollicitaciones tales como: compresión, cizalle, reflejadas en magnitudes como la tensión admisible a los asentamientos máximos y diferenciales. El tipo de suelo puede diferenciarse en función de la roca madre y el tamaño de las partículas que lo componen. Por lo tanto, la arena, la grava, y las partículas de mayor tamaño son producidas por el fenómeno de meteorización física. El cuadro 1 detalla la Clasificación de suelos según el tamaño a que corresponden sus partículas. A diferencia de los suelos granulares, los suelos cohesivos, tienen la característica de tener un tamaño más fino en sus partículas constituyentes (inferior a 0.08 mm, según el sistema unificado SUCS), siendo la cohesión su principal propiedad desde el punto de vista mecánico en suelos de este tipo; asimismo es notable ver su escasa permeabilidad al dificultar el paso del agua por el minúsculo vacío que poseen sus poros.

Cuadro 1. Clasificación de suelos según el tamaño de partículas.

Tipo de material		Tamaño de las partículas
Grava		75mm - 4.75mm
ARENA		Arena Gruesa De 4.75mm a 2.00mm
		Arena Media De 2.00mm a 0.425mm
		Arena Fina De 0.425mm a 0.075mm
Material Fino	Limo	0.075 mm – 0.005mm
	Arcilla	Inferior a 0.005mm

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos 2013 (p. 36)

Según Pico (2016), sostiene que las arcillas son suelos de partículas sólidas con un diámetro inferior a 0.002 mm según indica la clasificación AASHTO, su masa cuenta con la cualidad de tornarse plástica al ser amalgamada con agua. Este compuesto químico es un silicato de alúmina hidratada, sin embargo, en circunstancias tiene también silicatos de hierro y en otros magnesios hidratados.

Siguiendo el estudio se logró determinar cuáles son las características de los suelos, atendiendo lo mencionado anteriormente, se logró cuantificar con sumo acercamiento, el comportamiento de los suelos, especialmente con el conocimiento de la granulometría, plasticidad, posteriormente clasificar los suelos. Esta clasificación del suelo se determina bajo el sistema mostrado en el cuadro 2. La clasificación permite prever el comportamiento aproximado de los suelos, que contribuirá a delimitar los sectores homogéneos desde el punto de vista geotécnico. A continuación, se muestra una correlación de los dos sistemas de clasificación más frecuentes, AASHTO y ASTM (SUCS):

Cuadro 2. Clasificación de suelos mediante sistema SUCS y AASHTO.

Clasificación de Suelos AASHTO AASHTO M - 145	Clasificación de Suelos SUCS ASTM - D -2487
A -1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A -1-b	GM, GP, SM, SP
A - 2	GM, GC, SM, SC
A - 3	SP
A - 4	CL, ML
A - 5	ML, MH, CH
A - 6	CL - CH
A - 7	OH, MH, CH

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos 2013 (p. 39).

Es de suma importancia conocer las propiedades con las que cuentan los suelos, su análisis debe permitir al ingeniero civil conocer el tipo de suelo y las propiedades que poseen, conociendo esta información se procede a encontrar soluciones al problema de estabilización si es que existieran. Los resultados revelen que la presencia de cloruro de sodio en una mezcla de suelo y cal mejora la resistencia a la compresión, Davoudi y Kabir (2011). Para tal fin se debe considerar que sustancias se pueden emplear para elevar estas propiedades que le puede hacer falta a algunos suelos. Actualmente existe una gama de productos químicos que permiten incrementar tales propiedades, una de las más económicas y con las que se tienen buenos antecedentes es con la dosificación de cloruro de sodio (NaCl), a suelos con bajos niveles de resistencia. Haliburton y Marcas (2007), afirman que el cloruro de suelo

se ha utilizado durante muchos años como estabilizante, sin embargo, existen pocas investigaciones en ingeniería sobre las propiedades del suelo cohesivo estabilizado con cloruro de sodio. En este estudio nos ocuparemos de la importancia de la sal como agente estabilizante. La sal es un compuesto químico, viene dado por su fórmula NaCl. Todas las sales tienen por característica poseer enlaces iónicos, los que generan puntos de fusión relativamente altos, excelente conductividad eléctrica al entrar en disolución. Se muestra en la naturaleza en forma de cristales en su estado sólido. Este compuesto es un sólido carente de color, puede disolverse tanto en agua fría a temperatura ambiente como en agua a altas temperaturas, los cristales poseen un brillo homogéneo al hielo.

La sal también es llamada halita en su estado mineral, muy frecuente en todo el planeta. La encontramos disuelta en las aguas de los océanos, en concentraciones que pueden alcanzar los 30 gr/l de agua y constituye alrededor del 3% de la masa del agua en los mismos. Es frecuente encontrarla presente en ríos, lagos y mares en proporciones que fluctúan en 0.002% y 30% (Es importante mencionar también que, la sal se encuentra presente en el hombre, contribuyendo al bienestar del mismo). Las sales son arrastradas constantemente por la intervención de las corrientes de los ríos, sobre rocas que guardan en su interior cloruros y compuestos de mineral de sodio, (Caruajulca, 2018).



Figura 1. Cristales de Cloruro de Sodio visto mediante un telescopio de Barrido.

Fuente: Petrucci, Hering, Madura, Bissonette. Química General (p. 98)

“La sal se elabora mediante tres procedimientos, el más antiguo se basa en el uso del calor de sol para crear la vaporización del agua salada, lo que da como resultado residuos de sal. La segunda técnica se basa en la extracción directa de las minas de sal y la tercera forma se basa en la evaporación del agua de mar con el uso de hornos.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en la sección Suelo Estabilizado con Sal, p. 2, 2013) En el cuadro 3 se pueden observar las características típicas que posee este mineral.

Cuadro 3. Características típicas de la sal (NaCl).

Características	Límites
Cloruro de sodio, %	98.00 - 99.70
Humedad, %	2.00 - 3.60
Material 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 (N°4)	20 - 55%
Tamiz 1.18 mm (N°16)	50 - 70%
% pasa Tamiz 1.18 mm (N°16)	13% máx.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013 (p. 121)

Las propiedades más importantes del Cloruro de Sodio (NaCl) son:

_Bajo punto de congelamiento

_Es un estabilizador natural

_Es un material Higroscópico (capacidad para absorber humedad del medio ambiente).

_Las soluciones que contienen NaCl presentan una mayor tensión superficial (fenómeno por el cual la superficie de un líquido tiende a comportarse como si fuera una delgada película elástica).

_Reduce el punto de evaporación del agua.

Para Roldán de Paz (2010), manifiesta que la calidad a prolongado plazo en proyectos ingenieriles de construcción en carreteras está sujeta al buen comportamiento del suelo donde se fundan las mismas. Contando con un buen diseño y técnicas de construcción se logra restar las variaciones no deseadas en el suelo utilizado para bases y sub bases, con el objetivo de prevenir el colapso en una carretera. El cloruro de sodio (NaCl) cumple la función de ser un retardante en la pérdida de humedad; proporcionando un método confiable y a la vez económico en la estabilización de suelos frecuentemente usados para bases y sub bases. Obtiene buen éxito en el tratamiento de suelos, variando en porcentajes o cantidades, dependiendo de la finalidad. En la investigación se llegó a tener una formulación del problema siendo la siguiente: ¿Cuál es el efecto del Cloruro de Sodio en el CBR de un suelo arcilloso en el caserío de Huangamarca, distrito de Otuzco?

De tal manera, este proyecto nos lleva a poder sustentar teniendo en cuenta, la Justificación Teórica: La información con la que se cuenta, acerca de la utilización de Cloruro de Sodio para el aumento del CBR en suelos arcillosos en el caserío de Huangamarca, distrito de Otuzco es limitada, ya que se necesita saber si hay un límite en la utilización de este producto

con relación a los suelos arcillosos, esta investigación tiene como propósito el aporte de nueva información a la ya existente.

Justificación aplicativa o Práctica: Huangamarca es un caserío de Otuzco que cuenta con diversos tipos de suelo donde uno de los más representativos es el suelo arcilloso en el cual se observa el mal estado de sus carreteras, esto con lleva a mejorar y darle una alternativa de solución para aumentar la capacidad de soporte del suelo (CBR), en consecuencia, que la presente investigación brinda alcances sobre qué porcentaje de cloruro de sodio es adecuado en el aumento del CBR del suelo antes mencionado.

Justificación Metodológica: La información adquirida a lo largo de la vida universitaria no es la suficiente para afrontar problemas existentes y por existir en el desarrollo de nuestra vida profesional, esta investigación nos muestra nuevas alternativas en lo referente a estabilización de suelos lo cual incrementa nuestros conocimientos referentes a este tema expuesto.

De tal manera que el objetivo general, es determinar el efecto del Cloruro de Sodio en el CBR de un suelo arcilloso en el caserío de Huangamarca, distrito de Otuzco, lo cual con lleva a tener como objetivos específicos: realizar los estudios de mecánica de suelos, estos comprenden la granulometría, clasificación SUCS y AASTHO, límites de Atterberg, proctor modificado y CBR que nos permita precisar la máxima capacidad de soporte del suelo materia de estudio adicionándole cloruro de sodio. Analizar el CBR de un suelo arcilloso para muestra patrón como para las distintas dosificaciones en 15%, 20% y 25% de cloruro de sodio que se usará a nivel de subrasante y finalmente analizar el porcentaje óptimo de cloruro de sodio (NaCl) que se debe adicionar al suelo arcilloso encontrado en el caserío Huangamarca para aumentar su capacidad de soporte. En vista de ello se formulará la siguiente hipótesis; el efecto del Cloruro de Sodio en el CBR de un suelo arcilloso en el caserío de Huangamarca, distrito de Otuzco, incrementa su capacidad de soporte.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

2.1.1. Tipo de Investigación

Según su nivel. La investigación es explicativa, para Hernández, Fernández y Baptista (2014); Como su nombre lo indica su interés se centra porque ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o porque se relacionan dos o más variables.

Según su finalidad. Por su investigación es básica aplicada, para Borja (2012), tiene como propósito fundamental dar soluciones a problemas prácticos. La investigación utilizó las normas estandarizadas para los estudios de mecánica de suelos en el Perú.

Según su enfoque. Es cuantitativo, para Baptista et al (2014), sostienen que es cuantitativo porque se mide en fenómenos y se hace uso de la estadística, donde el investigador utiliza sus diseños para analizar la certeza de las hipótesis formuladas en un contexto particular.

Según su temporalidad. La investigación es transversal, para Baptista et al (2014); afirman que son investigaciones que recopilan datos en un momento único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

2.1.2. Diseño de Investigación

El diseño es experimental puro, porque según su clasificación manipula intencionalmente la variable independiente, consecuentemente se realizó una serie de ensayos en laboratorio para verificar el efecto del Cloruro de Sodio en el CBR de un suelo arcilloso en el caserío de Huangamarca, distrito de Otuzco, y así obtener un número de la relación de soporte (CBR), que viene a ser la medida de la resistencia al esfuerzo cortante del terreno.

Según Sousa, Driessnack y Costa (2007), El proceso más simple de todos los diseños experimentales es el post – test con grupo control, los sujetos están designados en forma aleatoria tanto como para el grupo control como para el grupo experimental.

La investigación tiene un grupo control y tres grupos experimentales por calicata, los mismos que estarán sujetos a las alteraciones que traerá la incorporación de cloruro de sodio (NaCl) en proporciones de (15%,20%y25%).

Cuadro 4. Grupo de Diseño y sus proporciones.

CALICATA	ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO		N° MEDICIÓN (CBR)	N° DE REPETICIONES
C-1	G_c	0%	1	3
	G_{E1}	15%	1	3
	G_{E2}	20%	1	3
	G_{E3}	25%	1	3
C-2	G_c	0%	1	3
	G_{E1}	15%	1	3
	G_{E2}	20%	1	3
	G_{E3}	25%	1	3
TOTAL CBR			8	24

Fuente: Elaboración propia, 2019.

G_C : _____ O_1

G_{E_1} : X_1 O_2

G_{E_2} : X_2 O_3

G_{E_3} : X_3 O_4

Figura 2. Codificación de Grupos a Analizar.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Donde:

G_c : Es el grupo control, viene a ser la muestra patrón de suelo sin la adición de NaCl.

G_{E_i} : Grupo experimental expuesto a una determinada proporción de NaCl.

X_i : Representa las proporciones de NaCl en porcentajes de (15%,20% y 25% respectivamente).

O_i : Es la observación que se realiza para medir el CBR.

2.2. Operacionalización de Variables

Cuadro 5. Operacionalización de Variables

VARIABLES	VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente	Efecto Cloruro de Sodio (NaCl).	El NaCl es un estabilizante natural, cuya propiedad fundamental, al ser higroscópico, es absorber la humedad del aire, reduciendo el punto de evaporación y mejorando la cohesión del suelo. Manual de carreteras. Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2013) pp.120.	Se adicionará Cloruro de Sodio en 15%,20% y 25% del peso de la muestra patrón, para analizar su efecto sobre esta	Porcentaje Cloruro de Sodio	<u>% de Aditivo:</u> 15% 20% 25%	De Razón
Variable Dependiente	CBR del suelo	El objetivo del ensayo es encontrar el índice CBR (California Bearing Ratio) de suelos compactados en laboratorio, con niveles de compactación variables y una humedad óptima Díaz (2018).	Se ejecutarán los siguientes ensayos: Análisis Granulométrico; Según norma NTP 339.128, Ensayos de límites de Atterberg; Según norma NTP 339.129, Ensayo de Compactación Proctor Modificado; Según norma NTP 339.141, CBR; Según norma ASTM D-1883, para hallar el CBR máximo	Estudio de Mecánica de Suelos	Análisis Granulométrico Ensayos de límites de Atterberg Ensayo de compactación Proctor Modificado CBR	De Razón

Fuente: Elaboración propia, 2019.

2.3. Población, muestra y muestreo

Para la población se tomó como unidad de estudio el suelo arcilloso del caserío de Huangamarca, Provincia de Otuzco, Departamento de La Libertad (ver figura 2).

Para realizar la muestra, se procedió de acuerdo a un plan de muestreo; ello consiste en seleccionar una parte de suelo arcilloso adecuado, para garantizar la representatividad de la misma. Se estima conveniente extraer un total de dos mil kilogramos de material arcilloso, siendo esta muestra sometida a las observaciones y a las mediciones pertinentes.

El muestreo (MTC E101) se efectuó mediante excavaciones en pozos o calicatas, con la finalidad de extraer el material arcilloso (ver Cuadro 6 - p. 14), se tuvo en cuenta no perder los cuidados necesarios al momento de extraer el material con la intención de no alterar sus propiedades. El tipo de muestreo a usar es no probabilístico pues las elecciones de las muestras están relacionadas con las características que requiere la investigación.

Las áreas comprendidas para el muestreo y la ubicación de las calicatas se realizaron teniendo en consideración el plano de ubicación, estas se ubicaron en inmediaciones de la carretera que une el tramo Huangamarca y Usquil. Cada una de las calicatas fueron ubicadas tomándose sus respectivas coordenadas UTM.



Figura 3. Localización del Caserío en Estudio - Google Earth.

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

A continuación, se observa la sección de las calicatas y sus respectivas coordenadas UTM.

Cuadro 6. Ubicación y características de Calicatas.

CALICATAS	ANCHO (m)	LARGO (m)	PROFUND. (m)	CANT. MUESTRA (Kg)	COORDENADAS UTM	
					ESTE	NORTE
C-1	1	1	1.8	1000	773877.39	9131725.4
C-2	1	1	1.8	1000	773611.41	9131552.5

Fuente: Elaboración propia, 2019.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

En la investigación se aplica la técnica de la observación, donde lo registrado queda almacenado cronológicamente. Para ello se utilizó como instrumento una guía de observación, esta permite clasificar de forma adecuada la información que brindan los distintos ensayos puestos a prueba.

Los diversos ensayos aplicados a las muestras representativas de suelo arcilloso, son efectuados tal cual lo especifican las normas (NTP, ASTM Y AASHTO), las mismas que nos permiten establecer resultados; con el fin de verificar si existe un incremento del CBR para un suelo arcilloso, adicionando un porcentaje predeterminado de cloruro de sodio (NaCl).

A continuación, se menciona los procedimientos necesarios que se necesitaron para la investigación.

2.4.1. Ensayo Granulométrico

El ensayo granulométrico (ASTM D422, AASHTO T88, NTP 339.128, MTC E107), consiste en hacer pasar por una torre de tamices de distinto diámetro la muestra representativa, con la finalidad de separar el material según sus respectivos tamaños, los cuales quedan retenidos por cada tamiz.

Los tamices con los que se cuenta en laboratorio para poder realizar este ensayo son de 3", 2", 1/2", 1/4", N°4, N°10, N°20, N°40, N°80, N°100 y N°200.

2.4.2. Ensayo de Límites de Atterberg

Estos ensayos consisten en Ensayos de Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad (ASTM D – 4318, NTP 339.129, MTC E111).

Los límites de Atterberg son pruebas empíricas para comprobar las propiedades físicas que tiene el suelo en presencia de agua, al pasar de un estado al otro. Estos límites varían con la proporción de arcilla en el suelo.

El límite líquido y el índice de plasticidad constituyen una medida de la plasticidad del suelo. El análisis de los ensayos de límite líquido y plástico se facilita usando la Carta de A. Casagrande, en esta carta las ordenadas representan los valores del índice de plasticidad; y las abscisas los valores del límite líquido.

2.4.3. Ensayo de Contenido de Humedad

Para efectuar este ensayo se contó como referencia a normas tales como (ASTM D2216 – MTC E108 – 1999, NTP 339 – 128, AASHTO T88).

Este ensayo nos permite encontrar la humedad existente en la muestra representativa. El procedimiento a seguir es sencillo, consistente en pesar antes y después de llevar la muestra al horno; y observar la variación en cuanto a peso. Este dato nos permite determinar el contenido de humedad existente inicialmente.

2.4.4. Ensayo de compactación Proctor Modificado

Para este ensayo se toman como referencia a las normas (NTP 339.141, ASTM D1557, AASHTO T180, MTC 115).

Este ensayo nos permite examinar los cambios del peso unitario de un suelo en función de los contenidos de humedad, cuando se somete a un asignado esfuerzo de compactación normalizado. Esto nos permite establecer la humedad óptima con la que se obtiene el mayor valor del peso unitario, nombrado Densidad máxima.

2.4.5. Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)

La investigación tomó como referencias las normas, (ASTM D1883, AASHTO T193, MTC E132)

El CBR es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad estrictamente examinadas. Este ensayo se utiliza para establecer una relación entre la conducta de los suelos primordialmente empleados para bases y sub rasante bajo el pavimento en carreteras. El número CBR de un suelo es la carga unitaria correspondiente a 0.1” y 0.2” de penetración, reflejada en porcentaje de su respectivo valor estándar.

2.5. Procedimiento

Las muestras fueron extraídas en el caserío Huangamarca, el material es colocado en sacos debidamente codificados según la calicata respectiva, luego el material es transportado hacia la ciudad de Trujillo para ser almacenado cuidadosamente antes de realizar los ensayos respectivos.

Los ensayos se realizaron en las instalaciones del laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad César Vallejo – sede Trujillo, usando correctamente equipos calibrados, con los cuales se obtuvieron los resultados para su respectivo análisis y poder así cumplir con todos los objetivos planteados inicialmente. Cada uno de los equipos y materiales empleados cumplen estrictamente con los reglamentos y normas vigentes según amerite cada ensayo a realizar.

2.6. Método de análisis de datos

Para reflejar los datos que se obtuvieron mediante los ensayos, utilizamos métodos estadísticos tales como el empleo de la media, varianza y porcentajes. Los datos obtenidos fueron procesados en programas computacionales como SPSS para realizar la prueba ANOVA. El día de hoy los investigadores codifican la información en un programa de análisis estadístico, transfiriendo los valores a un archivo / matriz de un programa computarizado de análisis estadístico (IBM SPSS, Minitab o equivalente), Hernández, Fernández y Baptista (2014). Así mismo se hizo empleo del soporte del programa Excel. La información obtenida es expuesta en cuadros y gráficos debidamente codificados.

2.7. Aspectos éticos

La investigación en su totalidad fue tomando las normas que requieren los estudios pertinentes de mecánica de suelos, es así que en la investigación se realizaron diversos ensayos en laboratorio, cada uno de ellos brindó resultados que en su conjunto contribuyen a conseguir los objetivos inicialmente planificados. Cada ensayo ha sido realizado consecuentemente y en estricto orden, los mismos que se rigen por normas nacionales tanto como internacionales.

Los ensayos desarrollados son los siguientes:

- _Las calicatas fueron realizadas según norma NTP 339.162 (ASTM D420), MTC 101.
- _ El contenido de humedad con norma NTP 339.127 (ASTM D2216), MTC 108.

_El análisis granulométrico según norma NTP 339.128 (ASTM D422), MTC 107.

_Para ensayos de límite líquido y límite plástico la norma NTP 339.129 (ASTM D4318), MTC 111.

_Para la clasificación SUCS la norma usada es NTP 339.134 (ASTM D2487) y AASTHO.

_Ensayo de Compactación Proctor Modificado según NTP 339.141 (ASTM D1557), MTC E 115.

_Ensayo de CBR según norma (ASTM D-1883), MTC E 132.

III. RESULTADOS

3.1. Interpretación de resultados

Cuadro 7. Resumen detallado de los resultados obtenidos en el laboratorio de suelos.

A continuación, se detalla un cuadro resumen de los resultados obtenidos en el laboratorio de suelos obteniendo sus propiedades físicas, clasificación y propiedades mecánicas de ambas calicatas estudiadas.

Calicata		Ubicación	Prof. Estrato	PROPIEDADES FÍSICAS							CLASIFICACIÓN		PROPIEDADES MECÁNICAS			
Nº	Estrato			% CH	% Finos	% Arenas	% Gravas	% LL	% LP	% IP	SUCS	AASHTO	MDS (g/cm ³)	OCH %	CBR 100%	CBR 95%
C-1	E-1	CALICATA A	1.80 m	4.21	66.30	15.57	18.13	30	25	5	ML-CL	A-4	1.970	10.55	5.72	5.18
C-2	E-1	CALICATA A	1.80 m	4.18	65.62	16.90	17.48	33	27	6	ML-CL	A-4	1.968	10.80	6.39	5.19
C-3	E-1	CALICATA A	1.80 m	4.26	66.27	17.37	16.36	32	26	6	ML-CL	A-4	1.980	10.00	6.55	5.35
C-1	E-1	CALICATA B	1.80 m	7.13	69.46	11.62	18.92	39	25	14	CL	A-6	1.815	15.80	4.06	3.36
C-2	E-1	CALICATA B	1.80 m	7.49	67.08	13.90	19.02	36	24	12	CL	A-6	1.810	14.40	6.06	3.78
C-3	E-1	CALICATA B	1.80 m	7.48	72.57	14.46	12.97	36	25	11	CL	A-6	1.825	14.42	5.39	3.80
ADICIÓN DEL 15% DE CLORURO DE SODIO A LA MUESTRA																
C-1	E-1	CALICATA A	1.80 m	10.95	66.30	15.57	18.13	36	31	5	ML-CL	A-4	2.075	9.40	12.05	10.11
C-2	E-1	CALICATA A	1.80 m	8.30	65.62	16.90	17.48	36	30	6	ML-CL	A-4	2.072	9.48	12.21	9.93
C-3	E-1	CALICATA A	1.80 m	8.82	66.27	17.37	16.36	35	30	5	ML-CL	A-4	2.074	9.30	12.21	9.96
C-1	E-1	CALICATA B	1.80 m	9.78	69.46	11.62	18.92	45	33	12	CL	A-7-5	1.990	11.05	10.05	8.73
C-2	E-1	CALICATA B	1.80 m	10.08	67.08	13.90	19.02	45	30	15	CL	A-7-5	1.990	10.50	11.05	9.02
C-3	E-1	CALICATA B	1.80 m	10.25	72.57	14.46	12.97	45	31	14	CL	A-7-5	1.960	10.35	11.05	8.96

ADICIÓN DEL 20% DE CLORURO DE SODIO A LA MUESTRA																
C-1	E-1	CALICATA A	1.80 m	9.87	66.30	15.57	18.13	31	29	2	ML	A-4	1.980	9.58	16.71	12.26
C-2	E-1	CALICATA A	1.80 m	10.13	65.62	16.90	17.48	31	27	4	ML-CL	A-4	1.975	10.00	16.37	14.04
C-3	E-1	CALICATA A	1.80 m	9.62	66.27	17.37	16.36	30	29	1	ML	A-4	1.985	10.35	15.71	13.53
C-1	E-1	CALICATA B	1.80 m	12.82	69.46	11.62	18.92	57	35	22	MH	A-7-5	1.920	11.83	11.05	9.65
C-2	E-1	CALICATA B	1.80 m	11.80	67.08	13.90	19.02	46	35	11	CL	A-7-5	1.925	11.80	11.38	9.15
C-3	E-1	CALICATA B	1.80 m	11.72	72.57	14.46	12.97	45	32	13	CL	A-7-5	1.928	11.47	11.38	9.20
ADICIÓN DEL 25% DE CLORURO DE SODIO A LA MUESTRA																
C-1	E-1	CALICATA A	1.80 m	8.61	66.30	15.57	18.13	28	25	3	ML	A-4	1.975	10.17	4.39	4.01
C-2	E-1	CALICATA A	1.80 m	8.66	65.62	16.90	17.48	29	25	4	ML-CL	A-4	1.960	10.80	4.72	4.51
C-3	E-1	CALICATA A	1.80 m	8.77	66.28	17.37	16.36	29	24	5	ML-CL	A-4	1.945	11.44	4.72	4.45
C-1	E-1	CALICATA B	1.80 m	10.43	69.46	11.62	18.92	45	33	12	CL	A-7-5	1.830	12.00	6.06	5.01
C-2	E-1	CALICATA B	1.80 m	10.32	67.08	13.90	19.02	47	33	14	CL	A-7-5	1.860	12.00	5.06	4.16
C-3	E-1	CALICATA B	1.80 m	9.97	72.57	14.46	12.97	46	35	11	CL	A-7-5	1.880	11.89	4.72	4.44

Fuente: Elaboración propia, 2019.

De los resultados obtenidos en las propiedades físicas resaltan notoriamente que es un suelo arcilloso ya que el porcentaje de finos es mayor al 50% en ambas calicatas y en sus propiedades mecánicas tienen un crecimiento óptimo al adicionarle 20% de cloruro de sodio.

3.1.1. Calicata "A"

Cuadro 8. C-A, Granulometría.

	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO
	ML - CL	A - 4
C -A	(Arcilla limosa y tipo grava con arena)	(Suelo Limoso, regular a malo.)

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 9. C-A, Límite líquido.

Patrón "C-A"	31.67
15% NaCl	35.67
20% NaCl	30.67
25% NaCl	28.67

Fuente: Elaboración propia, 2019.

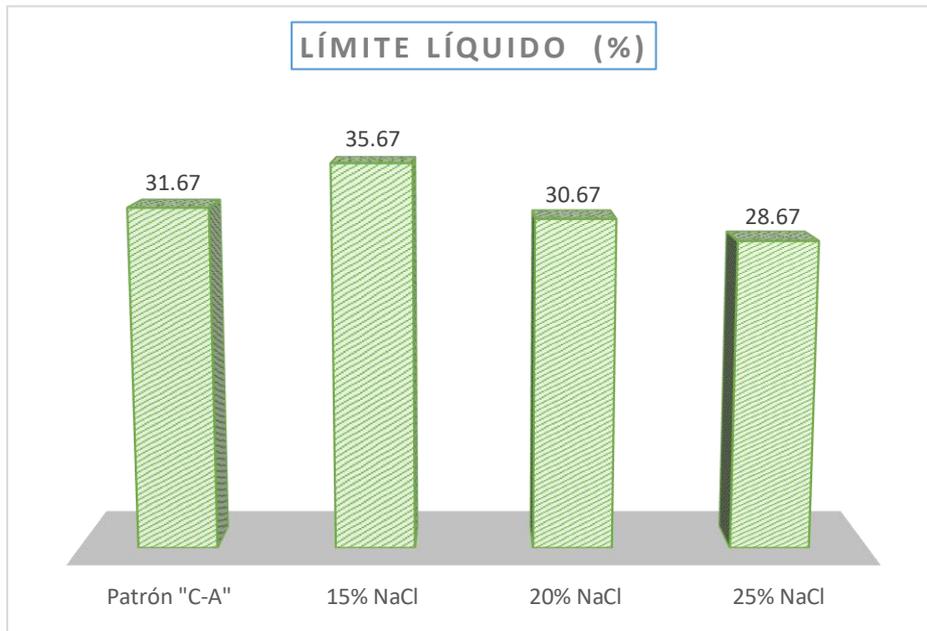


Figura 4. Calicata "A", Límite Líquido.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el siguiente gráfico se observa un incremento del 4% respecto a la muestra patrón cuando se adiciona cloruro en un porcentaje de 15% siendo el más representativo. Y el menor porcentaje es cuando se adiciona el 25% de NaCl.

Cuadro 10. C-A, Límite Plástico.

Patrón "C-A"	26
15% NaCl	30.33
20% NaCl	28.33
25% NaCl	24.67

Fuente: Elaboración propia, 2019.

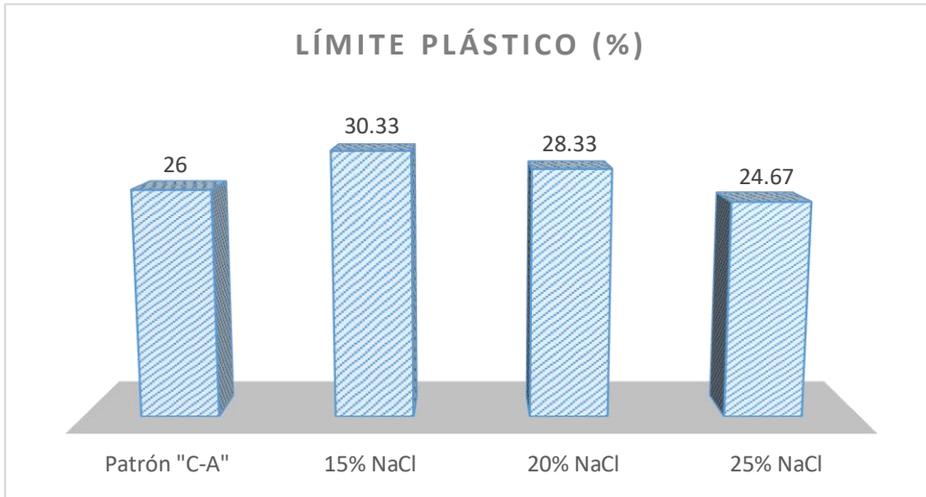


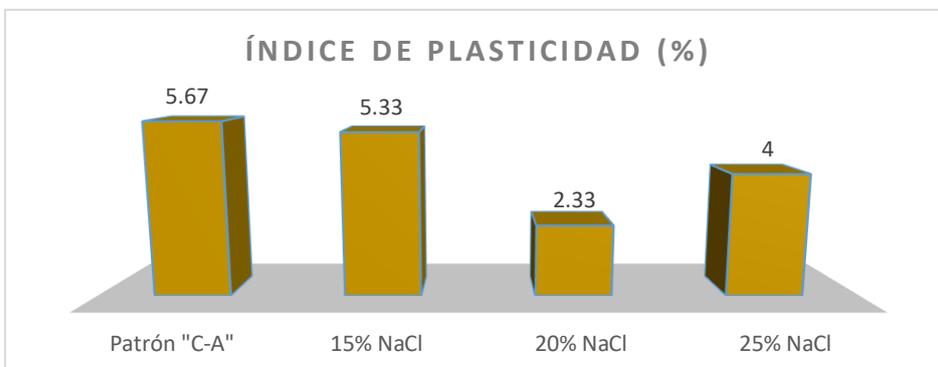
Figura 5. Calicata "A", Límite Plástico.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el siguiente gráfico se presenta un incremento de 2.33% cuando se adiciona un 20% de cloruro de sodio respecto a la muestra patrón y el menor porcentaje es cuando se adiciona el 25% de NaCl.

Cuadro 11. C-A, Índice de plasticidad.

Patrón "C-A"	5.67
15% NaCl	5.33
20% NaCl	2.33
25% NaCl	4



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Figura 6. Calicata "A", Índice de Plasticidad.

En el siguiente grafico se presenta un decremento en el índice de plasticidad para todas las adiciones de cloruro de sodio respecto a la muestra patrón sometidas a 15%,20%,25% de adiciones de NaCl.

Cuadro 12. C-A, Proctor Modificado.

MÁXIMA DENSIDAD SECA	
Patrón "C-A"	1.97
15% NaCl	2.074
20% NaCl	1.98
25% NaCl	1.96

Fuente: Elaboración propia, 2019.

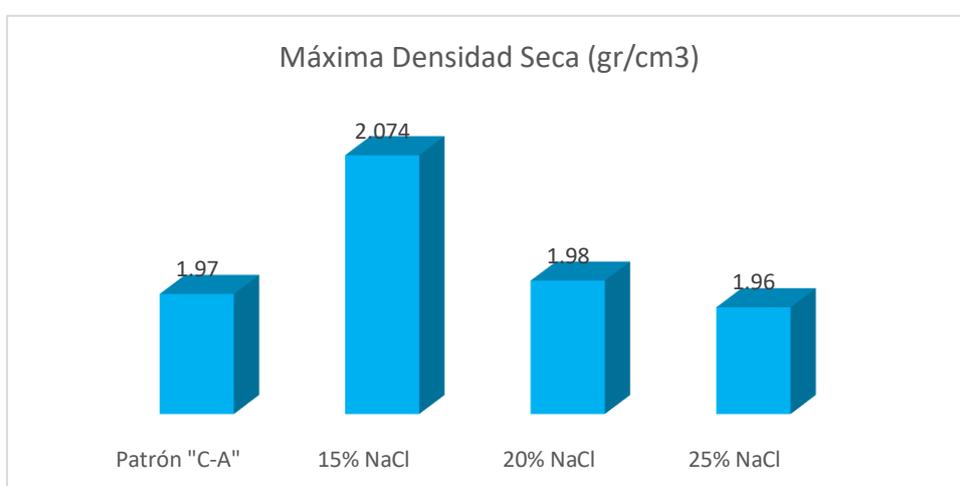


Figura 7. Calicata "A", Máxima Densidad Seca.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el siguiente gráfico se observa que el mayor porcentaje representativo de la máxima densidad seca se da cuando se adiciona el 15% de cloruro de sodio y el menor porcentaje es cuando se adiciona el 25% de NaCl.

Cuadro 13. C-A, Óptimo Contenido de Humedad.

Patrón "C-A"	10.45
15% NaCl	9.39
20% NaCl	9.98
25% NaCl	10.8

Fuente: Elaboración propia, 2019.

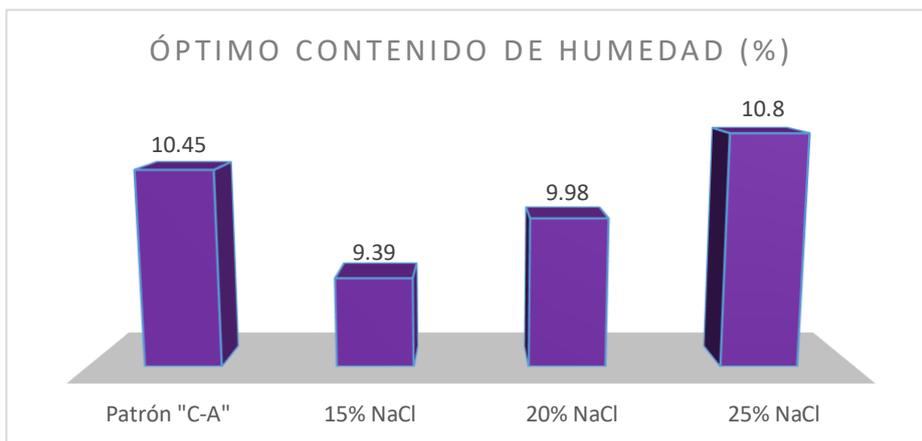


Figura 8. Calicata "A", Óptimo Contenido de Humedad.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el gráfico de barras se observa que el óptimo contenido de humedad sufre una reducción para porcentajes de adiciones en cloruro de sodio entre el 15% y 20% y un incremento con la adición del 25% de cloruro de sodio respecto a la muestra patrón.

CBR – 100%

Cuadro 14. C-A, Repeticiones del Grupo Control con la adición del 15% de Cloruro de sodio (CBR-100%).

N° Rep.	1	2	3
G.C	5.72	6.39	6.55
15% NaCl	12.05	12.21	12.21

Fuente: Elaboración propia, 2019.

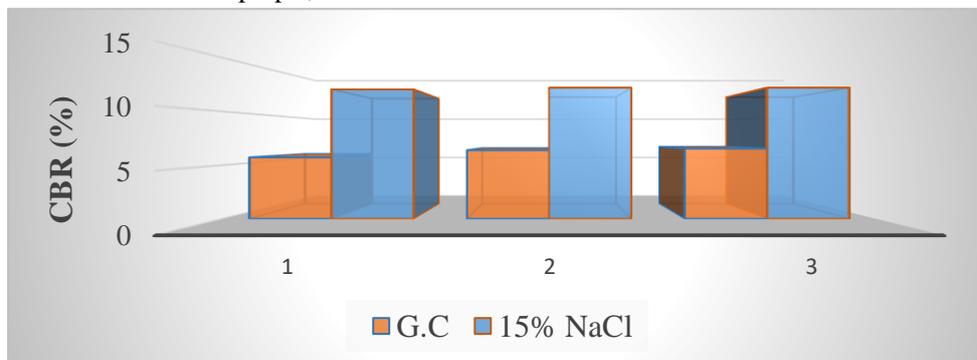


Figura 9. Calicata "A", Adición 15% de NaCl - CBR 100%.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el siguiente gráfico de barras se observa la medición del CBR al 100% de la máxima densidad seca, tanto para muestra patrón con sus repeticiones y del mismo modo muestras con adiciones del 15% de NaCl. Obteniendo resultados similares.

Cuadro 15. C-A, Repeticiones del Grupo Control con la adición del 20% de Cloruro de sodio (CBR-100%).

N° Rep.	1	2	3
G.C	5.72	6.39	6.55
20% NaCl	16.71	16.37	15.71

Fuente: Elaboración propia, 2019.

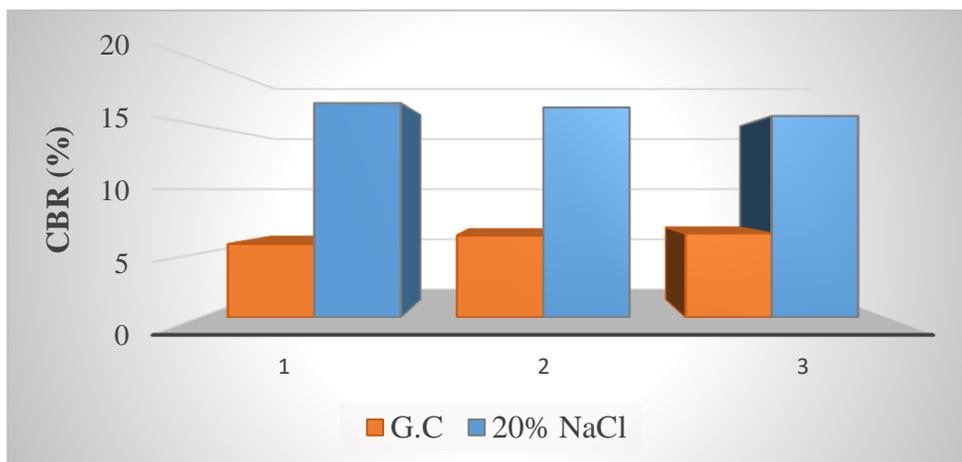


Figura 10. Calicata "A", Adición 20% de NaCl - CBR 100%.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el siguiente gráfico de barras se observa la medición del CBR al 100% de la máxima densidad seca, tanto para muestra patrón con sus repeticiones y del mismo modo muestras con adiciones del 20% de NaCl. Obteniendo resultados similares.

Cuadro 16. C-A, Repeticiones del Grupo Control con la adición del 25% de Cloruro de sodio (CBR-100%).

N° Rep.	1	2	3
G.C	5.72	6.39	6.55
25% NaCl	4.39	4.72	4.72

Fuente: Elaboración propia, 2019.

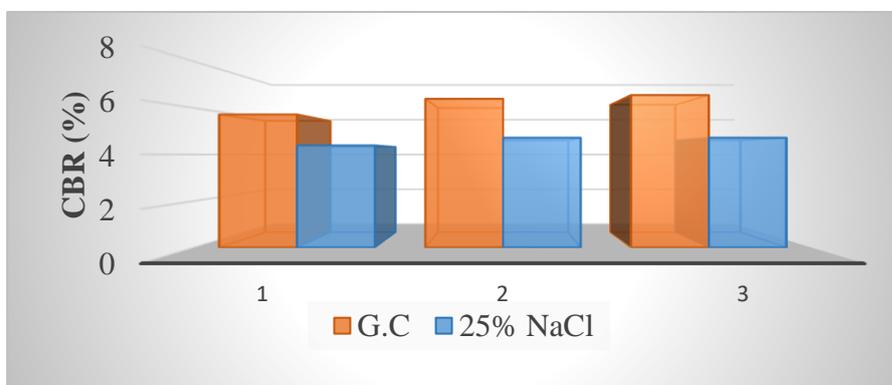


Figura 11. Calicata "A", Adición 25% de NaCl - CBR 100%.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el siguiente gráfico de barras se observa la medición del CBR al 100% de la máxima densidad seca, tanto para muestra patrón con sus repeticiones y del mismo modo muestras con adiciones del 25% de NaCl. Obteniendo resultados similares.

Cuadro 17. C-A, Promedios del Grupo Control con las adiciones del Cloruro de sodio (CBR-100%).

PROMEDIOS	15% NaCl	20% NaCl	25% NaCl
ADIC. (15%, 20%, 25% NaCl)	12.16	16.26	4.61
MUESTRA PATRÓN	6.22	6.22	6.22

Fuente: Elaboración propia, 2019.

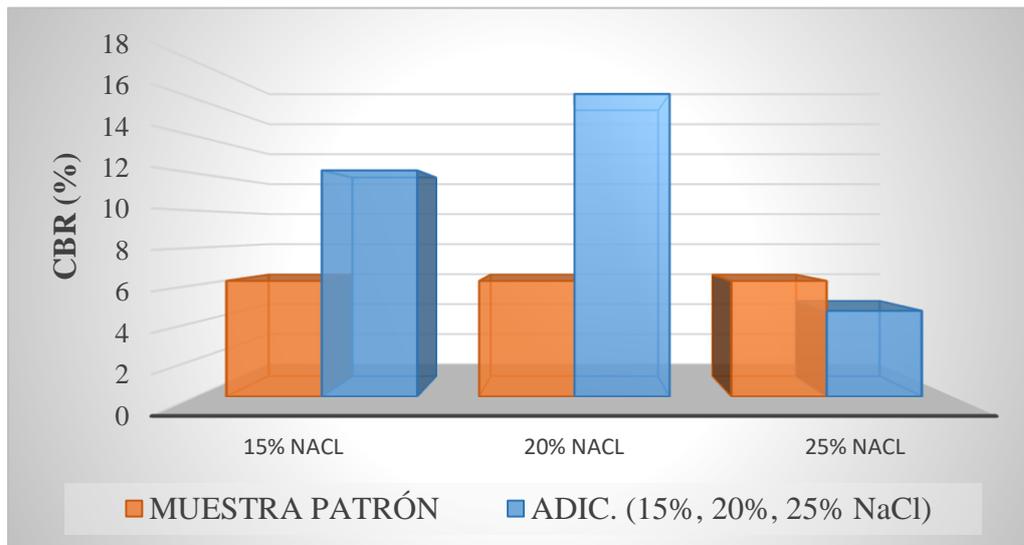


Figura 12. Calicata "A", Muestra Patrón vs Promedio 15,20 y 25% de NaCl - CBR 100%.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el siguiente gráfico de barras se observa los promedios del CBR al 100% de la máxima densidad seca, tanto para muestra patrón y de forma similar sus muestras con adiciones del 15%,20% y 25% de NaCl. Observando que el más representativo es al agregar el 20% de cloruro de sodio, aumentando el CBR un 10.04% respecto a la muestra patrón.

CBR – 95%.

Cuadro 18. Repeticiones del Grupo Control con la adición del 15% de Cloruro de sodio (CBR-95%).

N° Rep.	1	2	3
G.C	5.18	5.19	5.35
15% NaCl	10.11	9.93	9.96

Fuente: Elaboración propia, 2019.

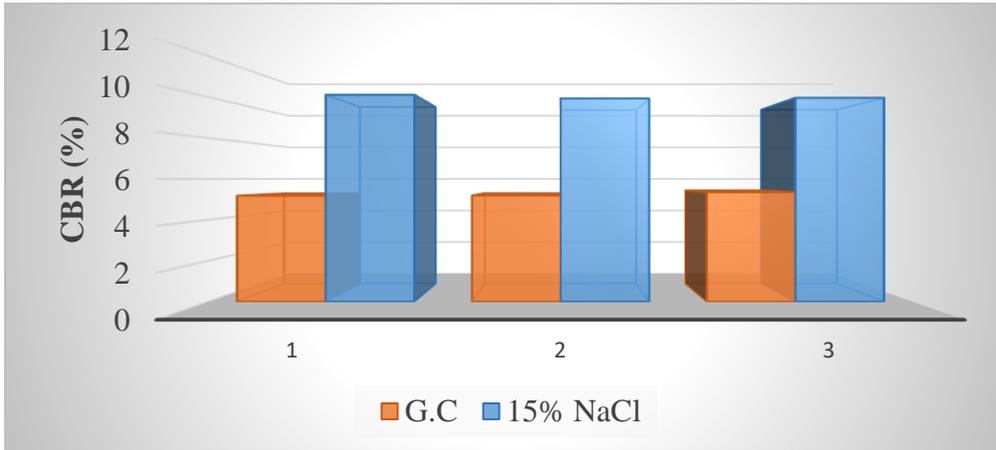


Figura 13. Calicata "A", Adición 15% de NaCl - CBR 95%.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el siguiente gráfico de barras se observa la medición del CBR al 95% de la máxima densidad seca, tanto para muestra patrón con sus repeticiones y del mismo modo muestras con adiciones del 15% de NaCl. Obteniendo resultados similares.

Cuadro 19. Repeticiones del Grupo Control con la adición del 20% de Cloruro de sodio. (CBR-95%).

N° Rep.	1	2	3
G.C	5.18	5.19	5.35
20% NaCl	12.26	14.04	13.53

Fuente: Elaboración propia, 2019.

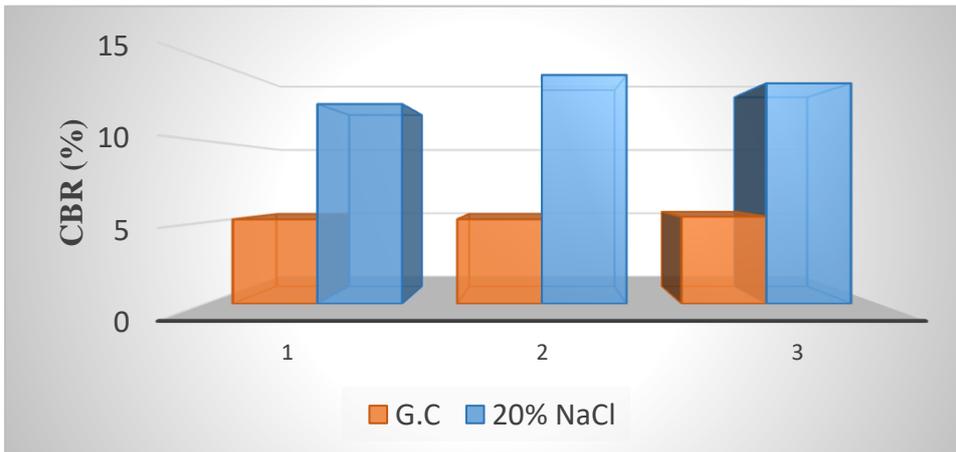


Figura 14. Calicata "A", Adición 20% de NaCl - CBR 95%.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el siguiente gráfico de barras se observa la medición del CBR al 95% de la máxima densidad seca, tanto para muestra patrón con sus repeticiones y del mismo modo muestras con adiciones del 20% de NaCl. Obteniendo resultados similares.

Cuadro 20. Repeticiones del Grupo Control con la adición del 25% de Cloruro de sodio. (CBR-95%).

N° Rep.	1	2	3
G.C	5.18	5.19	5.35
25% NaCl	4.01	4.51	4.45

Fuente: Elaboración propia, 2019.

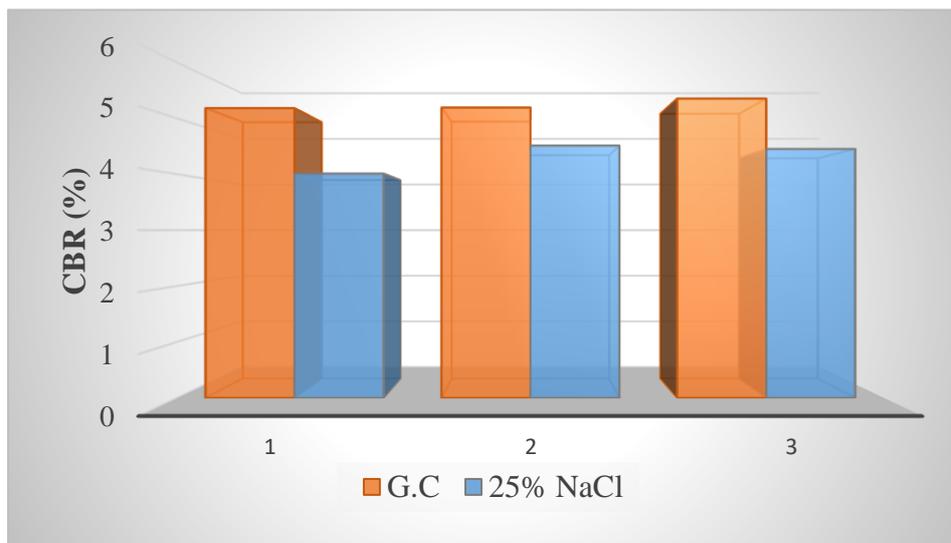


Figura 15. Calicata "A", Adición 25% de NaCl - CBR 95%.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el siguiente gráfico de barras se observa la medición del CBR al 95% de la máxima densidad seca, tanto para muestra patrón con sus repeticiones y del mismo modo muestras con adiciones del 25% de NaCl. Obteniendo resultados similares.

Cuadro 21. Promedios del Grupo Control con las adiciones del Cloruro de sodio (CBR-95%).

PROMEDIOS	15% NaCl	20% NaCl	25% NaCl
ADIC. (15%,20%,25% NaCl)	10	13.28	4.32
MUESTRA PATRÓN	5.24	5.24	5.24

Fuente: Elaboración propia, 2019.

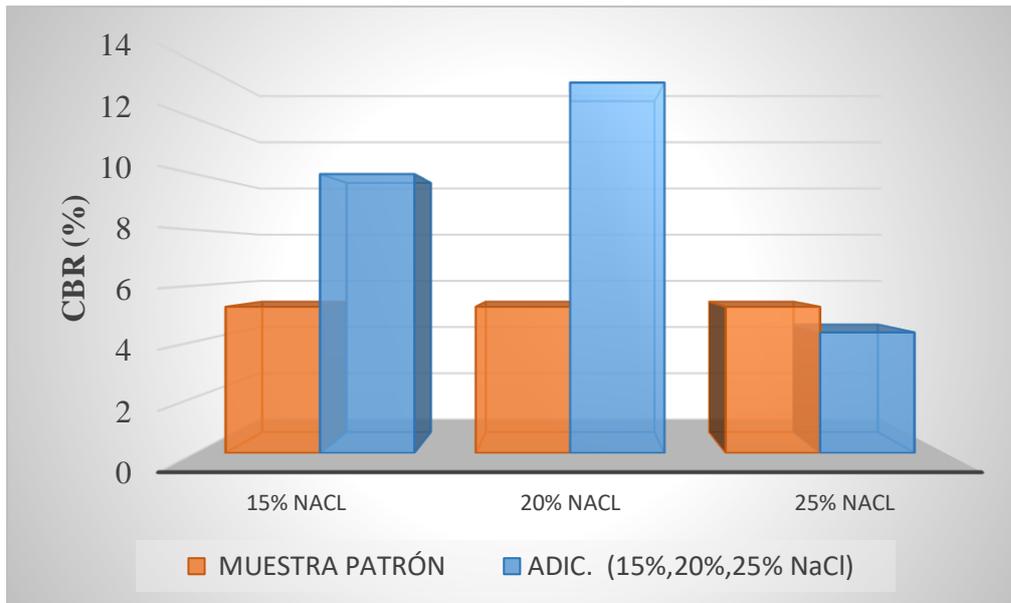


Figura 16. Calicata "A", Muestra Patrón vs Promedio 15,20 y 25% de NaCl - CBR 95%.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el siguiente gráfico de barras se observa los promedios del CBR al 95% de la máxima densidad seca, tanto para muestra patrón y de forma similar sus muestras con adiciones del 15%,20% y 25% de NaCl. Observando que el más representativo es al agregar el 20% de cloruro de sodio, aumentando el CBR un 8.04% respecto a la muestra patrón.

Cuadro 22. Ensayo carga Penetración.

CALICATA "A"		CBR
Muestra Patrón	0.1"	4.84
	0.2"	5.59
Adición 15% NaCl	0.1"	8.07
	0.2"	9.07
Adición 20% NaCl	0.1"	12.60
	0.2"	14.47
Adición 25% NaCl	0.1"	3.84
	0.2"	4.56

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Se observa que a una penetración de 0.1" presenta un aumento del CBR al elevar el porcentaje de cloruro de sodio, que va desde 4.84% que presenta la muestra patrón hasta alcanzar un valor de 12.60% con la adición de 20% de cloruro de sodio, así también a un CBR a 0.2" de penetración la muestra patrón cuenta con 5.9% y con la adición de NaCl de 20% el índice CBR sube hasta alcanzar un valor de 14.47%.

3.1.2. Calicata "B"

Cuadro 23. C-B, Granulometría.

	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO
	CL	A - 6
C -B	(Arcilla ligera tipo grava)	(Suelo arcilloso, regular a malo)

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 24. C-B, Límite Líquido.

Patrón "C-B"	37
15% NaCl	45
20% NaCl	49.33
25% NaCl	46

Fuente: Elaboración propia, 2019.

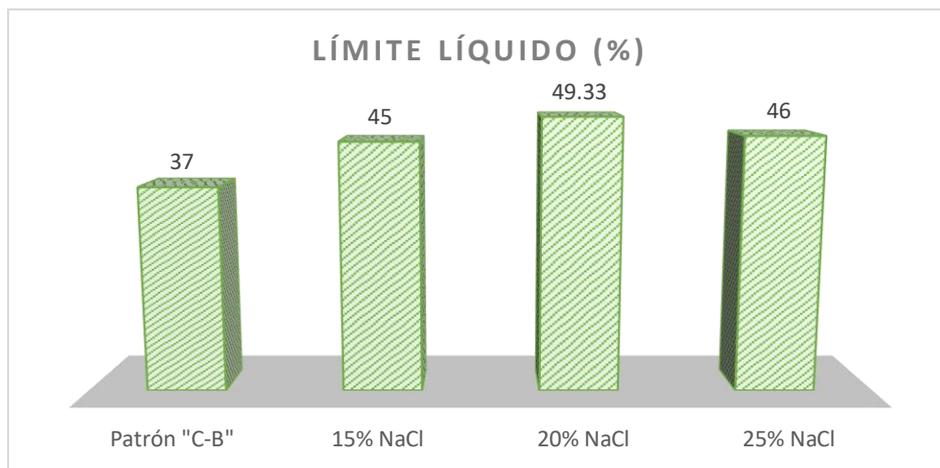


Figura 17. Calicata "B", Límite Líquido.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el siguiente gráfico se observa un incremento del 12.33% respecto a la muestra patrón cuando se adiciona cloruro en un porcentaje de 20% siendo el más representativo.

Cuadro 25. C-B, Limite Plástico.

Patrón "C-B"	24.67
15% NaCl	31.33
20% NaCl	34
25% NaCl	33.67

Fuente: Elaboración propia, 2019.

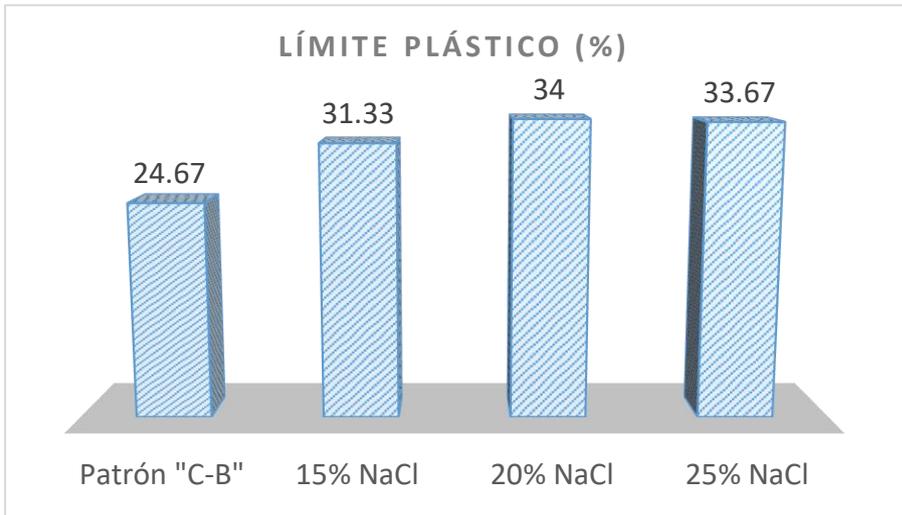


Figura 18. Calicata "B", Límite Plástico.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el siguiente gráfico se presenta un incremento de 9.33% cuando se adiciona un 20% de cloruro de sodio respecto a la muestra patrón.

Cuadro 26. C-B, Índice de plasticidad.

Patrón "C-B"	12.33
15% NaCl	13.67
20% NaCl	15.33
25% NaCl	12.33

Fuente: Elaboración propia, 2019.

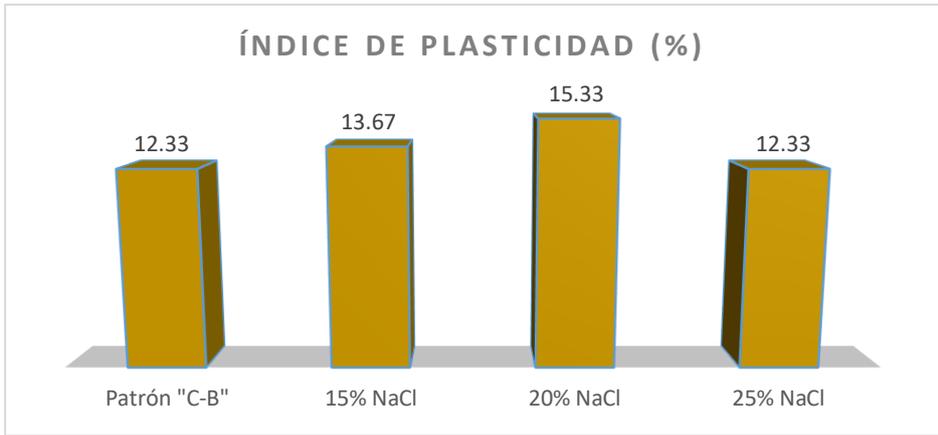


Figura 19. Calicata "B", Índice de Plasticidad.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el siguiente gráfico de barras se aprecia un aumento de 15.33% del Índice de plasticidad cuando se adiciona 20% de cloruro de sodio, siendo el más significativo comparado con la muestra patrón.

Cuadro 27. C-B, Proctor Modificado.

MÁXIMA DENSIDAD SECA	
Patrón "C-B"	1.817
15% NaCl	1.98
20% NaCl	1.92
25% NaCl	1.86

Fuente: Elaboración propia, 2019.

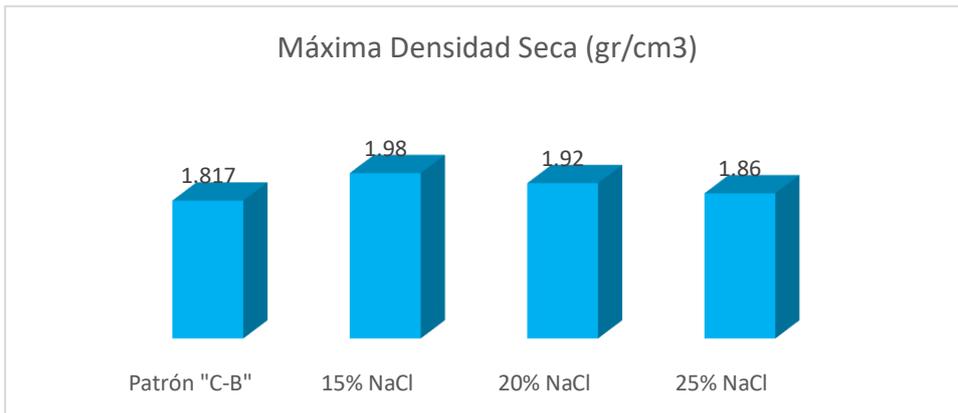


Figura 20. Calicata "B", Máxima Densidad Seca.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Se observa en el gráfico de barras un incremento de 1.183% de máxima densidad seca sobre la muestra patrón, cuando se somete a la adición de 20% de cloruro de sodio siendo el más representativo.

Cuadro 28. C-B, Óptimo Contenido de Humedad.

Patrón "C-B"	14.87
15% NaCl	10.63
20% NaCl	11.7
25% NaCl	11.96

Fuente: Elaboración propia, 2019.

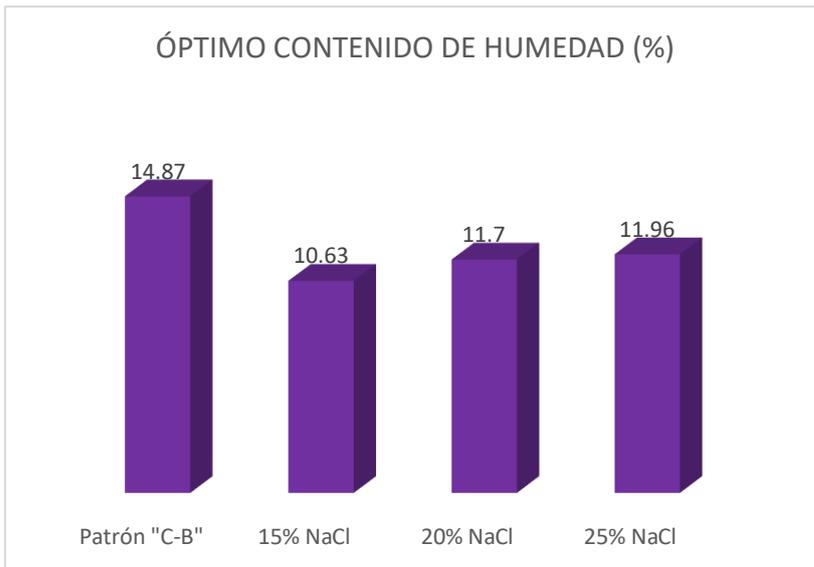


Figura 21. Calicata "B", Óptimo Contenido de Humedad.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el gráfico de barras se observa que el óptimo contenido de humedad sufre una reducción para porcentajes de adiciones en cloruro de sodio entre el 15%, 20% y 25%.

CBR – 100%

Cuadro 29. C-B, Repeticiones del Grupo Control con la adición del 15% de Cloruro de sodio (CBR-100%).

N° Rep.	1	2	3
G.C	4.06	6.06	5.39
15% NaCl	10.05	11.05	11.05

Fuente: Elaboración propia, 2019.

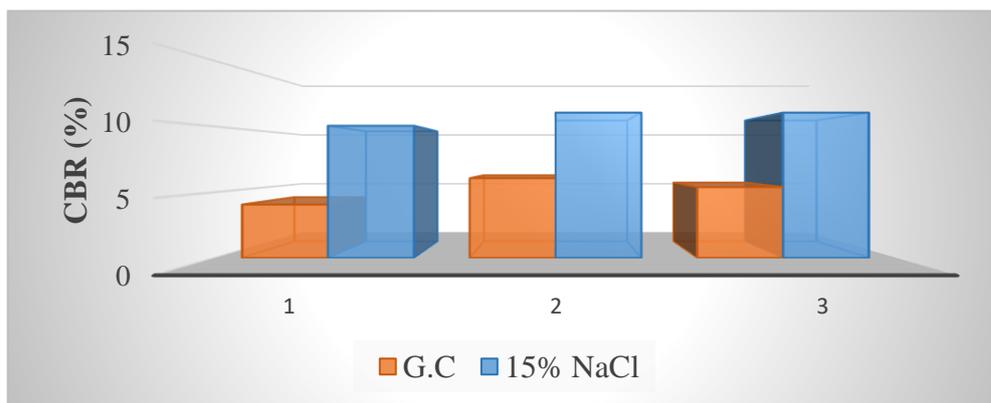


Figura 22. Calicata "B", Adición 15% de NaCl - CBR 100%.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el siguiente gráfico de barras se observa la medición del CBR al 100% de la máxima densidad seca, tanto para muestra patrón con sus repeticiones y del mismo modo muestras con adiciones del 15% de NaCl. Obteniendo resultados similares.

Cuadro 30. C-B, Repeticiones del Grupo Control con la adición del 20% de Cloruro de sodio (CBR-100%).

N° Rep.	1	2	3
G.C	4.06	6.06	5.39
20% NaCl	11.05	11.38	11.38

Fuente: Elaboración propia, 2019.

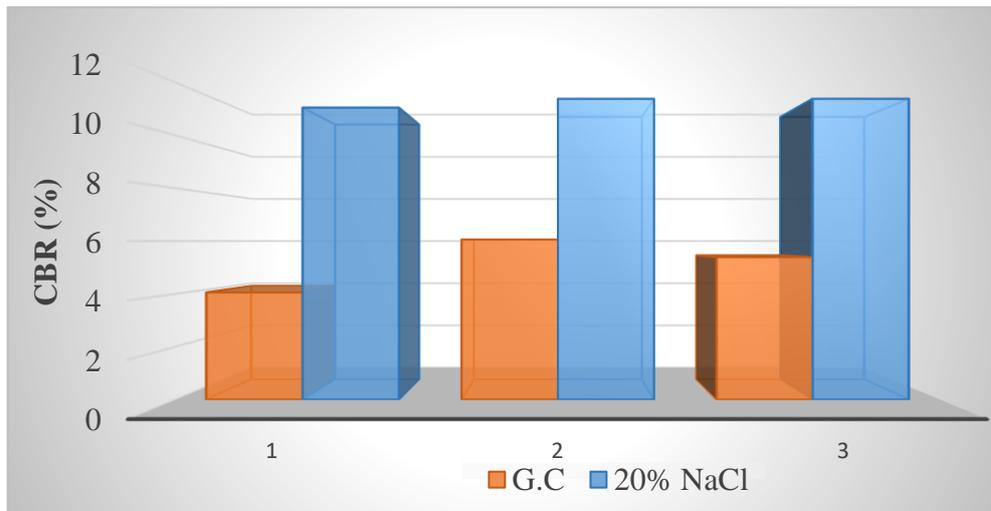


Figura 23. Calicata "B", Adición 20% de NaCl - CBR 100%.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el siguiente gráfico de barras se observa la medición del CBR al 100% de la máxima densidad seca, tanto para muestra patrón con sus repeticiones y del mismo modo muestras con adiciones del 20% de NaCl. Obteniendo resultados similares.

Cuadro 31. C-B, Repeticiones del Grupo Control con la adición del 25% de Cloruro de sodio (CBR-100%).

N° Rep.	1	2	3
G.C	4.06	6.06	5.39
25% NaCl	6.06	5.06	4.72

Fuente: Elaboración propia, 2019.

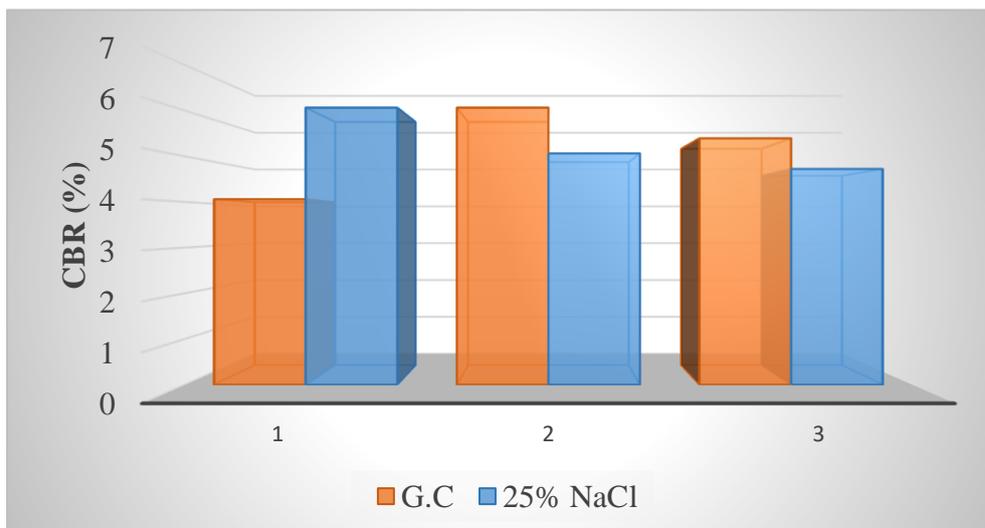


Figura 24. Calicata "B", Adición 25% de NaCl - CBR 100%.
Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el siguiente gráfico de barras se observa la medición del CBR al 100% de la máxima densidad seca, tanto para muestra patrón con sus repeticiones y del mismo modo muestras con adiciones del 25% de NaCl. Obteniendo resultados similares.

Cuadro 32. Promedios del Grupo Control con las adiciones del Cloruro de sodio (CBR-100%).

PROMEDIOS	15% NaCl	20% NaCl	25% NaCl
ADIC. (15%,20%,25% NaCl)	10.72	11.27	5.28
MUESTRA PATRÓN	5.17	5.17	5.17

Fuente: Elaboración propia, 2019.

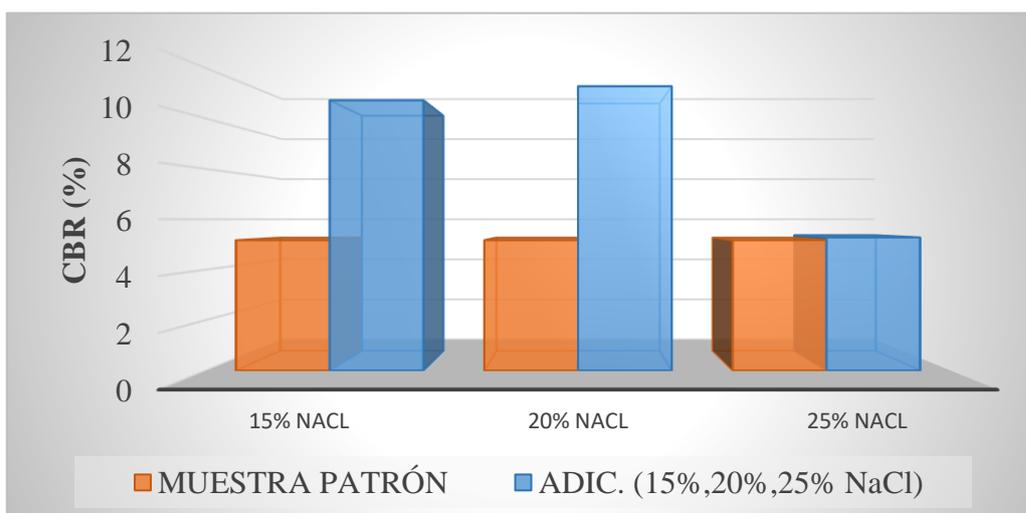


Figura 25. Calicata "B", Muestra Patrón vs Promedio 15,20 y 25% de NaCl - CBR 100%.
Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el siguiente gráfico de barras se observa los promedios del CBR al 100% de la máxima densidad seca, tanto para muestra patrón y de forma similar sus muestras con adiciones del 15%,20% y 25% de NaCl. Observando que el más representativo es al agregar el 20% de cloruro de sodio, aumentando un 6.10% el CBR respecto a la muestra patrón.

CBR – 95%.

Cuadro 33. Repeticiones del Grupo Control con la adición del 15% de Cloruro de sodio (CBR-95%).

N° Rep.	1	2	3
G.C	3.36	3.78	3.80
15% NaCl	8.73	9.02	8.96

Fuente: Elaboración propia, 2019.

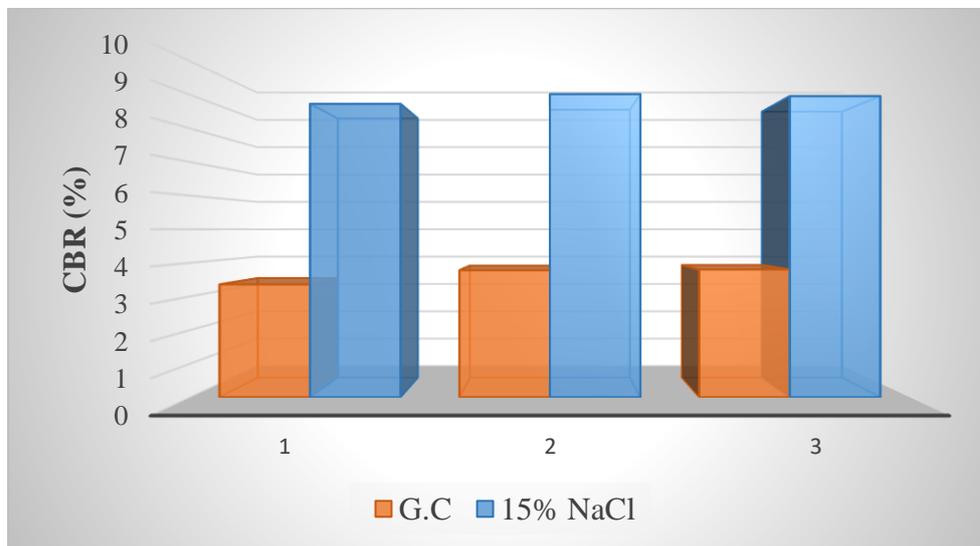


Figura 26. Calicata "B", Adición 15% de NaCl - CBR 95%.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el siguiente gráfico de barras se observa la medición del CBR al 95% de la máxima densidad seca, tanto para muestra patrón con sus repeticiones y del mismo modo muestras con adiciones del 15% de NaCl. Obteniendo resultados similares.

Cuadro 34. Repeticiones del Grupo Control con la adición del 20% de Cloruro de sodio (CBR-95%).

N° Rep.	1	2	3
G.C	3.36	3.78	3.80
20% NaCl	9.65	9.15	9.2

Fuente: Elaboración propia, 2019.

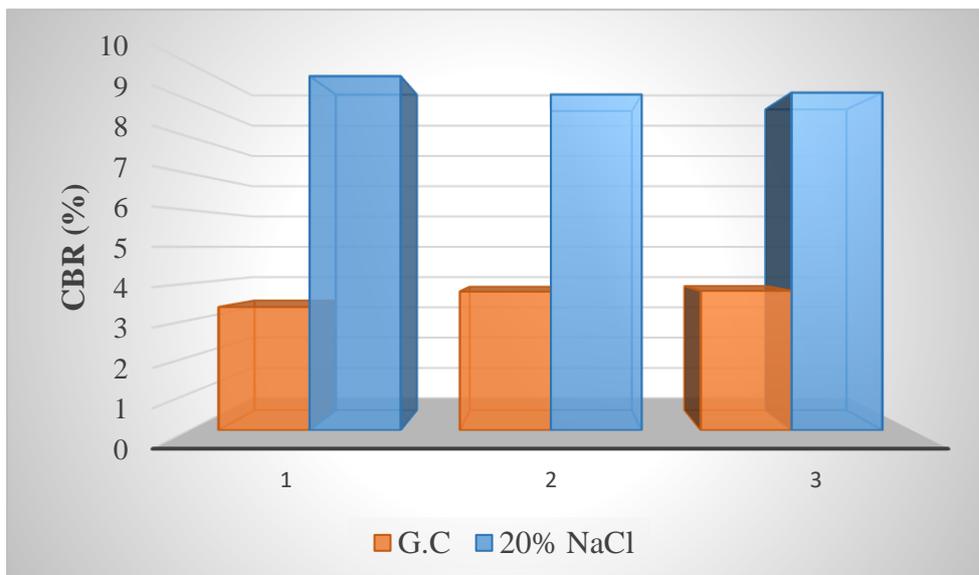


Figura 27. Calicata "B", Adición 20% de NaCl - CBR 95%.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el siguiente gráfico de barras se observa la medición del CBR al 95% de la máxima densidad seca, tanto para muestra patrón con sus repeticiones y del mismo modo muestras con adiciones del 20% de NaCl. Obteniendo resultados similares.

Cuadro 35. Repeticiones del Grupo Control con la adición del 25% de Cloruro de sodio.

N° Rep.	1	2	3
G.C	3.36	3.78	3.80
25% NaCl	5.01	4.16	4.44

Fuente: Elaboración propia, 2019.

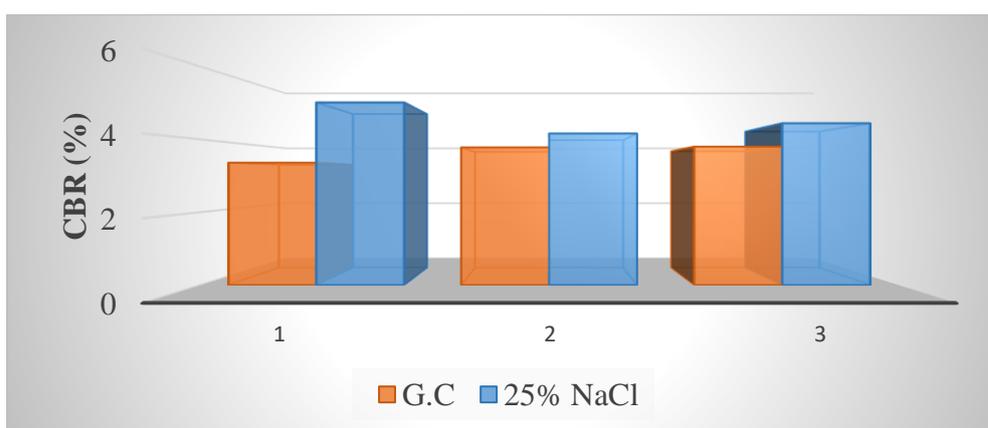


Figura 28. Calicata "B", Adición 25% de NaCl - CBR 95%.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el siguiente gráfico de barras se observa la medición del CBR al 95% de la máxima densidad seca, tanto para muestra patrón con sus repeticiones y del mismo modo muestras con adiciones del 25% de NaCl. Obteniendo resultados similares

Cuadro 36. Promedios del Grupo Control con las adiciones del Cloruro de sodio (CBR-95%).

PROMEDIO	15% NaCl	20% NaCl	25% NaCl
ADIC. (15%,20%,25% NaCl)	8.90	9.33	4.53
MUESTRA PATRÓN	3.64	3.64	3.64

Fuente: Elaboración propia, 2019.

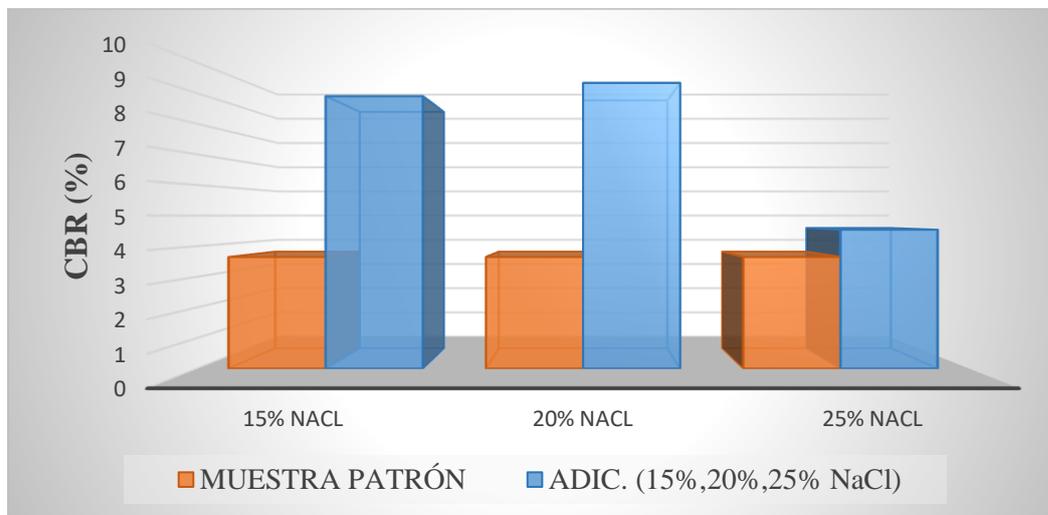


Figura 29. Calicata "B", Muestra Patrón vs Promedio 15,20 y 25% de NaCl - CBR 95%.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el siguiente gráfico de barras se observa los promedios del CBR al 95% de la máxima densidad seca, tanto para muestra patrón y de forma similar sus muestras con adiciones del 15%,20% y 25% de NaCl. Observando que el más representativo es al agregar el 20% de cloruro de sodio, aumentando un 5.69% el CBR respecto a la muestra patrón.

Cuadro 37. Ensayo Carga Penetración.

CALICATA "B"		CBR
Muestra Patrón	0.1"	4.39
	0.2"	4.85
Adición 15% NaCl	0.1"	7.50
	0.2"	7.88
Adición 20% NaCl	0.1"	8.55
	0.2"	9.07
Adición 25% NaCl	0.1"	3.95
	0.2"	4.30

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el cuadro se observa para un CBR a 0.1” de penetración se observa un incremento al aumentar el porcentaje de cloruro de sodio, que va desde 4.39% que presenta la muestra patrón hasta alcanzar un valor de 8.55% con la adición del 20% de NaCl, de manera similar a un CBR a 0.2” de penetración la muestra patrón tiene un valor de 4.85% y con la adición de cloruro de sodio de 20% el índice CBR se ve incrementado hasta llegar un valor de 9.07%.

3.1.3. Clasificación de Subrasante

Cuadro 38. Categorías de Subrasante.

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

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos 2013 (pág. 40)

Cuadro 39. Clasificación de subrasante de los datos obtenidos.

CBR 100%	ANÁLISIS	CBR	RANGO	CLASIFICACIÓN
CALICATA - "A"	Muestra Patrón	6.22%	$6\% \leq 6.22\% < 10\%$	S ₂ : Subrasante Regular
	20% NaCl	16.26%	$10\% \leq 16.26\% < 20\%$	S ₃ : Subrasante Buena
CALICATA - "B"	Muestra Patrón	5.17%	$3\% \leq 5.17\% < 6\%$	S ₁ : Subrasante Pobre
	20% NaCl	11.27%	$10\% \leq 11.27\% < 20\%$	S ₃ : Subrasante Buena
CBR 95%	ANÁLISIS	CBR	RANGO	CLASIFICACIÓN
CALICATA - "A"	Muestra Patrón	5.24%	$3\% \leq 5.24\% < 6\%$	S ₁ : Subrasante Pobre
	20% NaCl	13.28%	$10\% \leq 13.28\% < 20\%$	S ₃ : Subrasante Buena
CALICATA - "B"	Muestra Patrón	3.64%	$3\% \leq 3.64\% < 6\%$	S ₁ : Subrasante Pobre
	20% NaCl	9.33%	$6\% \leq 9.33\% < 10\%$	S ₂ : Subrasante Regular

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Se observa en el cuadro que la subrasante obtiene una mejora al adicionarle el 20% de cloruro de sodio respecto a la muestra patrón, según el cuadro de clasificación del manual de carreteras.

3.2. Programa Estadístico SPSS

El uso del programa fue realizado en las instalaciones de la Universidad César Vallejo y licenciada por la misma.

3.2.1. Calicata "A"

3.2.1.1 CBR 100%"

Cuadro 40. Prueba de normalidad C-A, (CBR-100%).

	Estadístico	Shapiro-Wilk gl	Sig.
GRUPO CONTROL (PATRÓN)	,888	3	,349
G.E.1 (15% NaCl)	,861	3	,271
G.E.2 (20% NaCl)	,967	3	,651
G.E.3 (25% NaCl)	,999	3	,952

Fuente: Elaboración propia, 2019.

El valor $P > 0.05$, por lo tanto, cumple con la condición de normalidad. Podemos decir que tiene distribución normal. En consecuencia, cumple con el requisito previo para realizar la prueba ANOVA.

Cuadro 41. Prueba ANOVA C-A, (CBR-100%).

REPETICIONES CBR (100%)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	263,772	3	87,924	394,469	,000
Dentro de grupos	1,783	8	,223		
Total	265,555	11			

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Del cuadro se puede ver que existe diferencia significativa por presentar un valor inferior a 0.05. Por lo que se procede a realizar las pruebas múltiples.

Cuadro 42. Comparaciones múltiples C-A, (CBR-100%).

Variable dependiente: REPETICIONES CBR (100%)

HSD Tukey

(I) CÓDIGO DE GRUPO	(J) CÓDIGO DE GRUPO	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 100%	
					Límite inferior	Límite superior
1,00	2,00	-5,58667*	,38548	,000	-6,8211	-4,3522
	3,00	-10,04333*	,38548	,000	-11,2778	-8,8089
	4,00	1,84000*	,38548	,006	,6056	3,0744
2,00	1,00	5,58667*	,38548	,000	4,3522	6,8211
	3,00	-4,45667*	,38548	,000	-5,6911	-3,2222
	4,00	7,42667*	,38548	,000	6,1922	8,6611
3,00	1,00	10,04333*	,38548	,000	8,8089	11,2778
	2,00	4,45667*	,38548	,000	3,2222	5,6911
	4,00	11,88333*	,38548	,000	10,6489	13,1178
4,00	1,00	-1,84000*	,38548	,006	-3,0744	-,6056
	2,00	-7,42667*	,38548	,000	-8,6611	-6,1922
	3,00	-11,88333*	,38548	,000	-13,1178	-10,6489

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el cuadro de comparaciones múltiples se observa que existe diferencias significativas tanto en el grupo uno con los grupos dos y tres, porque se observa valores al $p < 0.05$. A diferencia del grupo cuatro y un no existe valores significativos por registrarse superiores a 0.05. Siendo el grupo tres el más representativo.

3.2.1.2. CBR 95%”

Cuadro 43. Pruebas de normalidad C-A, (CBR-95%).

	Estadístico	Shapiro-Wilk	gl	Sig.
GRUPO CONTROL (PATRON)	,794	3		,100
G.E.1 (15% NaCl)	,871	3		,298
G.E.2 (20% NaCl)	,943	3		,538
G.E.3 (25% NaCl)	,839	3		,210

Fuente: Elaboración propia, 2019.

El valor $P > 0.05$, por lo tanto, cumple con la condición de normalidad. Podemos decir que tiene distribución normal. En consecuencia, cumple con el requisito previo para realizar la prueba ANOVA.

Cuadro 44. Prueba ANOVA C-A, (CBR-95%).

REPETICIONES CBR (95%)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	158,407	3	52,802	226,336	,000
Dentro de grupos	1,866	8	,233		
Total	160,273	11			

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Del cuadro se puede ver que existe diferencia significativa por presentar un valor inferior a 0.05. Por lo que se procede a realizar las pruebas múltiples.

Cuadro 45. Comparaciones múltiples C-A, (CBR-95%).

Variable dependiente: REPETICIONES CBR (95%)

HSD Tukey

(I) CÓDIGO DE GRUPO	(J) CÓDIGO DE GRUPO	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1,00	2,00	-4,76000*	,39437	,000	-6,0229	-3,4971
	3,00	-8,03667*	,39437	,000	-9,2996	-6,7738
	4,00	,91667	,39437	,171	-,3462	2,1796
2,00	1,00	4,76000*	,39437	,000	3,4971	6,0229
	3,00	-3,27667*	,39437	,000	-4,5396	-2,0138
	4,00	5,67667*	,39437	,000	4,4138	6,9396
3,00	1,00	8,03667*	,39437	,000	6,7738	9,2996
	2,00	3,27667*	,39437	,000	2,0138	4,5396
	4,00	8,95333*	,39437	,000	7,6904	10,2162
4,00	1,00	-,91667	,39437	,171	-2,1796	,3462
	2,00	-5,67667*	,39437	,000	-6,9396	-4,4138
	3,00	-8,95333*	,39437	,000	10,2162	-7,6904

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el cuadro de comparaciones múltiples se observa que existe diferencias significativas tanto en el grupo uno con los grupos dos y tres, porque se observa valores al $p < 0.05$. A diferencia del grupo cuatro y un no existe valores significativos por registrarse superiores a 0.05. Siendo el grupo tres el más representativo.

3.2.2. Calicata “B”

3.2.2.1. CBR 100%”

Cuadro 46. Prueba de normalidad C-B, (CBR-100%).

	Estadístico	Shapiro-Wilk	gl	Sig.
GRUPO CONTROL (PATRON)	,965	3		,640
G.E.1 (15% NaCl)	,901	3		,388
G.E.2 (20% NaCl)	,913	3		,428
G.E.3 (25% NaCl)	,925	3		,471

Fuente: Elaboración propia, 2019.

El valor $P > 0.05$, por lo tanto, cumple con la condición. Podemos decir que tiene distribución normal. En consecuencia, cumple con el requisito previo para realizar la prueba ANOVA.

Cuadro 47. Prueba ANOVA C-B, (CBR-100%).

REPETICIONES CBR (100%)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	102,355	3	34,118	67,569	,000
Dentro de grupos	4,040	8	,505		
Total	106,394	11			

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Del cuadro se puede ver que existe diferencia significativa por presentar un valor inferior a 0.05. Por lo que se procede a realizar las pruebas múltiples.

Cuadro 48. Comparaciones múltiples C-B, (CBR-100%).

Variable dependiente: REPETICIONES CBR (100%)

HSD Tukey

(I) CÓDIGO DE GRUPO	(J) CÓDIGO DE GRUPO	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 100%	
					Límite inferior	Límite superior
1,00	2,00	-5,63667*	,58020	,000	-7,4947	-3,7787
	3,00	-6,13333*	,58020	,000	-7,9913	-4,2753
	4,00	-,11000	,58020	,997	-1,9680	1,7480
2,00	1,00	5,63667*	,58020	,000	3,7787	7,4947
	3,00	-,49667	,58020	,827	-2,3547	1,3613
	4,00	5,52667*	,58020	,000	3,6687	7,3847
3,00	1,00	6,13333*	,58020	,000	4,2753	7,9913
	2,00	,49667	,58020	,827	-1,3613	2,3547
	4,00	6,02333*	,58020	,000	4,1653	7,8813
4,00	1,00	,11000	,58020	,997	-1,7480	1,9680
	2,00	-5,52667*	,58020	,000	-7,3847	-3,6687
	3,00	-6,02333*	,58020	,000	-7,8813	-4,1653

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el cuadro de comparaciones múltiples se observa que existe diferencias significativas tanto en el grupo uno con los grupos dos y tres, porque se observa valores al $p < 0.05$. A diferencia del grupo cuatro y un no existe valores significativos por registrarse superiores a 0.05. Siendo el grupo tres el más representativo.

3.2.2.2. CBR 95%”

Cuadro 49. Pruebas de normalidad C-B, (CBR-95%).

	Estadístico	Shapiro-Wilk	gl	Sig.
GRUPO CONTROL (PATRON)	,784	3		,077
G.E.1 (15% NaCl)	,897	3		,377
G.E.2 (20% NaCl)	,824	3		,174
G.E.3 (25% NaCl)	,963	3		,629

Fuente: Elaboración propia, 2019.

El valor $P > 0.05$, por lo tanto, cumple con la condición. Podemos decir que tiene distribución normal. En consecuencia, cumple con el requisito previo para realizar la prueba ANOVA.

Cuadro 50. Prueba ANOVA C-B, (CBR-95%).

REPETICIONES CBR (95%)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	77,268	3	25,756	295,507	,000
Dentro de grupos	,697	8	,087		
Total	77,965	11			

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Del cuadro se puede ver que existe diferencia significativa por presentar un valor inferior a 0.05. Por lo que se procede a realizar las pruebas múltiples.

Cuadro 51. Comparaciones múltiples C-B, (CBR-95%).

Variable dependiente: REPETICIONES CBR (95%)

HSD Tukey

(I) CÓDIGO DE GRUPO	(J) CÓDIGO DE GRUPO	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1,00	2,00	-5,25667*	,24105	,000	-6,0286	-4,4847
	3,00	-5,68667*	,24105	,000	-6,4586	-4,9147
	4,00	-,89000*	,24105	,025	-1,6619	-,1181
2,00	1,00	5,25667*	,24105	,000	4,4847	6,0286
	3,00	-,43000	,24105	,346	-1,2019	,3419

	4,00	4,36667*	,24105	,000	3,5947	5,1386
3,00	1,00	5,68667*	,24105	,000	4,9147	6,4586
	2,00	,43000	,24105	,346	-,3419	1,2019
	4,00	4,79667*	,24105	,000	4,0247	5,5686
4,00	1,00	,89000*	,24105	,025	,1181	1,6619
	2,00	-4,36667*	,24105	,000	-5,1386	-3,5947
	3,00	-4,79667*	,24105	,000	-5,5686	-4,0247

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el cuadro de comparaciones múltiples se observa que existe diferencias significativas tanto en el grupo uno con los grupos dos y tres, porque se observa valores al $p < 0.05$. A diferencia del grupo cuatro y un no existe valores significativos por registrarse superiores a 0.05. Siendo el grupo tres el más representativo.

Leyenda.

CÓDIGO DE GRUPO	Grupo Experimental
1	(Muestra Patrón con 0% adición de NaCl)
2	(Muestra con 15% adición de NaCl)
3	(Muestra con 20% adición de NaCl)
4	(Muestra con 25% adición de NaCl)

IV. DISCUSIÓN

De la presente investigación, con los resultados encontrados luego de los ensayos de laboratorio (granulometría, límites de atterberg, proctor modificado y CBR), se determinó que el efecto del Cloruro de Sodio en el CBR de un suelo arcilloso en el caserío de Huangamarca, distrito de Otuzco fue incrementar su capacidad de soporte, confirmando el aumento del CBR hasta un 8.04% respecto a la muestra patrón, se coincide con la hipótesis de Díaz (2018), quien afirma que con 20% de adición de cloruro de sodio el valor CBR incrementa. Según el estudio de mecánica de suelos se pudo encontrar mediante la granulometría y los ensayos de límites de atterberg en la calicata “A” mediante la clasificación SUCS se determinó que el tipo de suelo representa a una arcilla limosa y tipo grava con arena (ML-CL), en tanto que para la clasificación AASHTO se refiere a suelo limoso regular a malo (A-4). Del mismo modo en la calicata “B” según clasificación SUCS el suelo pertenece a una arcilla ligera tipo grava (CL), y mediante AASHTO está clasificado en un suelo arcilloso regular a malo (A – 6). El tipo de suelo encontrado en la investigación guarda relación con lo manifestado por Díaz (2018), quien en su investigación luego de haber realizado el análisis granulométrico por lavado y los resultados obtenidos de los límites de atterberg clasificó al suelo como una arcilla de media plasticidad (CL). El Límite Líquido de la calicata “A”, (cuadro 7), muestra un incremento de 4% respecto a la muestra patrón, cuando se adiciona cloruro de sodio en un porcentaje de 15%, mientras que en la calicata “B” (cuadro 20), se aprecia un aumento de 12.33%, cuando se adiciona 20% de NaCl, siendo más significativo comparado con el de la muestra patrón.

Con lo encontrado discrepamos con los resultados obtenidos por Díaz (2018), quien afirma que, para la adición de cloruro de sodio (NaCl) en porcentajes que varían desde el 14% hasta 18%, se presenta una reducción en el límite líquido de la muestra adicionada con el estabilizante con respecto a la muestra Patrón. Los resultados obtenidos para muestra patrón alcanzan un valor de 42.20% hasta variar 33.88% en la muestra patrón con una adición de 18% de cloruro de sodio.

De manera similar para el límite plástico se encontró que en la calicata “A” (cuadro 8) se presenta un incremento de 2.33% cuando se adiciona un 20% de cloruro de sodio, de forma similar en la calicata “B” (cuadro 21) se observa un incremento de 9.33% cuando se somete a una adición de 20% de NaCl, en base a la muestra patrón. Según Díaz (2018), encontró que el límite plástico sufre una reducción para adiciones con cloruro de sodio comprendidas

en 14%,16% y 18% respecto de su muestra patrón, estos porcentajes varían desde 22.63% que alcanza la muestra patrón hasta alcanzar un 18.16% cuando se adiciona 18% de NaCl. Es así que, en el índice de plasticidad en la calicata “A” (cuadro 9) se presenta un decremento para todas las adiciones de NaCl sometidas a 15%,20% y 25%, a diferencia de la calicata “B” (cuadro 22), donde se observa un incremento de 3% cuando se adiciona 20% de cloruro de sodio, respecto de la muestra patrón. Disentimos con lo encontrado por Díaz (2018), quién sentencia que el índice de plasticidad, al igual que el límite líquido y plástico sufre un decremento en sus porcentajes con respecto a la muestra patrón, existiendo una diferencia de 1.62% entre la muestra patrón y la adición de 14% de NaCl, 2.71% para una adición de 16% y de 3.85% para la adición de 18% de cloruro de sodio respectivamente de la muestra patrón. Coincidimos con Pozo (2019), quien afirma en su investigación que el uso de cloruro de sodio es óptimo para usar un mejoramiento y estabilidad en la subrasante.

De la investigación se afirma que en la calicata “A” para un CBR al 95% de la máxima densidad seca, la muestra patrón posee un valor de 5.24%, en tanto que para la dosificación con 15% de NaCl se registra un incremento de 4.76% por encima de la muestra patrón, 8.04% cuando se adiciona 20% de NaCl, y un decremento de 0.08% cuando se somete a la intervención de 25% de NaCl, de manera similar en la calicata “B” la muestra patrón tiene un valor de 3.65%, se puede corroborar que con la adición de 20% de NaCl se consigue un incremento de 5.68% respecto de la muestra patrón; además de evidenciar que con la adición de 25% de NaCl cuasi no existe incremento referenciándola con la muestra patrón.

A través de los resultados obtenidos en el ensayo CBR, tomando en cuenta las normas (ASTM D 1883, AASHTO T193, MTC E132), se afirma la hipótesis planteada de manera parcial, que con la adición de cloruro de sodio a un suelo arcilloso en proporciones de 15% y 20% se ve aumentado el CBR, en tanto que para un 25% se presenta un decremento en el índice CBR respecto a la muestra patrón. Como se demuestra en esta investigación también se puede encontrar variaciones de incremento importante cuando se somete a incrementos mayores a 15% y menores o iguales a 20% de la adición con cloruro de sodio, siendo este último el porcentaje óptimo de cloruro de sodio que se debe adicionar al suelo arcilloso encontrado en el caserío Huangamarca, este porcentaje es el que incrementa considerablemente su capacidad de soporte. También coincidimos con Garnica, Pérez, Gómez y Obil (2002), donde se sentencia que la estabilización con cloruro de sodio, produce diferentes resultados en los suelos, llegando incluso a producir propiedades más desfavorables en suelos utilizados en la construcción de vías terrestres. Por lo anterior, es

importante realizar análisis previos de la influencia del producto estabilizante, sobre las propiedades de interés del suelo que se quiere mejorar.

V. CONCLUSIONES

1. Culminada la investigación se determinó que el efecto del cloruro de sodio en el CBR de un suelo arcilloso, en el caserío de Huangamarca, distrito de Otuzco se incrementa cuando se adiciona cloruro de sodio, elevando la capacidad de soporte del suelo en la calicata “A” desde 6.22% hasta alcanzar un CBR de 16.26% respecto a la muestra patrón y en la calicata “B” desde 5.17% hasta incrementar a un CBR de 11.27% respecto a la muestra patrón. Al agregar este agente estabilizador, con lo que se logra incrementar la resistencia del terreno, y al mismo tiempo tener un mejor funcionamiento, durabilidad y transitabilidad lo cual permitirá estabilizar esta vía de comunicación.

2. Se realizó la granulometría para identificar el suelo según la clasificación SUCS, obteniendo como resultados en la calicata “A” una arcilla limosa y tipo grava con arena (ML-CL) y de forma similar en la calicata “B” una arcilla ligera tipo grava (CL), así mismo en la clasificación AASHTO la C - “A” cuenta con un suelo limoso regular a malo (A-4) y la C - “B” un suelo arcilloso regular a malo (A-6). Por consiguiente, el tipo de suelo encontrado en ambas calicatas se considera arcilloso; pues ambas poseen un contenido de finos superiores a 50% que pasa por el tamiz N° 200.

Asimismo, se determinó el índice de plasticidad para ambas calicatas, la calicata “A” presenta para la muestra patrón un valor de 5.67%, para adiciones de 15% y 20% de NaCl se tiene una disminución en sus porcentajes, en tanto que con la adición de 25% de NaCl incrementa su porcentaje alcanzando un 4%. La calicata “B” contiene en la muestra patrón un índice plástico de 12.33%, registrándose un incremento para adiciones de 15% y 20% de NaCl siendo el máximo porcentaje 15.33% y para la adición de 25% de NaCl el porcentaje decrece hasta tomar un valor igual a la muestra patrón.

Realizado el ensayo de Proctor Modificado determinamos la máxima densidad seca, en la C-“A” se observó que la muestra patrón alcanza 1.97 gr/cm³, incrementándose hasta llegar a tomar un valor máximo de 2.074 gr/cm³ con la adición de 15% de NaCl, para adiciones de 20% y 25% de NaCl la máxima densidad seca se reduce tomando valores de 1.98 gr/cm³ y 1.96 gr/cm³; de igual modo para la C-“B” la muestra patrón alcanza un valor de 1.817 gr/cm³, incrementándose hasta tomar un valor máximo de 1.98 gr/cm³ con la adición 15% de NaCl, para adiciones de 20% y 25% de NaCl la máxima densidad seca se reduce tomando

expresiones de 1.92 gr/cm³ y 1.86 gr/cm³ respectivamente. El ensayo Proctor también otorga resultados para obtener el óptimo contenido de humedad, es así que en la C - "A" la muestra patrón presenta un 10.45%, reduciéndose hasta un 9.39% con la adición de 15% de NaCl y para adiciones de 20% y 25% de NaCl incrementa notablemente alcanzando un valor máximo de 10.8% con la adición de 25% de NaCl. Y para la C - "B" el óptimo contenido de humedad presente en la muestra patrón es de 14.87%, registrándose una reducción con la adición de 15% de NaCl e incrementándose para adiciones de 20% y 25% de NaCl, tomando un valor máximo de 11.96% con la adición de 25% de NaCl.

Finalmente, al realizar el ensayo CBR al 100% de la máxima densidad seca para la C - "A" se observa que la muestra patrón tiene un valor promedio de 6.22%, en tanto que con la adición de 15% de NaCl se incrementa hasta tomar un valor de 12.16%, alcanzando un máximo valor de 16.26% con la adición de 20% de NaCl, reduciéndose significativamente a 4.61% cuando se adiciona 25% de NaCl. Por otro lado, la C - "B" en la muestra patrón presenta un valor promedio de 5.17%, incrementándose a 10.72% con la adición de 15% de NaCl, a 11.27% adicionando 20% de NaCl y reduciéndose sustancialmente hasta tomar un valor de 5.28% con la adición de 25% de NaCl.

3. Se concluye que luego de haber agregado al suelo a determinados tipos de adición de cloruro de sodio (15%, 20%, 25%), el CBR se incrementa cuando se proporciona un 20% de cloruro de sodio. Donde los valores encontrados tanto para la calicata A y B se encuentran comprendidas dentro de las categorías de subrasante regular y buena.

4. Finalmente el óptimo porcentaje de adición de cloruro de sodio en suelo arcilloso materia de la presente. investigación (tener presente que todos los suelos presentan características distintas, por ende, es necesario realizar nuevos ensayos), con el que mejor se obtienen resultados es con 20% de NaCl; este porcentaje se observa de forma similar tanto en la calicata "A" como en la calicata "B".

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda adicionar el estabilizante cloruro de sodio en grano, debido que al agregarlo en salmuera puede llegar a causar corrosión en la maquinaria que realiza el trabajo de compactación.
2. Se sugiere utilizar porcentajes cercanos al 20% de la adición de cloruro de sodio.

3. Se recomienda tener en cuenta el clima de la zona, así como las precipitaciones para evitar el lavado y/o todo agente que pueda sobresaturar el suelo.
4. Colocar obras de drenaje pluvial tales como cunetas, y bombeo, con la finalidad de evacuar el agua de lluvias y evitar que estas perjudiquen la serviciabilidad de la vía.
5. Recomendamos tener especial cuidado en el análisis del tipo de suelos, ya que de esto depende el porcentaje óptimo de Cloruro de Sodio a añadir.

REFERENCIAS

1. Abook, Bin Kasa, Bin Chik. Journal of Engineering Science and Technology [en línea]. April 2007, vol.2 – N°1. [Fecha de consulta: 28 de septiembre del 2019]. Disponible en: https://pdfs.semanticscholar.org/b6b6/211e25b6ce52170697a2a7b75ef339eb3c8d.pdf?_ga=2.259428105.226026373.1575562417-2119861138.1575562417
ISSN: 102-110
2. American Society for Testing and Materials (ASTM) D-422. Standard Test Method for Particle - Size Analysis of Soils. United States. 2016.
3. American Society for Testing and Materials (ASTM) D-4318. Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. United States. 2017.
4. American Society for Testing and Materials (ASTM) D-2216. Standard Test Methods for Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass. United States. 2019.
5. American Society for Testing and Materials (ASTM) D-1557. Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort. 2012.
6. American Society for Testing and Materials (ASTM) D-1883. Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils. 2016.
7. Manuel, Borja. 2012. Metodología de la investigación Científica para ingenieros. Chiclayo Perú: Universidad Cesar Vallejo Perú, 2012.

8. Caruajulca, Elmer. Influencia del aditivo cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante de la carretera tramo Cruce el porongo – Aeropuerto – Cajamarca. Carretera tramo cruce El porongo - Aeropuerto, Provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca.
9. Cochachin, Royal. Estabilización y durabilidad de sub base usando la cantera de Challhua con adición de cloruro de sodio en 2,4 y 6% Huaraz – 2017. Tesis (Título Ingeniero Civil). Huaraz: Universidad San Pedro, 2018. 85 pp.
10. Davoudi y Kabir. Interaction of Lime and Sodium Chloride in a Low Plasticity Fine Grain Soils [en línea]. November 2011, [fecha de consulta 15 de agosto del 2019]. Disponible en: <https://scialert.net/fulltext/?doi=jas.2011.330.335>
11. Díaz, Meliza. Mejoramiento del CBR de un suelo arcilloso con cloruro de sodio. Centro Poblado Santa Bárbara, distrito de Baños del Inca, provincia de Cajamarca, Departamento de Cajamarca. Tesis (Título Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, 2018. 73pp.
12. García, Pérez, Gómez, Obil. Revista Mexicana del transporte [en línea]. 2002 Publicación técnica N°201. [Fecha de consulta: 15 de mayo del 2019]. Disponible en: <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt201.pdf>
ISSN: 0188 – 7297
13. Gil y Nuñez. Influencia de la adición de fibras de pet reciclado sobre la resistencia, cohesión y ángulo de fricción interna de suelos arcillosos aplicado a la estabilidad de taludes. Tesis (Título Ingeniero Civil). La Libertad: Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería, 2018. 202pp.
14. Gutiérrez, Carlos. Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de calcio. Tesis (Título Ingeniero Civil). Lima: Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería, 2010. 161pp.

15. Haliburton, Marcas III. Effects of sodium chloride and sodium chloride-lime admixtures on cohesive Oklahoma soils. Oklahoma. [en línea]. November 2007 [Fecha de consulta: 16 de octubre del 2019]. Disponible en: <https://trid.trb.org/view/122802>

ISSN: 00232962

16. Hinrichsen, Nicole. Estudio de comportamiento de suelo estabilizado con sal frente a la acción del agua, para distintas mezclas. Ciudad de Panguipulli, Valdivia, Tesis (Título Ingeniero Civil). Valdivia: Universidad Austral de Chile, Escuela de Ingeniería Civil, 2005. 125 pp.

17. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/>

18. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Perú). Manual de carreteras: Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Lima: MTC, 2013. 120 pp.

19. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 101 (Perú). Manual de ensayo de materiales: Lima: MTC, 2016. 14 pp.

20. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 107 (Perú). Manual de ensayo de materiales: Lima: MTC, 2016. 44 pp.

21. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 108 (Perú). Manual de ensayo de materiales: Lima: MTC, 2016. 49 pp.

22. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 110 (Perú). Manual de ensayo de materiales: Lima: MTC, 2016. 67 pp.

23. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 111 (Perú). Manual de ensayo de materiales: Lima: MTC, 2016. 72 pp.

24. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 115 (Perú). Manual de ensayo de materiales: Lima: MTC, 2016. 105 pp.

25. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 132 (Perú). Manual de ensayo de materiales: Lima: MTC, 2016. 248 pp.

26. Palomino, Yelsin. Influencia de la adición de cloruro de sodio en el índice californiano bearing ratio (cbr) de un suelo arcilloso, Cajamarca 2016, Centro Poblado Santa Bárbara, distrito de Baños del Inca, provincia de Cajamarca, Departamento de Cajamarca. Tesis (Título Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, 2016. 114pp.

27. Pérez y Torres. Estudio de la cal y el cloruro de sodio como agentes estabilizadores de suelos arcillosos en propiedades como la resistencia y expansividad. Estudio (Título de especialista en geotecnia ambiental). Bucaramanga: Universidad de Santander, Facultad de Ingeniería, 2015. 76pp.

28. Pico, Juan. Análisis comparativo de la estabilización de la subrasante de la vía entre las comunidades de Teligote y Masabachos de la parroquia Benítez cantón San Pedro de Pelileo, con cal y cloruro de sodio para realizar el diseño de pavimentos de la misma. Comunidades de Teligote y Masabachos, ciudad de Ambato. (Título Ingeniero Civil). Ambato: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería, 2016. 251 pp.

29. Pozo, Davis. Influencia del aditivo cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante de la carretera tramo cruce el porongo – Aeropuerto – Cajamarca. Carretera tramo cruce el porongo – Aeropuerto, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca. Tesis (Bachiller Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, 2019. 32 pp.

30. Química General por Ralph Petrucci. Madrid: Editorial Pearson Educación, 2011. 1432 pp.

31. Reyes, Camacho y Troncoso. Revista colombiana de Ingeniería [en línea]. Julio – Agosto 2006, volumen 16 – n°1. [Fecha de consulta: 23 de mayo del 2019].

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2332333>

ISSN: 0124-8170

32. Roldán de Paz, Jairon. Estabilización de suelos con cloruro de sodio (NaCl) para bases y sub bases. Guatemala. Tesis (Título Ingeniero Civil). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 199 pp.

33. Revista Latino – America Enfermagen [en línea]. Brasil: USP, 2006 [fecha de consulta 05 de noviembre del 2019].

Disponible en: http://www.scielo.br/pdf/rlae/v15n3/es_v15n3a22.pdf

34. Sampieri, Fernández y Baptista. Metodología de la Investigación [en línea]. 6 ed. México: MC GRAW- HILL /INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. 2014 [fecha de consulta: 24 de setiembre del 2019]. Disponible en: <https://www.google.com/search?q=metodologia+de+la+investigacion+sampieri&oq=metodologia+de+la+investigacion+sam&aqs=chrome.0.0j69i57j0l6.13144j1j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

ISBN: 9781456223960

35. Villalaz. Vias de Comunicación: Caminos, Ferrocarriles, Aeropuestos, Puentes y Puertos [en línea]. 3 ed. Mexico: Editorial Limusa. 2004 [fecha de consulta: 05 de noviembre del 2019]. Disponible en:

https://books.google.com.pe/books?id=TVogJOYf7pgC&printsec=frontcover&hl=es&source=gsbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

ISBN: 968-18-4849-7

36. Villalaz. Vias de Comunicación: Mecánica de suelos y cimentaciones [en línea]. 3 ed. Mexico: Editorial Limusa. 2004 [fecha de consulta: 10 de noviembre del 2019].

Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=Db2SQbBHVPQC&printsec=frontcover&dq=inautor:%22Carlos+Crespo+Villalaz%22&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjahKW98aLmAhWWHbkGHRqKAT4Q6AEIKDAA#v=onepage&q&f=false>

ISBN: 968-18-6489-1

ANEXOS

A continuación, se observa cómo se realizó el procedimiento paso a paso de todo el estudio para obtener un resultado confiable y veraz, asimismo se respetó la normatividad correspondiente acerca del estudio de suelos.

Calicata "A - Patrón"

Clasificación SUCS y AASHTO

Cuadro 52. C-A Patrón, Clasificación SUCS y AASHTO

CONTENIDO DE HUMEDAD			
ASTM D-2216			
DESCRIPCIÓN	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso de la Tara (gr)	8.4	8.7	9.4
Peso de la tara + suelo Húmedo (gr)	87.96	94.95	91.2
Peso de la tara + suelo Seco (gr)	84.61	91.63	87.89
Peso del suelo seco (gr)	76.21	82.93	78.49
Peso del agua (gr)	3.35	3.32	3.31
% de humedad (%)	4.40	4.00	4.22
% de humedad promedio (%)	4.21		

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 53. C-A Patrón, Datos del ensayo

CALICATA "A"- PATRÓN	
Peso de la muestra	2000 gr
Peso de muestra seca luego de lavado	674.02 gr
Peso perdido por lavado	1325.98 gr

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayo de Granulometría

Cuadro 54. C-A Patrón, Ensayo de Granulometría

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Contenido de Humedad	
3"	76.200	0	0.00	0.00	100.00	4.21	%
2 1/2"	63.500	0	0.00	0.00	100.00		
2"	50.600	0	0.00	0.00	100.00	Límites e Índices de Consistencia	
1 1/2"	38.100	0	0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	20.69	1.03	1.03	98.97		
3/4"	19.050	18.27	0.91	1.95	98.05	L. Plástico :	25
1/2"	12.700	10.76	0.54	2.49	97.51	Índ. de plasticidad:	5
3/8"	9.525	17.11	0.86	3.34	96.66	Clasificación de la Muestra	
1/4"	6.350	29.26	1.46	4.80	95.20		
N°4	4.178	266.53	13.33	18.13	81.87	Clas. SUCS :	ML-CL
N°8	2.360	0	0.00	18.13	81.87	Clas. AASHTO :	A - 4
N°10	2.000	0	0.00	18.13	81.87	Descripción de la Muestra	
N°16	1.180	0	0.00	18.13	81.87		
N°20	0.850	0	0.00	18.13	81.87		
N°30	0.600	0	0.00	18.13	81.87	SUCS:	Arcilla limosa y Tipo grava con arena
N°40	0.420	0.61	0.03	18.16	81.84	AASHTO:	Suelo Limoso
N°50	0.300	44.19	2.21	20.37	79.63		Regular a Malo
N°60	0.250	31.69	1.58	21.96	78.04	Tiene un % de finos de:	66.30%
N°80	0.180	67.27	3.36	25.32	74.68		
N°100	0.150	33.88	1.69	27.01	72.99	Descripción de la Calicata	
N°200	0.074	133.76	6.69	33.70	66.30		
< 200		1325.98	66.30	100.00	0.00		
Total		2000	100			Profundidad:	0.00m - 1.80m

Fuente: Elaboración propia, 2019.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

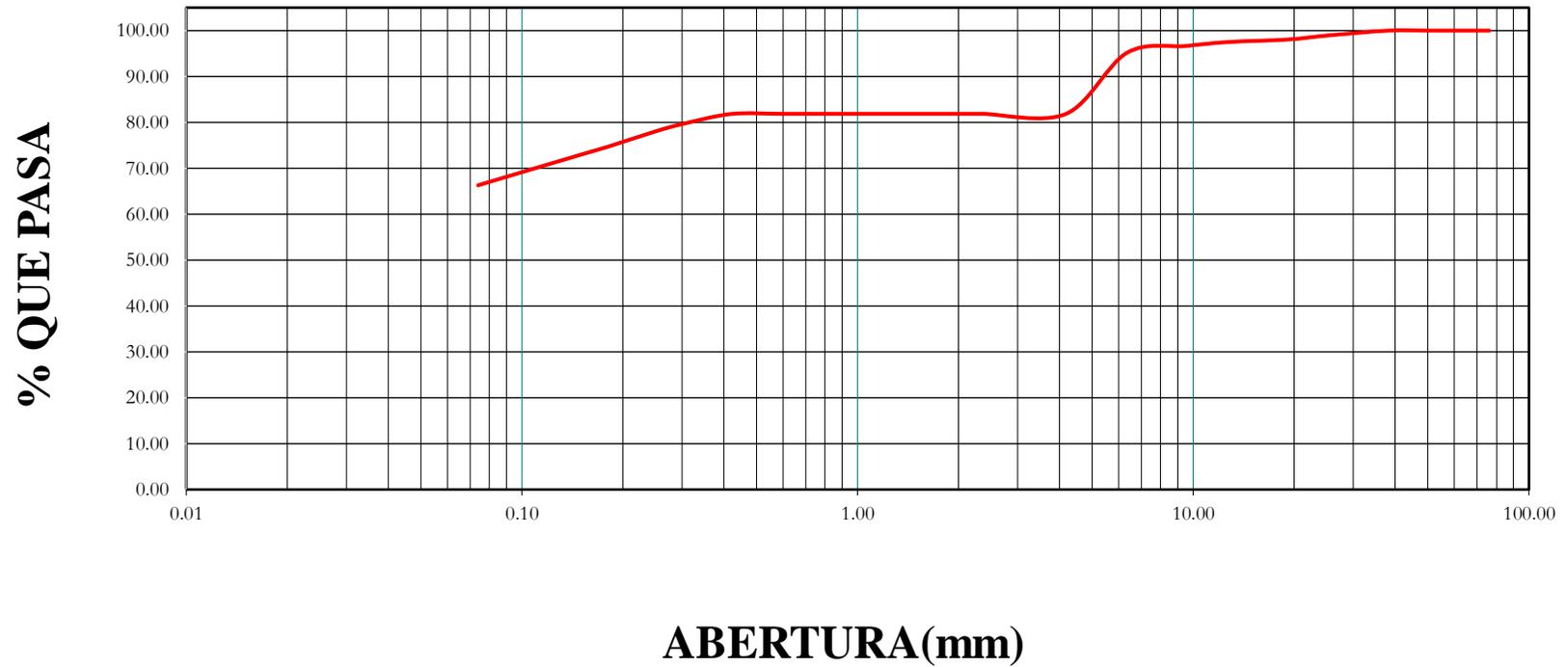


Figura 30. Calicata "A - Patrón", Curva Granulométrica.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayos de Atterberg

Cuadro 55. C-A Patrón, Límites de Consistencia

LIMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Límite Líquido ASTM D-4318/NTP 339.129			Límite Plástico ASTM D- 4318/NTP 339.129	
	N° de Golpes	16	24	35	-
Peso de la Tara (gr)	8.6	8.4	12.6	9.21	8.7
Peso de la Tara + suelo Húmedo (gr)	13.1	10.2	14.9	10.1	9.4
Peso de la Tara + suelo Seco (gr)	11.95	9.78	14.42	9.92	9.26
Contenido de Humedad %	34.33	30.43	26.37	25.35	25
Límites %	30			25	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

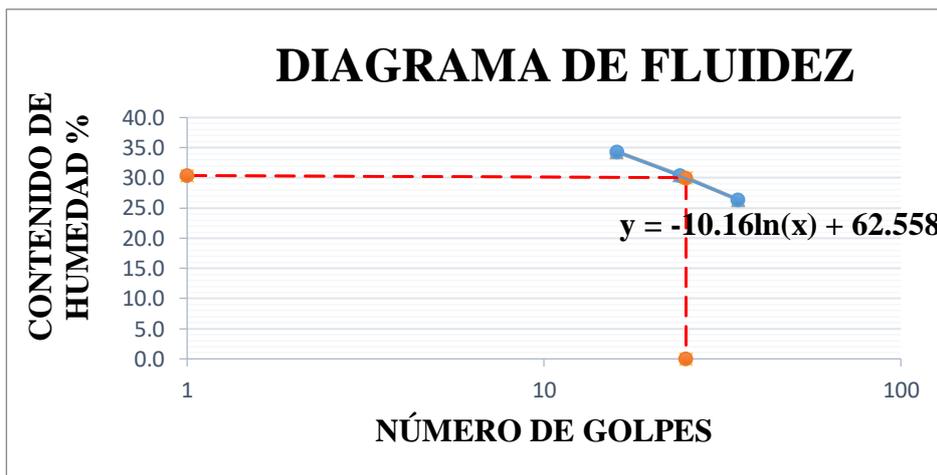


Figura 31. Calicata "A - Patrón", Diagrama de Fluidez.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayo de compactación Proctor modificado ASTM D-1557

Cuadro 56. C-A Patrón, Proctor Modificado Paso 1.

MOLDE	S-3
Peso del Molde (gr)	4200
Volumen de molde cm³	933
N° de capas	5
N° De Golpes por capa	25

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 57. C-A Patrón, Proctor Modificado Paso 2.

Muestra N°	#1	#2	#3	#4	#5
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr)	5970	6010	6220	6200	6090
Peso del Molde (gr)	4200	4200	4200	4200	4200
Peso del suelo Húmedo (gr)	1770	1810	2020	2000	1890
Densidad Húmeda (gr)	1.90	1.94	2.17	2.14	2.03
CONTENIDO DE HUMEDAD					
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr)	655.50	1194.20	1004.20	837.70	839.50
Peso de suelo seco + Cápsula (gr)	637.70	1142.50	918.30	751.80	742.90
Peso de Agua (gr)	17.80	51.70	85.90	85.90	96.60
Peso de Cápsula (gr)	123.20	88.90	53.40	100.70	103.50
Peso de Suelo Seco (gr)	514.50	1053.60	864.90	651.10	639.40
% de Humedad	3.46	4.91	9.93	13.19	15.11
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.83	1.85	1.97	1.89	1.76

Fuente: Elaboración propia, 2019.

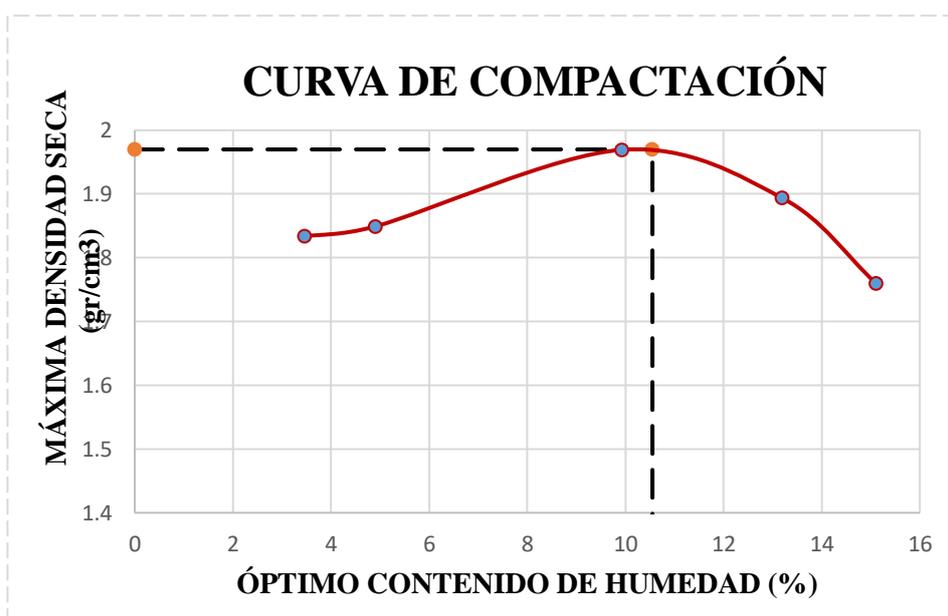


Figura 32. Calicata "A- Patrón", Curva de Compactación.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 58. C-A Patrón, Máxima densidad seca y Óptimo contenido de Humedad

Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.97
Óptimo contenido de humedad (%)	10.55

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayo de California Bearing Ratio

Cuadro 59. C-A Patrón, Ensayo CBR – Paso 1

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11427		12222		12433	
Peso del molde (g)	7234		7870		7853	
Peso del suelo húmedo (g)	4193		4352		4580	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad Húmeda	1.979		2.054		2.161	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	169.34		157.76		140.3	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	158		149		134.9	
Peso del agua (g)	11.34		8.76		5.4	
Peso de la cápsula (g)	62.8		69.56		79.2	
Peso del suelo seco (g)	95.2		79.44		55.7	
% de Humedad	11.91		11.03		9.69	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.768		1.85		1.97	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 60. C-A Patrón, Ensayo CBR – Paso 2

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DIA	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	2.090	2.090	1.646	2.079	2.079	1.637	1.045	1.045	0.823
48 hrs	2.092	2.092	1.647	2.088	2.088	1.644	1.345	1.345	1.059
72 hrs	2.095	2.095	1.650	2.190	2.190	1.724	1.770	1.770	1.394
96 hrs	2.110	2.110	1.661	2.220	2.220	1.748	1.810	1.810	1.425

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 61. C-A Patrón, Ensayo CBR – Paso 3

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg²	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg²	LECTURA DIAL	MOLD E 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg²
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	2	31.84	10.62	3	36.83	12.28	4	51.81	17.27
0.050	4	51.81	17.27	6	71.78	23.93	8	91.75	30.59
0.075	7	81.76	27.26	10	111.72	37.25	13	141.67	47.24
0.100	10	111.72	37.25	14	151.66	50.56	16	171.63	57.22
0.125	12	131.69	43.91	15	161.64	53.89	20	211.56	70.54
0.150	13	141.67	47.24	17	181.61	60.55	25	261.48	87.18
0.200	18	191.59	63.88	24	251.50	83.85	30	311.41	103.83
0.300	20	211.56	70.54	27	281.45	93.84	36	371.31	123.80
0.400	23	241.52	80.53	32	331.37	110.49	44	451.18	150.43
0.500	25	261.48	87.18	36	371.31	123.80	50	511.08	170.40

Fuente: Elaboración propia, 2019.

CURVA DE PENETRACIÓN

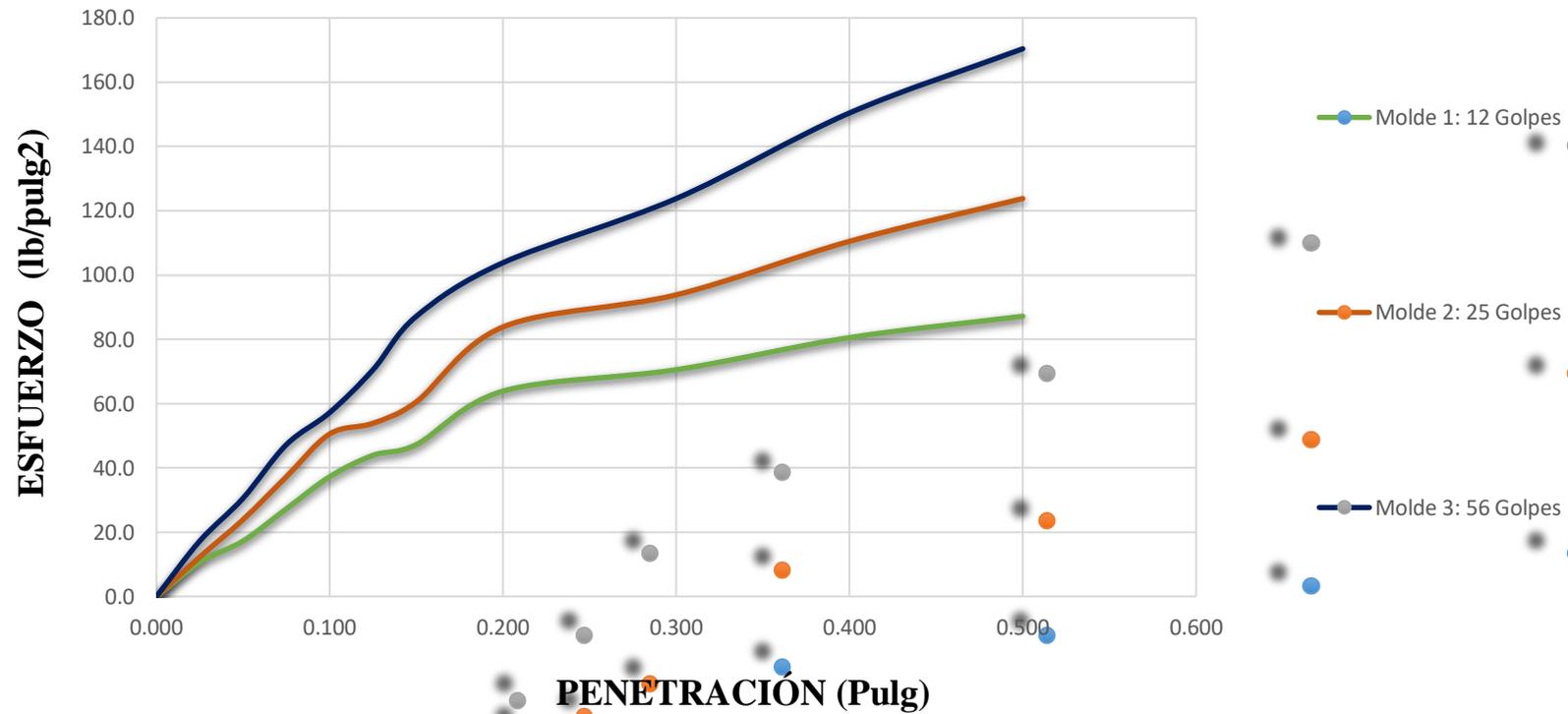


Figura 33. Calicata "A - Patrón", Curva de Penetración.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 62. C-A Patrón, Ensayo CBR – Penetración 0.1”

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg ²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg ²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)
1	0.100	37.25	1000	3.73	1.768
2	0.100	50.56	1000	5.06	1.850
3	0.100	57.22	1000	5.72	1.970

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 63. C-A Patrón, Ensayo CBR – Penetración 0.2”

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg ²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg ²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)
1	0.200	63.88	1500	4.26	1.768
2	0.200	83.85	1500	5.59	1.850
3	0.200	103.83	1500	6.92	1.970

Fuente: Elaboración propia, 2019.

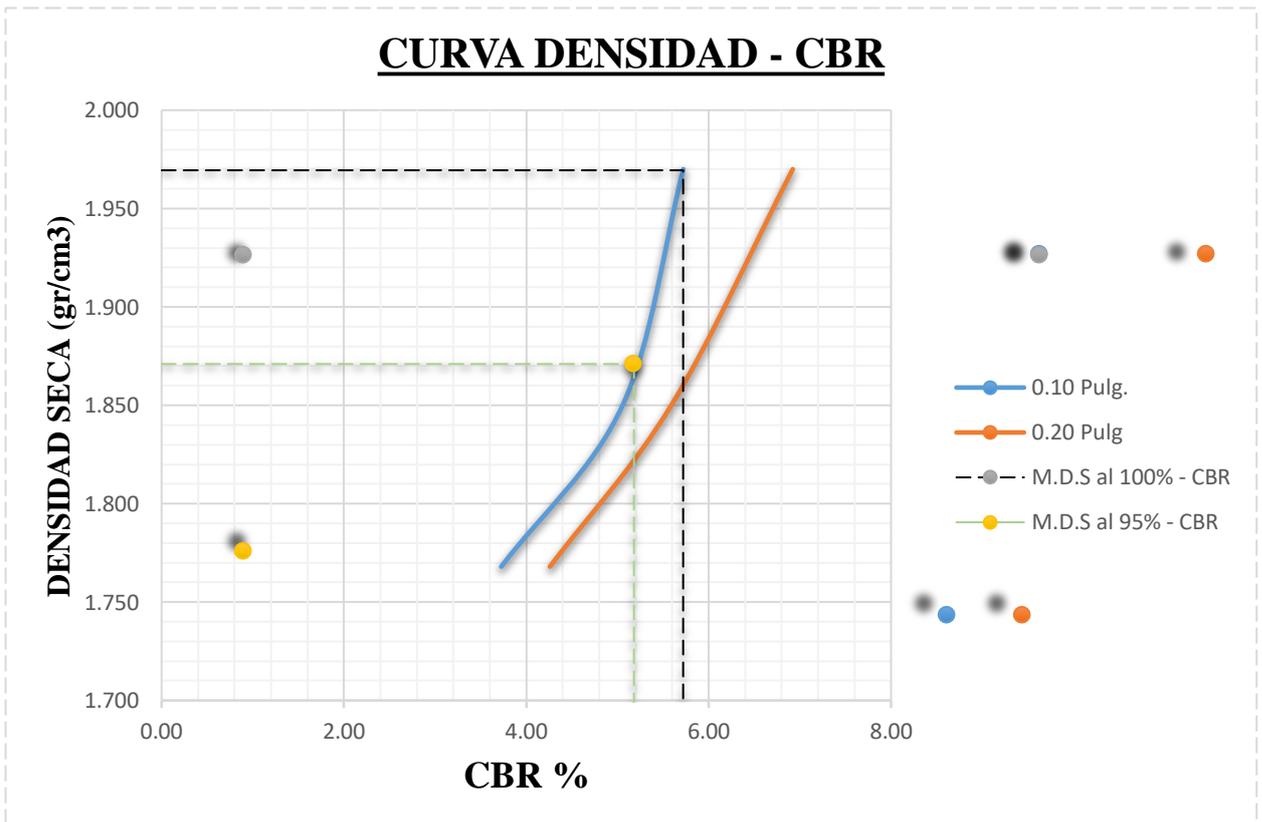


Figura 34. Calicata "A - Patrón", Curva Densidad - CBR.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 64. C-A Patrón, Resultados del Ensayo CBR

RESULTADOS DEL ENSAYO		
Máxima densidad seca al 100%	(g/cm ³)	1.97
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm ³)	1.871
Óptimo contenido de humedad	(%)	10.55
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	5.72
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	5.18

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 65. C-A Patrón, Repeticiones del Ensayo CBR.

Calicata		Ubicación	Prof. Estrato	PROPIEDADES FÍSICAS							CLASIFICACIÓN		PROPIEDADES MECÁNICAS			
Nº	Estrato			% CH	% Finos	% Arenas	% Gravas	% LL	% LP	% IP	SUCS	AASHTO	MDS (g/cm ³)	OCH %	CBR 100%	CBR 95%
C-1	E-1	CALICATA A	1.80 m	4.21	66.30	15.57	18.13	30	25	5	ML-CL	A-4 (2)	1.970	10.55	5.72	5.18
C-2	E-1	CALICATA A	1.80 m	4.18	65.62	16.90	17.48	33	27	6	ML-CL	A-4 (3)	1.968	10.80	6.39	5.19
C-3	E-1	CALICATA A	1.80 m	4.26	66.27	17.37	16.36	32	26	6	ML-CL	A-4 (3)	1.980	10.00	6.55	5.35

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Calicata "A – 15% de NaCl"

Clasificación SUCS y AASHTO

Cuadro 66. C-A (15% NaCl), Clasificación SUCS y AASHTO

CONTENIDO DE HUMEDAD			
ASTM D-2216			
DESCRIPCIÓN	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso de la Tara (gr)	9.35	9.47	9.48
Peso de la tara + suelo Húmedo (gr)	84.04	83.18	88.74
Peso de la tara + suelo Seco (gr)	76.5	76	81
Peso del suelo seco (gr)	67.15	66.53	71.52
Peso del agua (gr)	7.54	7.18	7.74
% de humedad (%)	11.23	10.79	10.82
% de humedad promedio (%)	10.95		

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 67. C-A (15% NaCl), Datos del ensayo

CALICATA "A"- 15% NaCl	
Peso de la muestra:	2000 gr
Peso de muestra seca luego de lavado	674.02 gr
Peso perdido por lavado	1325.98 gr

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayo de Granulometría

Cuadro 68. C-A (15% NaCl), Ensayo de Granulometría

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Contenido de Humedad	
3"	76.200	0	0.00	0.00	100.00	10.95	%
2 1/2"	63.500	0	0.00	0.00	100.00	Límites e Índices de Consistencia	
2"	50.600	0	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	0	0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	20.69	1.03	1.03	98.97	L. Líquido :	36
3/4"	19.050	18.27	0.91	1.95	98.05	L. Plástico :	31
1/2"	12.700	10.76	0.54	2.49	97.51	Índ. de plasticidad:	5
3/8"	9.525	17.11	0.86	3.34	96.66	Clasificación de la Muestra	
1/4"	6.350	29.26	1.46	4.80	95.20		
N°4	4.178	266.53	13.33	18.13	81.87	Clas. SUCS :	ML-CL
N°8	2.360	0	0.00	18.13	81.87	Clas. AASHTO :	A - 4
N°10	2.000	0	0.00	18.13	81.87	Descripción de la Muestra	
N°16	1.180	0	0.00	18.13	81.87		
N°20	0.850	0	0.00	18.13	81.87	SUCS:	Arcilla limosa y Tipo grava con arena
N°30	0.600	0	0.00	18.13	81.87	AASHTO:	Suelo Limoso
N°40	0.420	0.61	0.03	18.16	81.84		Regular a Malo
N°50	0.300	44.19	2.21	20.37	79.63	Tiene un % de finos de:	66.30%
N°60	0.250	31.69	1.58	21.96	78.04		
N°80	0.180	67.27	3.36	25.32	74.68	Descripción de la Calicata	
N°100	0.150	33.88	1.69	27.01	72.99		
N°200	0.074	133.76	6.69	33.70	66.30	C-1: E-1	
< 200		1325.98	66.30	100.00	0.00		
Total		2000	100			Profundidad:	0.00m - 1.80m

Fuente: Elaboración propia, 2019.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

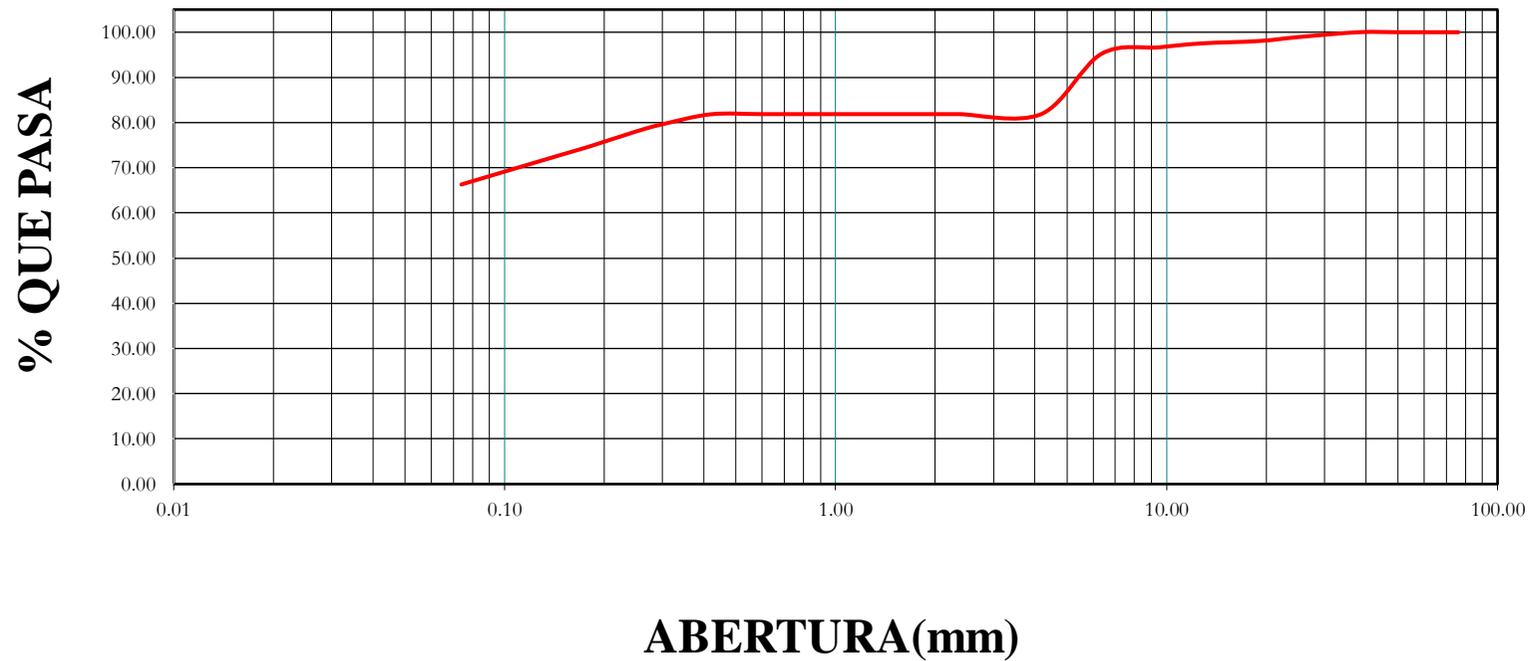


Figura 35. Calicata "A - 15% de NaCl", Curva Granulométrica.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayos de Atterberg

Cuadro 69. C-A (15% NaCl), Límites de Consistencia

LIMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Límite Líquido ASTM D-4318/NTP 339.129			Límite Plástico ASTM D- 4318/NTP 339.129	
N° de Golpes	17	22	34	-	-
Peso de la Tara (gr)	9.05	10.7	10.5	9.08	11.3
Peso de la Tara + suelo Húmedo (gr)	15.5	13.8	13.6	9.19	11.37
Peso de la Tara + suelo Seco (gr)	13.7	12.96	12.8	9.17	11.35
Contenido de Humedad %	38.71	37.17	34.78	29.41	32.08
Limites %	36			31	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

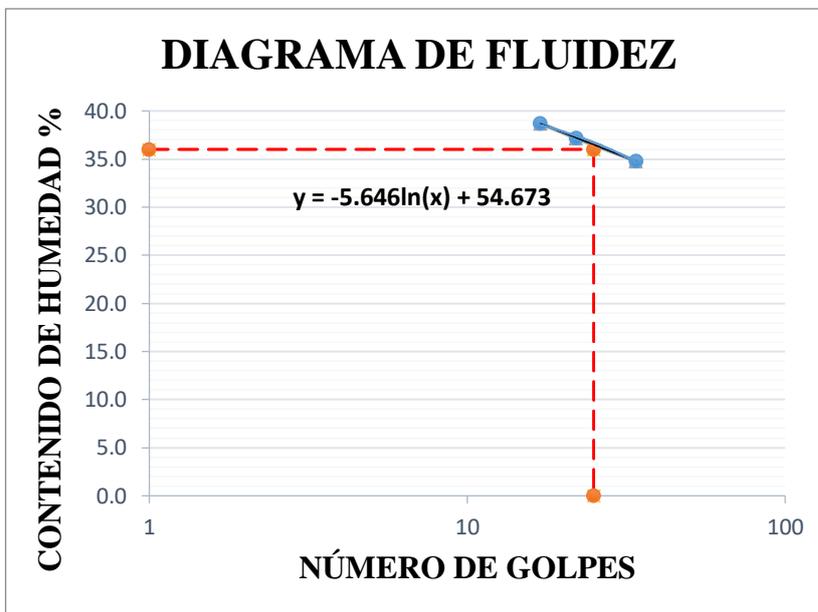


Figura 36. Calicata "A - 15% de NaCl", Diagrama de Fluidez.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayo de compactación proctor modificado ASTM D-1557

Cuadro 70. C-A (15% NaCl), Proctor Modificado Paso 1.

MOLDE	S-3
Peso del Molde (gr)	3720
Volumen de molde cm³	890
N° de capas	5
N° De Golpes por capa	25

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 71. C-A (15% NaCl), Proctor Modificado Paso 2.

Muestra N°	#1	#2	#3	#4	#5
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr)	5459	5608	5744	5669	5617
Peso del Molde (gr)	3720	3720	3720	3720	3720
Peso del suelo Húmedo (gr)	1739	1888	2024	1949	1897
Densidad Húmeda (gr)	1.95	2.12	2.27	2.19	2.13
CONTENIDO DE HUMEDAD					
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr)	433.60	469.80	382.30	403.60	390.30
Peso de suelo seco + Cápsula (gr)	418.40	449.40	352.30	359.90	348.20
Peso de Agua (gr)	15.20	20.40	30.00	43.70	42.10
Peso de Cápsula (gr)	88.10	116.90	70.90	45.40	69.60
Peso de Suelo Seco (gr)	330.30	332.50	281.40	314.50	278.60
% de Humedad	4.60	6.14	10.66	13.90	15.11
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.87	2.00	2.06	1.92	1.85

Fuente: Elaboración propia, 2019.

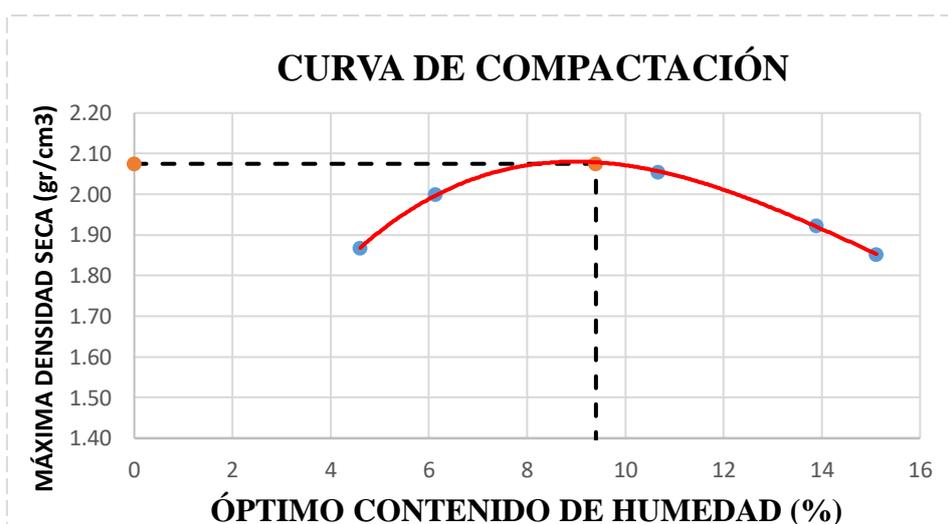


Figura 37. Calicata "A - 15% de NaCl", Curva de Compactación.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 72. C-A (15% NaCl), Máxima densidad seca y Óptimo contenido de Humedad

Máxima densidad seca (g/cm ³)	2.075
Óptimo contenido de humedad (%)	9.4

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayo de California Bearing Ratio

Cuadro 73. C-A (15% NaCl), Ensayo CBR – Paso 1

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	12022		12416		12748	
Peso del molde (g)	7965		7945		7937	
Peso del suelo húmedo (g)	4057		4471		4811	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2129		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad Húmeda	1.915		2.1		2.27	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	192.92		183.83		191.97	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	181		171		179.38	
Peso del agua (g)	11.92		12.83		12.59	
Peso de la cápsula (g)	49.4		45.2		45.4	
Peso del suelo seco (g)	131.6		125.8		133.98	
% de Humedad	9.06		10.2		9.4	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.756		1.915		2.075	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 74. C-A (15% NaCl), Ensayo CBR – Paso 2

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.375	0.370	0.291	0.315	0.315	0.248	0.280	0.280	0.220
48 hrs	0.410	0.410	0.323	0.370	0.370	0.291	0.500	0.500	0.394
72 hrs	0.425	0.425	0.335	0.410	0.410	0.323	0.750	0.750	0.591
96 hrs	0.430	0.430	0.339	0.415	0.415	0.327	0.800	0.800	0.630

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 75. C-A (15% NaCl), Ensayo CBR – Paso 3

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1lbs	ESFUERZO lbs/pulg²	LECTURA DIAL	MOLDE 2lbs	ESFUERZO lbs/pulg²	LECTURA DIAL	MOLDE 3lbs	ESFUERZO lbs/pulg²
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	4	51.81	17.27	3	36.83	12.28	10	111.72	37.25
0.050	7	81.76	27.26	12	131.69	43.91	17	181.61	60.55
0.075	9	101.73	33.92	18	191.59	63.88	24	251.50	83.85
0.100	13	141.67	47.24	26	271.47	90.51	35	361.32	120.47
0.125	15	161.64	53.89	30	311.41	103.83	40	411.24	137.11
0.150	17	181.61	60.55	34	351.34	117.14	44	451.18	150.43
0.200	22	231.53	77.20	42	431.21	143.77	55	560.99	181.04
0.300	27	281.45	93.84	55	560.99	187.04	65	660.82	220.33
0.400	31	321.39	107.16	64	650.84	217.00	75	760.64	253.61
0.500	34	351.34	117.14	71	720.71	240.30	87	880.43	293.55

Fuente: Elaboración propia, 2019.

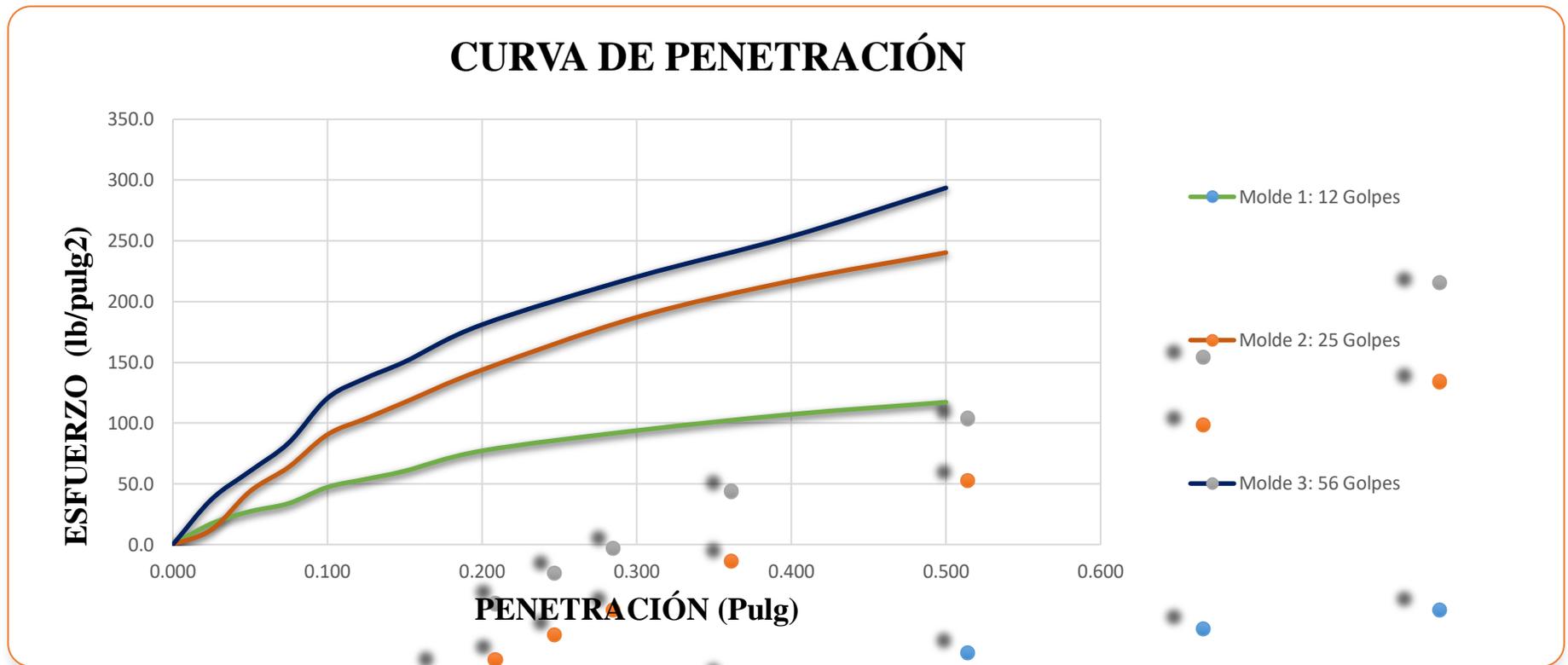


Figura 38. Calicata "A - 15% de NaCl", Curva de Penetración.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 76. C-A (15% NaCl), Ensayo CBR – Penetración 0.1”

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg ²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg ²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)
1	0.100	47.24	1000	4.72	1.756
2	0.100	90.51	1000	9.05	1.915
3	0.100	120.47	1000	12.05	2.075

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 77. C-A (15% NaCl), Ensayo CBR – Penetración 0.2”

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg ²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg ²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)
1	0.200	77.20	1500	5.15	1.756
2	0.200	143.77	1500	9.58	1.915
3	0.200	187.04	1500	12.47	2.075

Fuente: Elaboración propia, 2019.

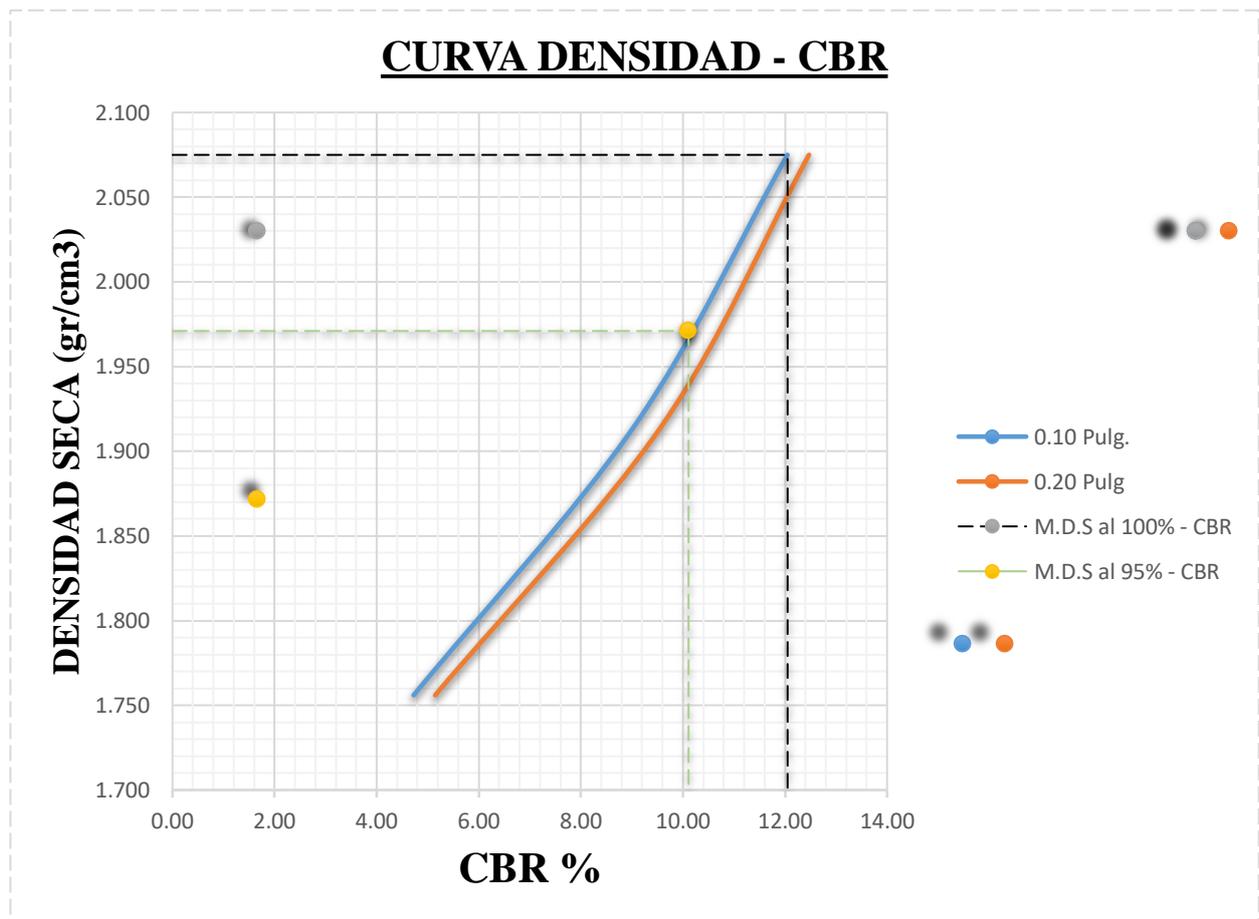


Figura 39. Calicata "A - 15% de NaCl", Curva Densidad - CBR.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 78. C-A (15% NaCl), Resultados del Ensayo CBR

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Máxima densidad seca al 100%	(g/cm ³) 2.08
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm ³) 1.971
Óptimo contenido de humedad	(%) 9.4
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%) 12.05
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%) 10.11

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 79. C-A (15% NaCl), Repeticiones del Ensayo CBR.

CUADRO DE REPETICIONES - RESULTADOS																
Calicata		Ubicación	Prof. Estrato	PROPIEDADES FÍSICAS							CLASIFICACIÓN		PROPIEDADES MECÁNICAS			
				% CH	% Finos	% Arenas	% Gravas	% LL	% LP	% IP	SUCS	AASHTO	MDS (g/cm ³)	OCH %	CBR 100%	CBR 95%
Nº	Estrato															
C-1	E-1	CALICATA A	1.80 m	10.95	66.30	15.57	18.13	36	31	5	ML-CL	A-4 (3)	2.075	9.40	12.05	10.11
C-2	E-1	CALICATA A	1.80 m	8.30	65.62	16.90	17.48	36	30	6	ML-CL	A-4 (3)	2.072	9.48	12.21	9.93
C-3	E-1	CALICATA A	1.80 m	8.82	66.27	17.37	16.36	35	30	5	ML-CL	A-4 (3)	2.074	9.30	12.21	9.96

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Calicata "A - 20% de NaCl"

Clasificación SUCS y AASHTO

Cuadro 80. C-A (20% NaCl), Clasificación SUCS y AASHTO

CONTENIDO DE HUMEDAD			
ASTM D-2216			
DESCRIPCIÓN	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso de la Tara (gr)	9.21	9.05	8.6
Peso de la tara + suelo Húmedo (gr)	89.14	92.45	76.27
Peso de la tara + suelo Seco (gr)	81.9	85	70.2
Peso del suelo seco (gr)	72.69	75.95	61.6
Peso del agua (gr)	7.24	7.45	6.07
% de humedad (%)	9.96	9.81	9.85
% de humedad promedio (%)	9.87		

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 81. C-A (20% NaCl), Datos del ensayo

CALICATA "A"- PATRON	
Peso de la muestra:	2000 gr
Peso de muestra seca luego de lavado	674.02 gr
Peso perdido por lavado	1325.98 gr

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayo de Granulometría

Cuadro 82. C-A (20% NaCl), Ensayo de Granulometría

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Contenido de Humedad	
3"	76.200	0	0.00	0.00	100.00	9.87	%
2 1/2"	63.500	0	0.00	0.00	100.00		
2"	50.600	0	0.00	0.00	100.00	Límites e Índices de Consistencia	
1 1/2"	38.100	0	0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	20.69	1.03	1.03	98.97	L. Líquido :	31
3/4"	19.050	18.27	0.91	1.95	98.05	L. Plástico :	29
1/2"	12.700	10.76	0.54	2.49	97.51	Índ. de plasticidad:	2
3/8"	9.525	17.11	0.86	3.34	96.66	Clasificación de la Muestra	
1/4"	6.350	29.26	1.46	4.80	95.20		
N°4	4.178	266.53	13.33	18.13	81.87	Clas. SUCS :	ML
N°8	2.360	0	0.00	18.13	81.87	Clas. AASHTO :	A - 4
N°10	2.000	0	0.00	18.13	81.87	Descripción de la Muestra	
N°16	1.180	0	0.00	18.13	81.87		
N°20	0.850	0	0.00	18.13	81.87	SUCS:	Limo y tipo grava con arena
N°30	0.600	0	0.00	18.13	81.87		
N°40	0.420	0.61	0.03	18.16	81.84	AASHTO:	Suelo Limoso
N°50	0.300	44.19	2.21	20.37	79.63		Regular a Malo
N°60	0.250	31.69	1.58	21.96	78.04	Tiene un % de finos de:	66.30%
N°80	0.180	67.27	3.36	25.32	74.68		
N°100	0.150	33.88	1.69	27.01	72.99	Descripción de la Calicata	
N°200	0.074	133.76	6.69	33.70	66.30		
< 200		1325.98	66.30	100.00	0.00	C-1:	E-1
Total		2000	100			Profundidad:	0.00m - 1.80m

Fuente: Elaboración propia, 2019.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

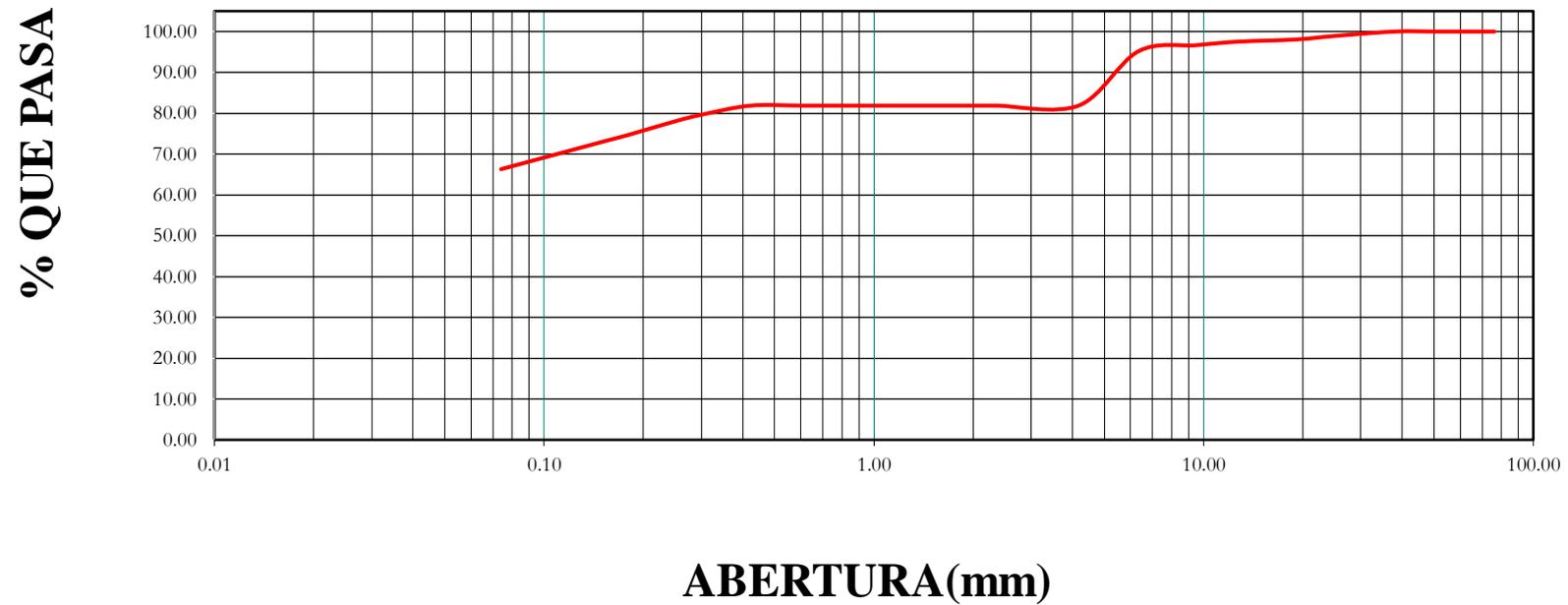


Figura 40. Calicata "A - 20% de NaCl", Curva Granulométrica.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayos de Atterberg

Cuadro 83. C-A (20% NaCl), Límites de Consistencia

LIMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Límite Líquido ASTM D-4318/NTP 339.129			Límite Plástico ASTM D- 4318/NTP 339.129	
	N° de Golpes	17	28	34	-
Peso de la Tara (gr)	8	9.4	9.5	9.53	9.75
Peso de la Tara + suelo Húmedo (gr)	11.3	12.4	12.1	9.7	9.91
Peso de la Tara + suelo Seco (gr)	10.5	11.7	11.5	9.66	9.88
Contenido de Humedad %	32.00	30.43	30.00	30.77	28.00
Límites %	31			29	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

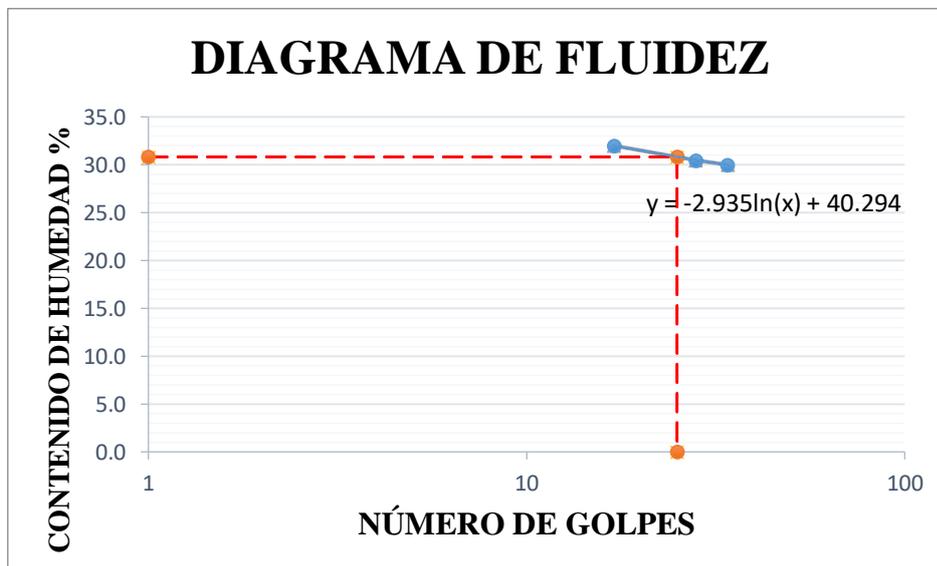


Figura 41. Calicata "A - 20% de NaCl", Diagrama de Fluidez.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayo de compactación proctor modificado ASTM D-1557

Cuadro 84. C-A (20% NaCl), Proctor Modificado Paso 1.

MOLDE	S-3
Peso del Molde (gr)	4200
Volumen de molde cm³	933
N° de capas	5
N° De Golpes por capa	25

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 85. C-A (20% NaCl), Proctor Modificado Paso 2

Muestra N°	#1	#2	#3	#4	#5
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr)	5935	6039	6225	6127	6106
Peso del Molde (gr)	4200	4200	4200	4200	4200
Peso del suelo Húmedo (gr)	1735	1839	2025	1927	1906
Densidad Húmeda (gr)	1.86	1.97	2.17	2.07	2.04
CONTENIDO DE HUMEDAD					
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr)	381.50	450.30	454.50	359.80	393.50
Peso de suelo seco + Cápsula (gr)	367.10	427.50	420.90	326.30	349.80
Peso de Agua (gr)	14.40	22.80	33.60	33.50	43.70
Peso de Cápsula (gr)	45.10	54.20	70.20	67.80	53.30
Peso de Suelo Seco (gr)	322.00	373.30	350.70	258.50	296.50
% de Humedad	4.47	6.11	9.58	12.96	14.74
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.78	1.86	1.98	1.83	1.78

Fuente: Elaboración propia, 2019.

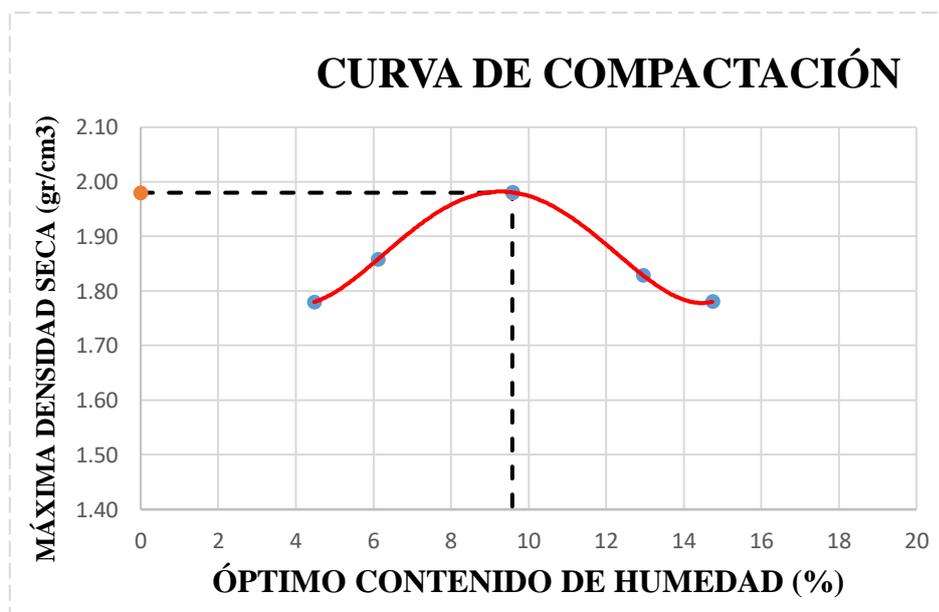


Figura 42. Calicata "A - 20% de NaCl", Curva de Compactación.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 86. C-A (20% NaCl), Máxima densidad seca y Óptimo contenido de Humedad

Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.980
Óptimo contenido de humedad (%)	9.58

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayo de California Bearing Ratio

Cuadro 87. C-A (20% NaCl), Ensayo CBR – Paso 1

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	12220		12269		12564	
Peso del molde (g)	7903		7870		7966	
Peso del suelo húmedo (g)	4317		4399		4598	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad Húmeda	2.037		2.076		2.17	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	161.46		130.96		192.64	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	147.9		123		185.28	
Peso del agua (g)	13.56		7.96		7.36	
Peso de la cápsula (g)	70.25		37.8		108.44	
Peso del suelo seco (g)	77.65		85.2		76.84	
% de Humedad	17.46		9.34		9.58	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.734		1.899		1.98	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 88. C-A (20% NaCl), Ensayo CBR – Paso 2

ENSAYO DE EXPANSION									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	1.225	1.225	0.965	0.075	0.075	0.059	0.870	0.870	0.685
48 hrs	1.280	1.280	1.008	0.170	0.170	0.134	1.070	1.070	0.843
72 hrs	1.300	1.300	1.024	0.200	0.200	0.157	1.150	1.150	0.906
96 hrs	1.340	1.340	1.055	0.260	0.260	0.205	1.300	1.300	1.024

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 89. C-A (20% NaCl), Ensayo CBR – Paso 3

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg²	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg²	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg²
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	7	81.76	27.26	10	111.72	37.25	18	191.59	63.88
0.050	12	131.69	43.91	15	161.64	53.89	27	281.45	93.84
0.075	18	191.59	63.88	22	231.53	77.20	35	361.32	120.47
0.100	23	241.52	80.53	38	391.28	130.46	49	501.09	167.07
0.125	30	311.41	103.83	44	451.18	150.43	53	541.03	180.39
0.150	38	391.28	130.46	50	511.08	170.40	60	610.91	203.69
0.200	48	491.11	163.74	63	640.85	213.67	81	820.54	273.58
0.300	61	620.89	207.01	88	890.41	296.88	93	940.32	313.52
0.400	77	780.61	260.27	98	990.22	330.16	112	1129.96	376.75
0.500	80	810.55	270.25	110	1110.00	370.09	130	1309.60	436.64

Fuente: Elaboración propia, 2019.

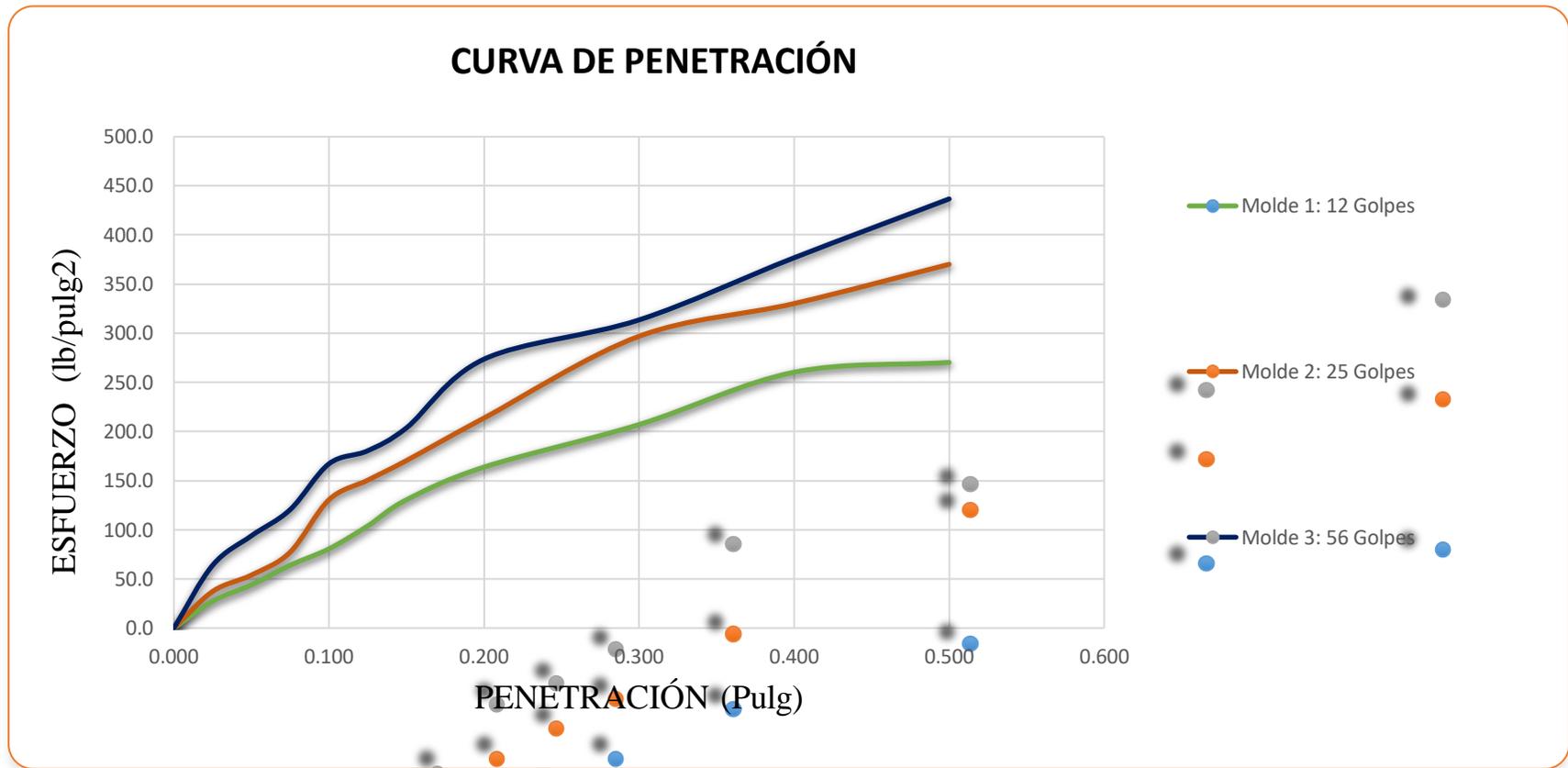


Figura 43. Calicata "A - 20% de NaCl", Curva de Penetración.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 90. C-A (20% NaCl), Ensayo CBR – Penetración 0.1”

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg ²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg ²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)
1	0.100	80.53	1000	8.05	1.734
2	0.100	130.46	1000	13.05	1.899
3	0.100	167.07	1000	16.71	1.980

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 91. C-A (20% NaCl), Ensayo CBR – Penetración 0.2”

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg ²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg ²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)
1	0.200	163.74	1500	10.92	1.734
2	0.200	213.67	1500	14.24	1.899
3	0.200	273.58	1500	18.24	1.980

Fuente: Elaboración propia, 2019.

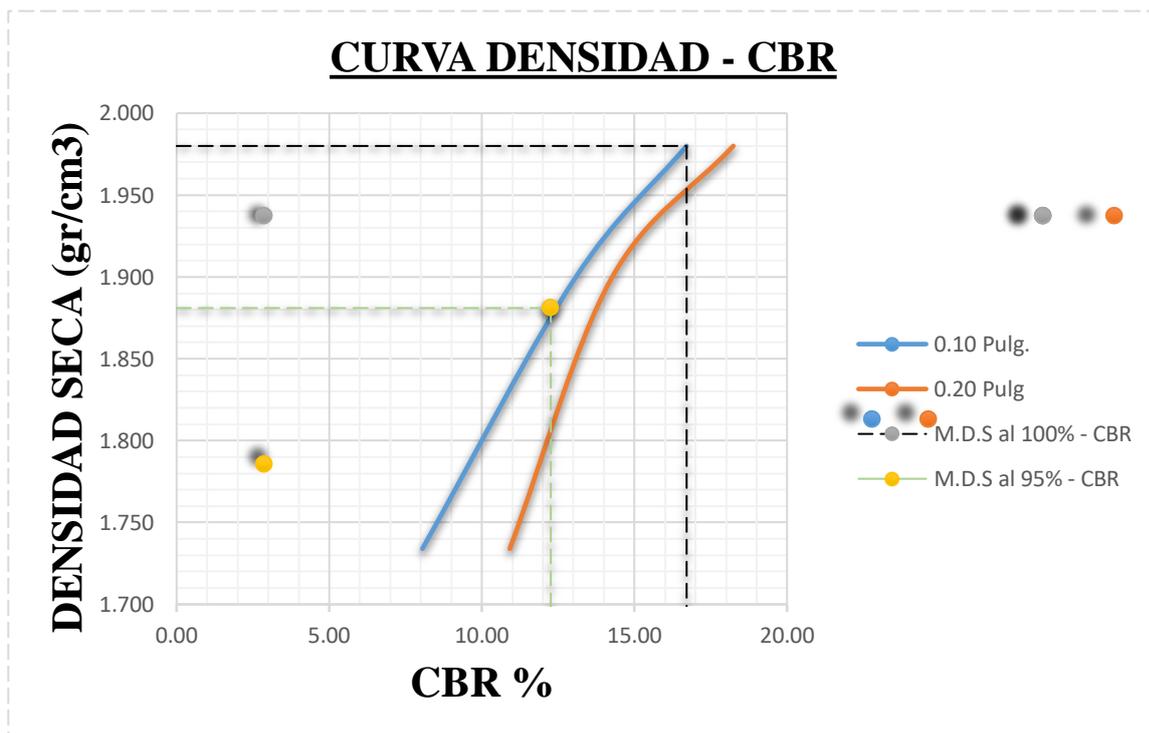


Figura 44. Calicata "A - 20% de NaCl", Curva Densidad - CBR.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 92. C-A (20% NaCl), Resultados del Ensayo CBR

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Máxima densidad seca al 100%	(g/cm ³) 1.98
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm ³) 1.881
Óptimo contenido de humedad	(%) 9.58
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%) 16.71
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%) 12.26

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 93. C-A (20% NaCl), Repeticiones del Ensayo CBR.

CUADRO DE REPETICIONES - RESULTADOS																
Calicata		Ubicación	Prof. Estrato	PROPIEDADES FÍSICAS							CLASIFICACIÓN		PROPIEDADES MECÁNICAS			
				% CH	% Finos	% Arenas	% Gravas	% LL	% LP	% IP	SUCS	AASHTO	MDS (g/cm³)	OCH %	CBR 100%	CBR 95%
Nº	Estrato															
C-1	E-1	CALICATA A	1.80 m	9.87	66.30	15.57	18.13	31	29	2	ML	A-4 (1)	1.980	9.58	16.71	12.26
C-2	E-1	CALICATA A	1.80 m	10.13	65.62	16.90	17.48	31	27	4	ML-CL	A-4 (2)	1.975	10.00	16.37	14.04
C-3	E-1	CALICATA A	1.80 m	9.62	66.27	17.37	16.36	30	29	1	ML	A-4 (0)	1.985	10.35	15.71	13.53

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Calicata "A - 25% de NaCl"

Clasificación SUCS y AASHTO

Cuadro 94. C-A (25% NaCl), Clasificación SUCS y AASHTO

CONTENIDO DE HUMEDAD			
ASTM D-2216			
DESCRIPCIÓN	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso de la Tara (gr)	9.56	9.45	8.69
Peso de la tara + suelo Húmedo (gr)	88.13	90.47	77.41
Peso de la tara + suelo Seco (gr)	82	83.9	72
Peso del suelo seco (gr)	72.44	74.45	63.31
Peso del agua (gr)	6.13	6.57	5.41
% de humedad (%)	8.46	8.82	8.55
% de humedad promedio (%)	8.61		

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 95. C-A (25% NaCl), Datos del ensayo

CALICATA "A"- 25% NaCl	
Peso de la muestra:	2000 gr
Peso de muestra seca luego de lavado	674.02 gr
Peso perdido por lavado	1325.98 gr

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayo de Granulometría

Cuadro 96. C-A (25% NaCl), Ensayo de Granulometría

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Contenido de Humedad	
3"	76.200	0	0.00	0.00	100.00	8.61	%
2 1/2"	63.500	0	0.00	0.00	100.00		
2"	50.600	0	0.00	0.00	100.00	Límites e Índices de Consistencia	
1 1/2"	38.100	0	0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	20.69	1.03	1.03	98.97	L. Líquido :	28
3/4"	19.050	18.27	0.91	1.95	98.05	L. Plástico :	25
1/2"	12.700	10.76	0.54	2.49	97.51	Índ. de plasticidad:	3
3/8"	9.525	17.11	0.86	3.34	96.66	Clasificación de la Muestra	
1/4"	6.350	29.26	1.46	4.80	95.20		
N°4	4.178	266.53	13.33	18.13	81.87	Clas. SUCS :	ML
N°8	2.360	0	0.00	18.13	81.87	Clas. AASHTO :	A - 4
N°10	2.000	0	0.00	18.13	81.87	Descripción de la Muestra	
N°16	1.180	0	0.00	18.13	81.87		
N°20	0.850	0	0.00	18.13	81.87	SUCS:	Limo tipo grava con arena
N°30	0.600	0	0.00	18.13	81.87		AASHTO:
N°40	0.420	0.61	0.03	18.16	81.84	Regular a Malo	
N°50	0.300	44.19	2.21	20.37	79.63	Tiene un % de finos de:	
N°60	0.250	31.69	1.58	21.96	78.04	Descripción de la Calicata	
N°80	0.180	67.27	3.36	25.32	74.68		
N°100	0.150	33.88	1.69	27.01	72.99		
N°200	0.074	133.76	6.69	33.70	66.30	C-1:	E-1
< 200		1325.98	66.30	100.00	0.00	Profundidad:	0.00m - 1.80m
Total		2000	100				

Fuente: Elaboración propia, 2019.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

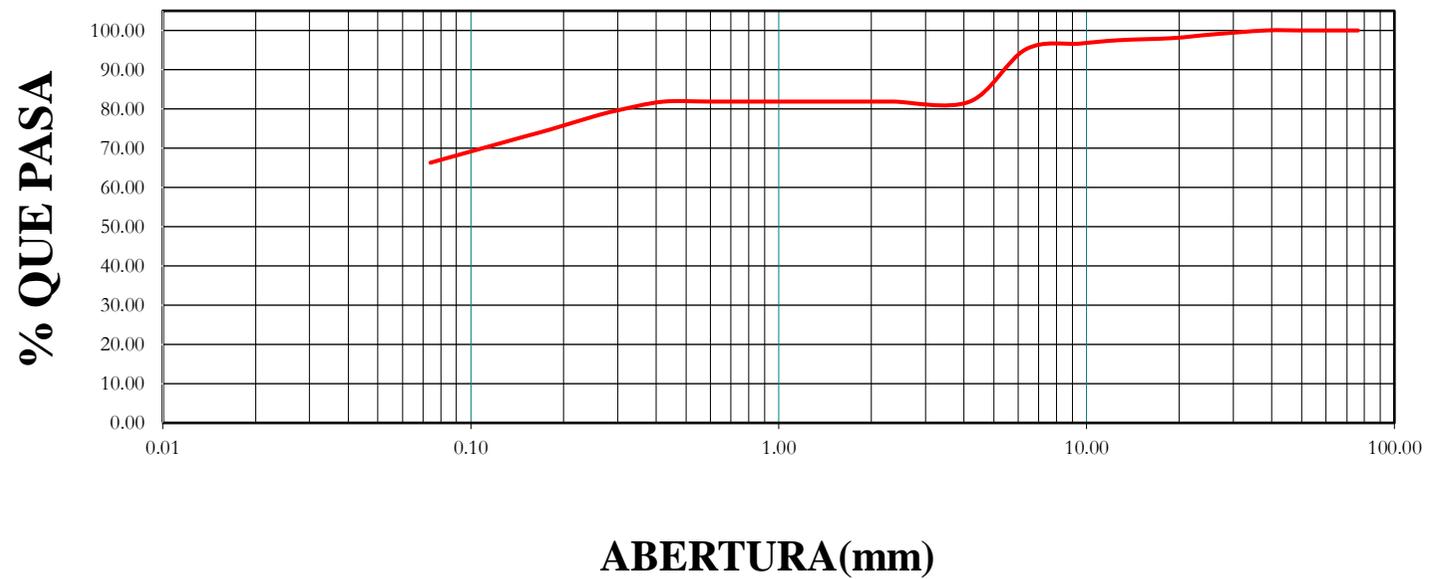


Figura 45. Calicata "A - 25% de NaCl", Curva Granulométrica.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayos de Atterberg

Cuadro 97. C-A (25% NaCl), Límites de Consistencia

LIMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Límite Líquido ASTM D- 4318/NTP 339.129			Límite Plástico ASTM D- 4318/NTP 339.129	
	N° de Golpes	18	27	34	-
Peso de la Tara (gr)	9.4	10.7	10.9	7.96	11.55
Peso de la Tara + suelo Húmedo (gr)	12.1	13	13.6	8.19	11.82
Peso de la Tara + suelo Seco (gr)	11.5	12.5	13.02	8.14	11.77
Contenido de Humedad %	28.57	27.78	27.36	27.78	22.73
Límites %	28			25	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

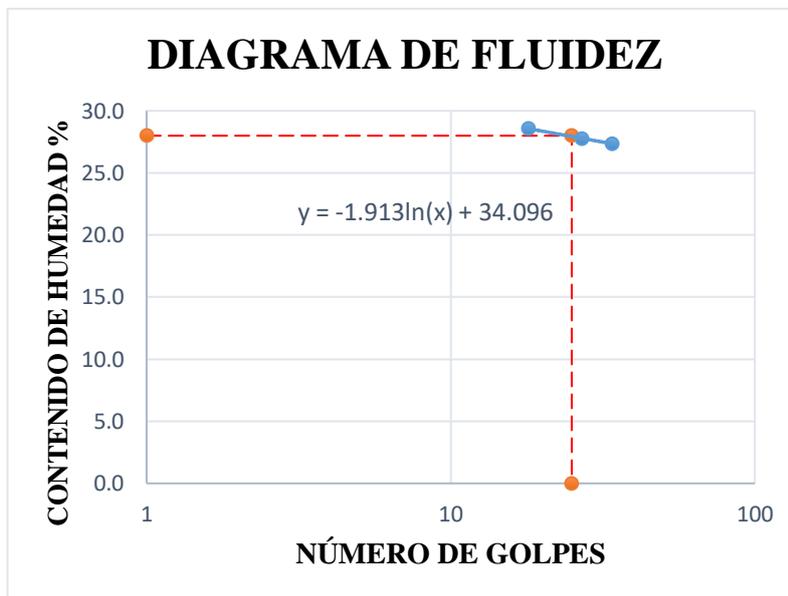


Figura 46. Calicata "A - 25% de NaCl", Diagrama de Fluidez.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayo de compactación Proctor modificado ASTM D-1557

Cuadro 98. C-A (25% NaCl), Proctor Modificado Paso 1

MOLDE	S-3
Peso del Molde (gr)	4200
Volumen de molde cm³	933
N° de capas	5
N° De Golpes por capa	25

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 99. C-A (25% NaCl), Proctor Modificado Paso 2

Muestra N°	#1	#2	#3	#4	#5
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr)	5800	6044	6230	6110	6030
Peso del Molde (gr)	4200	4200	4200	4200	4200
Peso del suelo Húmedo (gr)	1600	1844	2030	1910	1830
Densidad Húmeda (gr)	1.71	1.98	2.18	2.05	1.96
CONTENIDO DE HUMEDAD					
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr)	342.20	337.60	421.20	478.20	399.50
Peso de suelo seco + Cápsula (gr)	330.30	320.00	387.80	428.10	355.30
Peso de Agua (gr)	11.90	17.60	33.40	50.10	44.20
Peso de Cápsula (gr)	58.10	68.50	59.30	57.70	68.20
Peso de Suelo Seco (gr)	272.20	251.50	328.50	370.40	287.10
% de Humedad	4.37	7.00	10.17	13.53	15.40
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.64	1.85	1.97	1.80	1.70

Fuente: Elaboración propia, 2019.

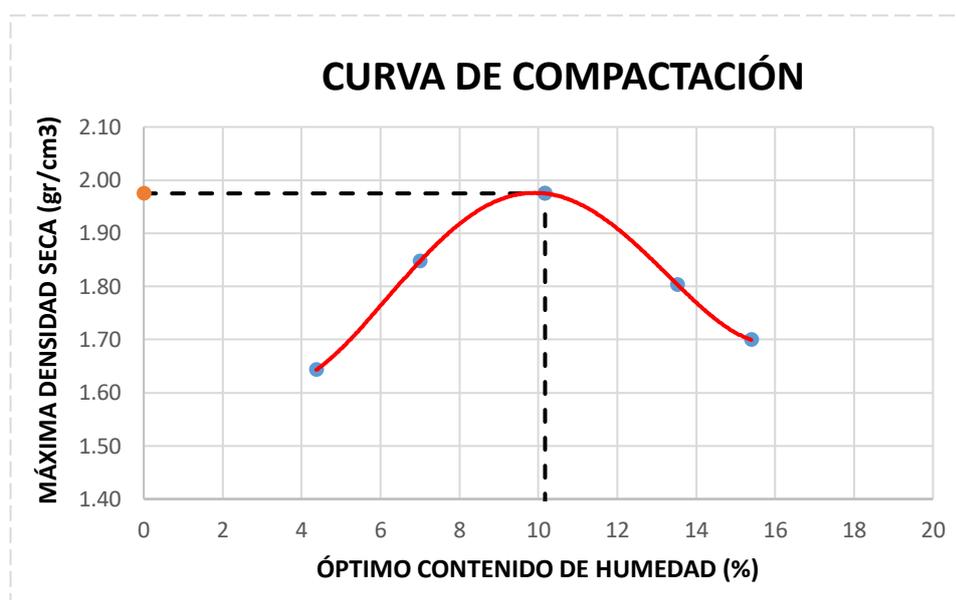


Figura 47. Calicata "A - 25% de NaCl", Curva de Compactación.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 100. C-A (25% NaCl), Máxima densidad seca y Óptimo contenido de Humedad

Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.975
Óptimo contenido de humedad (%)	10.17

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayo de California Bearing Ratio

Cuadro 101. C-A (25% NaCl), Ensayo CBR – Paso 1

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	12226		12308		12497	
Peso del molde (g)	7945		7934		7886	
Peso del suelo húmedo (g)	4281		4374		4611	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad Húmeda	2.02		2.064		2.176	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	161.46		130.96		215.96	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	147.9		123		206.04	
Peso del agua (g)	13.56		7.96		9.92	
Peso de la cápsula (g)	46.4		37.8		108.44	
Peso del suelo seco (g)	101.5		85.2		97.6	
% de Humedad	13.36		9.34		10.16	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.782		1.888		1.975	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 102. C-A (25% NaCl), Ensayo CBR – Paso 2

ENSAYO DE EXPANSION									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	1.000	1.000	0.787	0.298	0.298	0.235	0.235	0.235	0.185
48 hrs	1.000	1.000	0.787	0.300	0.300	0.236	0.300	0.300	0.236
72 hrs	1.050	1.050	0.827	0.350	0.350	0.276	0.320	0.320	0.252
96 hrs	1.100	1.100	0.866	0.380	0.380	0.299	0.370	0.370	0.291

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 103. C-A (25% NaCl), Ensayo CBR – Paso 3

Fuente: Elaboración propia, 2019.

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg²	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg²	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg²
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	2	31.84	10.62	3	41.82	13.94	4	51.81	17.27
0.050	4	51.81	17.27	7	81.76	27.26	8	91.75	30.59
0.075	6	71.78	23.93	9	101.73	33.92	10	111.72	37.25
0.100	8	91.75	30.59	11	121.70	40.58	12	131.69	43.91
0.125	11	121.70	40.58	13	141.67	47.24	15	161.64	53.89
0.150	12	131.69	43.91	14	151.66	50.56	17	181.61	60.55
0.200	17	181.61	60.55	19	201.58	67.21	22	231.53	77.20
0.300	21	221.55	73.87	25	261.48	87.18	30	311.41	103.83
0.400	28	291.44	97.17	31	321.39	107.16	38	391.28	130.46
0.500	31	321.39	107.16	38	391.28	130.46	44	451.18	150.43

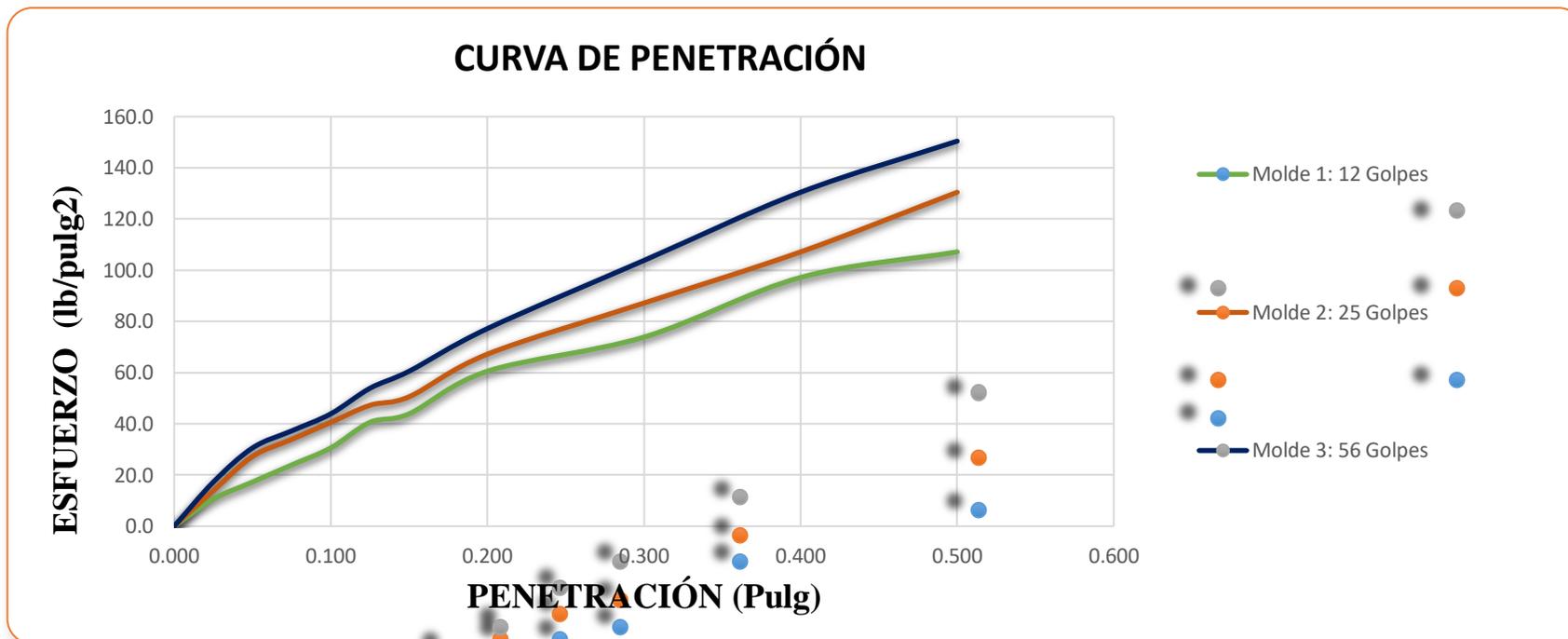


Figura 48. Calicata "A - 25% de NaCl", Curva de Penetración.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 104. C-A (25% NaCl), Ensayo CBR – Penetración 0.1”

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg ²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg ²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)
1	0.100	30.59	1000	3.06	1.782
2	0.100	40.58	1000	4.06	1.888
3	0.100	43.91	1000	4.39	1.975

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 105. C-A (25% NaCl), Ensayo CBR – Penetración 0.2”

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg ²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg ²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)
1	0.200	60.55	1500	4.04	1.782
2	0.200	67.21	1500	4.48	1.888
3	0.200	77.20	1500	5.15	1.975

Fuente: Elaboración propia, 2019.

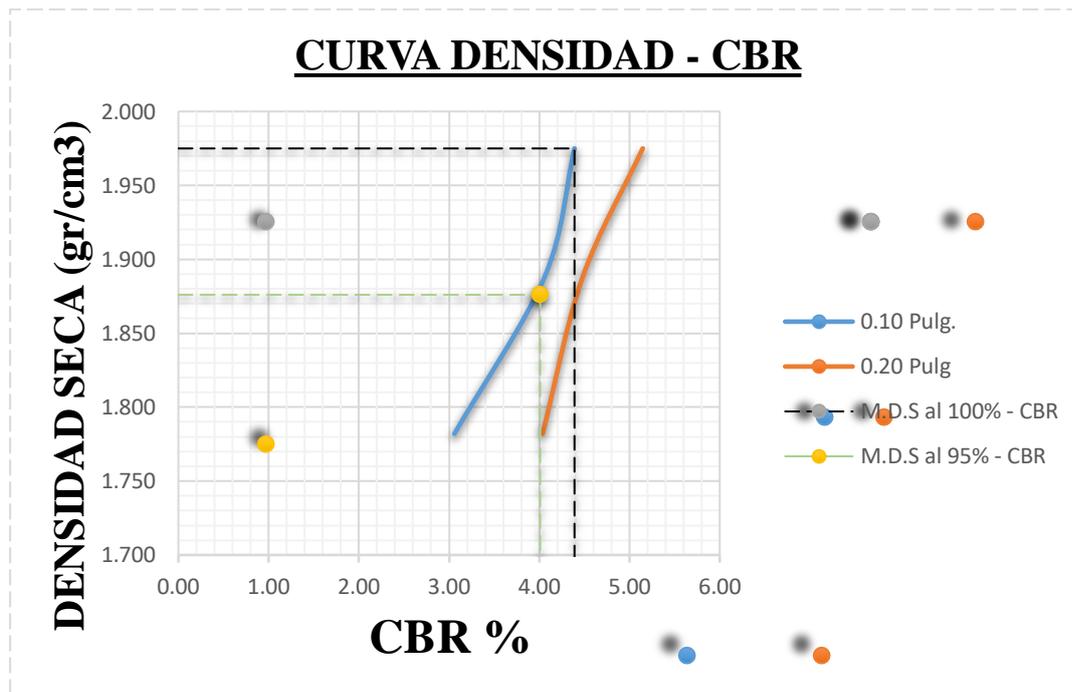


Figura 49. Calicata "A - 25% de NaCl", Curva Densidad - CBR.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 106. C-A (25% NaCl), Resultados del Ensayo CBR

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Máxima densidad seca al 100% (g/cm ³)	1.98
Máxima densidad seca al 95% (g/cm ³)	1.876
Óptimo contenido de humedad (%)	10.17
CBR al 100% de la Máxima densidad seca (%)	4.39
CBR al 95% de la Máxima densidad seca (%)	4.01

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 107. C-A (25% NaCl), Repeticiones del Ensayo CBR.

CUADRO DE REPETICIONES - RESULTADOS																
Calicata		Ubicación	Prof. Estrato	PROPIEDADES FÍSICAS							CLASIFICACIÓN		PROPIEDADES MECÁNICAS			
				% CH	% Finos	% Arenas	% Gravas	% LL	% LP	% IP	SUCS	AASHTO	MDS (g/cm³)	OCH %	CBR 100%	CBR 95%
Nº	Estrato															
C-1	E-1	CALICATA A	1.80 m	8.61	66.30	15.57	18.13	28	25	3	ML	A-4 (1)	1.975	10.17	4.39	4.01
C-2	E-1	CALICATA A	1.80 m	8.66	65.62	16.90	17.48	29	25	4	ML-CL	A-4 (1)	1.960	10.80	4.72	4.51
C-3	E-1	CALICATA A	1.80 m	8.77	66.28	17.37	16.36	29	24	5	ML-CL	A-4 (2)	1.945	11.44	4.72	4.45

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Calicata "B - Patrón"

Clasificación SUCS y AASHTO

Cuadro 108. C-B Patrón, Clasificación SUCS y AASHTO

CONTENIDO DE HUMEDAD			
ASTM D-2216			
DESCRIPCIÓN	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso de la Tara (gr)	9.3	9.5	8.7
Peso de la tara + suelo Húmedo (gr)	84.65	96.45	72.46
Peso de la tara + suelo Seco (gr)	79.5	90.3	68
Peso del suelo seco (gr)	70.2	80.8	59.3
Peso del agua (gr)	5.15	6.15	4.46
% de humedad (%)	7.34	7.61	7.52
% de humedad promedio (%)	7.49		

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 109. C-B Patrón, Datos del ensayo

CALICATA "B"- PATRÓN	
Peso de la muestra:	2000 gr
Peso de muestra seca luego de lavado	658.45 gr
Peso perdido por lavado	1341.55 gr

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayo de Granulometría

Cuadro 110. C-B Patrón, Ensayo de Granulometría

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Contenido de Humedad	
3"	76.200	0	0.00	0.00	100.00	7.49	%
2 1/2"	63.500	0	0.00	0.00	100.00		
2"	50.600	0	0.00	0.00	100.00	Límites e Índices de Consistencia	
1 1/2"	38.100	0	0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	25.65	1.28	1.28	98.72	L. Líquido :	36
3/4"	19.050	38.51	1.93	3.21	96.79	L. Plástico :	24
1/2"	12.700	16.9	0.85	4.05	95.95	Índ. de plasticidad:	12
3/8"	9.525	13.24	0.66	4.72	95.29	Clasificación de la Muestra	
1/4"	6.350	34.8	1.74	6.46	93.55		
N°4	4.178	251.32	12.57	19.02	80.98	Clas. SUCS :	CL
N°8	2.360	5.74	0.29	19.31	80.69	Clas. AASHTO :	A - 6
N°10	2.000	1.65	0.08	19.39	80.61	Descripción de la Muestra	
N°16	1.180	19.44	0.97	20.36	79.64		
N°20	0.850	4.81	0.24	20.60	79.40	SUCS:	Arcilla ligera tipo grava
N°30	0.600	5.62	0.28	20.88	79.12		AASHTO:
N°40	0.420	4.81	0.24	21.12	78.88	AASHTO:	
N°50	0.300	45.32	2.27	23.39	76.61		Tiene un % de finos de:
N°60	0.250	34.03	1.70	25.09	74.91		
N°80	0.180	56.46	2.82	27.92	72.09	Descripción de la Calicata	
N°100	0.150	29.35	1.47	29.38	70.62		
N°200	0.074	70.8	3.54	32.92	67.08	C-1:	E-1
< 200		1341.55	67.08	100.00	0.00		
Total		2000	100			Profundidad:	0.00m - 1.80m

Fuente: Elaboración propia, 2019.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

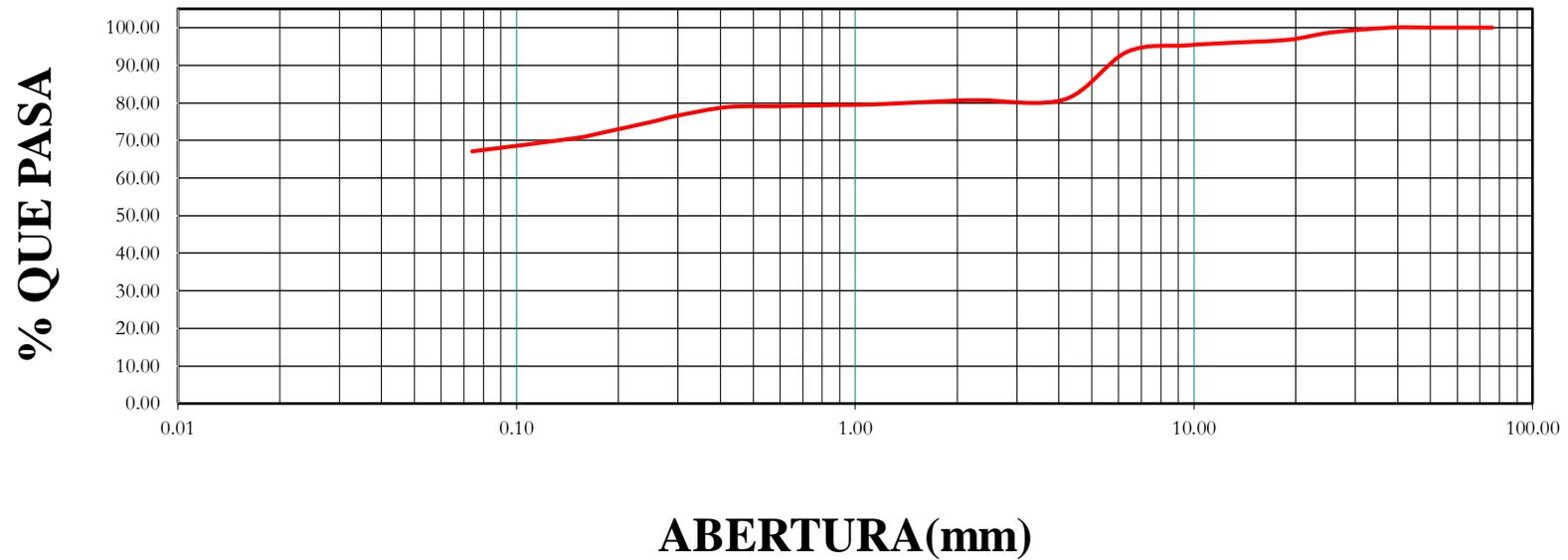


Figura 50. Calicata "B - Patrón", Curva Granulométrica.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayos de Atterberg

Cuadro 111. C-B Patrón, Límites de Consistencia

LIMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Límite Líquido ASTM D-4318/NTP 339.129			Límite Plástico ASTM D-4318/NTP 339.129	
	N° de Golpes	19	26	33	-
Peso de la Tara (gr)	10.57	10.55	10.41	9.38	10.5
Peso de la Tara + suelo Húmedo (gr)	14.75	14.52	14.5	10.86	12.7
Peso de la Tara + suelo Seco (gr)	13.5	13.48	13.56	10.58	12.27
Contenido de Humedad %	42.66	35.49	29.84	23.33	24.2937853
Límites %	36			24	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

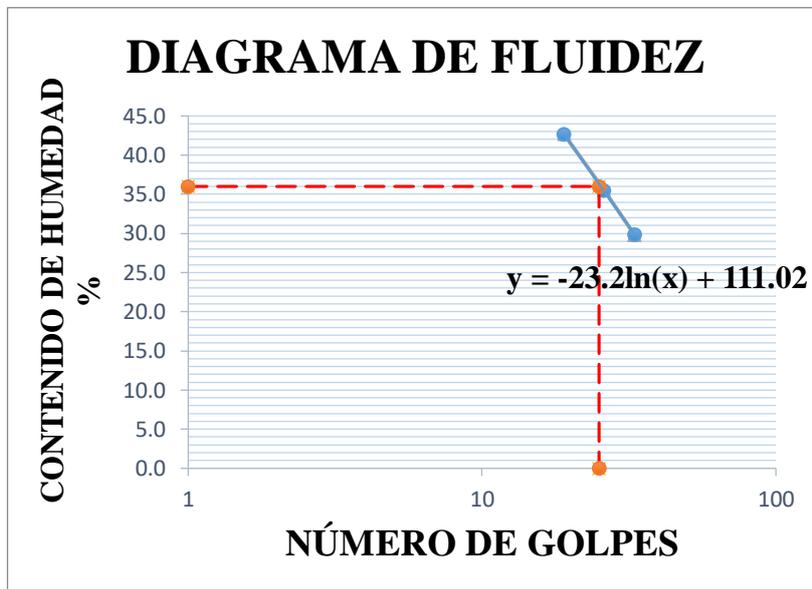


Figura 51. Calicata "B - Patrón", Diagrama de Fluidez.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayo de compactación Proctor modificado ASTM D-1557

Cuadro 112. C-B Patrón, Proctor Modificado Paso 1.

MOLDE	S-3
Peso del Molde (gr)	4200
Volumen de molde cm³	933
N° de capas	5
N° De Golpes por capa	25

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 113. C-B Patrón, Proctor Modificado Paso 2.

Muestra N°	#1	#2	#3	#4	#5
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr)	5900	6030	6100	6135	6040
Peso del Molde (gr)	4200	4200	4200	4200	4200
Peso del suelo Húmedo (gr)	1700	1830	1900	1935	1840
Densidad Húmeda (gr)	1.82	1.96	2.04	2.07	1.97
CONTENIDO DE HUMEDAD					
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr)	270.50	437.50	515.00	388.90	332.20
Peso de suelo seco + Cápsula (gr)	261.00	405.00	465.00	344.00	288.00
Peso de Agua (gr)	9.50	32.50	50.00	44.90	44.20
Peso de Cápsula (gr)	67.90	53.20	70.30	54.40	45.20
Peso de Suelo Seco (gr)	193.10	351.80	394.70	289.60	242.80
% de Humedad	4.92	9.24	12.67	15.50	18.20
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.74	1.80	1.81	1.80	1.67

Fuente: Elaboración propia, 2019.

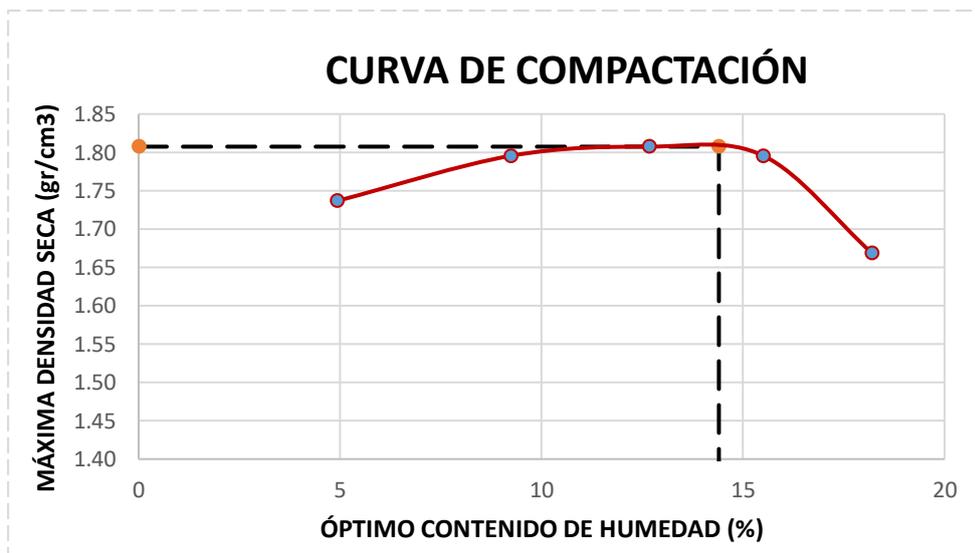


Figura 52. Calicata "B - Patrón", Curva de Compactación.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 114. C-B Patrón, Máxima densidad seca y Óptimo contenido de Humedad

Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.81
Óptimo contenido de humedad (%)	14.4

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayo de California Bearing Ratio

Cuadro 115. C-B Patrón, Ensayo CBR – Paso 1

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11300		11450		11588	
Peso del molde (g)	7200		7200		7200	
Peso del suelo húmedo (g)	4100		4250		4388	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad Húmeda	1.935		2.006		2.071	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	164.5		237		210.45	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	151		212		190.36	
Peso del agua (g)	13.5		25		20.09	
Peso de la cápsula (g)	71.2		45.6		50.85	
Peso del suelo seco (g)	79.8		166.4		139.51	
% de Humedad	16.92		15.02		14.4	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.655		1.744		1.81	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 116. C-B Patrón, Ensayo CBR – Paso 2

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.340	0.340	0.268	1.540	0.440	0.346	0.540	0.540	0.425
48 hrs	0.500	0.500	0.394	1.780	0.600	0.472	0.680	0.680	0.535
72 hrs	0.560	0.560	0.441	1.975	0.680	0.535	0.700	0.700	0.551
96 hrs	0.700	0.700	0.551	2.070	0.800	0.630	0.816	0.816	0.643

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 117. C-B Patrón, Ensayo CBR – Paso 3

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg²	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg²	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg²
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	2	26.85	8.95	4	46.82	15.61	6	71.78	23.93
0.050	5	56.80	18.94	7	76.77	25.60	10	111.72	37.25
0.075	6	71.78	23.93	11	116.71	38.91	14	151.66	50.56
0.100	7	81.76	27.26	12	131.69	43.91	17	181.61	60.55
0.125	12	126.69	42.24	17	176.62	58.89	20	211.56	70.54
0.150	13	136.68	45.57	19	196.59	65.55	24	251.50	83.85
0.200	13	141.67	47.24	21	221.55	73.87	28	291.44	97.17
0.300	14	151.66	50.56	23	241.52	80.53	30	311.41	103.83
0.400	15	161.64	53.89	26	271.47	90.51	33	341.36	113.81
0.500	17	181.61	60.55	30	311.41	103.83	36	371.31	123.80

Fuente: Elaboración propia, 2019.

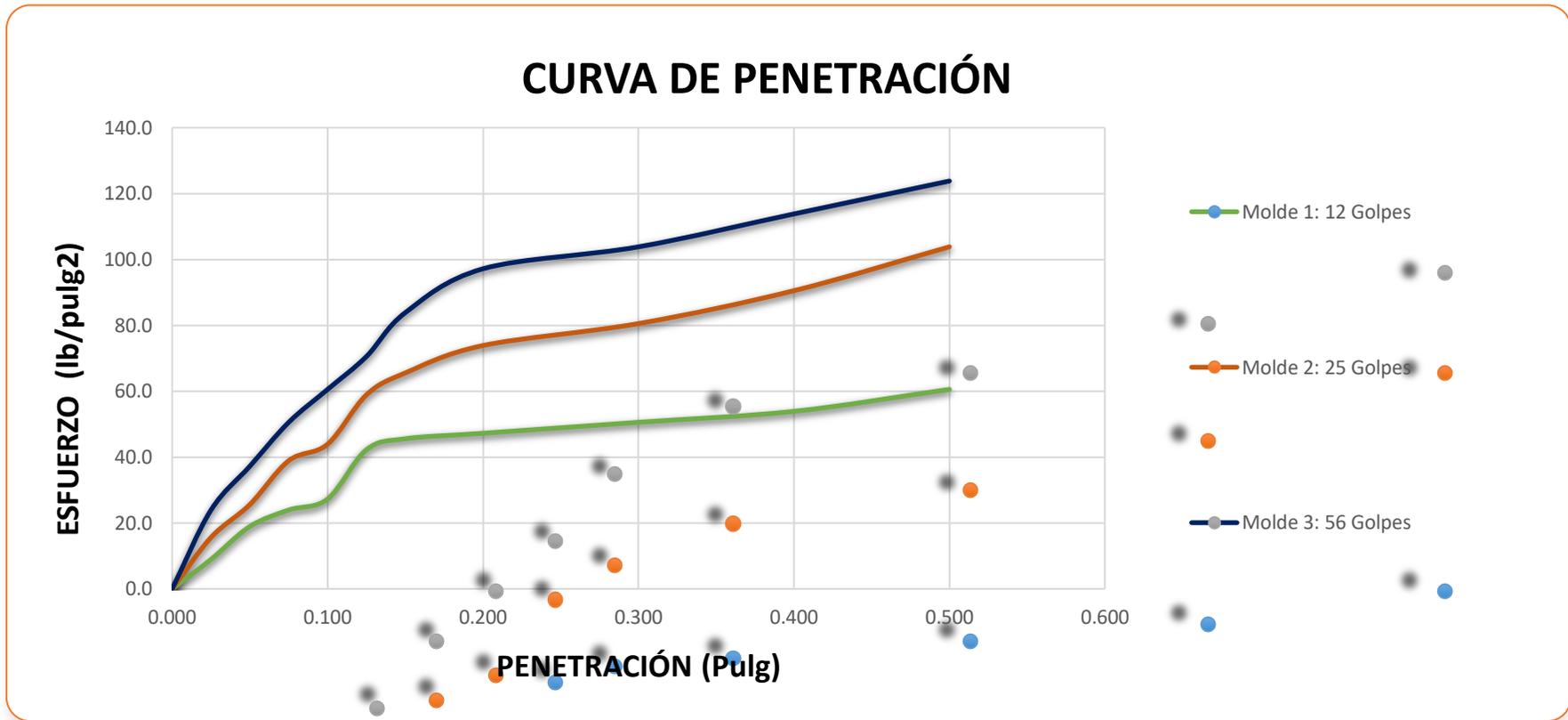


Figura 53. Calicata "B - Patrón", Curva de Penetración.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 118. C-B Patrón, Ensayo CBR – Penetración 0.1”

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg ²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg ²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)
1	0.100	27.26	1000	2.73	1.655
2	0.100	43.91	1000	4.39	1.744
3	0.100	60.55	1000	6.06	1.810

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 119. C-B Patrón, Ensayo CBR – Penetración 0.2”

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg ²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg ²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)
1	0.200	47.24	1500	3.15	1.655
2	0.200	73.87	1500	4.92	1.744
3	0.200	97.17	1500	6.48	1.810

Fuente: Elaboración propia, 2019.

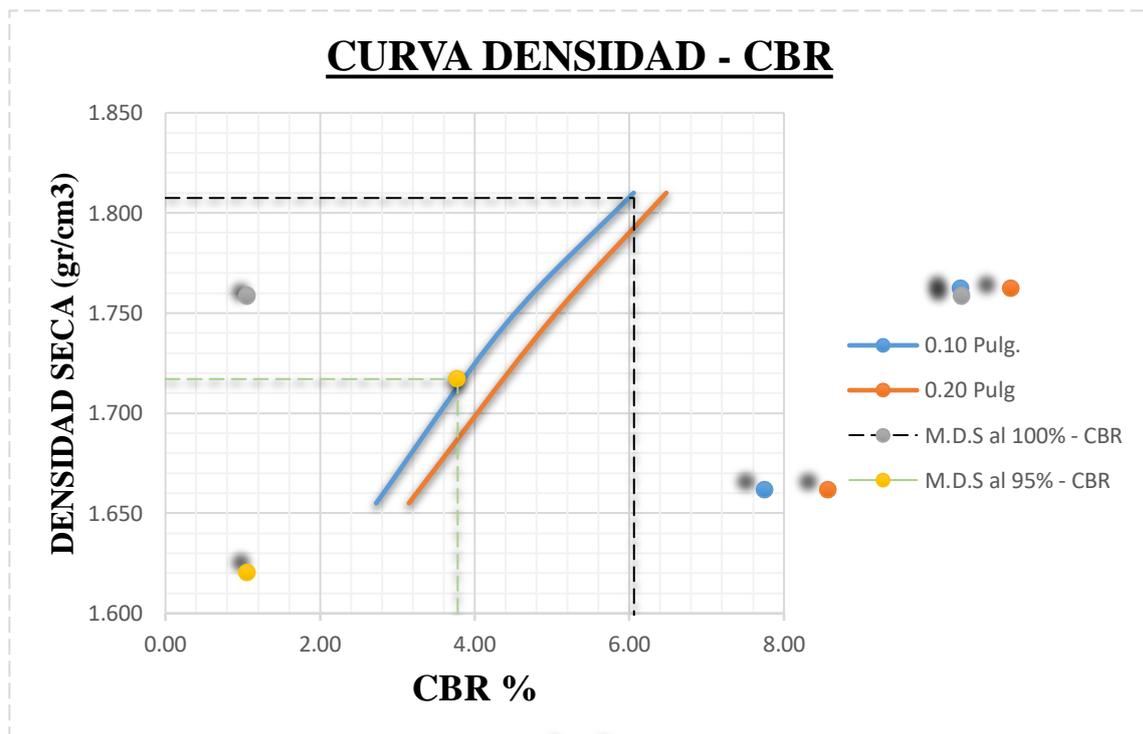


Figura 54. Calicata "B - Patrón", Curva Densidad - CBR.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 120. C-B Patrón, Resultados del Ensayo CBR

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Máxima densidad seca al 100% (g/cm ³)	1.81
Máxima densidad seca al 95% (g/cm ³)	1.717
Óptimo contenido de humedad (%)	14.4
CBR al 100% de la Máxima densidad seca (%)	6.06
CBR al 95% de la Máxima densidad seca (%)	3.78

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 121. C-B Patrón, Repeticiones del Ensayo CBR.

CUADRO DE REPETICIONES - RESULTADOS																
Calicata		Ubicación	Prof. Estrato	PROPIEDADES FÍSICAS							CLASIFICACIÓN		PROPIEDADES MECÁNICAS			
Nº	Estrato			% CH	% Finos	% Arenas	% Gravas	% LL	% LP	% IP	SUCS	AASHTO	MDS (g/cm³)	OCH %	CBR 100%	CBR 95%
C-1	E-1	CALICATA B	1.80 m	7.13	69.46	11.62	18.92	39	25	14	CL	A-6 (9)	1.815	15.80	4.06	3.36
C-2	E-1	CALICATA B	1.80 m	7.49	67.08	13.90	19.02	36	24	12	CL	A-6 (7)	1.810	14.40	6.06	3.78
C-3	E-1	CALICATA B	1.80 m	7.48	72.57	14.46	12.97	36	25	11	CL	A-6 (7)	1.825	14.42	5.39	3.80

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Calicata "B – 15% de NaCl"

Clasificación SUCS y AASHTO

Cuadro 122. C-B (15% NaCl), Clasificación SUCS y AASHTO

CONTENIDO DE HUMEDAD			
ASTM D-2216			
DESCRIPCIÓN	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso de la Tara (gr)	9.21	9.05	8.6
Peso de la tara + suelo Húmedo (gr)	89.14	92.45	76.27
Peso de la tara + suelo Seco (gr)	82	85.1	70.2
Peso del suelo seco (gr)	72.79	76.05	61.6
Peso del agua (gr)	7.14	7.35	6.07
% de humedad (%)	9.81	9.66	9.85
% de humedad promedio (%)	9.78		

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 123. C-B (15% NaCl), Datos del ensayo

CALICATA "B"- 15% NaCl	
Peso de la muestra:	2000 gr
Peso de muestra seca luego de lavado	610.87 gr
Peso perdido por lavado	1389.13 gr

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayo de Granulometría

Cuadro 124. C-B (15% NaCl), Ensayo de Granulometría

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Contenido de Humedad	
3"	76.200	0	0.00	0.00	100.00	9.78	%
2 1/2"	63.500	0	0.00	0.00	100.00		
2"	50.600	0	0.00	0.00	100.00	Límites e Índices de Consistencia	
1 1/2"	38.100	0	0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	26.55	1.33	1.33	98.67	L. Líquido :	45
3/4"	19.050	35.18	1.76	3.09	96.91	L. Plástico :	33
1/2"	12.700	10.96	0.55	3.63	96.37	Índ. de plasticidad:	12
3/8"	9.525	14.23	0.71	4.35	95.65	Clasificación de la Muestra	
1/4"	6.350	38.4	1.92	6.27	93.73		
N°4	4.178	253.12	12.66	18.92	81.08	Clas. SUCS :	CL
N°8	2.360	0	0.00	18.92	81.08	Clas. AASHTO :	A - 7-5
N°10	2.000	0	0.00	18.92	81.08	Descripción de la Muestra	
N°16	1.180	0	0.00	18.92	81.08		
N°20	0.850	0	0.00	18.92	81.08	SUCS:	Arcilla ligera tipo grava
N°30	0.600	0	0.00	18.92	81.08	AASHTO:	Arcilla ligera arenosa
N°40	0.420	0.73	0.04	18.96	81.04		Regular a Malo
N°50	0.300	42.35	2.12	21.08	78.92	Tiene un % de finos de:	69.46%
N°60	0.250	30.04	1.50	22.58	77.42		
N°80	0.180	54.66	2.73	25.31	74.69	Descripción de la Calicata	
N°100	0.150	23.95	1.20	26.51	73.49		
N°200	0.074	80.7	4.04	30.54	69.46	C-1:	E-1
< 200		1389.13	69.46	100.00	0.00	Profundidad:	0.00m - 1.80m
Total		2000	100				

Fuente: Elaboración propia, 2019.

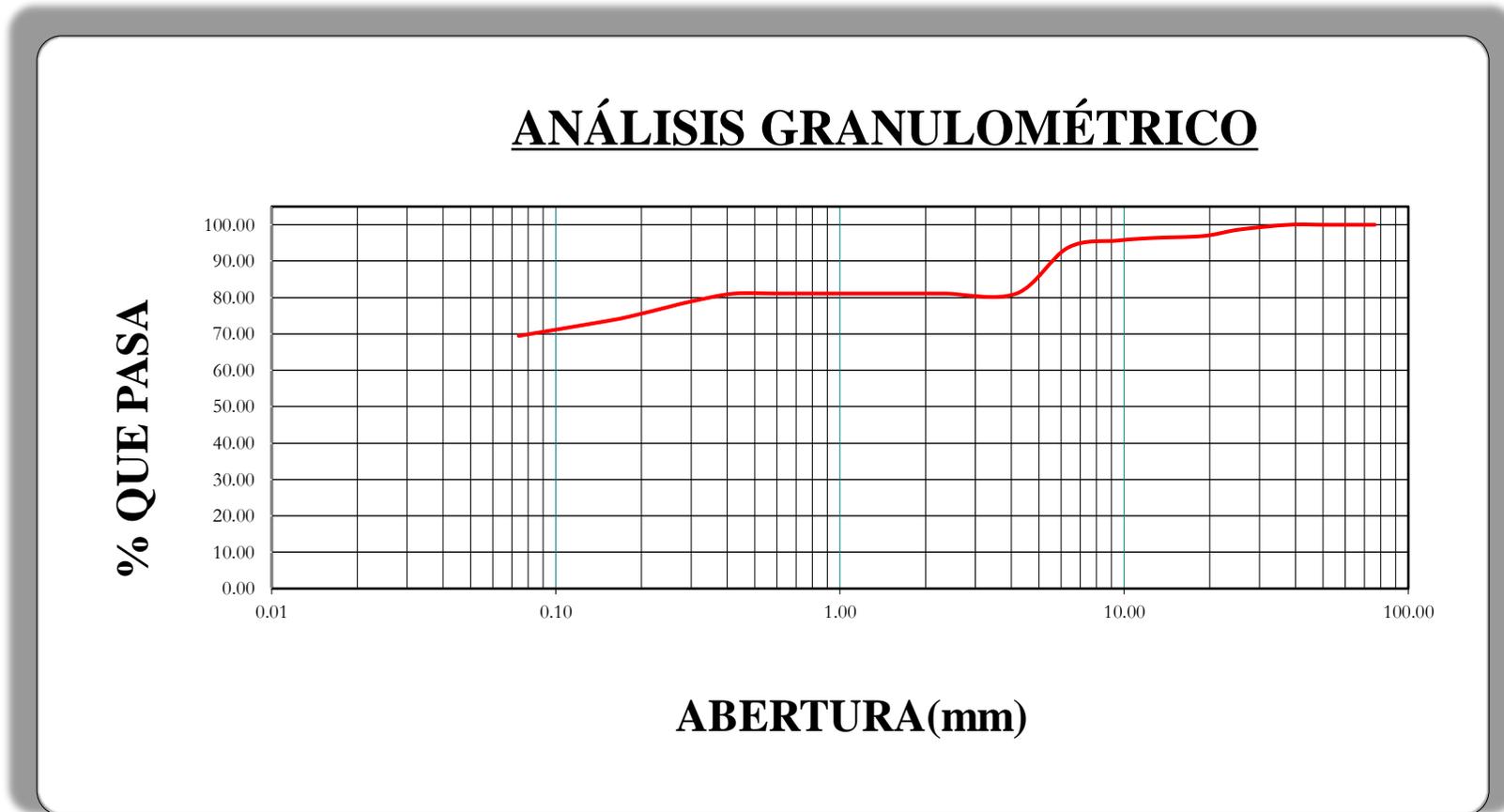


Figura 55. Calicata "B - 15% de NaCl", Curva Granulométrica.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayos de Atterberg

Cuadro 125. C-B (15% NaCl), Límites de Consistencia

LIMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Límite Líquido ASTM D-4318/NTP 339.129			Límite Plástico ASTM D- 4318/NTP 339.129	
	N° de Golpes	22	30	32	-
Peso de la Tara (gr)	9.7	8.6	8.2	12.3	9.6
Peso de la Tara + suelo Húmedo (gr)	11.8	10.2	11.1	12.5	10
Peso de la Tara + suelo Seco (gr)	11.1	9.76	10.35	12.45	9.9
Contenido de Humedad %	50.00	37.93	34.88	33.33	33.33
Limites %	45			33	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

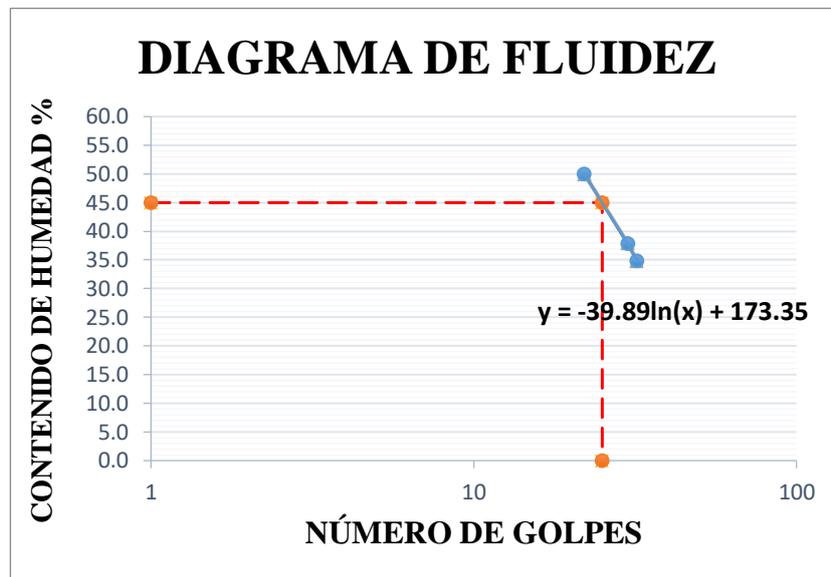


Figura 56. Calicata "B - 15% de NaCl", Diagrama de Fluidez.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayo de compactación proctor modificado ASTM D-1557

Cuadro 126. C-B (15% NaCl), Proctor Modificado Paso 1.

MOLDE	S-3
Peso del Molde (gr)	3720
Volumen de molde cm³	890
N° de capas	5
N° De Golpes por capa	25

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 127. C-B (15% NaCl), Proctor Modificado Paso 2.

Muestra N°	#1	#2	#3	#4	#5
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr)	5353	5540	5690	5596	5520
Peso del Molde (gr)	3720	3720	3720	3720	3720
Peso del suelo Húmedo (gr)	1633	1820	1970	1876	1800
Densidad Húmeda (gr)	1.83	2.04	2.21	2.11	2.02
CONTENIDO DE HUMEDAD					
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr)	289.30	320.60	367.90	259.00	278.10
Peso de suelo seco + Cápsula (gr)	280.00	305.00	338.00	231.50	246.00
Peso de Agua (gr)	9.30	15.60	29.90	27.50	32.10
Peso de Cápsula (gr)	88.10	116.90	70.90	45.40	69.60
Peso de Suelo Seco (gr)	191.90	188.10	267.10	186.10	176.40
% de Humedad	4.85	8.29	11.19	14.78	18.20
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.75	1.89	1.99	1.84	1.71

Fuente: Elaboración propia, 2019.

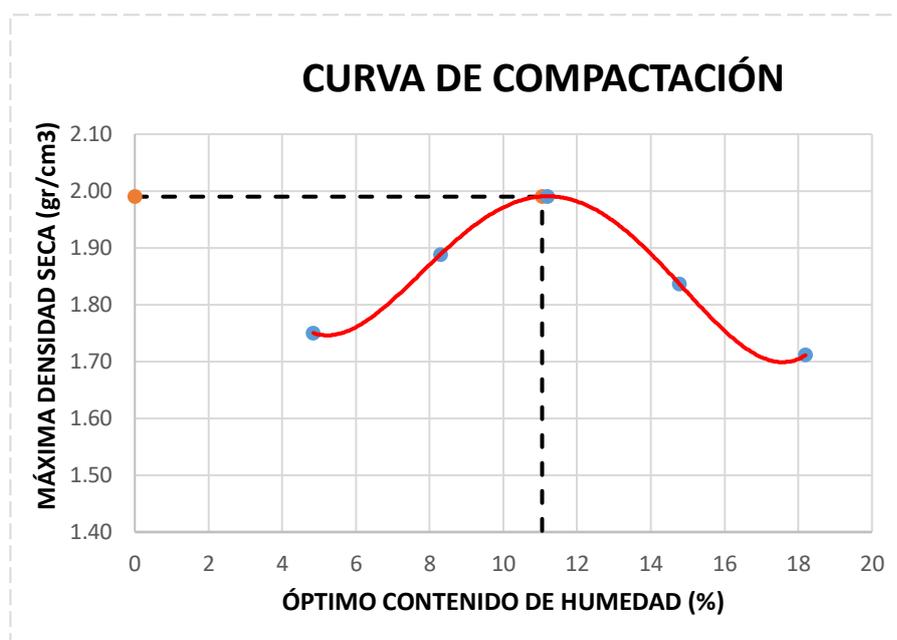


Figura 57. Calicata "B - 15% de NaCl", Curva de Compactación.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 128. C-B (15% NaCl), Máxima densidad seca y Óptimo contenido de Humedad

Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.990
Óptimo contenido de humedad (%)	11.05

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayo de California Bearing Ratio

Cuadro 129. C-B (15% NaCl), Ensayo CBR – Paso 1

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	12300		12800		13192	
Peso del molde (g)	8300		8500		8510	
Peso del suelo húmedo (g)	4000		4300		4682	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad Húmeda	1.888		2.029		2.21	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	210		280.3		214.1	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	195		256		199.73	
Peso del agua (g)	15		24.3		14.37	
Peso de la cápsula (g)	70.25		50.7		69.7	
Peso del suelo seco (g)	124.75		205.3		130.03	
% de Humedad	12.02		11.84		11.05	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.685		1.814		1.99	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 130. C-B (15% NaCl), Ensayo CBR – Paso 2

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.007	0.007	0.006	0.300	0.300	0.236	0.280	0.280	0.220
48 hrs	0.010	0.010	0.008	0.370	0.370	0.291	0.542	0.542	0.427
72 hrs	0.015	0.015	0.012	0.432	0.432	0.340	0.580	0.580	0.457
96 hrs	0.019	0.019	0.015	0.470	0.470	0.370	0.640	0.640	0.504

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 131. C-B (15% NaCl), Ensayo CBR – Paso 3

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZ O lbs/pulg²	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg²	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg²
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	2	31.84	10.62	6	71.78	23.93	9	101.73	33.92
0.050	6	71.78	23.93	11	121.70	40.58	17	181.61	60.55
0.075	12	131.69	43.91	15	161.64	53.89	22	231.53	77.20
0.100	13	141.67	47.24	22	231.53	77.20	29	301.42	100.50
0.125	16	171.63	57.22	27	281.45	93.84	37	381.29	127.13
0.150	20	211.56	70.54	30	311.41	103.83	43	441.19	147.10
0.200	22	231.53	77.20	35	361.32	120.47	46	471.14	157.09
0.300	25	261.48	87.18	44	451.18	150.43	59	600.92	200.36
0.400	29	301.42	100.50	49	501.09	167.07	62	630.87	210.34
0.500	30	311.41	103.83	52	531.04	177.06	70	710.73	236.97

Fuente: Elaboración propia, 2019.

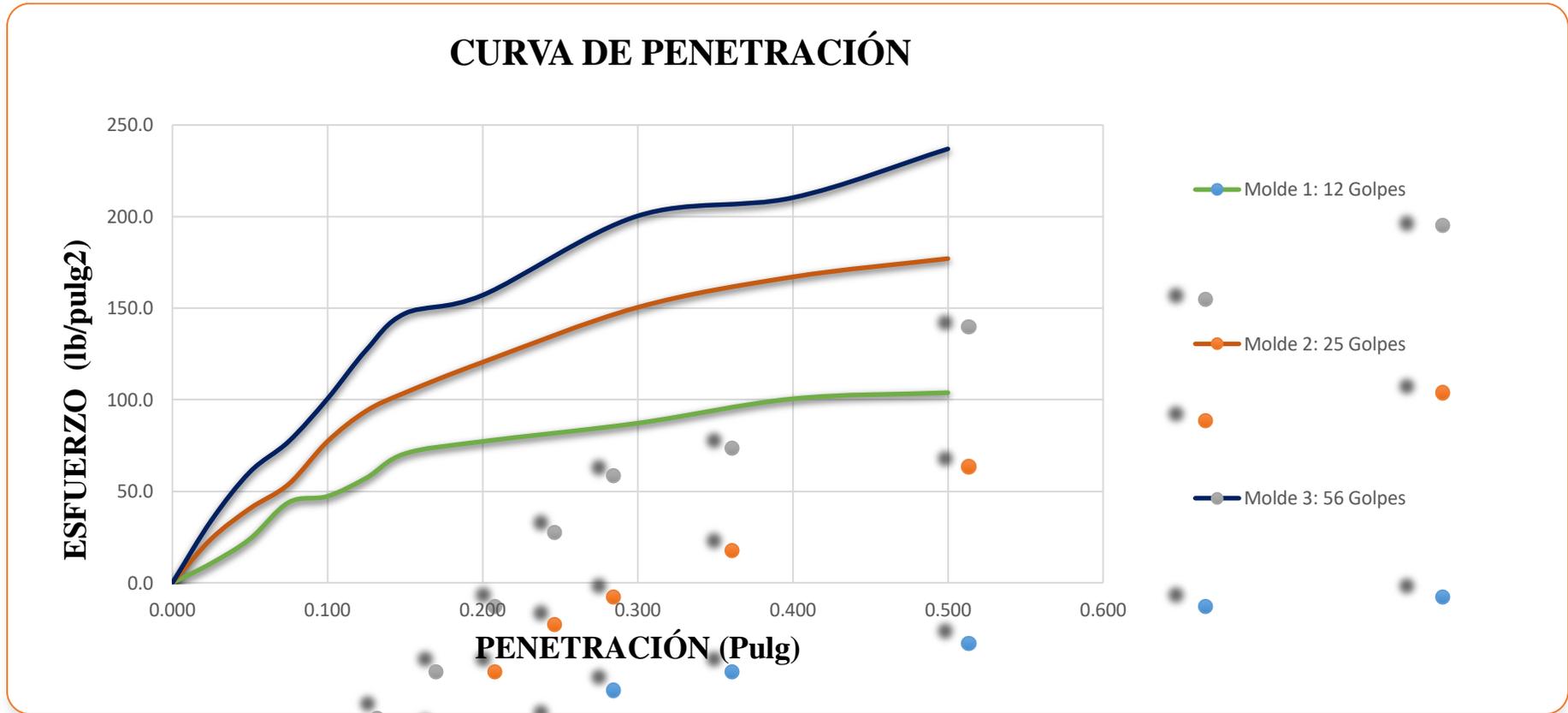


Figura 58. Calicata "B - 15% de NaCl", Curva de Penetración.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 132. C-B (15% NaCl), Ensayo CBR – Penetración 0.1”

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg ²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg ²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)
1	0.100	47.24	1000	4.72	1.685
2	0.100	77.20	1000	7.72	1.814
3	0.100	100.50	1000	10.05	1.990

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 133. C-B (15% NaCl), Ensayo CBR – Penetración 0.2”

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg ²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg ²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)
1	0.200	77.20	1500	5.15	1.685
2	0.200	120.47	1500	8.03	1.814
3	0.200	157.09	1500	10.47	1.990

Fuente: Elaboración propia, 2019.

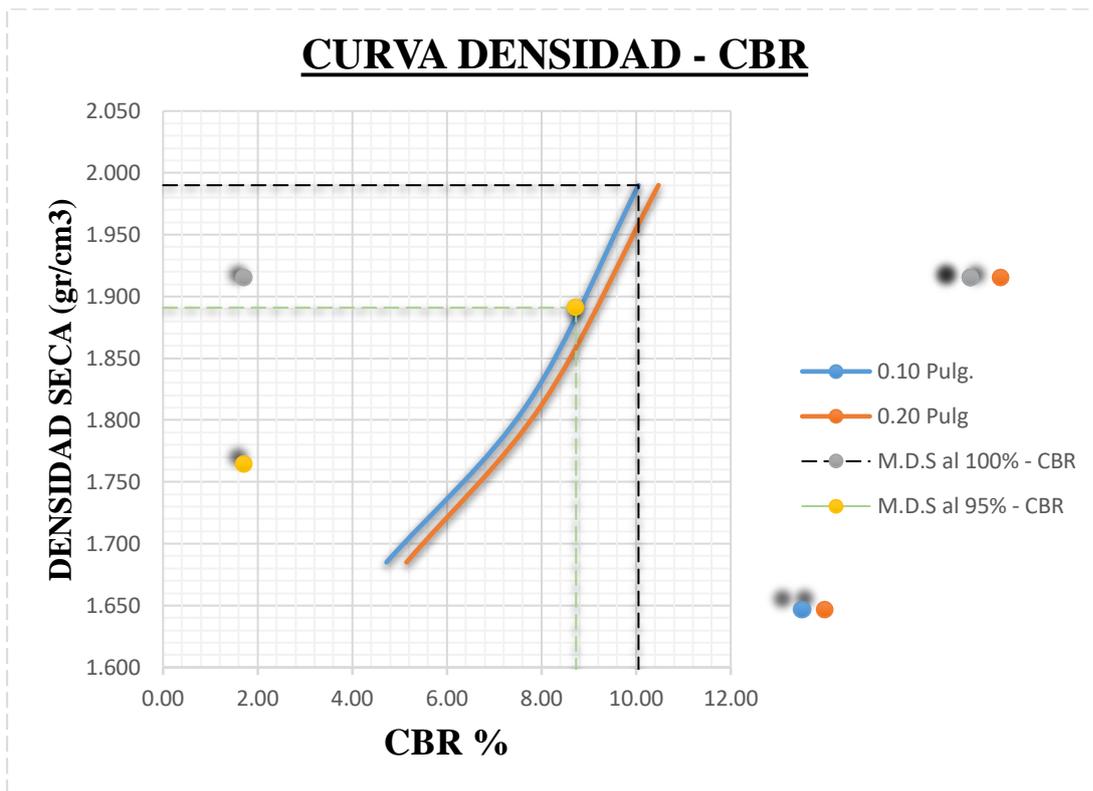


Figura 59. Calicata "B - 15% de NaCl", Curva Densidad - CBR.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 134. C-B (15% NaCl), Resultados del Ensayo CBR

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Máxima densidad seca al 100%	(g/cm ³) 1.99
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm ³) 1.891
Óptimo contenido de humedad	(%) 11.05
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%) 10.05
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%) 8.73

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 135. C-B (15% NaCl), Repeticiones del Ensayo CBR.

CUADRO DE REPETICIONES - RESULTADOS																
Calicata		Ubicación	Prof. Estrato	PROPIEDADES FÍSICAS							CLASIFICACIÓN		PROPIEDADES MECÁNICAS			
				% CH	% Finos	% Arenas	% Gravas	% LL	% LP	% IP	SUCS	AASHTO	MDS (g/cm³)	OCH %	CBR 100%	CBR 95%
N°	Estrato															
C-1	E-1	CALICATA B	1.80 m	9.78	69.46	11.62	18.92	45	33	12	CL	A-7-5 (9)	1.990	11.05	10.05	8.73
C-2	E-1	CALICATA B	1.80 m	10.08	67.08	13.90	19.02	45	30	15	CL	A-7-5 (10)	1.990	10.50	11.05	9.02
C-3	E-1	CALICATA B	1.80 m	10.25	72.57	14.46	12.97	45	31	14	CL	A-7-5 (11)	1.960	10.35	11.05	8.96

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Calicata "B - 20% de NaCl"

Clasificación SUCS y AASHTO

Cuadro 136. C-B (20% NaCl), Clasificación SUCS y AASHTO

CONTENIDO DE HUMEDAD			
ASTM D-2216			
DESCRIPCIÓN	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso de la Tara (gr)	9.21	9.05	8.6
Peso de la tara + suelo Húmedo (gr)	89.14	92.45	76.27
Peso de la tara + suelo Seco (gr)	81	83.5	69
Peso del suelo seco (gr)	71.79	74.45	60.4
Peso del agua (gr)	8.14	8.95	7.27
% de humedad (%)	11.34	12.02	12.04
% de humedad promedio (%)	11.80		

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 137. C-B (20% NaCl), Datos del ensayo

CALICATA "B"- 20% NaCl	
Peso de la muestra:	2000 gr
Peso de muestra seca luego de lavado	658.45 gr
Peso perdido por lavado	1341.55 gr

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayo de Granulometría

Cuadro 138. C-B (20% NaCl), Ensayo de Granulometría

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Contenido de Humedad	
3"	76.200	0	0.00	0.00	100.00	11.80	%
2 1/2"	63.500	0	0.00	0.00	100.00		
2"	50.600	0	0.00	0.00	100.00	Límites e Índices de Consistencia	
1 1/2"	38.100	0	0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	25.65	1.28	1.28	98.72	L. Líquido :	46
3/4"	19.050	38.51	1.93	3.21	96.79	L. Plástico :	35
1/2"	12.700	16.9	0.85	4.05	95.95	Índ. de plasticidad:	11
3/8"	9.525	13.24	0.66	4.72	95.29	Clasificación de la Muestra	
1/4"	6.350	34.8	1.74	6.46	93.55		
N°4	4.178	251.32	12.57	19.02	80.98	Clas. SUCS :	CL
N°8	2.360	5.74	0.29	19.31	80.69	Clas. AASHTO :	A - 7-5
N°10	2.000	1.65	0.08	19.39	80.61	Descripción de la Muestra	
N°16	1.180	19.44	0.97	20.36	79.64		
N°20	0.850	4.81	0.24	20.60	79.40	SUCS:	Arcilla ligera tipo grava
N°30	0.600	5.62	0.28	20.88	79.12	AASHTO:	Arcilla ligera arenosa
N°40	0.420	4.81	0.24	21.12	78.88		Regular a Malo
N°50	0.300	45.32	2.27	23.39	76.61	Tiene un % de finos de:	67.08%
N°60	0.250	34.03	1.70	25.09	74.91		
N°80	0.180	56.46	2.82	27.92	72.09	Descripción de la Calicata	
N°100	0.150	29.35	1.47	29.38	70.62		
N°200	0.074	70.8	3.54	32.92	67.08	C-1:	E-1
< 200		1341.55	67.08	100.00	0.00	Profundidad:	0.00m - 1.80m
Total		2000	100				

Fuente: Elaboración propia, 2019.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

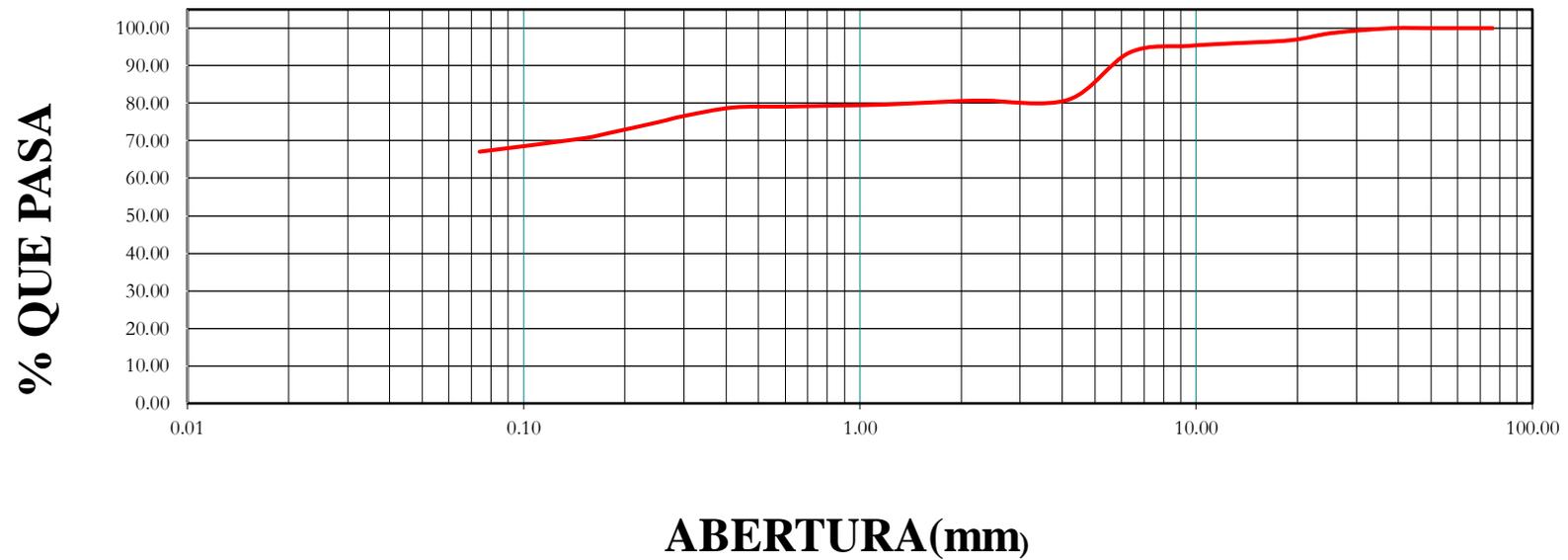


Figura 60. Calicata "B - 20% de NaCl", Curva Granulométrica.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayos de Atterberg

Cuadro 139. C-B (20% NaCl), Límites de Consistencia

LIMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Límite Líquido ASTM D-4318/NTP 339.129			Límite Plástico ASTM D- 4318/NTP 339.129	
N° de Golpes	18	21	31	-	-
Peso de la Tara (gr)	8.6	8.4	9.4	8.7	10.1
Peso de la Tara + suelo Húmedo (gr)	9.4	9.8	11.1	9.1	10.4
Peso de la Tara + suelo Seco (gr)	9.12	9.34	10.6	9	10.32
Contenido de Humedad %	52.96	49.73	41.67	33.33	36.36
Límites %	46			35	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

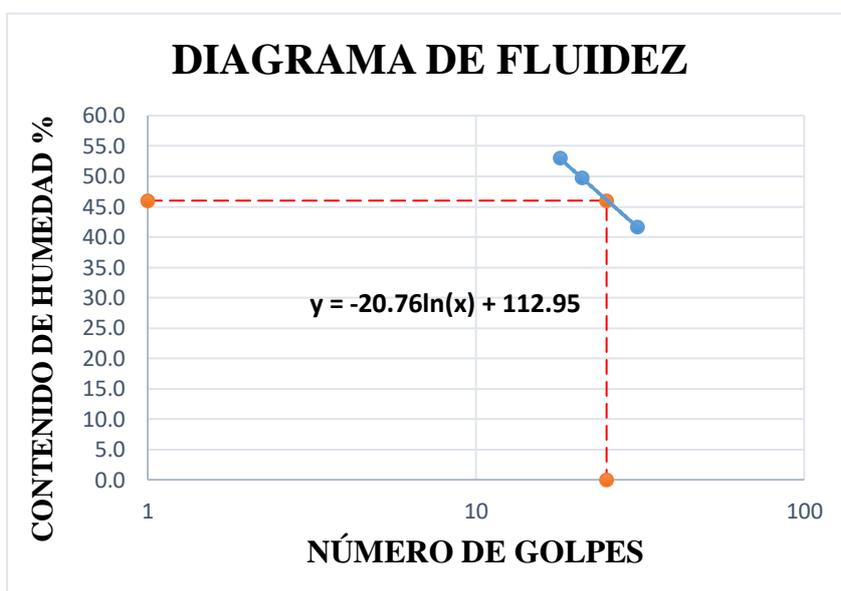


Figura 61. Calicata "B - 20% de NaCl", Diagrama de Fluidez.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayo de compactación proctor modificado ASTM D-1557

Cuadro 140. C-B (20% NaCl), Proctor Modificado Paso 1.

MOLDE	S-3
Peso del Molde (gr)	4200
Volumen de molde cm³	933
N° de capas	5
N° De Golpes por capa	25

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 141. C-B (20% NaCl), Proctor Modificado Paso 2.

Muestra N°	#1	#2	#3	#4	#5
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr)	5950	5980	6200	6070	6080
Peso del Molde (gr)	4200	4200	4200	4200	4200
Peso del suelo Húmedo (gr)	1750	1780	2000	1870	1880
Densidad Húmeda (gr)	1.88	1.91	2.14	2.00	2.02
CONTENIDO DE HUMEDAD					
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr)	269.46	320.60	369.70	259.50	278.60
Peso de suelo seco + Cápsula (gr)	255.00	299.00	339.00	234.00	246.00
Peso de Agua (gr)	14.46	21.60	30.70	25.50	32.60
Peso de Cápsula (gr)	67.50	53.10	70.40	54.40	45.20
Peso de Suelo Seco (gr)	187.50	245.90	268.60	179.60	200.80
% de Humedad	7.71	8.78	11.43	14.20	16.24
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.74	1.75	1.92	1.76	1.73

Fuente: Elaboración propia, 2019.

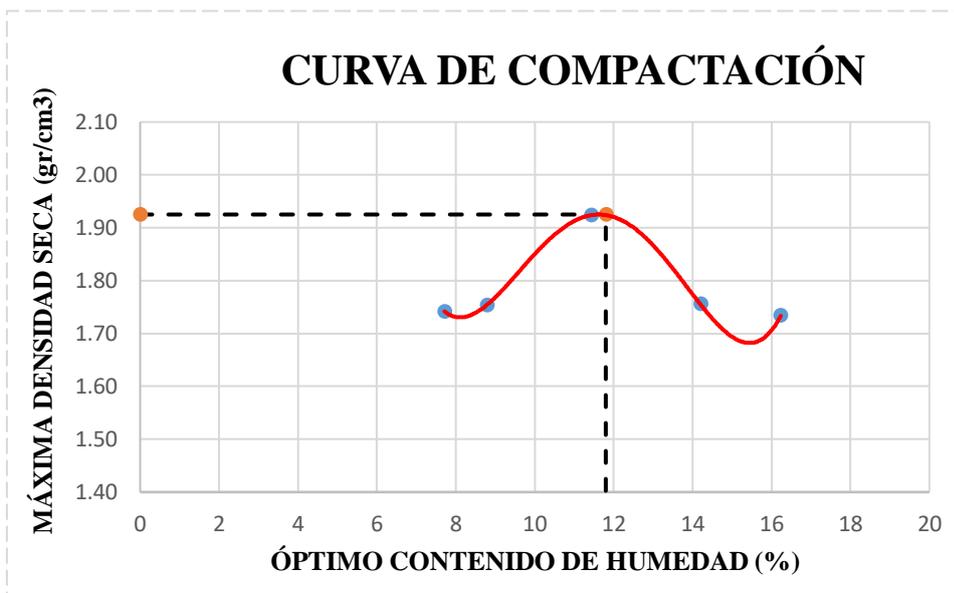


Figura 62. Calicata "B - 20% de NaCl", Curva de Compactación.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 142. C-B (20% NaCl), Máxima densidad seca y Óptimo contenido de Humedad

Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.925
Óptimo contenido de humedad (%)	11.8

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayo de California Bearing Ratio

Cuadro 143. C-B (20% NaCl), Ensayo CBR – Paso 1

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11330		11530		11760	
Peso del molde (g)	7200		7200		7200	
Peso del suelo húmedo (g)	4130		4330		4560	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad Húmeda	1.949		2.043		2.152	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	192.4		180.38		192.45	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	179.2		165		177.5	
Peso del agua (g)	13.2		15.38		14.95	
Peso de la cápsula (g)	71.2		45.6		50.85	
Peso del suelo seco (g)	108		119.4		126.65	
% de Humedad	12.22		12.88		11.8	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.737		1.81		1.925	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 144. C-B (20% NaCl), Ensayo CBR – Paso 2

ENSAYO DE EXPANSION									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	1.200	1.200	0.945	0.080	0.440	0.346	0.900	0.900	0.709
48 hrs	1.260	1.260	0.992	0.175	0.600	0.472	1.100	1.100	0.866
72 hrs	1.330	1.330	1.047	0.220	0.680	0.535	1.190	1.190	0.937
96 hrs	1.400	1.400	1.102	0.260	0.800	0.630	1.330	1.330	1.047

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 145. C-B (20% NaCl), Ensayo CBR – Paso 3

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg²	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg²	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg²
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	4	51.81	17.27	8	86.76	28.93	11	121.70	40.58
0.050	8	86.76	28.93	13	136.68	45.57	19	201.58	67.21
0.075	14	151.66	50.56	18	191.59	63.88	25	261.48	87.18
0.100	16	166.63	55.56	25	261.48	87.18	33	341.36	113.81
0.125	18	191.59	63.88	30	306.41	102.16	44	451.18	150.43
0.150	24	246.51	82.19	33	341.36	113.81	49	496.10	165.41
0.200	26	271.47	90.51	40	411.24	137.11	53	541.03	180.39
0.300	29	301.42	100.50	46	471.14	157.09	64	650.84	217.00
0.400	33	341.36	113.81	52	531.04	177.06	70	710.73	236.97
0.500	36	371.31	123.80	61	620.89	207.01	75	760.64	253.61

Fuente: Elaboración propia, 2019.

CURVA DE PENETRACIÓN

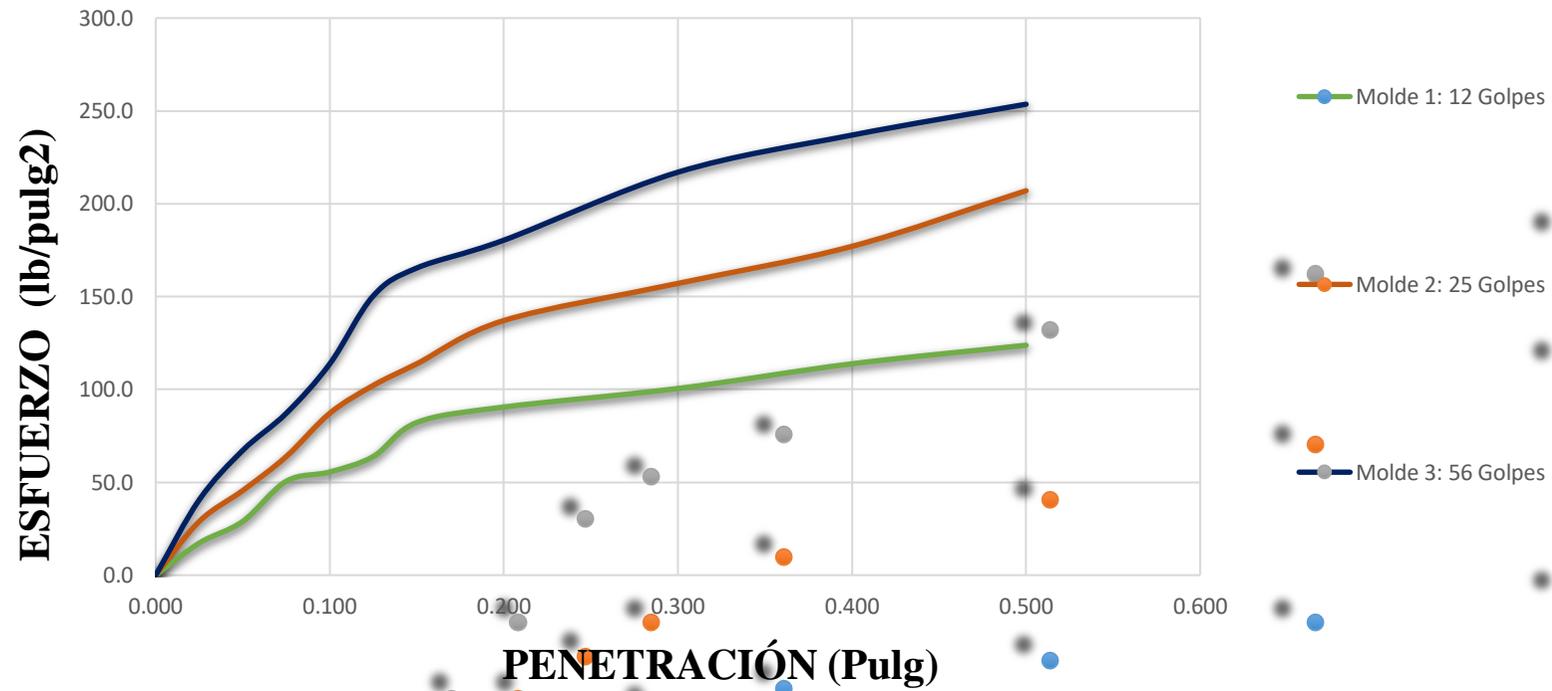


Figura 63. Calicata "B - 20% de NaCl", Curva de Penetración.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 146. C-B (20% NaCl), Ensayo CBR – Penetración 0.1”

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg ²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg ²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)
1	0.100	55.56	1000	5.56	1.737
2	0.100	87.18	1000	8.72	1.810
3	0.100	113.81	1000	11.38	1.925

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 147. C-B (20% NaCl), Ensayo CBR – Penetración 0.2”

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg ²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg ²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)
1	0.200	90.51	1500	6.03	1.737
2	0.200	137.11	1500	9.14	1.810
3	0.200	180.39	1500	12.03	1.925

Fuente: Elaboración propia, 2019.

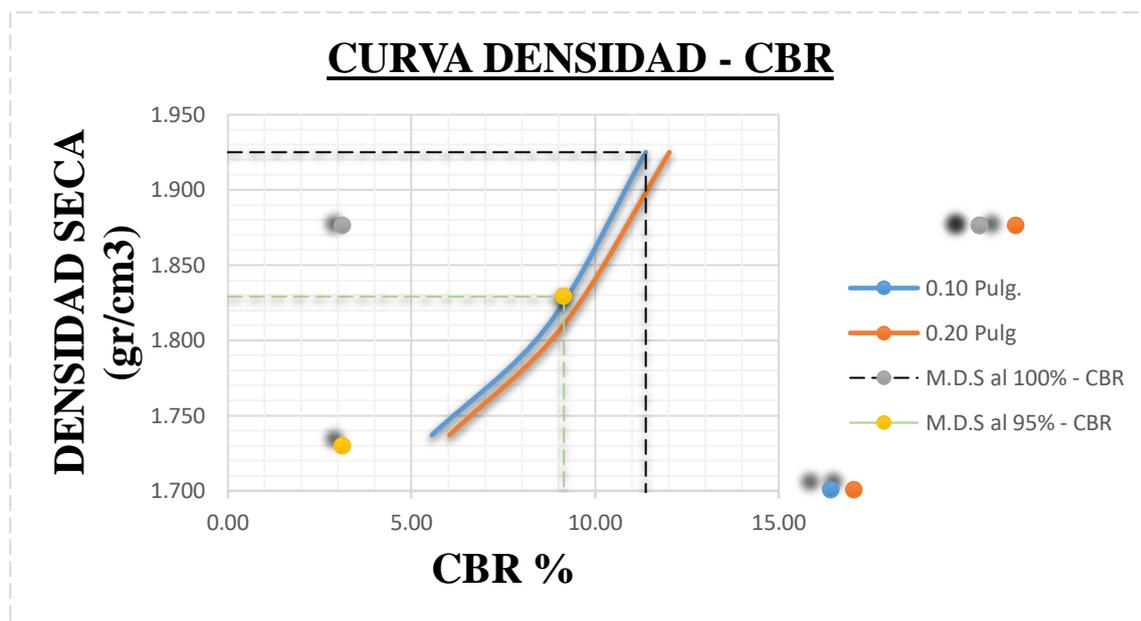


Figura 64. Calicata "B - 20% de NaCl", Curva Densidad - CBR.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 148. C-B (20% NaCl), Resultados del Ensayo CBR

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Máxima densidad seca al 100% (g/cm ³)	1.93
Máxima densidad seca al 95% (g/cm ³)	1.829
Óptimo contenido de humedad (%)	11.8
CBR al 100% de la Máxima densidad seca (%)	11.38
CBR al 95% de la Máxima densidad seca (%)	9.15

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 149. C-B (20% NaCl), Repeticiones del Ensayo CBR.

CUADRO DE REPETICIONES - RESULTADOS																
Calicata		Ubicación	Prof. Estrato	PROPIEDADES FÍSICAS							CLASIFICACIÓN		PROPIEDADES MECÁNICAS			
				% CH	% Finos	% Arenas	% Gravas	% LL	% LP	% IP	SUCS	AASHTO	MDS (g/cm³)	OCH %	CBR 100%	CBR 95%
Nº	Estrato															
C-1	E-1	CALICATA B	1.80 m	12.82	69.46	11.62	18.92	57	35	22	MH	A-7-5 (16)	1.920	11.83	11.05	9.65
C-2	E-1	CALICATA B	1.80 m	11.80	67.08	13.90	19.02	46	35	11	CL	A-7-5 (8)	1.925	11.80	11.38	9.15
C-3	E-1	CALICATA B	1.80 m	11.72	72.57	14.46	12.97	45	32	13	CL	A-7-5 (10)	1.928	11.47	11.38	9.20

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Calicata "B - 25% de NaCl"

Clasificación SUCS y AASHTO

Cuadro 150. C-B (25% NaCl), Clasificación SUCS y AASHTO

CONTENIDO DE HUMEDAD			
ASTM D-2216			
DESCRIPCIÓN	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso de la Tara (gr)	9.56	9.45	8.69
Peso de la tara + suelo Húmedo (gr)	88.13	90.47	77.41
Peso de la tara + suelo Seco (gr)	80.54	82.9	71
Peso del suelo seco (gr)	70.98	73.45	62.31
Peso del agua (gr)	7.59	7.57	6.41
% de humedad (%)	10.69	10.31	10.29
% de humedad promedio (%)	10.43		

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 151. C-B (25% NaCl), Datos del ensayo

CALICATA "B"- PATRON	
Peso de la muestra:	2000 gr
Peso de muestra seca luego de lavado	610.87 gr
Peso perdido por lavado	1389.13 gr

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayo de Granulometría

Cuadro 152. C-B (25% NaCl), Ensayo de Granulometría

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Contenido de Humedad	
3"	76.200	0	0.00	0.00	100.00	10.43	%
2 1/2"	63.500	0	0.00	0.00	100.00		
2"	50.600	0	0.00	0.00	100.00	Límites e Índices de Consistencia	
1 1/2"	38.100	0	0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	26.55	1.33	1.33	98.67		
3/4"	19.050	35.18	1.76	3.09	96.91	L. Plástico :	33
1/2"	12.700	10.96	0.55	3.63	96.37	Índ. de plasticidad:	12
3/8"	9.525	14.23	0.71	4.35	95.65	Clasificación de la Muestra	
1/4"	6.350	38.4	1.92	6.27	93.73		
N°4	4.178	253.12	12.66	18.92	81.08	Clas. SUCS :	CL
N°8	2.360	0	0.00	18.92	81.08	Clas. AASHTO :	A - 7-5
N°10	2.000	0	0.00	18.92	81.08	Descripción de la Muestra	
N°16	1.180	0	0.00	18.92	81.08		
N°20	0.850	0	0.00	18.92	81.08	SUCS:	Arcilla ligera tipo grava
N°30	0.600	0	0.00	18.92	81.08	AASHTO:	Arcilla ligera arenosa
N°40	0.420	0.73	0.04	18.96	81.04		Regular a Malo
N°50	0.300	42.35	2.12	21.08	78.92	Tiene un % de finos de:	69.46%
N°60	0.250	30.04	1.50	22.58	77.42		
N°80	0.180	54.66	2.73	25.31	74.69	Descripción de la Calicata	
N°100	0.150	23.95	1.20	26.51	73.49		
N°200	0.074	80.7	4.04	30.54	69.46		
< 200		1389.13	69.46	100.00	0.00	C-1:	E-1
Total		2000	100			Profundidad:	0.00m - 1.80m

Fuente: Elaboración propia, 2019.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

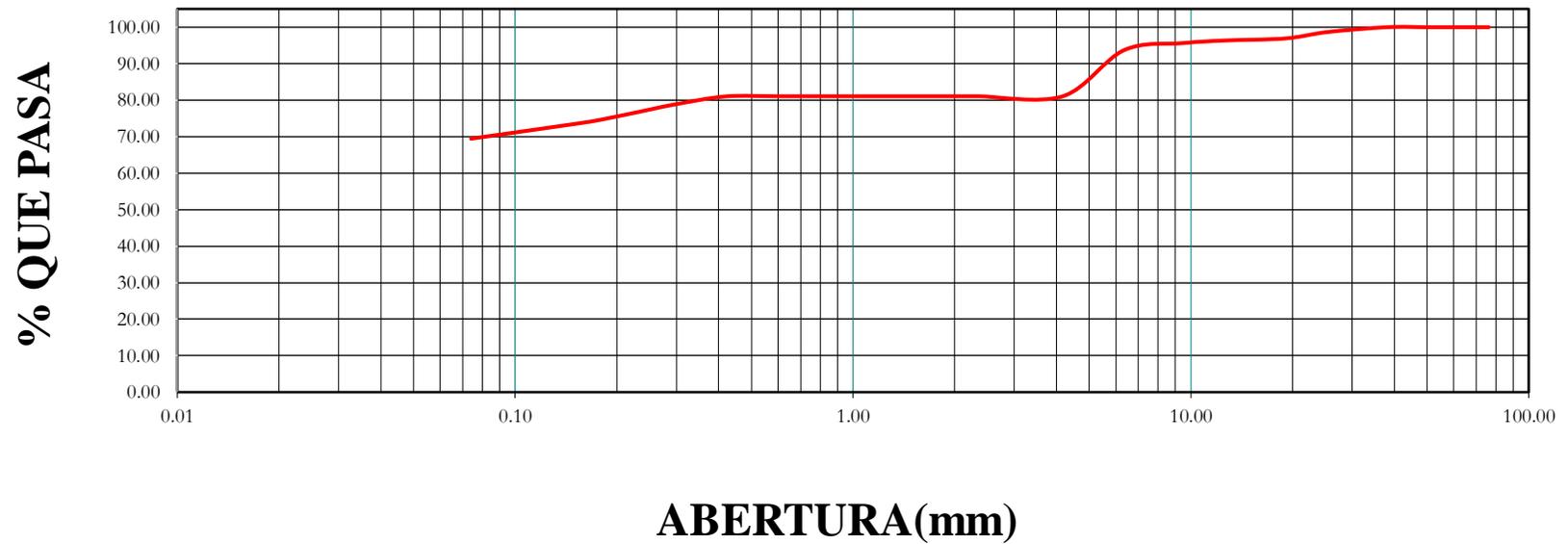


Figura 65. Calicata ·B - 25% de NaCl", Curva Granulométrica.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayos de Atterberg

Cuadro 153. C-B (25% NaCl), Límites de Consistencia

LIMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Límite Líquido ASTM D-4318/NTP 339.129			Límite Plástico ASTM D- 4318/NTP 339.129	
	N° de Golpes	16	23	33	-
Peso de la Tara (gr)	8.3	7.8	7.8	20.7	21.6
Peso de la Tara + suelo Húmedo (gr)	10.8	10	10	21	21.8
Peso de la Tara + suelo Seco (gr)	10	9.31	9.33	20.93	21.75
Contenido de Humedad %	47.06	45.70	43.79	33.33	33.33
Límites %	45			33	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

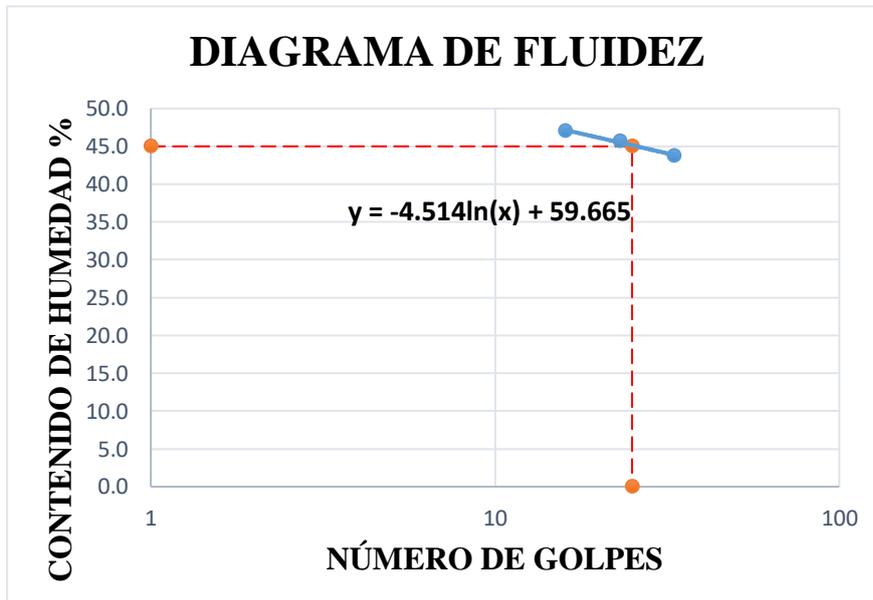


Figura 66. Calicata "B - 25% de NaCl", Diagrama de Fluidez.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayo de compactación Proctor modificado ASTM D-1557

Cuadro 154. C-B (25% NaCl), Proctor Modificado Paso 1.

MOLDE	S-3
Peso del Molde (gr)	4200
Volumen de molde cm³	933
N° de capas	5
N° De Golpes por capa	25

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 155. C-B (25% NaCl), Proctor Modificado Paso 2.

Muestra N°	#1	#2	#3	#4	#5
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr)	5800	5970	6100	5954	5921
Peso del Molde (gr)	4200	4200	4200	4200	4200
Peso del suelo Húmedo (gr)	1600	1770	1900	1754	1721
Densidad Húmeda (gr)	1.71	1.90	2.04	1.88	1.84
CONTENIDO DE HUMEDAD					
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr)	343.30	437.50	515.00	388.90	332.20
Peso de suelo seco + Cápsula (gr)	326.00	404.00	465.20	346.00	290.00
Peso de Agua (gr)	17.30	33.50	49.80	42.90	42.20
Peso de Cápsula (gr)	67.90	53.20	70.30	54.40	45.20
Peso de Suelo Seco (gr)	258.10	350.80	394.90	291.60	244.80
% de Humedad	6.70	9.55	12.61	14.71	17.24
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.61	1.73	1.81	1.64	1.57

Fuente: Elaboración propia, 2019.

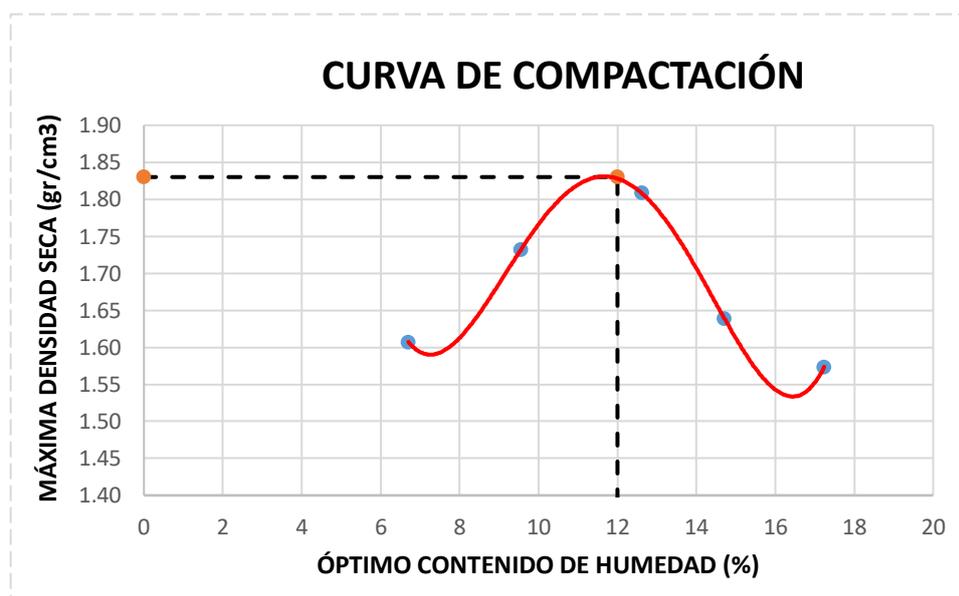


Figura 67. Calicata "B - 25% de NaCl", Curva de Compactación.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 156. C-B (25% NaCl), Máxima densidad seca y Óptimo contenido de Humedad

Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.830
Óptimo contenido de humedad (%)	12

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ensayo de California Bearing Ratio

Cuadro 157. C-B (25% NaCl), Ensayo CBR – Paso 1

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11650		10693		12287	
Peso del molde (g)	7935		6711		7945	
Peso del suelo húmedo (g)	3715		3982		4342	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad Húmeda	1.753		1.879		2.049	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	164.5		237		253.1	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	150		211.2		231.43	
Peso del agua (g)	14.5		25.8		21.67	
Peso de la cápsula (g)	71.2		45.6		50.85	
Peso del suelo seco (g)	78.8		165.6		180.58	
% de Humedad	18.4		15.58		12	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.481		1.626		1.829	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 158. C-B (25% NaCl), Ensayo CBR – Paso 2

ENSAYO DE EXPANSION									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.650	0.650	0.512	0.160	0.160	0.126	0.200	0.200	0.157
48 hrs	0.750	0.750	0.591	0.210	0.210	0.165	0.300	0.300	0.236
72 hrs	0.985	0.985	0.776	0.285	0.285	0.224	0.395	0.395	0.311
96 hrs	1.070	1.070	0.843	0.310	0.310	0.244	1.430	1.430	1.126

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 159. C-B (25% NaCl), Ensayo CBR – Paso 3

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTUR A DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg²	LECTUR A DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg²	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg²
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	2	31.84	10.62	3	41.82	13.94	4	51.81	17.27
0.050	3	41.82	13.94	6	74.77	24.93	9	101.73	33.92
0.075	4	51.81	17.27	9	103.73	34.59	14	151.66	50.56
0.100	5	61.79	20.60	10	111.72	37.25	17	181.61	60.55
0.125	6	71.78	23.93	12	131.69	43.91	19	201.58	67.21
0.150	8	91.75	30.59	13	141.67	47.24	22	231.53	77.20
0.200	10	111.72	37.25	17	181.61	60.55	28	286.45	95.51
0.300	14	151.66	50.56	20	211.56	70.54	29	301.42	100.50
0.400	16	171.63	57.22	22	231.53	77.20	31	321.39	107.16
0.500	19	201.58	67.21	28	291.44	97.17	33	341.36	113.81

Fuente: Elaboración propia, 2019.

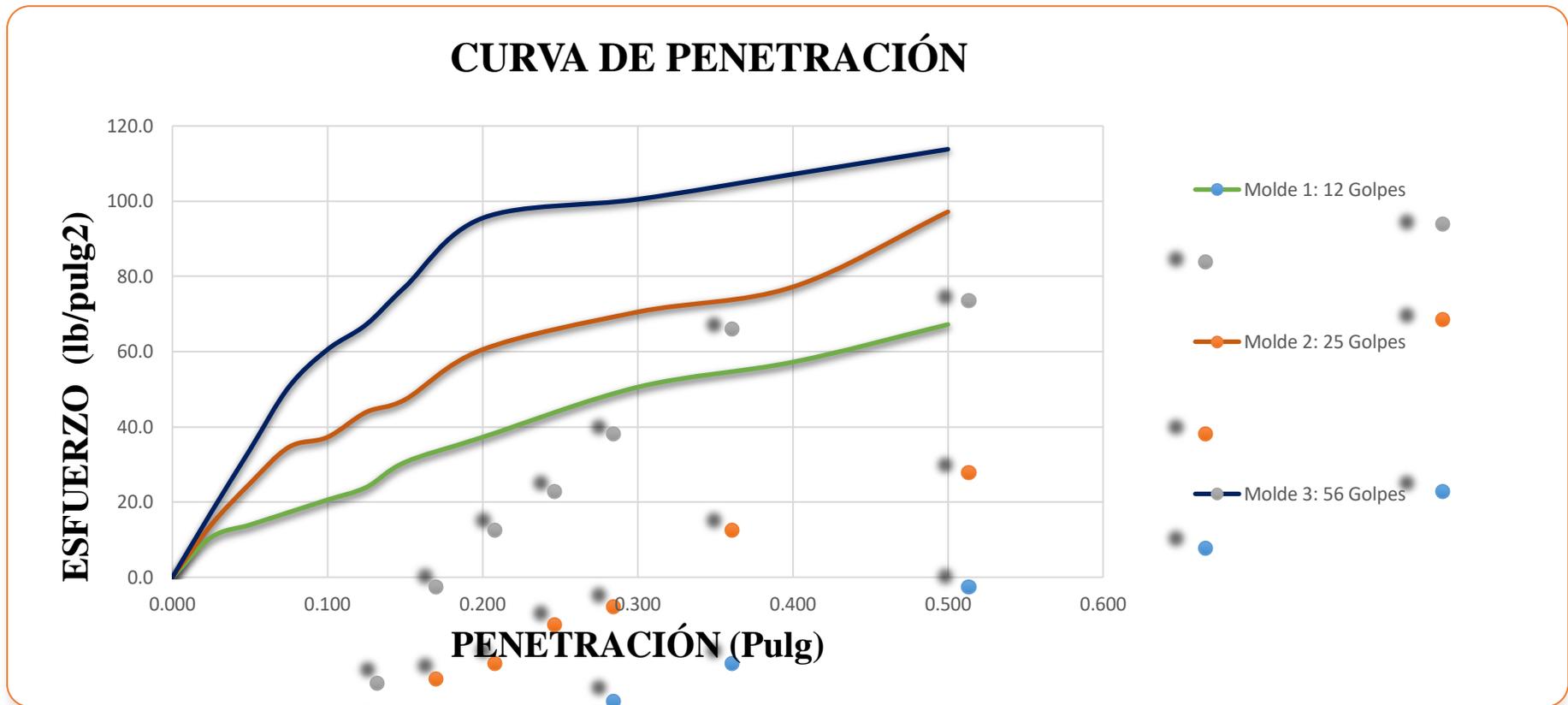


Figura 68. Calicata "B - 25% de NaCl", Curva de Penetración.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 160. C-B (25% NaCl), Ensayo CBR – Penetración 0.1”

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg ²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg ²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)
1	0.100	20.60	1000	2.06	1.481
2	0.100	37.25	1000	3.73	1.626
3	0.100	60.55	1000	6.06	1.829

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuadro 161. C-B (25% NaCl), Ensayo CBR – Penetración 0.2”

MOLDE N°	PENETRACIÓN N (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg ²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg ²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)
1	0.200	37.25	1500	2.48	1.481
2	0.200	60.55	1500	4.04	1.626
3	0.200	95.51	1500	6.37	1.829

Fuente: Elaboración propia, 2019.

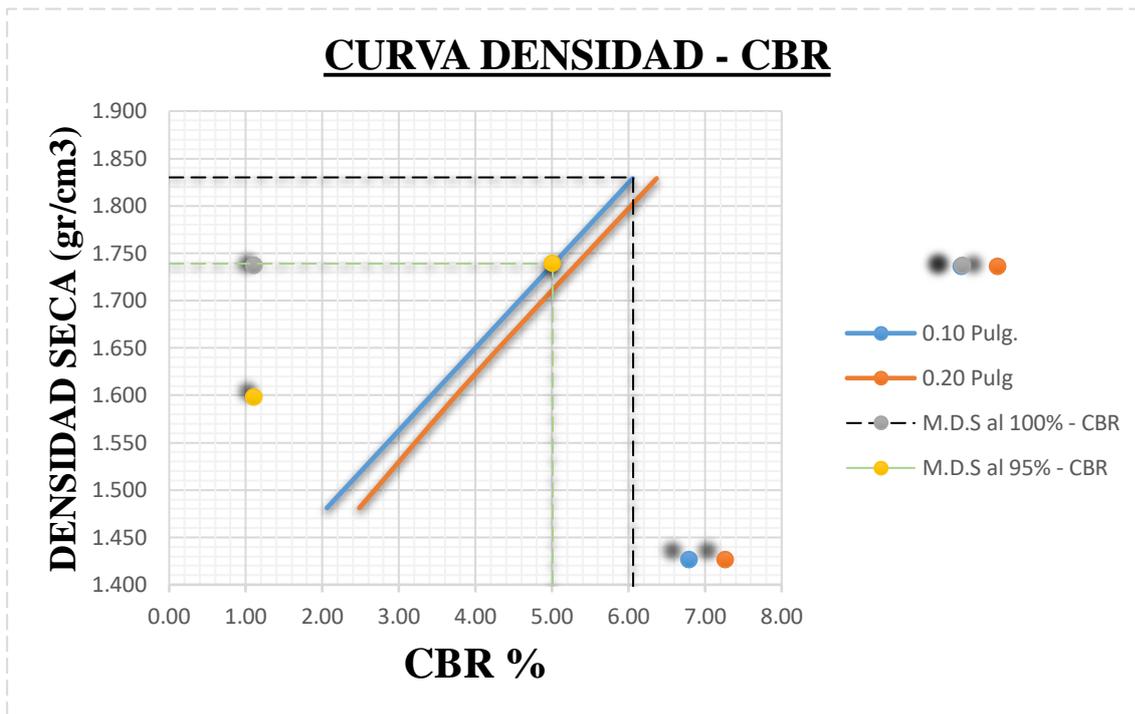


Figura 69. Calicata "B - 25% de NaCl", Curva Densidad - CBR.

Cuadro 162. C-B (25% NaCl), Resultados del Ensayo CBR

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Máxima densidad seca al 100%	(g/cm ³) 1.83
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm ³) 1.739
Óptimo contenido de humedad	(%) 12
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%) 6.06
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%) 5.01

Fuente: Elaboración propia, 2019

Cuadro 163. C-B (25% NaCl), Repeticiones del Ensayo CBR.

CUADRO DE REPETICIONES - RESULTADOS - 25% sal																
Calicata		Ubicación	Prof. Estrato	PROPIEDADES FÍSICAS							CLASIFICACIÓN		PROPIEDADES MECÁNICAS			
				% CH	% Finos	% Arenas	% Gravas	% LL	% LP	% IP	SUCS	AASHTO	MDS (g/cm ³)	OCH %	CBR 100%	CBR 95%
Nº	Estrato															
C-1	E-1	CALICATA B	1.80 m	10.43	69.46	11.62	18.92	45	33	12	CL	A-7-5 (9)	1.830	12.00	6.06	5.01
C-2	E-1	CALICATA B	1.80 m	10.32	67.08	13.90	19.02	47	33	14	CL	A-7-5 (10)	1.860	12.00	5.06	4.16
C-3	E-1	CALICATA B	1.80 m	9.97	72.57	14.46	12.97	46	35	11	CL	A-7-5 (9)	1.880	11.89	4.72	4.44

Fuente: Elaboración propia, 2019

PANEL FOTOGRAFICO

En la imagen se aprecia a los investigadores en la zona de la investigación, (Caserío Huangamarca), distrito de Otuzco.



En la imagen se logra distinguir el actual estado de la vía que pasa por la zona de la investigación



En la imagen se puede apreciar el deterioro de la vía, las fallas más comunes que se presentan son hundimientos a lo largo de la misma.



Se puede visualizar al investigador realizando la prueba de la bola In Situ, la cual le permite predecir si el suelo a investigar posee presencia de material arcilloso.



Realización de la prueba de la bola, para verificar la presencia de arcillas in situ.

Se observa que una vez transportado el material extraído de las calicatas, se procede con su secado al sol, para luego ser conducido hacia el laboratorio.



El material es secado en una estufa, en la imagen el investigador se dispone a mover el material que previamente fue colocado en la estufa; para luego proceder a realizar su lavado.



Se procede a tamizar el material que fue lavado y secado al horno para poder conocer su granulometría.



En la imagen se muestra a los responsables, tamizando el material por la malla N°200, para realizar posteriormente los ensayos de Límites de Atterberg.



Se procede a mezclar el cloruro de sodio de manera homogénea con el material seco, para realizar el ensayo de Proctor modificado.



Procedemos a agregar agua al material dosificado con sal, para realizar el ensayo Proctor.



Ensayo de Proctor Modificado



Resultado del ensayo proctor para luego poder obtener un estrato del interior de la muestra para saber su contenido de humedad. (Calicata A y B)



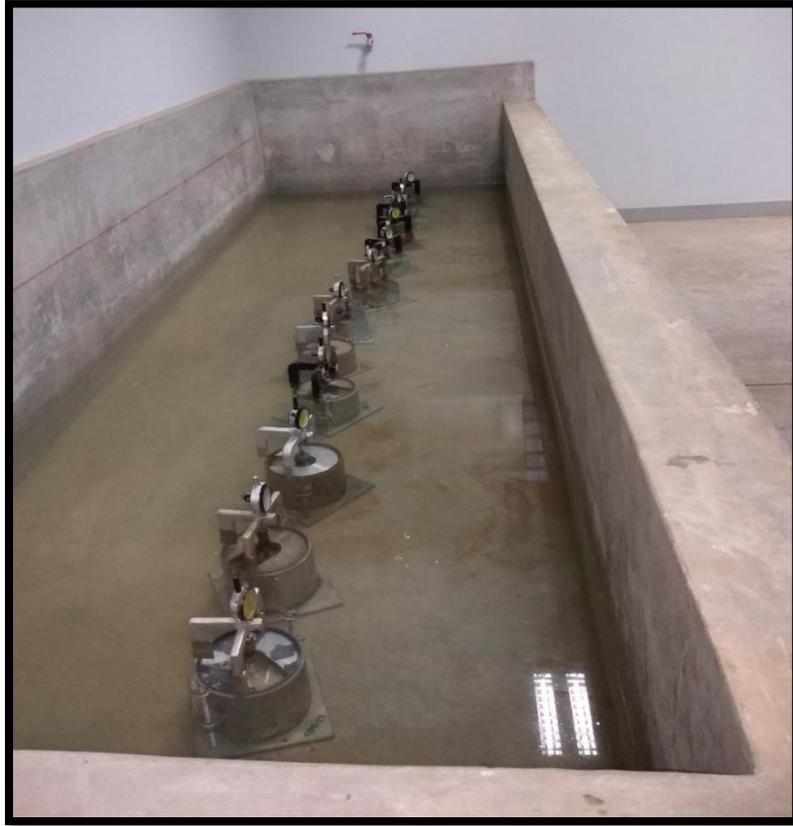
Realizando el ensayo CBR.





Moldes de CBR con los estratos listos para la colocación del DIAL (Marcador), que mide la expansión de la muestra en el agua.





Se observa al investigador usando la prensa manual donde realiza el ensayo Carga Penetración.



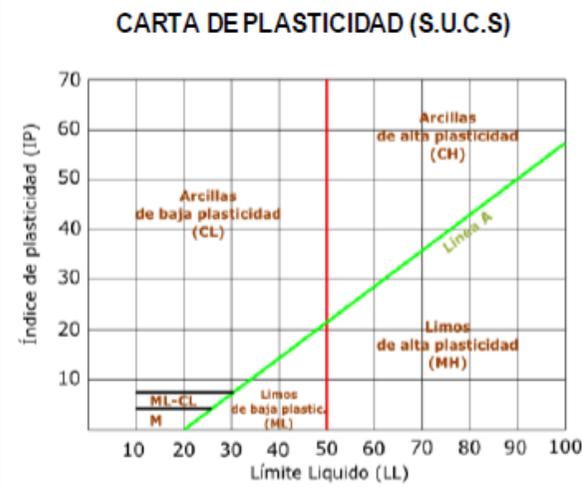
Luego se procedió a sacar un estrato nuevamente del interior de la muestra para luego colocar en el horno, donde se obtuvo su contenido de humedad y es así donde finaliza el ensayo CBR.



Cuadro 164. Sistema de Clasificación de Suelos SUCS.

DIVISIONES PRINCIPALES		Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO			
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	GW Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5% - >GW,GP,SW,SP. >12% - >GM,GC,SM,SC. 5 al 12% ->casos límite que requieren usar doble símbolo.	$Cu = D_{60}/D_{10} > 4$ $Cc = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3		
			GP Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.		
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GM Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$.	Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.	
			GC Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$.		
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	SW Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		$Cu = D_{60}/D_{10} > 6$ $Cc = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3		
			SP Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.		
		Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	SM Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$.		
			SC Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$.		
					Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan		

SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50	ML Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plásticidad.	G= Grava, S=Arena, O=Suelo Organico, P=Turba M=Limo, C= Arcilla, W= Bien Graduada, P=Mal Graduada, L=Baja Compresibilidad, H=Alta Compresibilidad
		CL Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	
		OL Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.	
	Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50	MH Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.	
		CH Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.	
		OH Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.	
	Suelos muy orgánicos	PT Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.	



Fuente: NTP 339.34

Cuadro 165

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)						Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)				
	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6	
Grupo:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6					A-2-7
Porcentaje que pasa: N° 10 (2mm) N° 40 (0,425mm) N° 200 (0,075mm)	50 máx 30 máx 15 máx	- 50 máx 25 máx	- 51 mín 10 máx	- - 35 máx			- - 36 min				
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40 Límite líquido Índice de plasticidad	- 6 máx		- NP (1)	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín 11 mín	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín (2) 11 mín
Constituyentes principales	Fracmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa			Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Características como subgrado	Excelente a bueno						Pobre a malo				
(1):	No plástico										
(2):	El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30 El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30										

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials.

Índice de Plasticidad vs Límite Líquido

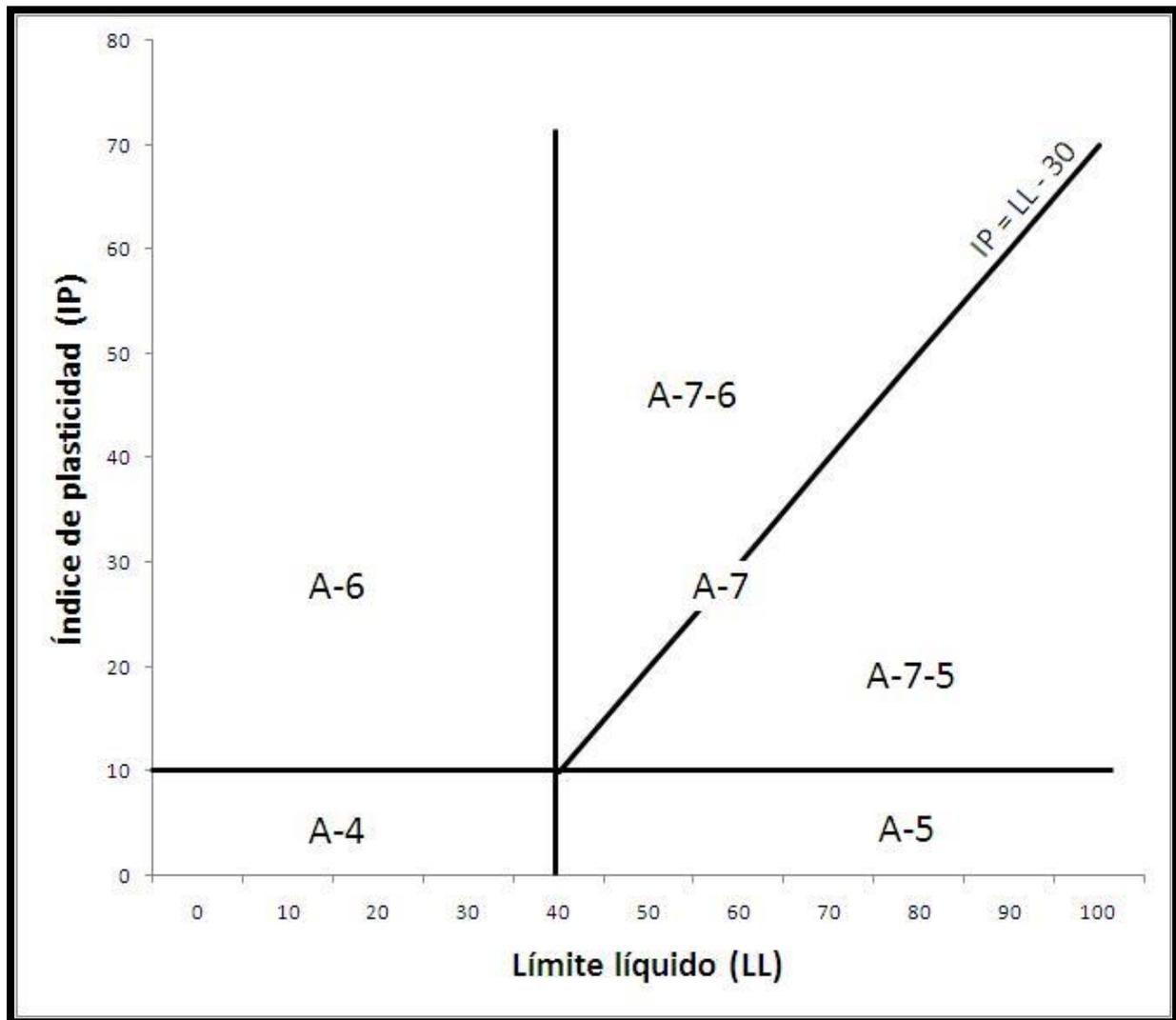
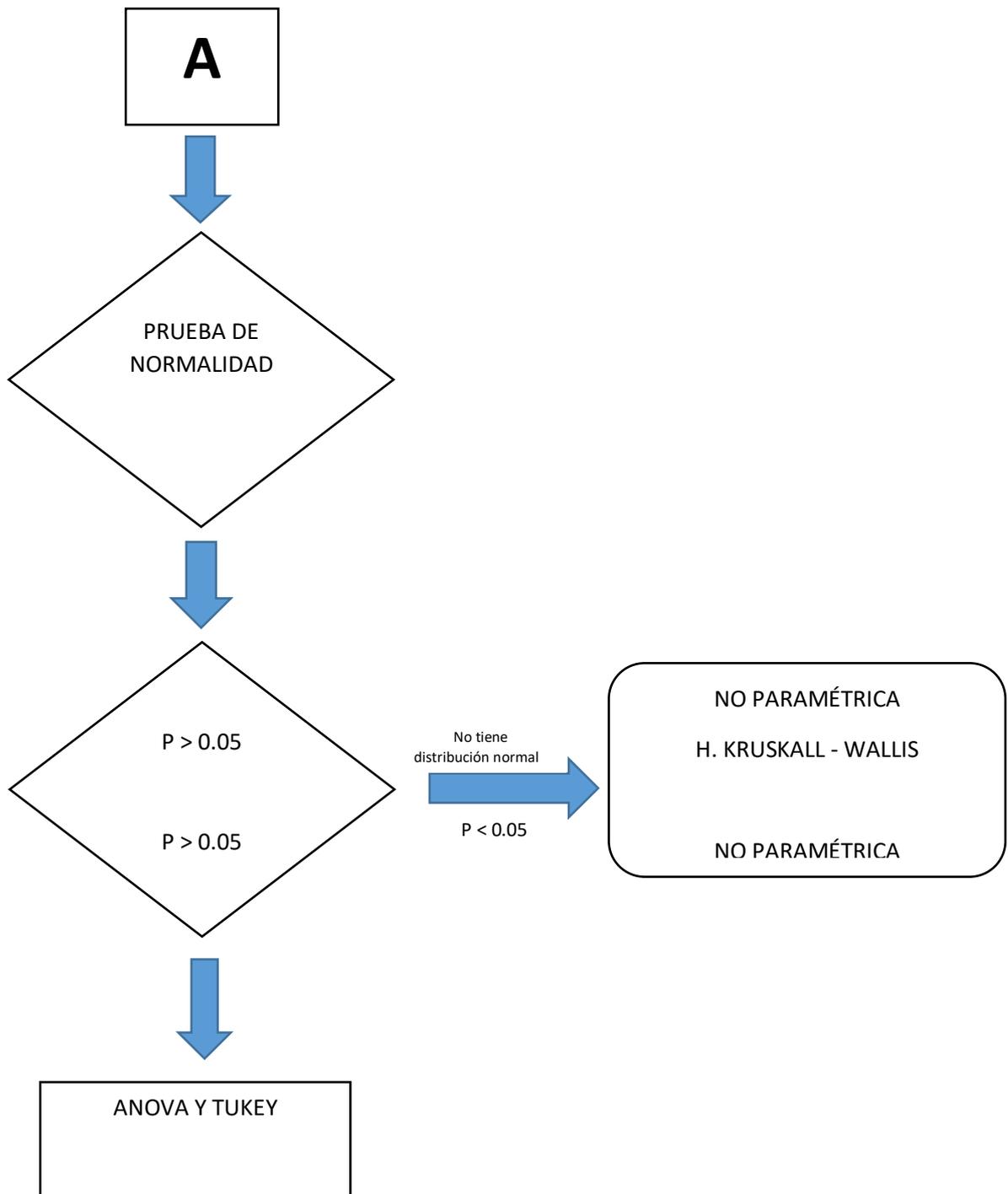


Figura 70. Ábaco Índice de Plasticidad vs Límite Líquido.

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials.

FLUJOGRAMA PARA REALIZAR LA PRUEBA ANOVA, EN EL PROGRAMA SPSS.



Uso del programa estadístico SPSS, donde se realizaron las pruebas de normalidad, ANOVA y comparaciones múltiples.

The screenshot shows the SPSS interface with the 'Pruebas de normalidad' (Normality Tests) output window. The table below displays the results for the Kolmogorov-Smirnov and Shapiro-Wilk tests across four groups: GRUPO CONTROL (PATRON), G.E.1 (15% NaCl), G.E.2 (20% NaCl), and G.E.3 (25% NaCl).

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
GRUPO CONTROL (PATRON)	,252	3	.	,965	3	,640
G.E.1 (15% NaCl)	,309	3	.	,901	3	,388
G.E.2 (20% NaCl)	,300	3	.	,913	3	,428
G.E.3 (25% NaCl)	,291	3	.	,925	3	,471

a. Corrección de significación de Lilliefors

GRUPO CONTROL(PATRON)

GRUPO CONTROL(PATRON) Gráfico de tallo y hojas

Frecuencia	Stem	Hoja
1.00	0	. 4
2.00	0	. 56

Ancho del tallo: 10.00
Cada hoja: 1 caso(s)

The screenshot shows the SPSS interface with the 'ANOVA' and 'Pruebas post hoc' (Post-hoc Tests) output windows. The ANOVA table shows significant differences between groups, and the HSD Tukey test provides pairwise comparisons.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
REPETICIONES	Entre grupos	102,355	3	34,118	67,569	,000
	Dentro de grupos	4,040	8	,505		
	Total	106,394	11			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

HSD Tukey

Variable dependiente	(I) CÓDIGO DE GRUPO	(J) CÓDIGO DE GRUPO	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
REPETICIONES	1,00	2,00	-5,63667 [*]	,58020	,000	-7,4947	-3,7787
		3,00	-6,13333 [*]	,58020	,000	-7,9913	-4,2753
		4,00	-,11000	,58020	,997	-1,9680	1,7480
	2,00	1,00	5,63667 [*]	,58020	,000	3,7787	7,4947
		3,00	-,49667	,58020	,827	-2,3547	1,3613
		4,00	5,52667 [*]	,58020	,000	3,6687	7,3847
	3,00	1,00	6,13333 [*]	,58020	,000	4,2753	7,9913
		2,00	,49667	,58020	,827	-1,3613	2,3547
		4,00	6,02333 [*]	,58020	,000	4,1653	7,8813
	4,00	1,00	-,11000	,58020	,997	-1,7480	1,9680
		2,00	-5,52667 [*]	,58020	,000	-7,3847	-3,6687
		3,00	-6,02333 [*]	,58020	,000	-7,8813	-4,1653

VALIDACIÓN Y FIRMA DE RESULTADOS EN EL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES EN LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO - TRUJILLO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN EL CBR DE UN SUELO ARCILLOSO EN EL CASERÍO DE HUANGAMARCA, DISTRITO DE OTUZCO

SOLICITANTE : IPARRAGUIRRE GÓMEZ HARLYN ELVIS - RODRIGUEZ GONZALES, OLMAHAN AMERICO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : OTUZCO - OTUZCO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019

Calicata	Ubicación	Prof. Estrato	PROPIEDADES FÍSICAS							CLASIFICACIÓN		PROPIEDADES MECÁNICAS						
			% CH	% Finos	% Arenas	% Gravas	% LL	% LP	% IP	SUCS	AASHTO	MDS (g/cm3)	OCH %	CBR 100%	CBR 95%	PU (g/cm3)	Qadm. (Kg/cm2)	
C-1	E-1	CALICATA A	1.80 m	4.21	66.30	15.57	18.13	30	25	5	ML-CL	A-4 (2)	1.970	10.55	5.72	5.18	-	-
C-2	E-1	CALICATA A	1.80 m	4.18	65.62	16.90	17.48	33	27	6	ML-CL	A-4 (3)	1.968	10.80	6.39	5.19	-	-
C-3	E-1	CALICATA A	1.80 m	4.26	66.27	17.37	16.36	32	26	6	ML-CL	A-4 (3)	1.980	10.00	6.55	5.35	-	-
C-1	E-1	CALICATA B	1.80 m	7.13	69.46	11.62	18.92	39	25	14	CL	A-6 (9)	1.815	15.80	4.06	3.36	-	-
C-2	E-1	CALICATA B	1.80 m	7.49	67.08	13.90	19.02	36	24	12	CL	A-6 (7)	1.810	14.40	6.06	3.78	-	-
C-3	E-1	CALICATA B	1.80 m	7.48	72.57	14.46	12.97	36	25	11	CL	A-6 (7)	1.825	14.42	5.39	3.80	-	-
ADICIÓN DEL 15% DE CLORURO DE SODIO A LA MUESTRA																		
C-1	E-1	CALICATA A	1.80 m	10.95	66.30	15.57	18.13	36	31	5	ML-CL	A-4 (3)	2.075	9.40	12.05	10.11	-	-
C-2	E-1	CALICATA A	1.80 m	8.30	65.62	16.90	17.48	36	30	6	ML-CL	A-4 (3)	2.072	9.48	12.21	9.93	-	-
C-3	E-1	CALICATA A	1.80 m	8.82	66.27	17.37	16.36	35	30	5	ML-CL	A-4 (3)	2.074	9.30	12.21	9.96	-	-
C-1	E-1	CALICATA B	1.80 m	9.78	69.46	11.62	18.92	45	33	12	CL	A-7-5 (9)	1.990	11.05	10.05	8.73	-	-
C-2	E-1	CALICATA B	1.80 m	10.08	67.08	13.90	19.02	45	30	15	CL	A-7-5 (10)	1.990	10.50	11.05	9.02	-	-
C-3	E-1	CALICATA B	1.80 m	10.25	72.57	14.46	12.97	45	31	14	CL	A-7-5 (11)	1.960	10.35	11.05	8.98	-	-
ADICIÓN DEL 20% DE CLORURO DE SODIO A LA MUESTRA																		
C-1	E-1	CALICATA A	1.80 m	9.87	66.30	15.57	18.13	31	29	2	ML	A-4 (1)	1.980	9.58	16.71	12.26	-	-
C-2	E-1	CALICATA A	1.80 m	10.13	65.62	16.90	17.48	31	27	4	ML-CL	A-4 (2)	1.975	10.00	16.37	14.04	-	-
C-3	E-1	CALICATA A	1.80 m	9.62	66.27	17.37	16.36	30	29	1	ML	A-4 (0)	1.985	10.35	15.71	13.53	-	-
C-1	E-1	CALICATA B	1.80 m	12.82	69.46	11.62	18.92	57	35	22	MH	A-7-5 (16)	1.920	11.83	11.05	9.65	-	-
C-2	E-1	CALICATA B	1.80 m	11.80	67.08	13.90	19.02	46	35	11	CL	A-7-5 (8)	1.925	11.80	11.38	9.15	-	-
C-3	E-1	CALICATA B	1.80 m	11.72	72.57	14.46	12.97	45	32	13	CL	A-7-5 (10)	1.928	11.47	11.38	9.20	-	-
ADICIÓN DEL 25% DE CLORURO DE SODIO A LA MUESTRA																		
C-1	E-1	CALICATA A	1.80 m	8.61	66.30	15.57	18.13	28	25	3	ML	A-4 (1)	1.975	10.17	4.39	4.01	-	-
C-2	E-1	CALICATA A	1.80 m	8.66	65.62	16.90	17.48	29	25	4	ML-CL	A-4 (1)	1.960	10.80	4.72	4.51	-	-
C-3	E-1	CALICATA A	1.80 m	8.77	66.28	17.37	16.36	29	24	5	ML-CL	A-4 (2)	1.945	11.44	4.72	4.45	-	-
C-1	E-1	CALICATA B	1.80 m	10.43	69.46	11.62	18.92	45	33	12	CL	A-7-5 (9)	1.830	12.00	6.06	5.01	-	-
C-2	E-1	CALICATA B	1.80 m	10.32	67.08	13.90	19.02	47	33	14	CL	A-7-5 (10)	1.860	12.00	5.06	4.16	-	-
C-3	E-1	CALICATA B	1.80 m	9.97	72.57	14.46	12.97	46	35	11	CL	A-7-5 (9)	1.880	11.89	4.72	4.44	-	-

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

PROYECTO : EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN EL CBR DE UN SUELO ARCILLOSO EN EL CASERÍO DE HUANGAMARCA, DISTRITO DE OTUZCO

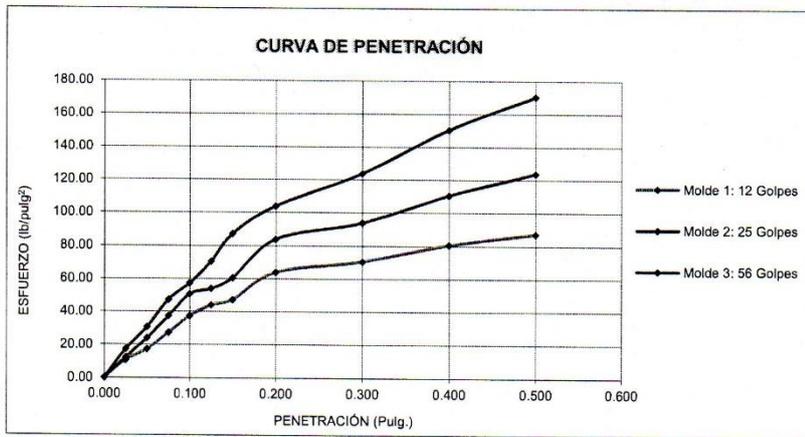
SOLICITANTE : IPARRAGUIRRE GÓMEZ HARLYN ELVIS - RODRIGUEZ GONZALES, OLMAHAN AMERICO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : OTUZCO - OTUZCO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-1 / E-1 / CALICATA A / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



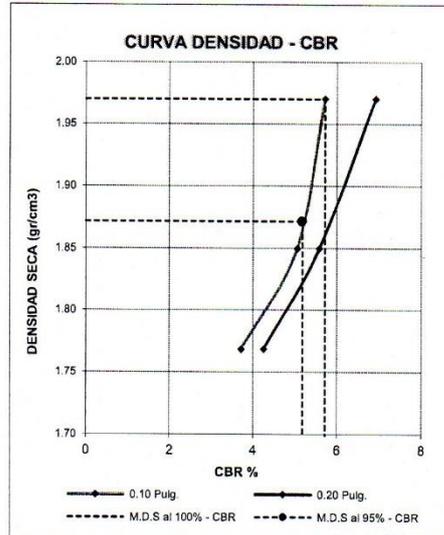
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	37.25	1000	3.72	1.768
2	0.100	50.56	1000	5.06	1.850
3	0.100	57.22	1000	5.72	1.970

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	63.88	1500	4.26	1.768
2	0.200	83.85	1500	5.59	1.850
3	0.200	103.83	1500	6.92	1.970

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.970
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.872
Óptimo contenido de humedad	(%)	10.55
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	5.72
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	5.18



CAMPUS TRUJILLO

Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

PROYECTO : EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN EL CBR DE UN SUELO ARCILLOSO EN EL CASERÍO DE HUANGAMARCA, DISTRITO DE OTUZCO

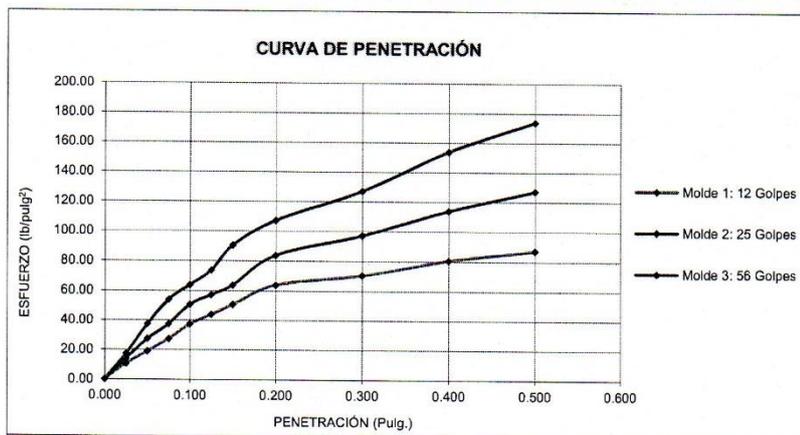
SOLICITANTE : IPARRAGUIRE GÓMEZ HARLYN ELVIS - RODRIGUEZ GONZALES, OLMAHAN AMERICO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : OTUZCO - OTUZCO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-2 / E-1 / CALICATA A / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



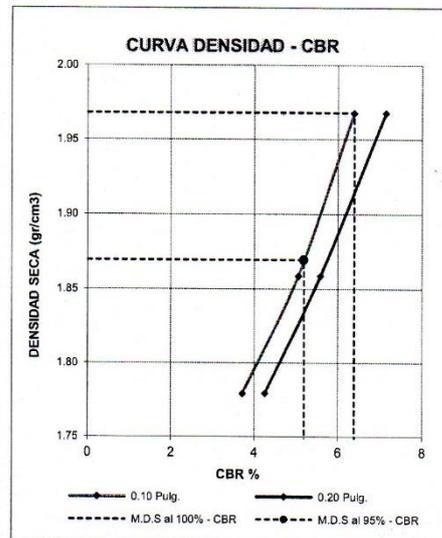
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	37.25	1000	3.72	1.779
2	0.100	50.56	1000	5.06	1.859
3	0.100	63.88	1000	6.39	1.968

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	63.88	1500	4.26	1.779
2	0.200	83.85	1500	5.59	1.859
3	0.200	107.16	1500	7.14	1.968

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.968
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.870
Óptimo contenido de humedad	(%)	10.80
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	6.39
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	5.19



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000
Fax: (044) 485 019.

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
LAB. SUELOS
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

PROYECTO : EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN EL CBR DE UN SUELO ARCILLOSO EN EL CASERÍO DE HUANGAMARCA, DISTRITO DE OTUZCO

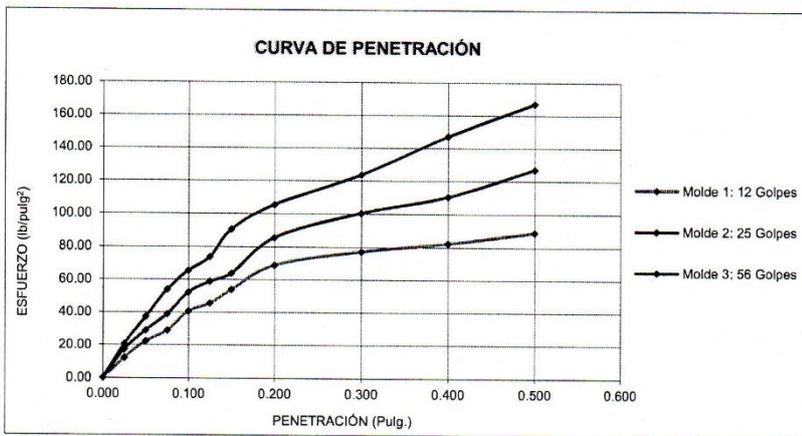
SOLICITANTE : IPARRAGUIRRE GÓMEZ HARLYN ELVIS - RODRIGUEZ GONZALES, OLMAHAN AMERICO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : OTUZCO - OTUZCO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-3 / E-1 / CALICATA A / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



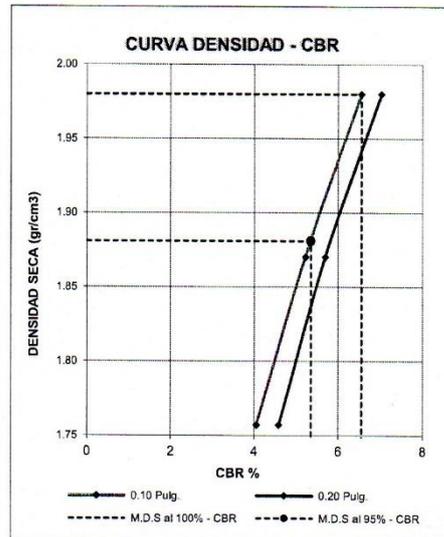
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	40.58	1000	4.06	1.757
2	0.100	52.23	1000	5.22	1.870
3	0.100	65.55	1000	6.55	1.980

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	68.87	1500	4.59	1.757
2	0.200	85.52	1500	5.70	1.870
3	0.200	105.49	1500	7.03	1.980

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.980
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.881
Óptimo contenido de humedad	(%)	10.00
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	6.55
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	5.35



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

PROYECTO : EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN EL CBR DE UN SUELO ARCILLOSO EN EL CASERÍO DE HUANGAMARCA, DISTRITO DE OTUZCO

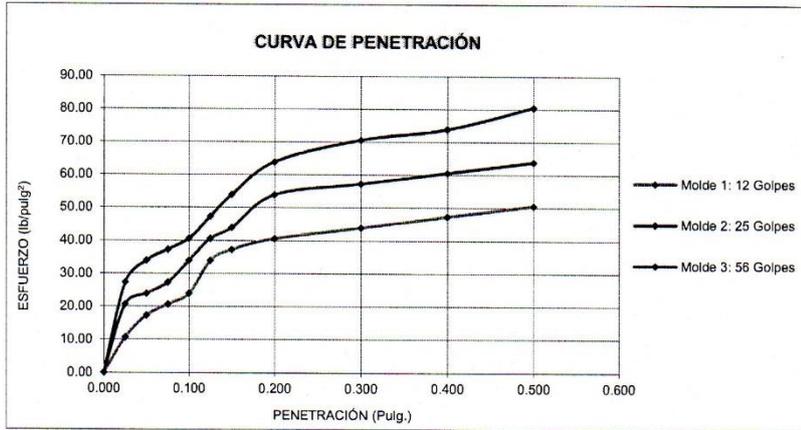
SOLICITANTE : IPARRAGUIRRE GÓMEZ HARLYN ELVIS - RODRIGUEZ GONZALES, OLMAHAN AMERICO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : OTUZCO - OTUZCO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-1 / E-1 / CALICATA B / (MUESTRA EXTRAIDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



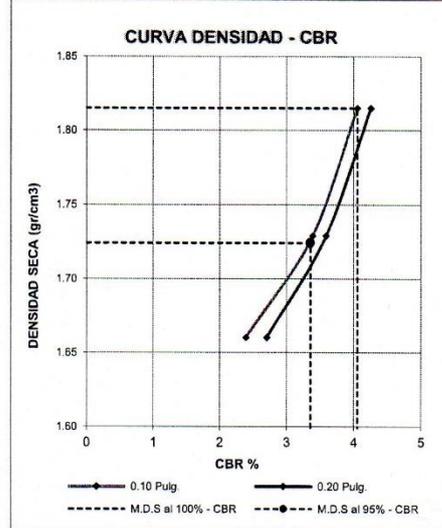
VALORES CORREGIDOS

MOLDE Nº	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	23.93	1000	2.39	1.660
2	0.100	33.92	1000	3.39	1.729
3	0.100	40.58	1000	4.06	1.815

MOLDE Nº	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	40.58	1500	2.71	1.660
2	0.200	53.89	1500	3.59	1.729
3	0.200	63.88	1500	4.26	1.815

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.815
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.724
Óptimo contenido de humedad	(%)	15.80
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	4.06
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	3.36



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

PROYECTO : EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN EL CBR DE UN SUELO ARCILLOSO EN EL CASERÍO DE HUANGAMARCA, DISTRITO DE OTUZCO

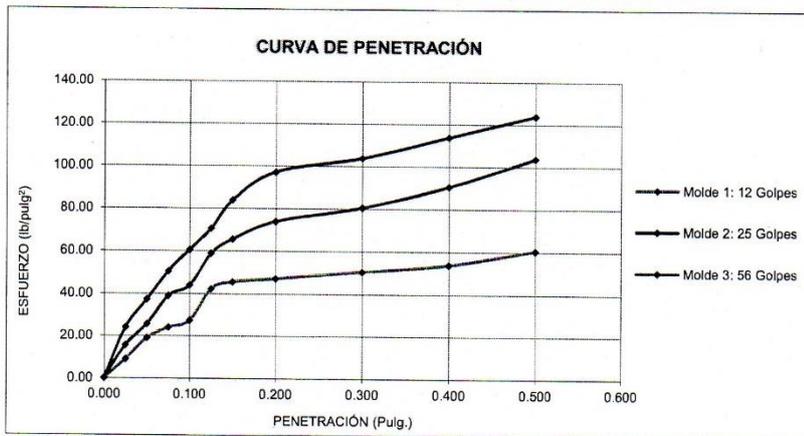
SOLICITANTE : IPARRAGUIRRE GÓMEZ HARLYN ELVIS - RODRIGUEZ GONZALES, OLMAHAN AMERICO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : OTUZCO - OTUZCO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-2 / E-1 / CALICATA B / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



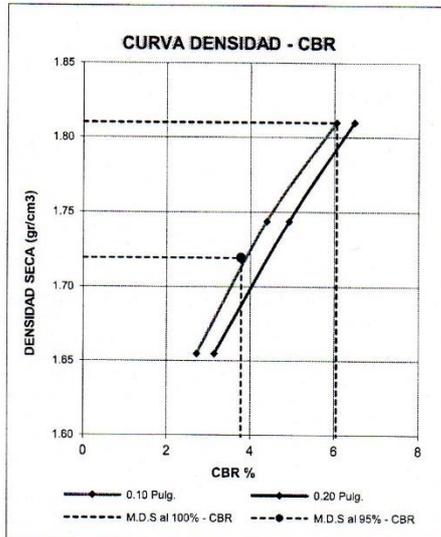
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	27.26	1000	2.73	1.655
2	0.100	43.91	1000	4.39	1.744
3	0.100	60.55	1000	6.06	1.810

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	47.24	1500	3.15	1.655
2	0.200	73.87	1500	4.92	1.744
3	0.200	97.17	1500	6.48	1.810

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.810
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.720
Óptimo contenido de humedad	(%)	14.40
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	6.06
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	3.78



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN

ASTM D-1883

PROYECTO : EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN EL CBR DE UN SUELO ARCILLOSO EN EL CASERÍO DE HUANGAMARCA, DISTRITO DE OTUZCO

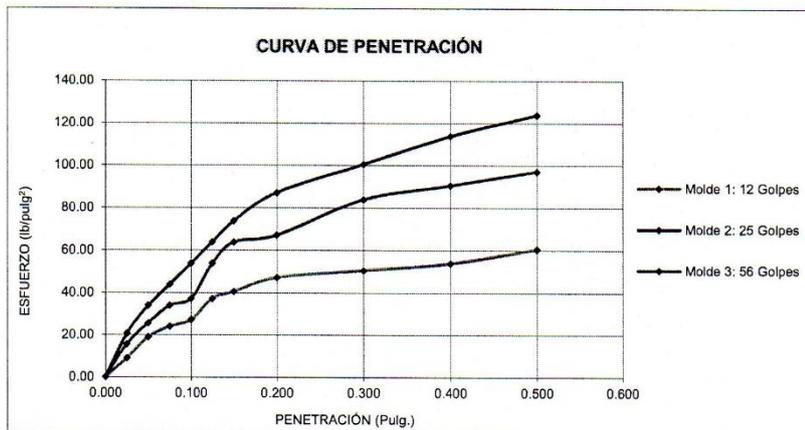
SOLICITANTE : IPARRAGUIRRE GÓMEZ HARLYN ELVIS - RODRIGUEZ GONZALES, OLMAHAN AMERICO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : OTUZCO - OTUZCO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-3 / E-1 / CALICATA B / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



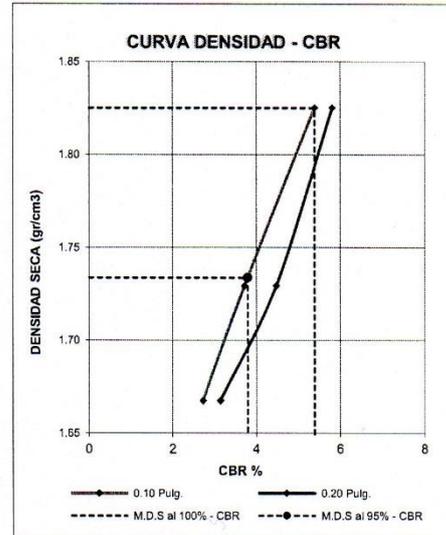
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	27.26	1000	2.73	1.667
2	0.100	37.25	1000	3.72	1.729
3	0.100	53.89	1000	5.39	1.825

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	47.24	1500	3.15	1.667
2	0.200	67.21	1500	4.48	1.729
3	0.200	87.18	1500	5.81	1.825

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.825
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.734
Óptimo contenido de humedad	(%)	14.42
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	5.39
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	3.80



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

PROYECTO : EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN EL CBR DE UN SUELO ARCILLOSO EN EL CASERÍO DE HUANGAMARCA, DISTRITO DE OTUZCO

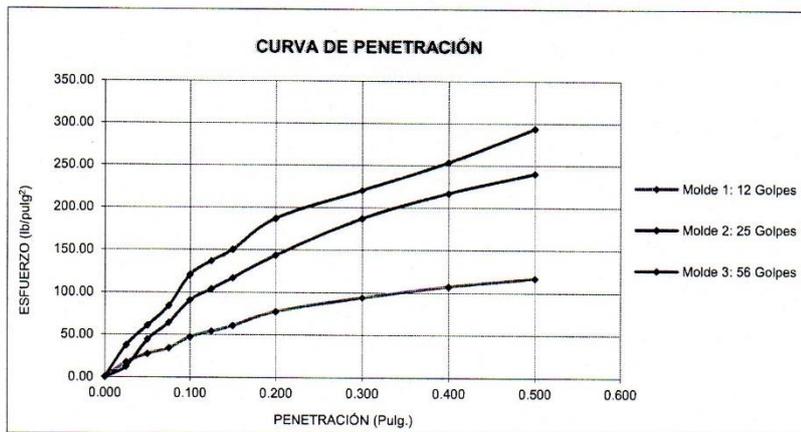
SOLICITANTE : IPARRAGUIRRE GÓMEZ HARLYN ELVIS - RODRIGUEZ GONZALES, OLMAHAN AMERICO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : OTUZCO - OTUZCO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-1 / E-1 / CALICATA A / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



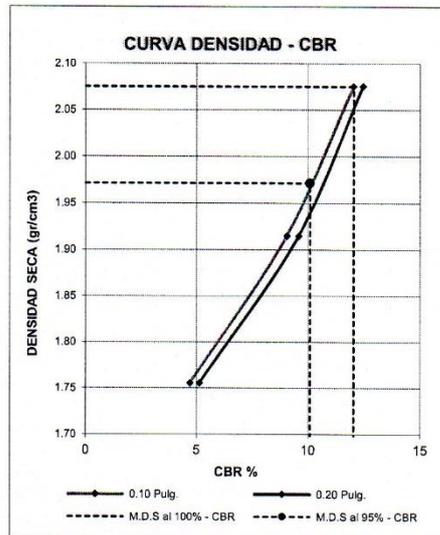
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	47.24	1000	4.72	1.756
2	0.100	90.51	1000	9.05	1.915
3	0.100	120.47	1000	12.05	2.075

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	77.20	1500	5.15	1.756
2	0.200	143.77	1500	9.58	1.915
3	0.200	187.04	1500	12.47	2.075

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	2.075
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.971
Óptimo contenido de humedad	(%)	9.40
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	12.05
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	10.11



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883**

PROYECTO : EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN EL CBR DE UN SUELO ARCILLOSO EN EL CASERÍO DE HUANGAMARCA, DISTRITO DE OTUZCO

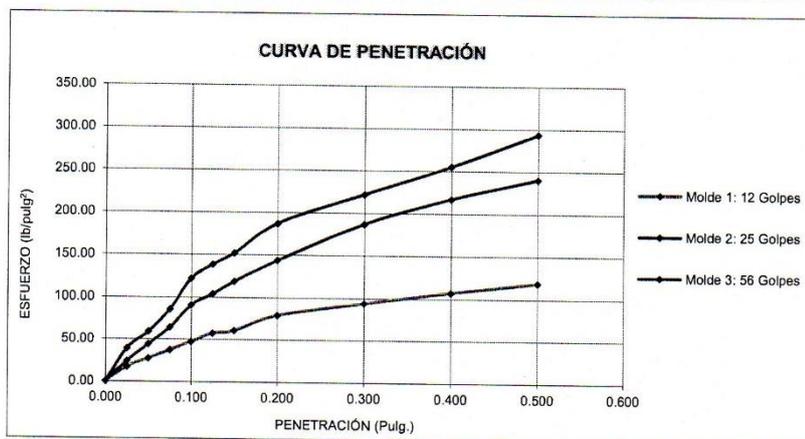
SOLICITANTE : IPARRAGUIRRE GÓMEZ HARLYN ELVIS - RODRIGUEZ GONZALES, OLMAHAN AMERICO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : OTUZCO - OTUZCO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (ADICIÓN DEL 15% DE CLORURO DE SODIO)

MUESTRA : C-2 / E-1 / CALICATA A / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



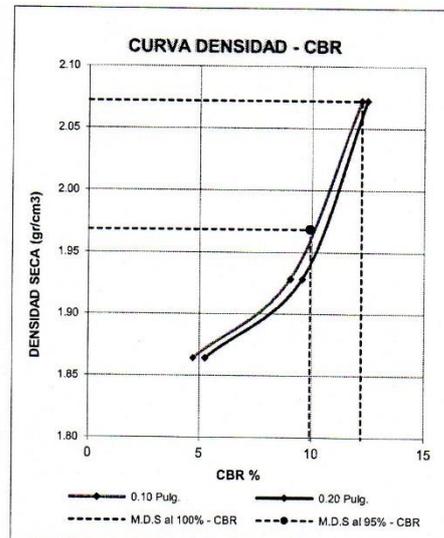
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	47.24	1000	4.72	1.864
2	0.100	90.51	1000	9.05	1.929
3	0.100	122.14	1000	12.21	2.072

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	78.86	1500	5.26	1.864
2	0.200	143.77	1500	9.58	1.929
3	0.200	187.04	1500	12.47	2.072

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	2.072
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.968
Óptimo contenido de humedad	(%)	9.48
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	12.21
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	9.93



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211079
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883**

PROYECTO : EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN EL CBR DE UN SUELO ARCILLOSO EN EL CASERÍO DE HUANGAMARCA, DISTRITO DE OTUZCO

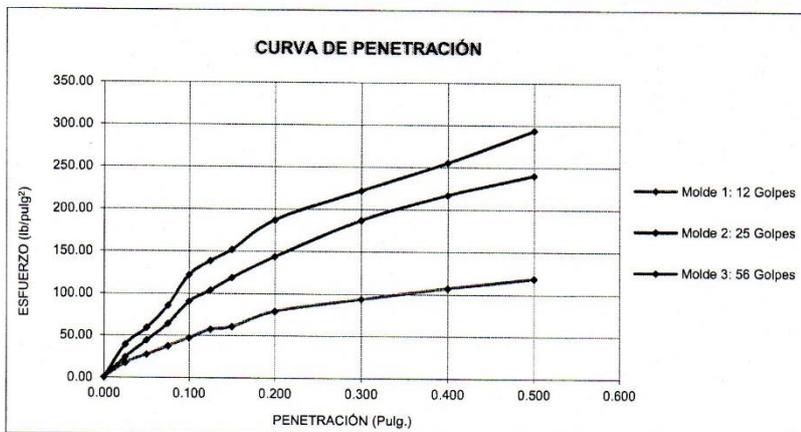
SOLICITANTE : IPARRAGUIRRE GÓMEZ HARLYN ELVIS - RODRIGUEZ GONZALES, OLMAHAN AMERICO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : OTUZCO - OTUZCO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (ADICIÓN DEL 15% DE CLORURO DE SODIO)

MUESTRA : C-3 / E-1 / CALICATA A / (MUESTRA EXTRAIDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



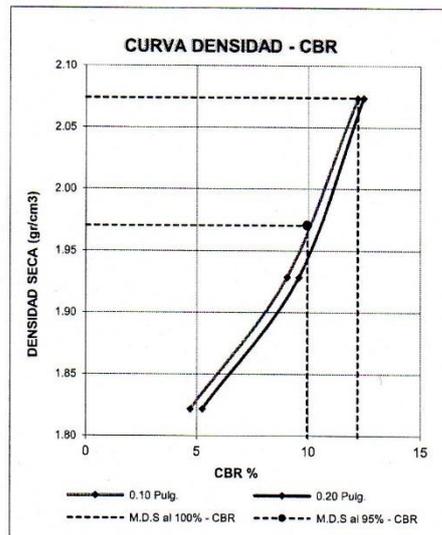
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	47.24	1000	4.72	1.822
2	0.100	90.51	1000	9.05	1.929
3	0.100	122.14	1000	12.21	2.074

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	78.86	1500	5.26	1.822
2	0.200	143.77	1500	9.58	1.929
3	0.200	187.04	1500	12.47	2.074

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	2.074
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.970
Óptimo contenido de humedad	(%)	9.30
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	12.21
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	9.96



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

PROYECTO : EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN EL CBR DE UN SUELO ARCILLOSO EN EL CASERÍO DE HUANGAMARCA, DISTRITO DE OTUZCO

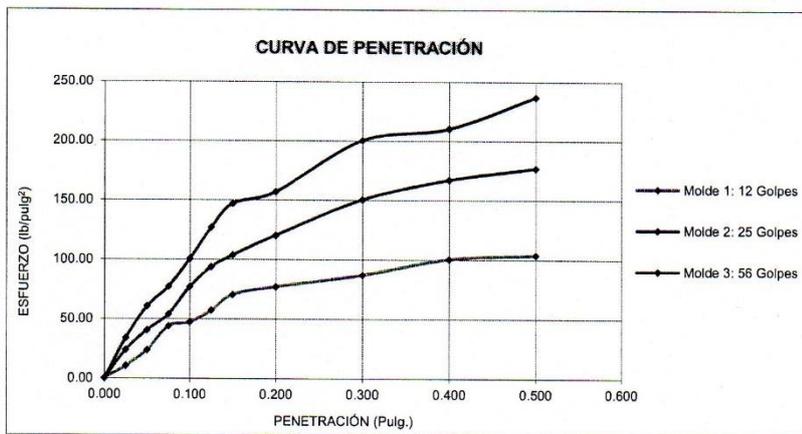
SOLICITANTE : IPARRAGUIRRE GÓMEZ HARLYN ELVIS - RODRIGUEZ GONZALES, OLMAHAN AMERICO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : OTUZCO - OTUZCO - LA LIBERTAD

FECHA : SETIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-2 / E-1 / CALICATA B / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



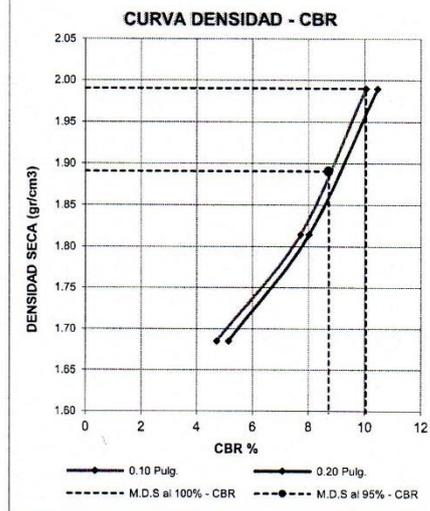
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	47.24	1000	4.72	1.685
2	0.100	77.20	1000	7.72	1.814
3	0.100	100.50	1000	10.05	1.990

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	77.20	1500	5.15	1.685
2	0.200	120.47	1500	8.03	1.814
3	0.200	157.09	1500	10.47	1.990

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.990
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.891
Óptimo contenido de humedad	(%)	11.05
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	10.05
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	8.73



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883**

PROYECTO : EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN EL CBR DE UN SUELO ARCILLOSO EN EL CASERÍO DE HUANGAMARCA, DISTRITO DE OTUZCO

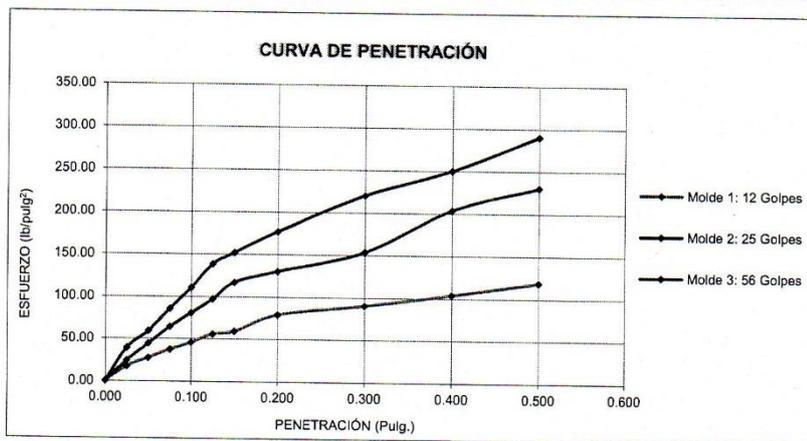
SOLICITANTE : IPARRAGUIRRE GÓMEZ HARLYN ELVIS - RODRIGUEZ GONZALES, OLMAHAN AMERICO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : OTUZCO - OTUZCO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (ADICIÓN DEL 15% DE CLORURO DE SODIO)

MUESTRA : C-2 / E-1 / CALICATA B / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

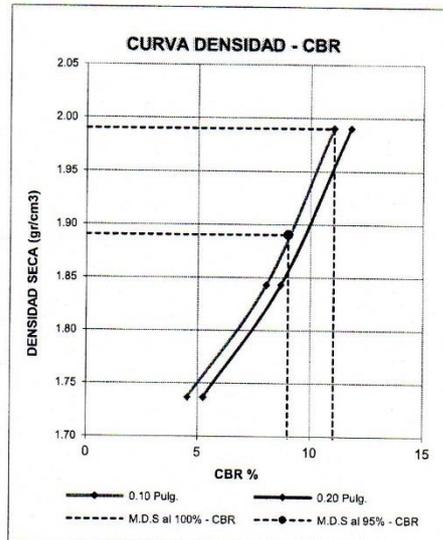

VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	45.57	1000	4.56	1.737
2	0.100	80.53	1000	8.05	1.843
3	0.100	110.49	1000	11.05	1.990

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	78.86	1500	5.26	1.737
2	0.200	130.46	1500	8.70	1.843
3	0.200	177.06	1500	11.80	1.990

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.990
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.891
Óptimo contenido de humedad	(%)	10.50
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	11.05
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	9.02



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

PROYECTO : EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN EL CBR DE UN SUELO ARCILLOSO EN EL CASERÍO DE HUANGAMARCA, DISTRITO DE OTUZCO

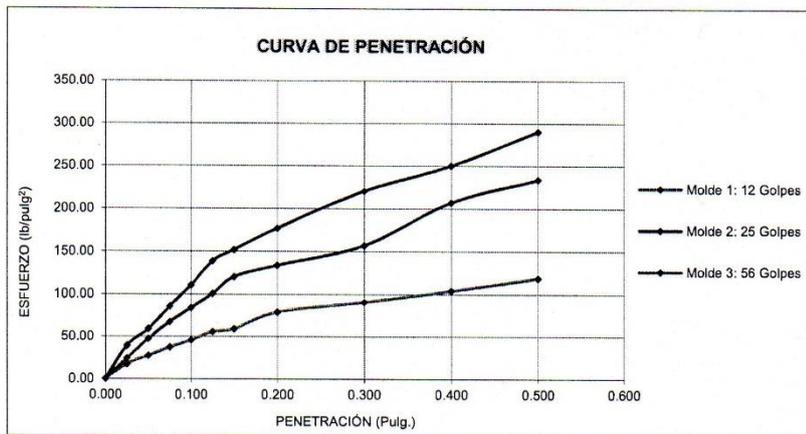
SOLICITANTE : IPARRAGUIRRE GÓMEZ HARLYN ELVIS - RODRIGUEZ GONZALES, OLMAHAN AMERICO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : OTUZCO - OTUZCO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (ADICIÓN DEL 15% DE CLORURO DE SODIO)

MUESTRA : C-3 / E-1 / CALICATA B / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



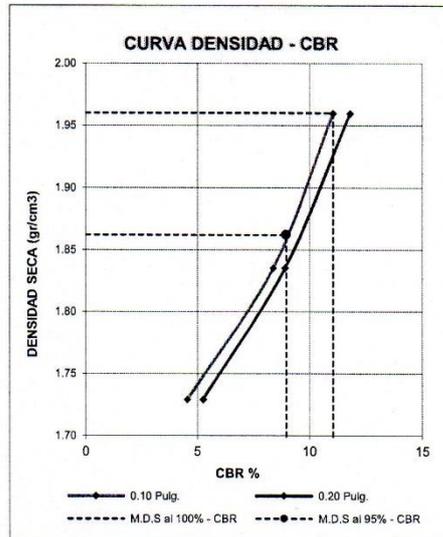
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	45.57	1000	4.56	1.729
2	0.100	83.85	1000	8.39	1.835
3	0.100	110.49	1000	11.05	1.960

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	78.86	1500	5.26	1.729
2	0.200	133.79	1500	8.92	1.835
3	0.200	177.06	1500	11.80	1.960

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.960
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.862
Óptimo contenido de humedad	(%)	10.35
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	11.05
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	8.96



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

PROYECTO : EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN EL CBR DE UN SUELO ARCILLOSO EN EL CASERÍO DE HUANGAMARCA, DISTRITO DE OTUZCO

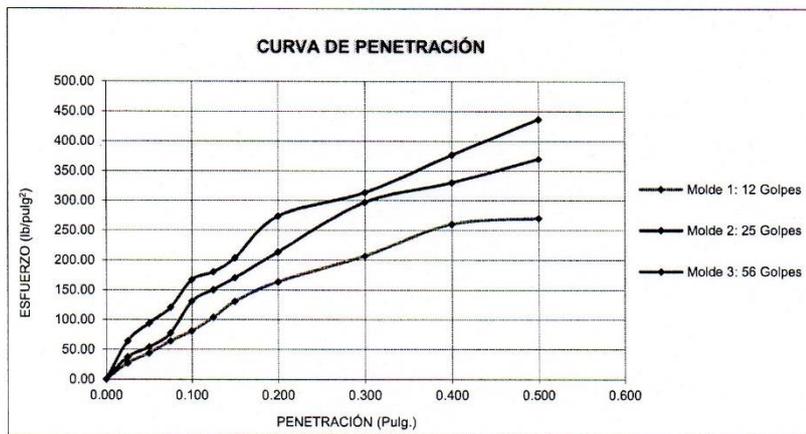
SOLICITANTE : IPARRAGUIRRE GÓMEZ HARLYN ELVIS - RODRIGUEZ GONZALES, OLMAHAN AMERICO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : OTUZCO - OTUZCO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-1 / E-1 / CALICATA A / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



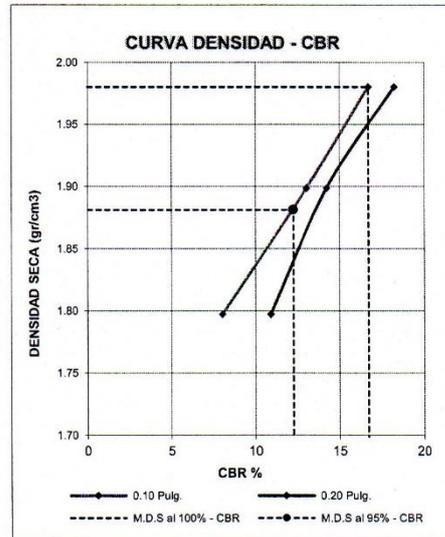
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	80.53	1000	8.05	1.797
2	0.100	130.46	1000	13.05	1.899
3	0.100	167.07	1000	16.71	1.980

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	163.74	1500	10.92	1.797
2	0.200	213.67	1500	14.24	1.899
3	0.200	273.58	1500	18.24	1.980

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.980
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.881
Óptimo contenido de humedad	(%)	9.58
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	16.71
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	12.26



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
LAB. SUELOS
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

PROYECTO : EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN EL CBR DE UN SUELO ARCILLOSO EN EL CASERIO DE HUANGAMARCA, DISTRITO DE OTUZCO

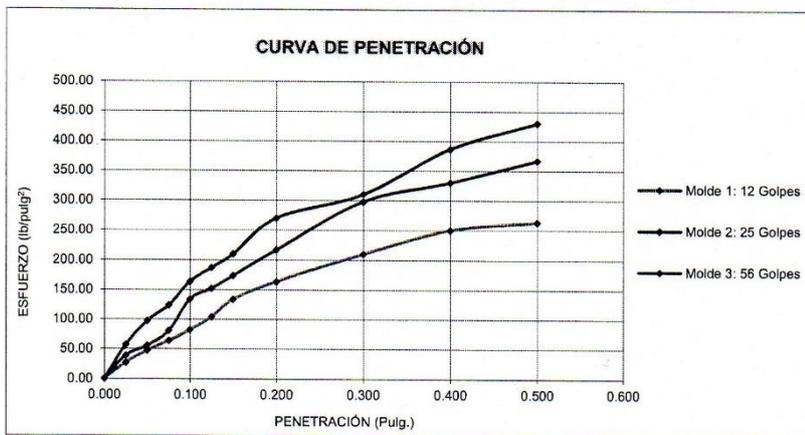
SOLICITANTE : IPARRAGUIRRE GÓMEZ HARLYN ELVIS - RODRIGUEZ GONZALES, OLMAHAN AMERICO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : OTUZCO - OTUZCO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (ADICIÓN DEL 20% DE CLORURO DE SODIO)

MUESTRA : C-2 / E-1 / CALICATA A / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



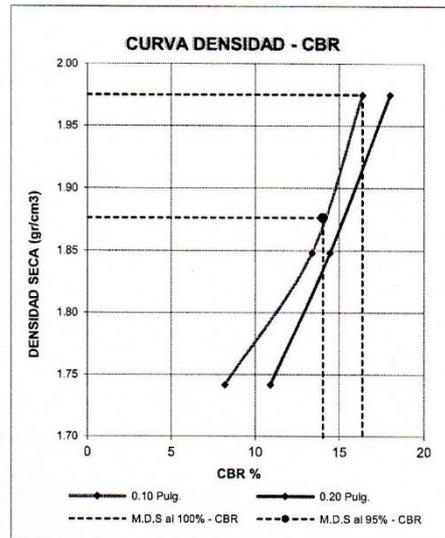
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	82.19	1000	8.22	1.742
2	0.100	133.79	1000	13.38	1.848
3	0.100	163.74	1000	16.37	1.975

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	163.74	1500	10.92	1.742
2	0.200	217.00	1500	14.47	1.848
3	0.200	270.25	1500	18.02	1.975

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.975
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.876
Óptimo contenido de humedad	(%)	10.00
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	16.37
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	14.04



CAMPUS TRUJILLO

Av. Larco 1770.

Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.

Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña

CIP: 211074

Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru

@ucv_peru

#saliradelante

ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883**

PROYECTO : EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN EL CBR DE UN SUELO ARCILLOSO EN EL CASERÍO DE HUANGAMARCA, DISTRITO DE OTUZCO

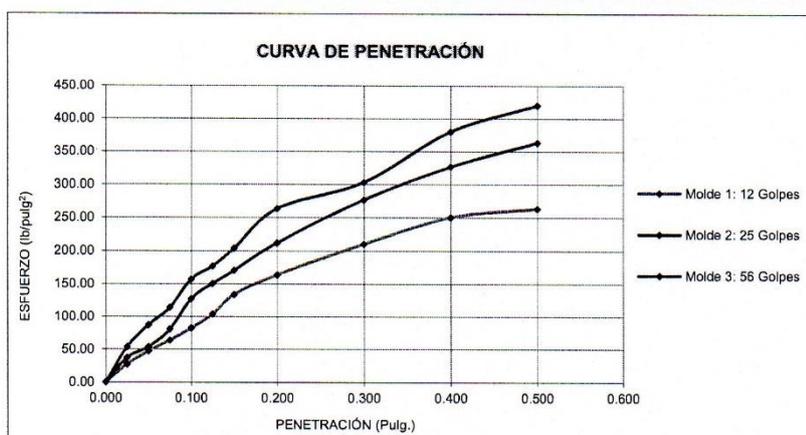
SOLICITANTE : IPARRAGUIRRE GÓMEZ HARLYN ELVIS - RODRIGUEZ GONZALES, OLMAHAN AMERICO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : OTUZCO - OTUZCO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (ADICIÓN DEL 20% DE CLORURO DE SODIO)

MUESTRA : C-3 / E-1 / CALICATA A / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



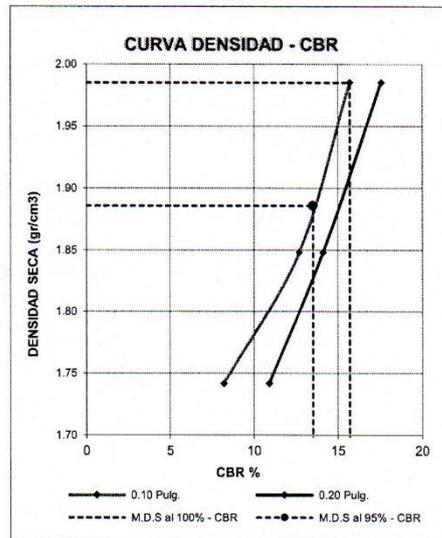
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	82.19	1000	8.22	1.742
2	0.100	127.13	1000	12.71	1.848
3	0.100	157.09	1000	15.71	1.985

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	163.74	1500	10.92	1.742
2	0.200	212.01	1500	14.13	1.848
3	0.200	263.60	1500	17.57	1.985

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.985
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.886
Óptimo contenido de humedad	(%)	10.35
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	15.71
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	13.53



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883**

PROYECTO : EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN EL CBR DE UN SUELO ARCILLOSO EN EL CASERÍO DE HUANGAMARCA, DISTRITO DE OTUZCO

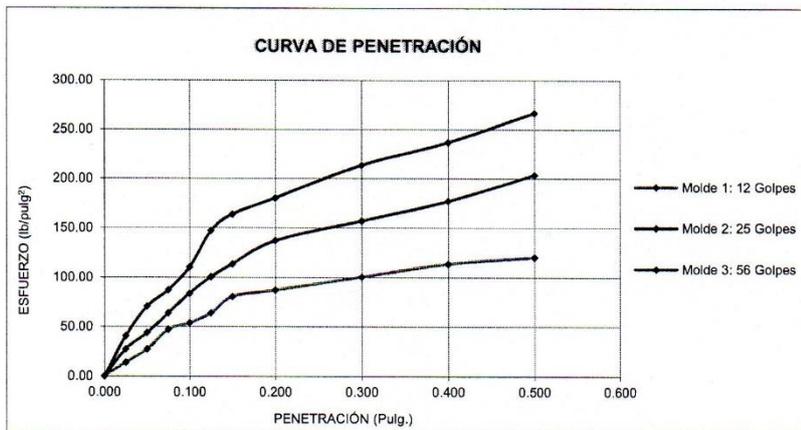
SOLICITANTE : IPARRAGUIRRE GÓMEZ HARLYN ELVIS - RODRIGUEZ GONZALES, OLMAHAN AMERICO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : OTUZCO - OTUZCO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-1 / E-1 / CALICATA B / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



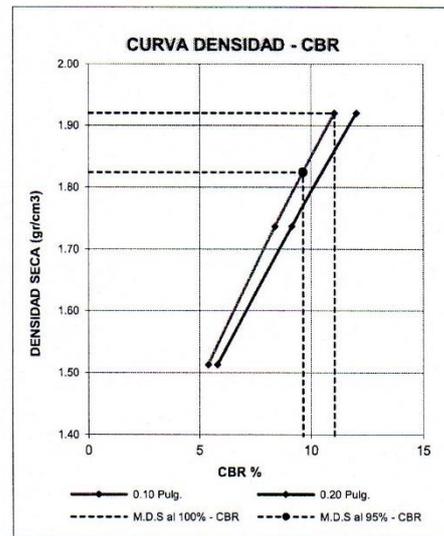
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	53.89	1000	5.39	1.513
2	0.100	83.85	1000	8.39	1.737
3	0.100	110.49	1000	11.05	1.920

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	87.18	1500	5.81	1.513
2	0.200	137.11	1500	9.14	1.737
3	0.200	180.39	1500	12.03	1.920

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.920
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.824
Óptimo contenido de humedad	(%)	11.83
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	11.05
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	9.65



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

PROYECTO : EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN EL CBR DE UN SUELO ARCILLOSO EN EL CASERÍO DE HUANGAMARCA, DISTRITO DE OTUZCO

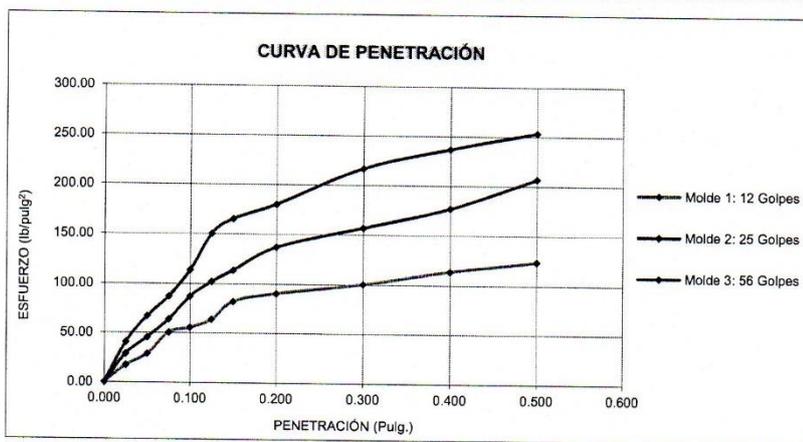
SOLICITANTE : IPARRAGUIRRE GÓMEZ HARLYN ELVIS - RODRIGUEZ GONZALES, OLMAHAN AMERICO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : OTUZCO - OTUZCO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (ADICIÓN DEL 20% DE CLORURO DE SODIO)

MUESTRA : C-2 / E-1 / CALICATA B / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



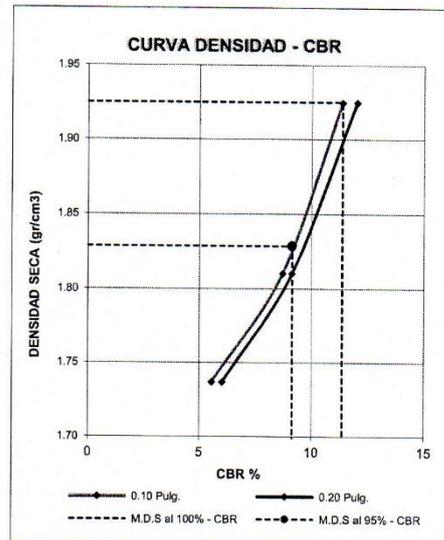
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	55.56	1000	5.56	1.737
2	0.100	87.18	1000	8.72	1.810
3	0.100	113.81	1000	11.38	1.925

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	90.51	1500	6.03	1.737
2	0.200	137.11	1500	9.14	1.810
3	0.200	180.39	1500	12.03	1.925

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.925
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.829
Óptimo contenido de humedad	(%)	11.80
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	11.38
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	9.15



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

PROYECTO : EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN EL CBR DE UN SUELO ARCILLOSO EN EL CASERÍO DE HUANGAMARCA, DISTRITO DE OTUZCO

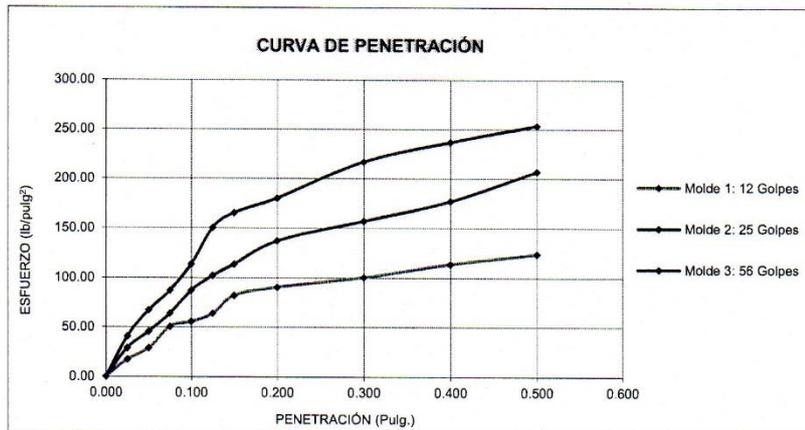
SOLICITANTE : IPARRAGUIRRE GÓMEZ HARLYN ELVIS - RODRIGUEZ GONZALES, OLMAHAN AMERICO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : OTUZCO - OTUZCO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (ADICIÓN DEL 20% DE CLORURO DE SODIO)

MUESTRA : C-3 / E-1 / CALICATA B / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



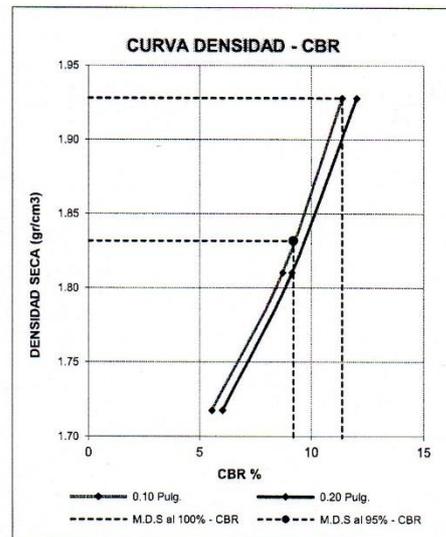
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	55.56	1000	5.56	1.717
2	0.100	87.18	1000	8.72	1.810
3	0.100	113.81	1000	11.38	1.928

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	90.51	1500	6.03	1.717
2	0.200	137.11	1500	9.14	1.810
3	0.200	180.39	1500	12.03	1.928

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.928
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.832
Óptimo contenido de humedad	(%)	11.47
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	11.38
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	9.20



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

PROYECTO : EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN EL CBR DE UN SUELO ARCILLOSO EN EL CASERÍO DE HUANGAMARCA, DISTRITO DE OTUZCO

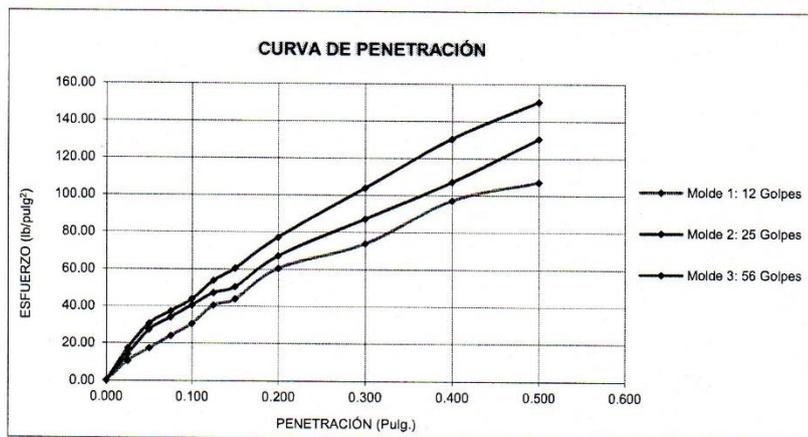
SOLICITANTE : IPARRAGUIRRE GÓMEZ HARLYN ELVIS - RODRIGUEZ GONZALES, OLMAHAN AMERICO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : OTUZCO - OTUZCO - LA LIBERTAD

FECHA : SETIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-1 / E-1 / CALICATA A / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



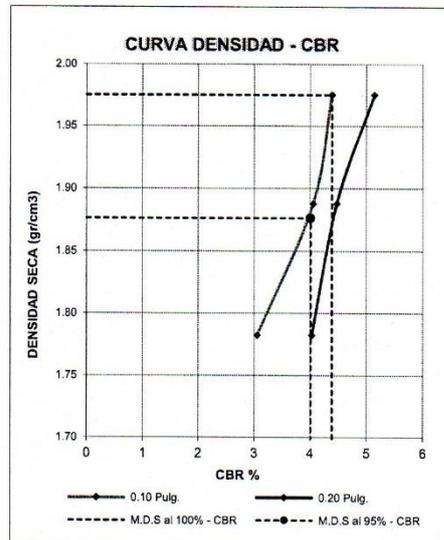
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	30.59	1000	3.06	1.782
2	0.100	40.58	1000	4.06	1.888
3	0.100	43.91	1000	4.39	1.975

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	60.55	1500	4.04	1.782
2	0.200	67.21	1500	4.48	1.888
3	0.200	77.20	1500	5.15	1.975

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.975
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.876
Óptimo contenido de humedad	(%)	10.17
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	4.39
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	4.01



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

PROYECTO : EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN EL CBR DE UN SUELO ARCILLOSO EN EL CASERÍO DE HUANGAMARCA, DISTRITO DE OTUZCO

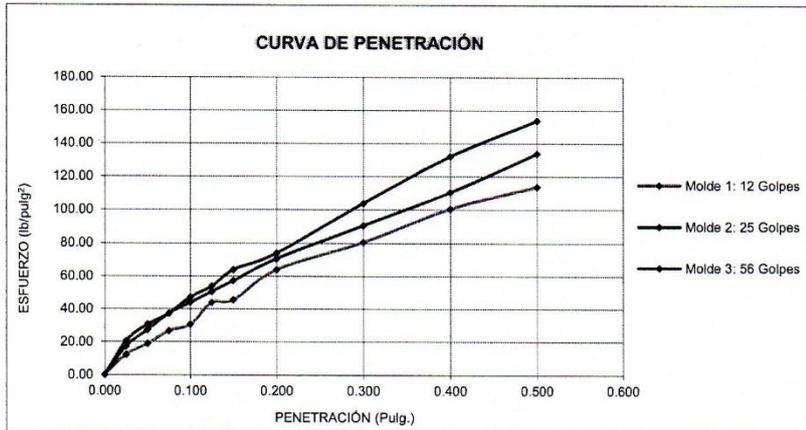
SOLICITANTE : IPARRAGUIRRE GÓMEZ HARLYN ELVIS - RODRIGUEZ GONZALES, OLMAHAN AMERICO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : OTUZCO - OTUZCO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (ADICIÓN DEL 25% DE CLORURO DE SODIO)

MUESTRA : C-2 / E-1 / CALICATA A / (MUESTRA EXTRAIDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



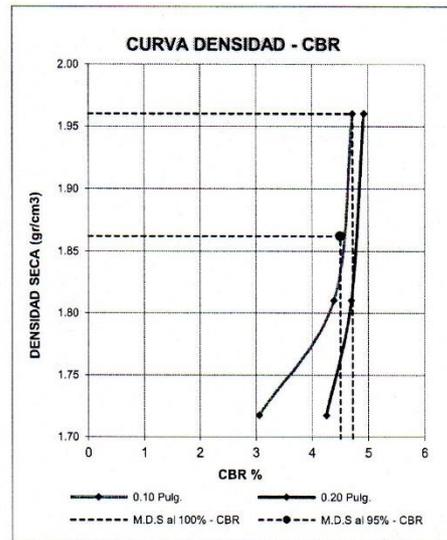
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	30.59	1000	3.06	1.717
2	0.100	43.91	1000	4.39	1.810
3	0.100	47.24	1000	4.72	1.960

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	63.88	1500	4.26	1.717
2	0.200	70.54	1500	4.70	1.810
3	0.200	73.87	1500	4.92	1.960

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.960
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.862
Óptimo contenido de humedad	(%)	10.80
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	4.72
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	4.51



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

PROYECTO : EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN EL CBR DE UN SUELO ARCILLOSO EN EL CASERÍO DE HUANGAMARCA, DISTRITO DE OTUZCO

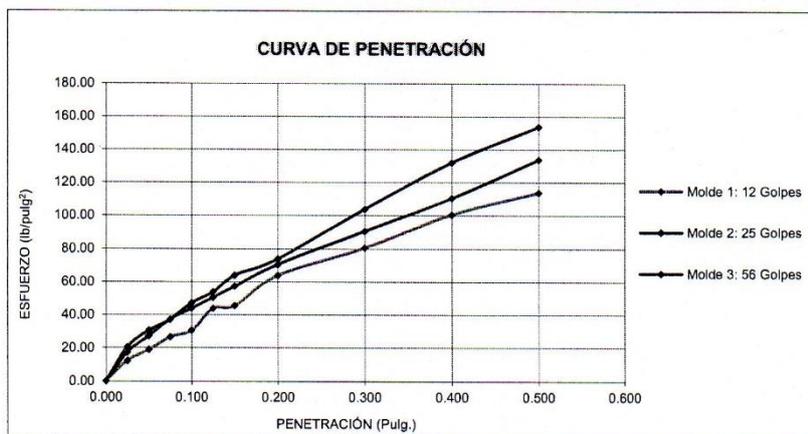
SOLICITANTE : IPARRAGUIRRE GÓMEZ HARLYN ELVIS - RODRIGUEZ GONZALES, OLMAHAN AMERICO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : OTUZCO - OTUZCO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (ADICIÓN DEL 25% DE CLORURO DE SODIO)

MUESTRA : C-3 / E-1 / CALICATA A / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



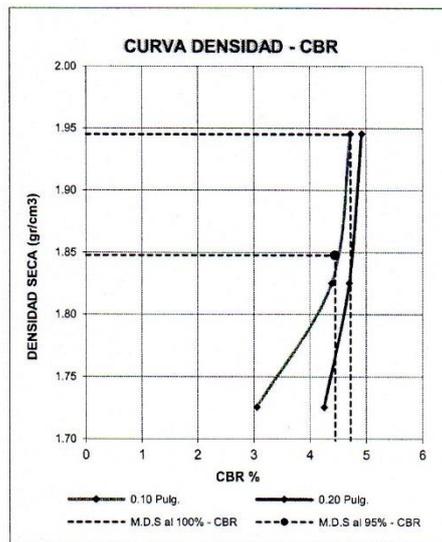
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	30.59	1000	3.06	1.726
2	0.100	43.91	1000	4.39	1.825
3	0.100	47.24	1000	4.72	1.945

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	63.88	1500	4.26	1.726
2	0.200	70.54	1500	4.70	1.825
3	0.200	73.87	1500	4.92	1.945

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.945
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.848
Óptimo contenido de humedad	(%)	11.44
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	4.72
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	4.45



CAMPUS TRUJILLO

Av. Larco 1770.

Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.

Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN

ASTM D-1883

PROYECTO : EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN EL CBR DE UN SUELO ARCILLOSO EN EL CASERÍO DE HUANGAMARCA, DISTRITO DE OTUZCO

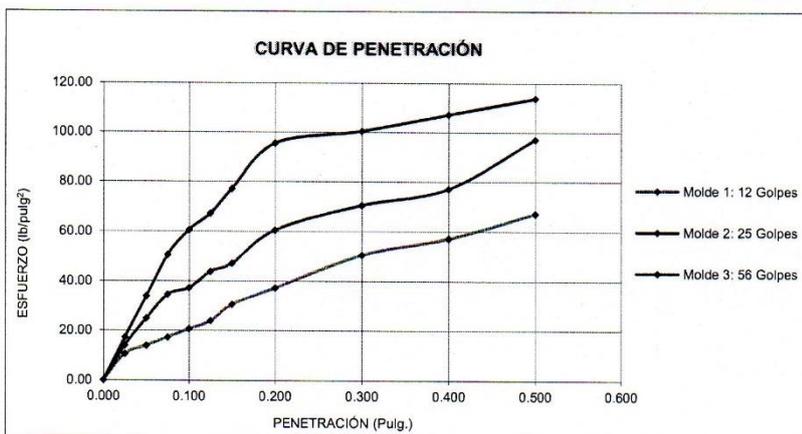
SOLICITANTE : IPARRAGUIRRE GÓMEZ HARLYN ELVIS - RODRIGUEZ GONZALES, OLMAHAN AMERICO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : OTUZCO - OTUZCO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-1 / E-1 / CALICATA B / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



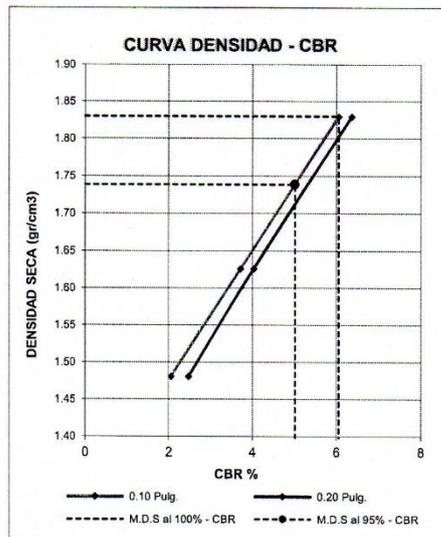
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	20.60	1000	2.06	1.481
2	0.100	37.25	1000	3.72	1.626
3	0.100	60.55	1000	6.06	1.830

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	37.25	1500	2.48	1.481
2	0.200	60.55	1500	4.04	1.626
3	0.200	95.51	1500	6.37	1.830

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.830
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.739
Óptimo contenido de humedad	(%)	12.00
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	6.06
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	5.01



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

PROYECTO : EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN EL CBR DE UN SUELO ARCILLOSO EN EL CASERÍO DE HUANGAMARCA, DISTRITO DE OTUZCO

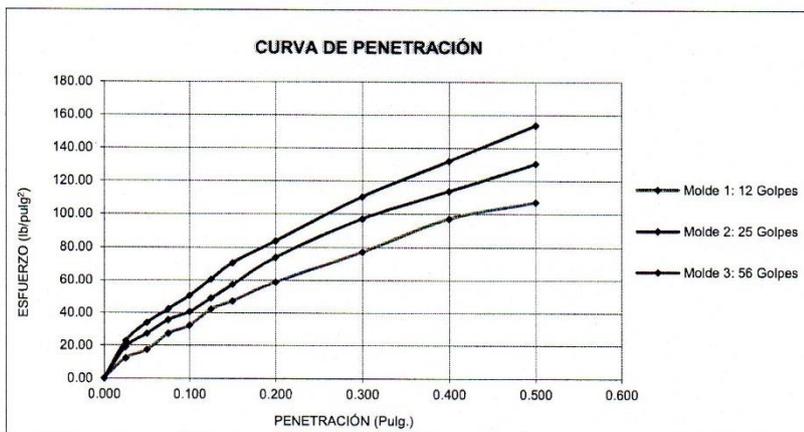
SOLICITANTE : IPARRAGUIRRE GÓMEZ HARLYN ELVIS - RODRIGUEZ GONZALES, OLMAHAN AMERICO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : OTUZCO - OTUZCO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (ADICIÓN DEL 25% DE CLORURO DE SODIO)

MUESTRA : C-2 / E-1 / CALICATA B / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



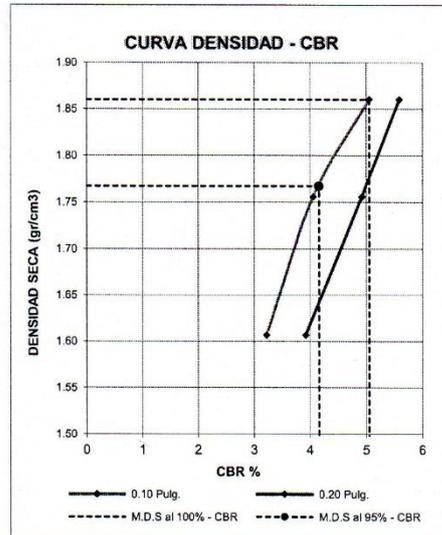
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	32.25	1000	3.23	1.607
2	0.100	40.58	1000	4.06	1.756
3	0.100	50.56	1000	5.06	1.860

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	58.89	1500	3.93	1.607
2	0.200	73.87	1500	4.92	1.756
3	0.200	83.85	1500	5.59	1.860

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.860
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.767
Óptimo contenido de humedad	(%)	12.00
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	5.06
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	4.16



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

PROYECTO : EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN EL CBR DE UN SUELO ARCILLOSO EN EL CASERÍO DE HUANGAMARCA, DISTRITO DE OTUZCO

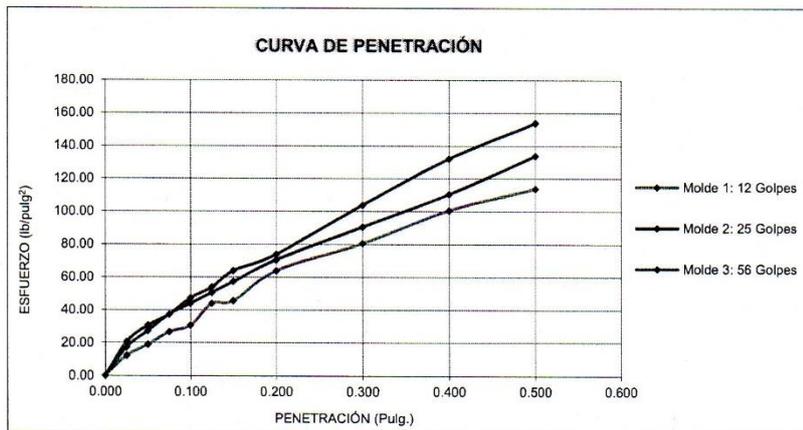
SOLICITANTE : IPARRAGUIRRE GÓMEZ HARLYN ELVIS - RODRIGUEZ GONZALES, OLMAHAN AMERICO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : OTUZCO - OTUZCO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (ADICIÓN DEL 25% DE CLORURO DE SODIO)

MUESTRA : C-3 / E-1 / CALICATA B / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



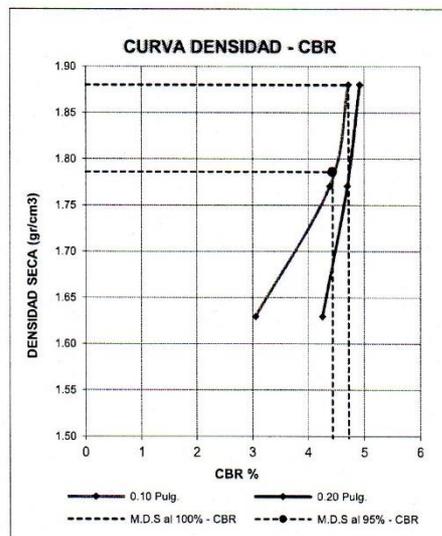
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	30.59	1000	3.06	1.629
2	0.100	43.91	1000	4.39	1.771
3	0.100	47.24	1000	4.72	1.880

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	63.88	1500	4.26	1.629
2	0.200	70.54	1500	4.70	1.771
3	0.200	73.87	1500	4.92	1.880

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.880
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.786
Óptimo contenido de humedad	(%)	11.89
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	4.72
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	4.44



CAMPUS TRUJILLO

Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe