



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Incorporación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la
estabilización del material de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica
2022**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTORES:

Aybar cárdenas, Yacson Delfin (ORCID:0000-0002-8155-8457)
Villarroel Motta, Félix Jesús (ORCID:0000-0001-9953-2899)

ASESOR:

Ing. Barrantes Mann, Luis Alfonso Juan (ORCID:0000-0002-2026-0411)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura Vial

LIMA-PERÚ

2022

Dedicatoria

La presente tesis se la dedicamos principalmente a nuestros padres, hermanos y familiares por darnos todo su apoyo a lo largo de todos estos años, por ayudarnos a cumplir nuestros sueños de poder ser grandes profesionales de éxito.

Agradecimiento

Agradecemos eternamente a Dios, a nuestros familiares y amigos, por habernos acompañado a lo largo de este proceso, por habernos ayudado a superar las dificultades que se fueron dando.

Agradecemos a la Universidad Cesar Vallejo, por habernos brindarnos esta grandiosa oportunidad, la cual nos permitirá seguir desarrollándonos en la vida.

Un agradecimiento especial a nuestro asesor de tesis, al Magister Luis Alfonso Juan Barrantes Mann por habernos guiado en este proyecto, que, con su amplia experiencia, sabiduría y paciencia, ha sabido moldear nuestros conocimientos

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	ix
Resumen.....	xv
Abstract.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA.....	18
3.1 Tipo y Diseño de Investigación	18
3.2 Variables y operacionalización.....	19
3.3 Población, muestra y muestreo.....	19
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	21
3.5 Procedimientos	22
3.6 Método de análisis de datos.....	22
3.7 Aspectos éticos.....	22
IV. RESULTADOS	25
V. DISCUSIÓN	109
VI. CONCLUSIONES.....	124
VII. RECOMENDACIONES	126
REFERENCIAS.....	127
ANEXOS.....	132

Índice de tablas

Tabla 1. Composición de la ceniza de cáscara de arroz.....	12
Tabla 2. Clasificación de suelos según el MTC	16
Tabla 3. Índice de plasticidad.....	16
Tabla 4. Equivalente de arena	16
Tabla 5. Clasificación de la subrasante	17
Tabla 6. Técnicas y recolección de datos	22
Tabla 7. Composición química de la cáscara de arroz	27
Tabla 8. Tamices y cantidad de pesos retenidos de material natural de calicata N°1	38
Tabla 9. Análisis granulométrico de la calicata N°1	39
Tabla 10. Tamices y cantidad de peso retenido de material natural +adición de 4% de cáscara de arroz.....	40
Tabla 11. Análisis granulométrico de material natural +adición de 4% de cenizas de cáscara de arroz.....	41
Tabla 12. Tamices y cantidad de peso retenido de material natural +adición de 7% de cáscara de arroz.....	42
Tabla 13. Análisis granulométrico de material natural +adición de 7% de cenizas de cáscara de arroz.....	42
Tabla 14. Tamices y cantidad de peso retenido de material natural +adición de 10% de cáscara de arroz.....	43
Tabla 15. Análisis granulométrico de material natural +adición de 10% de cenizas de cáscara de arroz.....	44
Tabla 16. Tamices y cantidad de peso retenido de material de cáscara de arroz	45
Tabla 17. Análisis granulométrico de cenizas de cáscara de arroz	45
Tabla 18. Ensayo de límites de Atterberg con incorporación 0%,4%,7%,10% de ceniza de cáscara de arroz	47
Tabla 19. Tamices y cantidad de pesos retenidos de material natural de calicata N°2	50
Tabla 20. Análisis granulométrico de la calicata N°2	51
Tabla 21. Tamices y cantidad de peso retenido de material natural de calicata N°02 +adición de 4% de cáscara de arroz	52

Tabla 22. Análisis granulométrico de material natural de Calicata N°2 +adición de 4% de cenizas de cáscara de arroz	53
Tabla 23. Tamices y cantidad de peso retenido de material natural de Calicata N°2 +adición de 7% de cáscara de arroz	54
Tabla 24. Análisis granulométrico de material natural de calicata N°2 +adición de 7% de cenizas de cáscara de arroz	54
Tabla 25. Tamices y cantidad de peso retenido de material natural de Calicata N°02 +adición de 10% de cáscara de arroz	55
Tabla 26. Análisis granulométrico de material natural de Calicata N°02 +adición de 10% de cenizas de cáscara de arroz	56
Tabla 27. Ensayo de límites de Atterberg con incorporación 0%,4%,7%,10% de ceniza de cáscara de arroz	57
Tabla 28. Tamices y cantidad de pesos retenidos de material natural de calicata N°3	60
Tabla 29. Análisis granulométrico de la calicata N°3	61
Tabla 30. Tamices y cantidad de peso retenido de material natural de calicata N°03 +adición de 4% de cáscara de arroz	62
Tabla 31. Análisis granulométrico de material natural de Calicata N°2 +adición de 4% de cenizas de cáscara de arroz	63
Tabla 32. Tamices y cantidad de peso retenido de material natural de Calicata N°3 +adición de 7% de cáscara de arroz	64
Tabla 33. Análisis granulométrico de material natural de calicata N°2 +adición de 7% de cenizas de cáscara de arroz	64
Tabla 34. Tamices y cantidad de peso retenido de material natural de Calicata N°03 +adición de 10% de cáscara de arroz	65
Tabla 35. Análisis granulométrico de material natural de Calicata N°03 +adición de 10% de cenizas de cáscara de arroz	66
Tabla 36. Ensayo de límites de Atterberg con incorporación 0%,4%,7%,10% de ceniza de cáscara de arroz	67
Tabla 37. Resultados de ensayo de Proctor	70
Tabla 38. Resultados de ensayo de Proctor Calicata N°02	74
Tabla 39. Resultados de ensayo de Proctor	78
Tabla 40. Resultados de CBR.....	83

Tabla 41. Ensayo del CBR material natural	83
Tabla 42. Ensayo del CBR material natural + adición de 4% de cenizas de Cáscara de arroz	85
Tabla 43. Ensayo del CBR material natural + adición de 7% de cenizas de Cáscara de arroz	87
Tabla 44. Ensayo del CBR material natural + adición de 10% de cenizas de Cáscara de arroz	89
Tabla 45. Resultados de CBR.....	91
Tabla 46. Ensayo del CBR material natural	92
Tabla 47. Ensayo del CBR material natural + adición de 4% de cenizas de Cáscara de arroz	94
Tabla 48. Ensayo del CBR material natural + adición de 7% de cenizas de Cáscara de arroz	96
Tabla 49. Ensayo del CBR material natural + adición de 10% de cenizas de Cáscara de arroz	98
Tabla 50. Resultados de CBR.....	100
Tabla 51. Ensayo del CBR material natural	100
Tabla 52. Ensayo del CBR material natural + adición de 4% de cenizas de Cáscara de arroz	102
Tabla 53. Ensayo del CBR material natural + adición de 7% de cenizas de Cáscara de arroz	104
Tabla 54. Ensayo del CBR material natural + adición de 10% de cenizas de Cáscara de arroz	106
Tabla 55. Prueba de normalidad de los diseños respecto a Gravas.....	110
Tabla 56. Prueba ANOVA de los diseños respecto a Gravas	110
Tabla 57. Prueba de Levene de los diseños respecto a Gravas.....	110
Tabla 58. Prueba Post-Hoc de Tukey de los diseños respecto a Gravas	111
Tabla 59. Prueba de normalidad de los diseños respecto a Arenas	111
Tabla 60. Prueba ANOVA de los diseños respecto a Arenas	112
Tabla 61. Prueba de Levene de los diseños respecto a Arenas	112
Tabla 62. Prueba Post-Hoc de los diseños respecto a Arenas	113
Tabla 63. Prueba de normalidad de los diseños respecto a los finos	113
Tabla 64. Prueba ANOVA de los diseños respecto a los finos	114

Tabla 65. Prueba de Levene de los diseños respecto a los finos	114
Tabla 66. Prueba Post-Hoc de los diseños respecto a los finos	114
Tabla 67. Prueba de normalidad de los diseños respecto al límite líquido	115
Tabla 68. Prueba ANOVA de los diseños respecto al límite líquido.....	115
Tabla 69. Prueba Levene de los diseños respecto al límite líquido	115
Tabla 70. Prueba Post-Hoc de los diseños respecto al límite líquido	116
Tabla 71. Prueba de normalidad de los diseños respecto al límite plástico.....	116
Tabla 72. Prueba ANOVA de los diseños respecto al límite plástico	117
Tabla 73. Prueba de Levene de los diseños respecto al límite plástico.....	117
Tabla 74. Prueba Post- Hoc de Tukey de los diseños respecto al límite plástico	118
Tabla 75. Prueba de normalidad de los diseños respecto al índice de plasticidad	118
Tabla 76. Prueba de Kurskal Wallis de los diseños respecto al índice de plasticidad	119
Tabla 77. Prueba Post-Hoc T3 de Dunnet de los diseños respecto al índice de plasticidad	119
Tabla 78. Prueba de normalidad del contenido óptimo de humedad	120
Tabla 79. Prueba ANOVA del contenido óptimo de humedad	120
Tabla 80. Prueba de homogeneidad del contenido óptimo de humedad	120
Tabla 81. Prueba Post-Hoc de Tukey para el óptimo contenido de humedad ...	121
Tabla 82. Prueba de normalidad de Máxima Densidad Seca	121
Tabla 83. Prueba ANOVA de la Máxima Densidad Seca	122
Tabla 84. Prueba de normalidad del CBR	122
Tabla 85. Prueba ANOVA del CBR.....	122
Tabla 86. Prueba de homogeneidad de varianzas del límite líquido.....	123
Tabla 87. Prueba Post-Hoc de Tukey para el CBR.....	123

Índice de figuras

Figura 1. Esquema de pavimento flexible y rígido	5
Figura 2. Cáscara de arroz	10
Figura 3. Propiedades de la cascarilla de arroz.....	11
Figura 4. Ceniza de cáscara de arroz.....	11
Figura 5. Propiedades de ceniza de cáscara de arroz	12
Figura 6. Proceso de obtención de RHA	13
Figura 7. Clasificación de suelos según su origen.....	14
Figura 8. Clasificación de los suelos por su granulometría	15
Figura 9. Población de estudio	20
Figura 10. Muestra de estudio	20
Figura 11. Procedimiento de la investigación	22
Figura 12. Ubicación del distrito de Pueblo Nuevo	25
Figura 13. Ubicación de calicata N° 01.....	26
Figura 14. Extracción de material Calicata N° 1	26
Figura 15. Ceniza de cáscara de arroz.....	27
Figura 16. Muestra de la calicata C-1	29
Figura 17. Análisis granulométrico	29
Figura 18. Ensayo de Casagrande	30
Figura 19. Ensayo de Limite Liquido con adición de 7% CCA.....	30
Figura 20. Ensayo de Limite Liquido con adición de 7% CCA.....	31
Figura 21. Ensayo de Limite Plástico con adición de 7% CCA.....	31
Figura 22. Ensayo de Limite Plástico con adición de 7% CCA.....	32
Figura 23. Peso del molde del ensayo de Proctor modificado.....	33
Figura 24. Primera capa puesta en el molde de ensayo de Proctor	33
Figura 25. 25 golpes por capa	34
Figura 26. Peso del molde con muestra compactada.....	34
Figura 27. Se lleva la muestra al horno	35
Figura 28. Equipo usado en el ensayo de CBR.....	35
Figura 29. Colocación de los moldes en la Piscina	36
Figura 30. Colocación de la sobrecarga en cada uno de los moldes	37
Figura 31. Paso para desarrollar el objetivo N° 01	37
Figura 32. Curva granulométrica de la calicata N°1	39

Figura 33. Curva granulométrica del material natural +adición de 4%	41
Figura 34. Curva granulométrica del material natural +adición de 7%	43
Figura 35. Curva granulométrica del material natural +adición de 10%	44
Figura 36. Curva granulométrica del material cáscara de arroz	46
Figura 37. Diagrama de fluidez de material natural	47
Figura 38. Diagrama de fluidez de material natural + adición del 4% de cáscara de arroz	48
Figura 39. Diagrama de fluidez de material natural + adición de 7% de cáscara de arroz	48
Figura 40. Diagrama de fluidez de material natural + adición de 10% de cáscara de arroz	49
Figura 41. Curva granulométrica de la calicata N°2	51
Figura 42. Curva granulométrica del material natural de Calicata N°2 +adición de 4%	53
Figura 43. Curva granulométrica del material natural de calicata N°2 +adición de 7%	55
Figura 44. Curva granulométrica del material natural Calicata N°02 +adición de 10%	56
Figura 45. Diagrama de fluidez de material natural de Calicata N°02	58
Figura 46. Diagrama de fluidez de material natural Calicata N°02 + adición del 4% de cáscara de arroz.....	58
Figura 47. Diagrama de fluidez de material natural de Calicata N°02 + adición de 7% de cáscara de arroz	59
Figura 48. Diagrama de fluidez de material natural de Calicata N°2 + adición de 10% de cáscara de arroz	59
Figura 49. Curva granulométrica de la calicata N°3	61
Figura 50. Curva granulométrica del material natural de Calicata N°2 +adición de 4%	63
Figura 51. Curva granulométrica del material natural de calicata N°3 +adición de 7%	65
Figura 52. Curva granulométrica del material natural Calicata N°03 +adición de 10%	66
Figura 53. Diagrama de fluidez de material natural de Calicata N°03	68

Figura 54. Diagrama de fluidez de material natural Calicata N°03 + adición del 4% de cáscara de arroz.....	68
Figura 55. Diagrama de fluidez de material natural de Calicata N°03 + adición de 7% de cáscara de arroz	69
Figura 56. Diagrama de fluidez de material natural de Calicata N°3 + adición de 10% de cáscara de arroz	69
Figura 57. Paso para desarrollar el objetivo N° 02	70
Figura 58. Curva optimo contenido de humedad - máxima densidad seca de material natural.....	71
Figura 59. Curva optimo contenido de humedad - máxima densidad seca de material natural + adición de 4% de cáscara de arroz.....	71
Figura 60. Curva optimo contenido de humedad - máxima densidad seca de material natural + adición de 7% de cáscara de arroz.....	72
Figura 61. Curva optimo contenido de humedad - máxima densidad seca de material natural + adición de 10% de cáscara de arroz.....	72
Figura 62. Máxima densidad seca para combinaciones de suelo y ceniza de cáscara de arroz.....	73
Figura 63. Máxima densidad seca para combinaciones suelo y ceniza de cáscara de arroz	73
Figura 64. Curva optimo contenido de humedad - máxima densidad seca de material natural de Calicata N°02.....	75
Figura 65. Curva optimo contenido de humedad - máxima densidad seca de material natural + adición de 4% de cáscara de arroz de Calicata N°02.....	75
Figura 66. Curva optimo contenido de humedad - máxima densidad seca de material natural + adición de 7% de cáscara de arroz.....	76
Figura 67. Curva optimo contenido de humedad - máxima densidad seca de material natural + adición de 10% de cáscara de arroz.....	76
Figura 68. Máxima densidad seca para combinaciones de suelo y ceniza de cáscara de arroz.....	77
Figura 69. Máxima densidad seca para combinaciones suelo y ceniza de cáscara de arroz	77
Figura 70. Curva optimo contenido de humedad - máxima densidad seca de material natural.....	79

Figura 71. Curva optimo contenido de humedad - máxima densidad seca de material natural + adición de 4% de cáscara de arroz.....	79
Figura 72. Curva optimo contenido de humedad - máxima densidad seca de material natural + adición de 7% de cáscara de arroz.....	80
Figura 73. Curva optimo contenido de humedad - máxima densidad seca de material natural + adición de 10% de cáscara de arroz.....	80
Figura 74. Máxima densidad seca para combinaciones de suelo y ceniza de cáscara de arroz.....	81
Figura 75. Máxima densidad seca para combinaciones suelo y ceniza de cáscara de arroz	82
Figura 76. Paso para desarrollar el objetivo N° 03	82
Figura 77. Curva de CBR material natural a los 56 golpes.....	84
Figura 78. Curva de CBR material natural a los 25 golpes.....	84
Figura 79. Curva de CBR material natural a los 10 golpes.....	85
Figura 80. Curva de CBR material natural + adición 4% cenizas de cáscara de arroz a los 56 golpes	86
Figura 81. Curva de CBR material natural + adición 4% cenizas de cáscara de arroz a los 25 golpes	86
Figura 82. Curva de CBR material natural + adición 4% cenizas de cáscara de arroz a los 10 golpes	87
Figura 83. Curva de CBR material natural + adición 7% cenizas de cáscara de arroz a los 56 golpes	88
Figura 84. Curva de CBR material natural + adición 7% cenizas de cáscara de arroz a los 25 golpes	88
Figura 85. Curva de CBR material natural + adición 7% cenizas de cáscara de arroz a los 10 golpes	89
Figura 86. Curva de CBR material natural + adición 10% cenizas de cáscara de arroz a los 56 golpes	90
Figura 87. Curva de CBR material natural + adición 10% cenizas de cáscara de arroz a los 25 golpes	90
Figura 88. Curva de CBR material natural + adición 10% cenizas de cáscara de arroz a los 10 golpes	91
Figura 89. Curva de CBR material natural a los 56 golpes.....	92

Figura 90. Curva de CBR material natural a los 25 golpes.....	93
Figura 91. Curva de CBR material natural a los 10 golpes.....	93
Figura 92. Curva de CBR material natural + adición 4% cenizas de cáscara de arroz a los 56 golpes	94
Figura 93. Curva de CBR material natural + adición 4% cenizas de cáscara de arroz a los 25 golpes	95
Figura 94. Curva de CBR material natural + adición 4% cenizas de cáscara de arroz a los 10 golpes	95
Figura 95. Curva de CBR material natural + adición 7% cenizas de cáscara de arroz a los 56 golpes	96
Figura 96. Curva de CBR material natural + adición 7% cenizas de cáscara de arroz a los 25 golpes	97
Figura 97. Curva de CBR material natural + adición 7% cenizas de cáscara de arroz a los 10 golpes	97
Figura 98. Curva de CBR material natural + adición 10% cenizas de cáscara de arroz a los 56 golpes	98
Figura 99. Curva de CBR material natural + adición 10% cenizas de cáscara de arroz a los 25 golpes	99
Figura 100. Curva de CBR material natural + adición 10% cenizas de cáscara de arroz a los 10 golpes	99
Figura 101. Curva de CBR material natural a los 56 golpes.....	101
Figura 102. Curva de CBR material natural a los 25 golpes.....	101
Figura 103. Curva de CBR material natural a los 10 golpes.....	102
Figura 104. Curva de CBR material natural + adición 4% cenizas de cáscara de arroz a los 56 golpes	103
Figura 105. Curva de CBR material natural + adición 4% cenizas de cáscara de arroz a los 25 golpes	103
Figura 106. Curva de CBR material natural + adición 4% cenizas de cáscara de arroz a los 10 golpes	104
Figura 107. Curva de CBR material natural + adición 7% cenizas de cáscara de arroz a los 56 golpes	105
Figura 108. Curva de CBR material natural + adición 7% cenizas de cáscara de arroz a los 25 golpes	105

Figura 109. Curva de CBR material natural + adición 7% cenizas de cáscara de arroz a los 10 golpes	106
Figura 110. Curva de CBR material natural + adición 10% cenizas de cáscara de arroz a los 56 golpes	107
Figura 111. Curva de CBR material natural + adición 10% cenizas de cáscara de arroz a los 25 golpes	107
Figura 112. Curva de CBR material natural + adición 10% cenizas de cáscara de arroz a los 10 golpes	108

Resumen

La presente tesis titulada “Incorporación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la estabilización del material de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022”, tuvo como fin mejorar la estabilización del material de la subrasante, utilizando la incorporación de ceniza de cáscara de arroz, mediante una metodología un tipo de investigación aplicada, de diseño experimental y de nivel explicativo. Se obtuvo como resultados que mediante el ensayo de análisis granulométrico y límite de consistencia el material natural tiene un límite líquido (L.Q) de 32%, un límite plástico (L.P) de 30% y un índice de plasticidad (I.P) de 2%, el material natural más adición de 4 % de cenizas cáscara de arroz (CCA) tiene un L.Q de 36%, un L.P de 30% y un I.P de 6%, el material natural más adición de 7% CCA tiene un L.Q de 33%, un L.P de 23% y un I.P de 10%, por último el material natural más adición de 10% CCA tiene un L.Q de 24%, un L.P de 12% y un I.P de 12%, asimismo en el ensayo del Proctor se obtuvo que para las adiciones de CCA el óptimo contenido de humedad es 12.30% y la máxima densidad seca es 1.76 gr/cm³ de la muestra natural más adición de 7% CCA y en CBR se obtiene la máxima resistencia de 32.27 % en la combinación de material natural más la adición de 7%. Se concluye que la incorporación de 7% de cenizas de cáscara de arroz es la óptima para que el suelo de la subrasante del lugar de estudio tenga una buena capacidad de soporte.

Palabras clave: Incorporación, Estabilización, ceniza de cáscara de arroz, subrasante, capacidad de soporte.

Abstract

This present thesis entitled "Incorporation of rice husk ash to improve the stabilization of the subgrade material, Pueblo Nuevo, Ica 2022", aimed to improve the stabilization of the subgrade material, using the incorporation of rice husk ash, through a methodology a type of applied research, experimental design and explanatory level. It was obtained as results that through the granulometric analysis and consistency limit test, the natural material has a liquid limit (LQ) of 32%, a plastic limit (LP) of 30% and a plasticity index (IP) of 2 %, the natural material plus the addition of 4% rice husk ash (CCA) has an LQ of 36%, an LP of 30% and an IP of 6%, the natural material plus the addition of 7% CCA has an LQ of 33%, a LP of 23% and an IP of 10%, finally the natural material plus addition of 10% CCA has an LQ of 24%, a LP of 12% and an IP of 12%, also in the test of the Proctor it was obtained that for the CCA additions the optimum moisture content is 12.30% and the maximum dry density is 1.76 gr/cm³ of the natural sample plus the addition of 7% CCA and in CBR the maximum resistance of 32.27% is obtained in the combination of natural material plus the addition of 7%. It is concluded that the incorporation of 7% rice husk ash is optimal for the subgrade soil of the study site to have a good support capacity.

Keywords: Incorporation, Stabilization, rice husk ash, subgrade, bearing capacity.

I. INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Ica, distrito de Pueblo Nuevo, existen vías rurales que no cuenta con las características apropiadas para atender la viabilidad de la zona, además la circulación de vehículos de carga, por el transporte de orden mediano comercial también origina nubes de polvo, afectando la salud de los habitantes, sobre en infantes y personas de edad avanzada, es por ello el interés de dar solución a esta problemática, a través de esta investigación.

Las subrasantes de los caminos vecinales presentan resistencia al corte insuficiente para ser usado en proyectos viales, existiendo una serie de problemas tales como: bacheo, desgaste de la superficie de rodadura, encalaminados, ahuellamientos y hundimientos causados no solo por las precipitaciones pluviales que se presentan en meses de veranos (fenómeno del niño); y también por la circulación de vehículos, sumándole además, que no cuenta con un mantenimiento vial adecuado, ya que preservan los elementos viales con daños y alteraciones presentando condiciones inapropiadas para transitar, además el constante polvo que emite puede producir enfermedades dérmicas y respiratorias.

En las zonas de elaboración de cáscaras de arroz del Perú en el año 2020 se registró una producción de 639 mil 33 toneladas que significa un incremento del 47% a diferencia del año anterior, generalmente en las zonas del norte existen desperdicios de este material a un nivel considerable, dado que en conjunto aportan un aproximado del 60% del total de la cáscara de arroz que se produce en todo el Perú (INEI, 2020).

El cual ha tenido éxito en las urbes del planeta, al ser considerado un material con fines de mejoramiento de la subrasante, como en las zonas de Hílāmāyā – India donde las cáscaras de arroz mejoraron en un 15 % la resistencia al corte de su capa de subrasante (Verma et al., 2020).

Además, el uso de cáscara de arroz de un camino en Nigeria mostro mejoría en estabilizar una subrasante con un 8% de adición de este material y el costo de la construcción se redujo ahorrando \$60,000 dólares del total presupuesto del proyecto (Adeyanju et al., 2020).

Según Lakshmi et al. (2021) se producen en todo el mundo grandes cantidades de desechos industriales como cenizas volantes, escoria, ceniza de cáscara de arroz, etc. Si estos pudieran utilizarse como material de construcción vial, entonces la cantidad de desechos disminuirían, contribuyendo así, en disminuir la contaminación en nuestro medio ambiente, haciendo un lugar más habitable para la sociedad.

La contaminación ambiental ha ido en aumento en zonas rurales y ciudades a nivel mundial, existiendo 4.2 millones de fallecimientos por estar expuestos a partículas de 2.5 micrones o de diámetros inferiores, puesto que esto causa enfermedades cardiovasculares, dérmicas, cáncer y respiratorias (OMS, 2021).

En nuestro país, se presentan diferentes tipologías de suelos, estables y no estables, dentro de estos últimos, no sería conveniente realizar alguna construcción; si nos encontramos, con estos casos, sería necesario incorporarle un tratamiento que mejore sus características mecánicas buscando incrementar su estabilidad.

Según el MTC (2018) indica que para lograr estabilizar un suelo se debe mejorar sus propiedades mecánicas, incorporando un aditivo, dado que esto permitirá mejorar la resistencia del suelo, logrando aumentar la carga de capacidad vial y su permanencia en el tiempo.

Sin embargo, las frecuentes precipitaciones pluviales, la circulación constante de vehículos livianos y pesados, y el no realizar un mantenimiento preventivo o un mantenimiento correctivo de la vía, son las causas principales que están produciendo su deterioro, trayendo como consecuencia desgaste en la subrasante (ahuellamiento, encalaminados, baches), empozamiento de agua, pérdida del diseño geométrico de la vía, baja resistencia al corte, poca estabilidad volumétrica y baja durabilidad de la subrasante.

Por ello en este estudio se pretende generar soluciones a las problemáticas planteadas que existe a nivel de subrasante en los caminos del Distrito de Pueblo Nuevo - Departamento de Ica que carecen de pavimento, mediante la incorporación de cáscara de arroz para aumentar resistencia al corte, disminuir el costo excesivo de al estabilizar una subrasante y ser amigables con el medio ambiente.

De esta manera, esta investigación propone la siguiente formulación del problema general: ¿De qué manera la incorporación de ceniza de cáscara de arroz mejora la estabilización del material de la subrasante, en Pueblo Nuevo, Ica 2022? y como problemas específicos: i) ¿De qué manera la incorporación de ceniza de cáscara de arroz mejora el óptimo contenido de humedad de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022?, ii) ¿De qué manera la incorporación de ceniza de cáscara de arroz mejora la resistencia al esfuerzo cortante en la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022?, iii) ¿De qué manera la incorporación de ceniza de cáscara de arroz mejora la máxima densidad seca de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022?

Está presente investigación se justifica, desde el enfoque de estudio, radica en la necesidad de poder brindar una alternativa de solución en la zona de Pueblo Nuevo Ica para la construcción de la subrasante en sus calles, mediante una subrasante estabilizada utilizando ceniza de cáscara de arroz, lo cual mejoraría las características del suelo y permitiría mejorar su resistencia al esfuerzo cortante.

Para dar contestación a las preguntas trazadas anteriormente, es necesario plantear el siguiente objetivo general: Mejorar la estabilización del material de la subrasante, utilizando la incorporación de ceniza de cáscara de arroz, en Pueblo Nuevo, Ica 2022; y como objetivos específicos: i) Determinar la cantidad de ceniza de cáscara de arroz, en el mejoramiento para el óptimo contenido de humedad del material de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022, ii) Determinar la cantidad de ceniza de cáscara de arroz, en el mejoramiento de la resistencia al esfuerzo cortante de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022, iii) Determinar la cantidad de ceniza de cáscara de arroz, en el mejoramiento de la máxima densidad seca de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022.

Finalmente, se plantea como hipótesis general: La incorporación de ceniza de cáscara de arroz, mejora la estabilización del material de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022 y como hipótesis específicas: i) La incorporación de la ceniza de cáscara de arroz, mejora el óptimo contenido de humedad del material de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022. ii) La incorporación de la ceniza de cáscara de arroz, mejora la resistencia al esfuerzo cortante de la subrasante, Pueblo

Nuevo, Ica 2022. lii) La incorporación de la ceniza de cáscara de arroz, mejora la máxima densidad seca de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022.

II. MARCO TEÓRICO

A nivel internacional destaca Azwan (2020) en su investigación *Evaluation of the use of tiles waste in stabilization of subgrade layer with rice husk ash as an activator*, tuvo como principal objetivo determinar el óptimo porcentaje de contenido de TW (residuos de baldosas) con 10% de RHA (cenizas de cascarilla de arroz) como agente activador en la estabilización de suelo problemático con baja capacidad de carga en el área de Batu Kawan, Pulau Pinang. La metodología empleada fue de tipo experimental en la que se empleó un constante RHA de 10 % y diferentes proporciones de TW para posteriormente aplicar el curado de las muestras durante 0, 7 y 14 días antes de ser sometidas a la prueba de compresión no confinada (UCT). Los resultados indican que el suelo se estabilizó con cinco proporciones de TW (15%, 20%, 25%, 30% y 35%) y RHA constante del 10% como agente estabilizador. Se encontró que el porcentaje óptimo de TW se agrega al 30% con RHA del 10% en el suelo. El valor más alto de la prueba UCT se encontró que la muestra particular era 250,6 kN/m². La conclusión es que el aditivo empleado podría aumentar eficazmente la resistencia de la subrasante.

Asimismo, Lakshmi (2021) en su investigación *Strength enhancement of Clayey Sand subgrade using lime and rice husk ash*, estableció como objetivo del proyecto el utilizar RHA (cenizas de cascarilla de arroz) junto con cal viva como una mezcla con suelo de subrasante de arena arcillosa para determinar el efecto de la cal viva y RHA en sus características de resistencia después de un período de curado de 3 días. La metodología se realizó de forma experimental donde se añadió cal a la arena arcillosa para facilitar la correcta unión entre RHA y el suelo. Los resultados indicaron que un 4% de cal con un 20% de RHA era el porcentaje óptimo de aditivo para la arena arcillosa para la cual la resistencia máxima a la compresión no confinada (UCS) y la resistencia de CBR se alcanzó después de 3 días de curado. Se concluye que es óptimo el uso de estos aditivos para mejorar la subrasante.

Por su parte Adeyanju (2020) en su investigación *Subgrade Stabilization using Rice Husk Ash-based Geopolymer (GRHA) and Cement Kiln Dust (CKD)*, tuvo como objetivo explorar la inclusión de dos desechos ceniza de cáscara de arroz

(RHA) y polvo de horno de cemento (CKD)) para aumentar la resistencia mecánica de la subrasante de un tramo de carretera averiado en Nigeria. La metodología empleada es experimental donde se estabilizará el suelo aplicando geopolímero basado en CKD y CKD + RHA. Las proporciones de estabilizadores aplicadas fueron del 7.5% al 15% para la estabilización de la ERC. Se determinó los costos de elaboración de cada subrasante. Los resultados muestran que las subrasantes mejoraron significativamente con estos estabilizadores; el proceso de estabilizar con CKD al 10% y geopolímero 3 (8% RHA y 10% CKD) fueron las más óptimas. Las conclusiones indican que la inclusión de ceniza de cáscara de arroz ayuda a estabilizar los suelos.

Por otro lado, Chicaiza y Oña (2018) en su investigación Estabilización de arcillas expansivas de la Provincia de Manabi con Puzolana extraída de ceniza de cascarilla de arroz, tuvo como finalidad implementar cascarilla de arroz para estabilizar arcillas expansivas con puzolana. La metodología empleada es de tipo experimental, donde se tomó muestras de suelo tanto alteradas como inalteradas de las zonas de estudio, ensayos pertinentes de acuerdo a la ASTM y utilizando porcentajes en peso de puzolana (10, 20, 30%) para la dosificación de la mezcla. Se concluye que con esta nueva alternativa en base a ceniza de cascarilla de arroz estabiliza los suelos que poseen características que se estudian en esta investigación.

Por último, Ramos y Illidge (2017), en su investigación Análisis de la modificación de un suelo altamente plástico con cascarilla de arroz y ceniza volante para subrasante de un pavimento, tuvo como finalidad el implementar cascarilla de arroz y ceniza volante para modificar un suelo que tiene alta plasticidad. La metodología fue de tipo experimental donde se determinó la variación volumétrica de arcillas altamente plásticas según ASHTO y la aplicación de ensayos basados en Invías 2013. Los resultados indicaron que el índice de plasticidad pudo ser disminuido de 102.9% a 21.49% en el suelo con inclusión de 6% de cascarilla de arroz y 3 % de ceniza volante. El $f'c$ para suelo con cascarilla de arroz subió de 51 Kpa a 68 Kpa. Se concluyó que los las mezclas realizadas son óptimas para su uso como estabilizante de subrasantes en porcentajes de 6% y 30% de cascarilla de arroz y ceniza volante respectivamente, existiendo mejoras en todas sus propiedades.

A nivel nacional destaca Flores (2020) en su investigación Estabilización de subrasante utilizando puzolánico de cascarilla de arroz y cal para mejorar la capacidad portante, San Martín-2020, tuvo como objetivo realizar un diseño de mezcla que funcione para la estabilización de la subrasante adicionando cascarilla de arroz y cal. La metodología empleada es de tipo experimental donde se realizó a través de tres evaluaciones que parten de diseños de la adición con el 5%, 10% y 15%. Los resultados de las características físico mecánicas son la mezcla 01, tiene un L.L. de 38.8%, L.P. 20.70%, índice plástico 18.10%, tamizaje N.º 4, el 82.10% pasa por el tamiz N.º200, una arcilla con plasticidades inferiores, clasificación AASHTO A-7-6(11), y una humedad de 16.04%; la mezcla 02 posee limite liquido de 36.70%, limite plástico 20.20%, índice plástico 16.50%, tamizaje N.º 4, el 74.20% pasa por el tamiz N.º200, una arcilla con baja plasticidad, clasificación AASHTO A-6(10), y una humedad de 14.45%; la mezcla 03 posee limite liquido de 34.60%, limite plástico 19.90%, índice plástico 14.70%, tamizaje N.º 4, el 58.60% pasa por el tamiz N.º200, una arcilla con baja plasticidad, clasificación AASHTO A-6(6), y una humedad de 13.73%. La conclusión indica un diseño indicado para poder alcanzar características físico mecánicas cumpliendo con los parámetros de estabilización de la Subrasante.

Asimismo, Vizcarra y Lujan (2021) en su investigación Análisis experimental de las características mecánicas de la subrasante arcillosa del camino vecinal N.º SM-707 Tarapoto -San Francisco de Río Mayo estabilizada con 3% de cal tras la adición de cenizas de cáscara de arroz (CCA), tuvo como objetivo determinar el cambio mecánico en el suelo arcilloso estabilizado con el 3% de cal, tras la adición de CCA. La metodología empleada es de tipo experimental, donde la dosificación empleada para el estudio es sobre dos muestras, la primera de 4% de cal y 10% de CCA y la segunda de 6% de cal y 20% de CCA. Los resultados muestran que el diseño de la mezcla 1 obtuvo un color gris oscuro, profundidad de 2.0m, contenido de humedad 7, L.L. 39%, L.P. 17%, I.P de 22% clasificación SC, clasificación AASHTO A-6(4). En la mezcla 2 obtuvo un color pardo muy oscuro, profundidad 2.5m, humedad 5%, tamiz de 80 m, 50.9%, limite liquido 40%, limite plástico 16%, índice de plasticidad 24%, clasificación SUCS es CL y clasificación AASHTO es A.6(5). Se concluye que la ceniza aporta beneficios a los suelos en ciertos porcentajes, siendo que aumentarlo no es recomendable.

Por su parte Huaracaya (2020), en su investigación Estabilización de una subrasante arcillosa de baja plasticidad con cenizas de cáscara de arroz, elaborada en Lima, tuvo por objetivo valorar la subrasante de arcilla teniendo una adición de cenizas de cáscara de arroz en cual será utilizado en una vía de poca transitabilidad de tipo rural. El estudio se realizó con un enfoque cuantitativo y experimental, tomando en cuenta diseños de mezclas con porcentajes de 10%, 20%, 30% y 40% con adición de CCA. Los resultados del estudio de laboratorio de resistencia a la compresión son de 8.20 kg/cm² para el 10%, al 20% de 8.77 kg/cm², de 30% arroja 6.26kg/cm² y para el 40% de adición una resistencia de 4.60 kg/cm². El estudio concluye que, de las muestras analizadas, las del 15% son óptimas para la estabilización de suelo y que el 10% también podría utilizarse.

Por otro lado Gálvez y Santoyo (2019), en su investigación Estabilización de suelos cohesivos a nivel de subrasante con ceniza de cáscara de arroz, carretera Yanuyaco bajo – Señor Cautivo, tuvo por objetivo establecer como influye la adición de la cáscara de arroz a nivel subrasante como estabilizante en la carretera Yanuyaco, La metodología empleada es un diseño de investigación de tipo experimental, para el cual se desarrolló un trabajo de campo para la selección de los agregados y el trabajo en el laboratorio, para el cual se han diseñado mezclas con el 15%, 10% y 3%. Los resultados muestran para una incorporación de 3%, un L.L. de 43%, L.P. de 30.33%, plasticidad 12.67%, resistencia a la compresión 6.68%; para la mezcla con el 10% cuenta con un límite líquido de 44.73%, límite plástico de 25.33%, plasticidad de 11% y una resistencia de 10.93%; la mezcla del 15% con adición de ceniza tiene una resistencia de 13.77%. La investigación concluye que la mezcla con el 15% tiene un aumento considerable a la resistencia, pero el del 3% es el más óptimo, siendo el que tiene mayor trabajabilidad, además es económico y sustentable.

Por último, Cajaleon y Mondragón (2018), en su investigación tuvo por objetivo establecer el uso de cáscara de arroz para lograr estabilizar los suelos arcillosos en el lugar de estudio, empleándose una metodología experimental y las pruebas a realizar serán calicatas en el Km+17 Pimpingos, posteriormente una adición del 15% de cáscara de arroz. Los resultados de granulometría indican que el 98.2% del material pasa la malla 200, posee 1.8% de humedad, plasticidad de

13% y 10.3% de CBR. Se concluye que con el porcentaje de adición utilizado para la prueba se demuestra que es un suelo regular para la subrasante, pero que a su vez no absorbe por completo la humedad.

En la esta investigación se encuentra diversas teorías relacionadas al tema:

Peng et al. (2020) considera que la subrasante proporciona el soporte fundamental para la estructura del pavimento y elimina las tensiones causadas por las cargas del tráfico. Comprender el comportamiento constitutivo de los suelos de subrasante es crucial para la predicción precisa del rendimiento de del pavimento. En el diseño de pavimento convencional, supone que la subrasante debe ser elástico lineal. Sin embargo, varios estudios recientes han revelado que el suelo de la subrasante exhibe un comportamiento no lineal, lo que significa que el módulo del suelo de la subrasante depende de la tensión y la humedad.

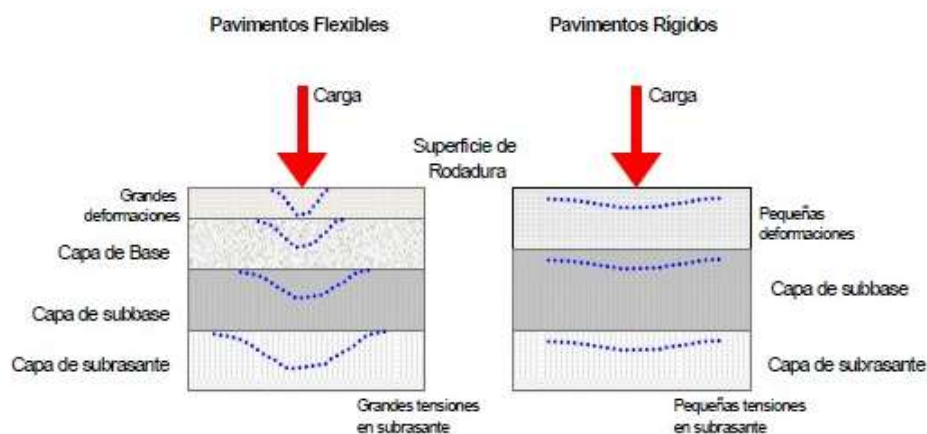


Figura 1. Esquema de pavimento flexible y rígido

Fuente: Peng et al. (2020)

Estabilizar los suelos, brinda un crecimiento de la resistencia al corte del suelo para determinados requisitos de un proyecto, además de cumplir con esos requisitos en condiciones ambientales y de tráfico específicas. Es vital estabilizar el suelo para superar los problemas adversos. Varias propiedades de ingeniería de los suelos se modifican de manera beneficiosa mediante la adición de materiales cementosos como cal, fibras de bonote discretas y cenizas volantes. El alto contenido de arcilla puede poseer propiedades de hinchamiento por contracción provocadas por cambios en contenido de humedad. Conquistar este aspecto negativo de la estabilización es convertir el suelo a una masa rígida

uniendo las partículas del suelo suficientemente fuertes para resistirla presión de hinchamiento interna de la arcilla (Kumar y Kumar, 2019).

Según Moayedi et al. (2019) considera a los residuos agrícolas o cualquier otro subproducto como aquellos que se puede utilizar y posee bajo contenido de inorgánicos y alto contenido de carbono, siendo precursor para la producción de cenizas de biomasa. Muchos desechos agrícolas tales como huesos de aceituna, bagazo, paja, tallos de algodón, semillas de uva, almendra, nuez, cáscaras de avellana, nuez y girasol, maíz, cáscaras de avena y arroz y muchos más, se utilizan para producir materiales útiles. Además, cada residuo agrícola tiene su propia composición y de acuerdo con eso, muchas aplicaciones.



Figura 2. Cáscara de arroz

Fuente: Elaboración propia

La cáscara de arroz es la que cubre la semilla de arroz, esta proporciona nutrientes y acumulaciones de metabolitos durante el desarrollo del grano y protege las semillas de daños físicos y ataques de patógenos, insectos y plagas. La cáscara de arroz comprende dos estructuras principales, modificadas, similares a hojas llamadas lema y pálea, que recubren completamente la cariósida. Las capas estructuradas de la cáscara de arroz están divididas en cuatro categorías, (1) la epidermis exterior rugosa con superficiepelos de la cara, donde la sílice está muy concentrada; (2) esclerénquima; (3) células de parénquima esponjoso; y (4) epidermis interna, cuya superficie es relativamente lisa y sin pelo (Zou y Yang, 2019). Tanto la cáscara de arroz como su ceniza son fácilmente accesibles en países productores de arroz como China, India, Brasil, EE. UU. y el sur este asiático (Hossain, et al.2018).

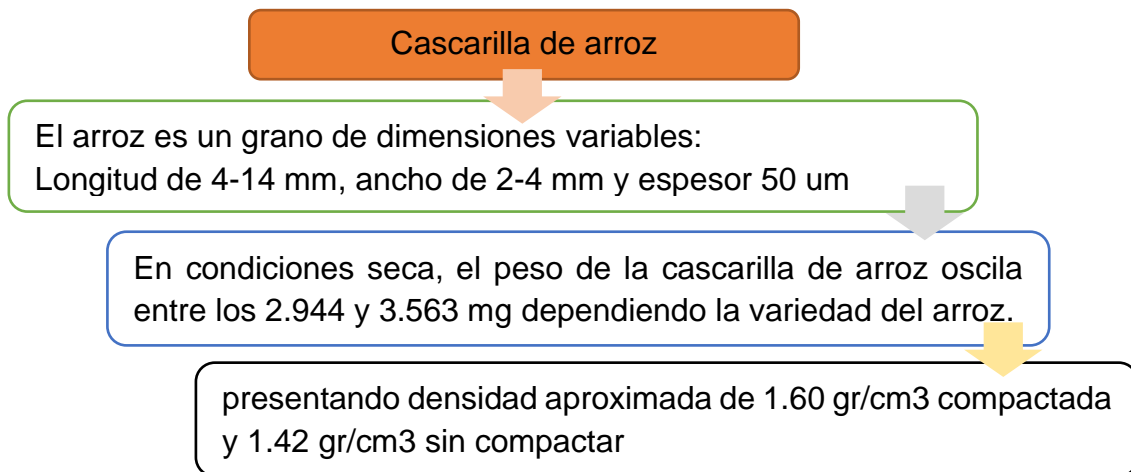


Figura 3. *Propiedades de la cascarilla de arroz*

Fuente: Elaboración propia

Ceniza de cáscara de arroz (CCA) es un término general que describe todos los tipos de cenizas producidas por la combustión de cáscara de arroz. Cuando la cáscara de arroz se incinera, produce entre el 17% y el 20% CCA, que es un material liviano, voluminoso y altamente poroso con una densidad de alrededor 180-200 kg/m^3 . Hay dos tipos de CCA, es decir, ceniza blanca de cáscara de arroz y ceniza negra de cáscara de arroz, dependiendo de si la combustión es completa o incompleta. La combustión controlada puede conducir a la producción de ceniza de cáscara de arroz blanca que contiene sílice casi pura (> 95%) en una forma amorfa hidratada forma con alta porosidad y reactividad. El controlado pirólisis de cáscara de arroz en nitrógeno o atmósfera inerte da como resultado la producción de BRHA que contiene diferentes cantidades de carbono y sílice (Zou y Yang, 2019).



Figura 4. *Ceniza de cáscara de arroz*

Fuente: Elaboración propia

Según Hossain, Mathur y Lakshya (2018) sostienen que la CCA contiene una gran cantidad (85–95%) de sílice amorfa. Durante las últimas dos décadas, la CCA se ha utilizado ampliamente en numerosos campos para la fabricación de diferentes silicatos, zeolitas, catalizadores, nanocompuestos, cemento, materiales de construcción livianos, aislantes y absorbentes. RHA es un término general que describe todos los tipos de cenizas producidas por la combustión de RH.

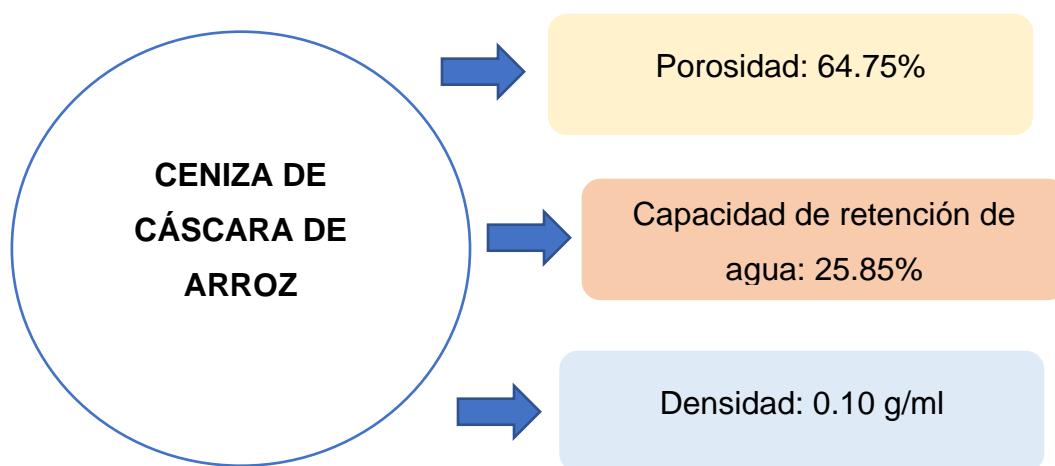


Figura 5. *Propiedades de ceniza de cáscara de arroz*

Fuente: Elaboración propia

Zou y Yang (2019) considera que las características de la CCA como el color, la actividad, el contenido de impurezas y el SiO₂ está influenciado por varios factores, como los parámetros de incineración, velocidad de calentamiento, equipo de combustión, pretratamiento (lixiviación ácida o no), ubicación geográfica y origen, variedad de cultivo, y fertilizante utilizado.

La composición de la ceniza de cáscara de arroz consta de SiO₂, C, K₂O, P₂O₅, CaO y cantidades menores de Mg, Fe, y Na. Aunque la composición de la cáscara de arroz puede depender de varios factores, el porcentaje de sílice (SiO₂) en las cenizas oscila entre el 80% y el 99%. Todo los demás componentes de ceniza de cáscara de arroz, excepto potasio y calcio, son <1%. La sílice es el elemento más abundante en la ceniza de cáscara de arroz, y ninguna otra planta excepto la cáscara de arroz es capaz de retener una proporción tan grande de sílice. Los oligoelementos que se encuentran comúnmente en la CCA son Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn, y las diferencias en la composición pueden deberse a

factores geográficos, métodos de recolección, preparación de muestras y análisis. Los niveles de impurezas como K_2O y Na_2O estaban relacionados al al suelo y el empleo de fertilizante utilizado durante el proceso del crecimiento del arroz (Zou y Yang, 2019).

Tabla 1. Composición de la ceniza de cáscara de arroz

Referencias	(Faé et al., 2016)	(Thien et al., 2016)	(Álvarez et al., 2014)
SiO_2	92.81	86	87.4
Na_2O	2.658	0.05	0.04
Al_2O_3	-	5.12	0.4
P_2O_5	1.071	0.48	-
K_2O	1.021	1.82	3.39
CaO	0.417	1.26	0.9
Fe_2O_3	0.312	1.12	0.3
MgO	0.212	0.48	0.6
SO_3	0.132	2.79	3.39
TiO_2	0.112	0.17	-
Otros	1.255	0.71	3.28

Fuente: Elaboración propia

El suelo es un componente de construcción antiguo, sin embargo, también es el material más complejo de la ingeniería siendo que su estudio, comprensión, análisis y diseño requiere de varias etapas de estudios de características físicas y mecánicas, lo cual es necesario en la construcción y rehabilitación de carreteras (Gutiérrez, 2021).

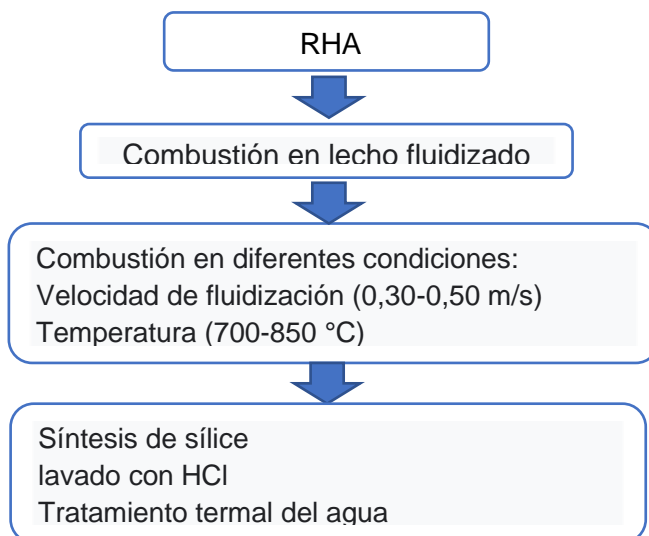


Figura 6. Proceso de obtención de RHA

Fuente: Elaboración propia

Según Macías et al. (2018), el suelo está expuesto al medio, por lo cual está compuesto por materia orgánica, minerales en sus diferentes formas, entre otros elementos producidos a raíz de la meteorización.

Para la obtención de una subrasante que cumpla funcionalmente se debe realizar un estudio de suelos teniendo en cuenta la aplicación de la normatividad presente. Para asegurar el comportamiento adecuado del pavimento, es necesario conocer las propiedades pues es base de la estructura y la que recibirá todas las cargas de la estructura (Gutiérrez, 2021).

La meteorización es un fenómeno recurrente en los suelos y debe ser un estudio prioritario para los ingenieros civiles. Las rocas necesarias para la construcción están sujetas a los procesos de meteorización y durabilidad, por lo que es importante estudiarlas primero. A partir de ahí es posible saber qué tipo de piedra es adecuada para el trabajo. Todos los tipos de cargas de construcción están presentes, por lo que es necesario conocer las propiedades del subsuelo, ya que la tierra es la encargada de soportar estas cargas ya es la base de la construcción de la estructura (Macías et al., 2018).

Según Macías et al. (2018) los suelos se clasifican por su origen como residuales, los cuales comprenden las rocas y permanecen en las superficies; los transportados, los cuales se producen a causa de una movilización ocasionada por las aguas y viento; las turbas, suelos que se obtienen a base de descomposición de material orgánico; y por último los suelos orgánicos, los cuales están compuestos por turba y suelo inorgánico.

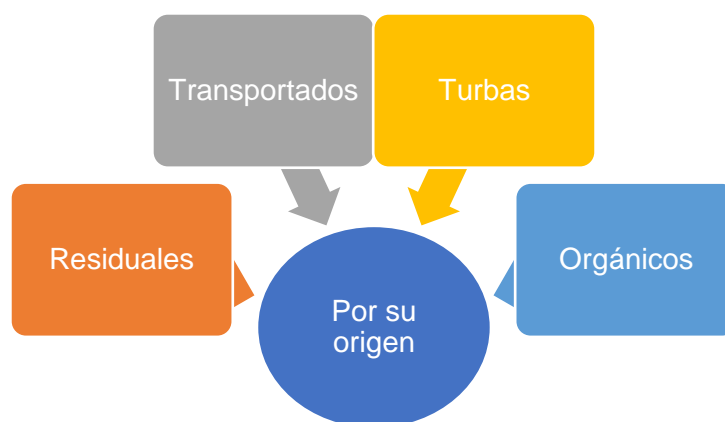


Figura 7. Clasificación de suelos según su origen

Fuente: Elaboración propia

Los suelos según su granulometría se clasifican en arcillas, arenas, gravas y Limos. Las arcillas comprenden los materiales constituidos por silicato de aluminio hidratados y tienen un comportamiento inestable, por lo que presenta propiedades de plasticidad, cambio de volumen y comprensibilidad. Las arenas se conforman por materiales muy finos con rocas y minerales, por lo cual, con la aplicación de ensayo de granulometría, corresponden a los que pasan la malla de 5mm y son retenidos en la malla de 2mm. Las gravas comprenden materiales que se establecen entre las mallas 2 y 64 mm. Los limos son polvo de roca y de origen inorgánico, con características de plasticidad hasta un 50% de estado líquido (Moreno, 2019).

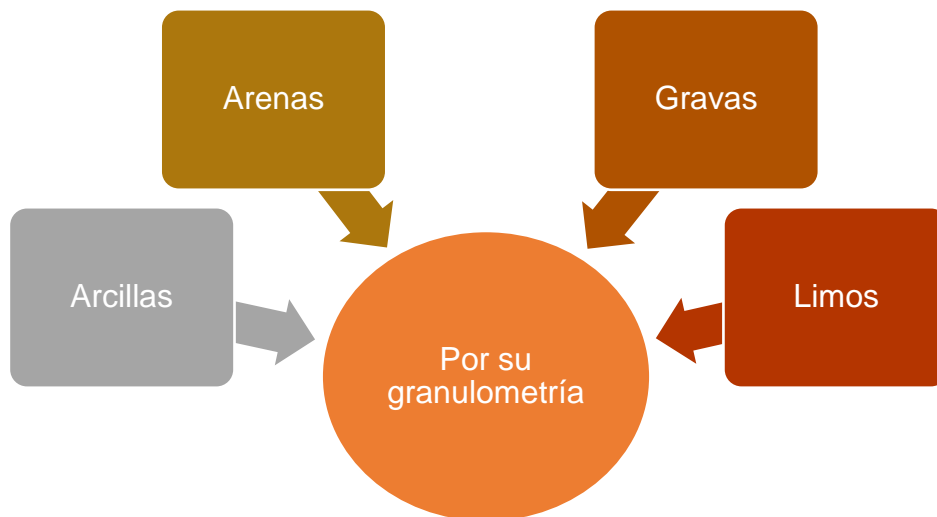


Figura 8. *Clasificación de los suelos por su granulometría*

Fuente: Elaboración propia

La granulometría es la medida que tienen los agregados, el proceso se da a través del tamizado cumpliendo con lo detallado por el MTC EM 107. Los análisis granulométricos sirven para determinar la cantidad de los elementos que conforman el suelo, clasificándolo según su tamaño (MTC, 2013).

Tabla 2. Clasificación de suelos según el MTC

Tipo de Material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm - 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm - 2.00 mm
		Arena media: 2.00 mm - 0.425 mm
		Arena fina: 0.425 mm - 0.075 mm
Material fino	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: MTC (2013)

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013) clasifica los suelos de acuerdo al índice de plasticidad, estableciendo los límites de Atterberg y se establecen de la siguiente manera:

Tabla 3. Índice de plasticidad

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

Fuente: MTC (2013)

El semejante de arena es la cantidad disponible de polvo fino o material arcillo que se encuentre en los suelos y agregados finos. Es un ensayo muy similar al ensayo de Atterberg, pero con menor precisión. Los valores de EA es un indicador del I.P. del suelo (MTC, 2013).

Tabla 4. Equivalente de arena

Equivalente de Arena	Característica
sí $EA > 40$	el suelo no es plástico, es arena
sí $40 > EA > 20$	el suelo es poco plástico y no heladizo
sí $Ea < 20$	el suelo es plástico y arcilloso

Fuente: MTC (2013)

La firmeza de los suelos está relacionada con la humedad y la densidad, por ello se realiza estudios de suelos que abarque la aplicación del CBR (MTC, 2013).

Posteriormente se realiza la clasificación de los suelos con el sistema AASHTO Y SUCS (MTC, 2013).

Tabla 5. Clasificación de la subrasante

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

Fuente: MTC (2013)

Como parte de nutrir el marco conceptual se presenta la definición de términos:

- Subrasante: Se le denomina al terreno que se encuentra en la parte superior del terreno natural (ICG, 2019).
- Estabilización de suelos: Proceso por el que optimizan las características de los suelos en corte, con el fin de hacerlos estables (ICG, 2019).
- Pavimento: Se le denomina a la composición de capas apoyadas en la superficie del terreno (ICG, 2019).
- Pavimento flexible: Esta compuesto por una a mas capas de mezclas asfálticas (ICG, 2019).
- Contenido de humedad: Porcentaje de agua en el suelo (Varon, 2005).
- Granulometría: Tamaño y distribución de las partículas de diferentes tamaño de los agregados. (MTC, 2013).
- Suelo: Parte de la corteza terrestre compuesta por materia orgánica, minerales en sus diferentes formas, entre otros elementos producidos a raíz de la meteorización (Macías et al., 2018).
- Compactación: Permite llegar a la consistencia del volumen (SENCICO, 2018).
- Estabilización mecánica de suelos: Es la que mejora el material del suelo existente, sin cambiar la estructura y composición básica del mismo (SENCICO, 2018).
- Estabilización por combinación de suelos: Determina la composición de materiales del suelo para darle mejores características de soporte (SENCICO, 2018).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y Diseño de Investigación

Tipo de la investigación

Estudio realizado de tipo aplicada, según Hernández, Fernández y Baptista (2017) consideran que este tipo de investigación, su objetivo es brindar la óptima alternativa para con métodos prácticos contrastar una problemática. Esta investigación se considera de este tipo ya que implementará la ceniza de cáscara de arroz para lograr estabilizar la subrasante.

Enfoque de la investigación

Esta investigación se desarrollará bajo un enfoque cuantitativo, pues según Hernández et al. (2017), una investigación cuantitativa aplica la medición numérica para generar conocimiento de forma deductiva. Además, mantiene este enfoque porque evaluará la manera de estabilizar la subrasante al aplicar ceniza de cáscara de arroz, dándose los resultados bajo expresiones numéricas.

Diseño de la investigación

Investigación realizada con diseño experimental. Este consiste en la manipulación de las variables para poder evaluar el comportamiento (Nieto, 2017). Siendo que en esta investigación se manipulará la incorporación de C.C.A. para estabilizar la subrasante.

Nivel de la investigación

Una investigación explicativa es aquella que se encarga de analizar no sólo la descripción de conceptos sino también sus causales (Nieto, 2017). El nivel de la investigación será explicativo pues esta investigación realizará la incorporación de la C.C.A. y evaluará cómo y por qué influye en la estabilización de la subrasante.

3.2 Variables y operacionalización

Variable dependiente: Subrasante.

Variable independiente: Ceniza de cáscara de arroz.

3.3 Población, muestra y muestreo

Población: Según Hernández et al. (2017) es aquel conjunto general que agrupa elementos que poseen un origen, propiedad o característica similar y que serán la finalidad de estudio. La población para esta investigación será 3 tramos de vías en Pueblo Nuevo, los cuales se detallan de la siguiente manera:

TRAMO IC-686: El punto de inicio del trazado del eje, se inicia en el Km. 0+000 desde la av. Pongo de los Uchuya con coordenadas N8439077.00 y E425693.00, terminando en el Km 0+776 en la Calle C del CC. PP Pongo Chico con coordenadas N8438976.00 y E424998.00.

TRAMO IC-687: El punto de inicio del trazado del eje, se inicia en el Km. 0+000 desde la Calle B del CC. PP Pongo Chico con coordenadas N8438559.00 y E425548.00, terminando en el Km 1+562 en la Av. Principal colindante con el CC. PP Pongo de los Uchuya con coordenadas N8439999.00 y E426012.00.

TRAMO IC-688: El punto de inicio del trazado del eje, se inicia en el Km. 0+000 desde la prolongación con coordenadas N8438169.00 y E423984.00, terminando en el Km 1+730 en la Calle B del CC. PP Pongo Grande con coordenadas N8438422.00 y E425517.00.

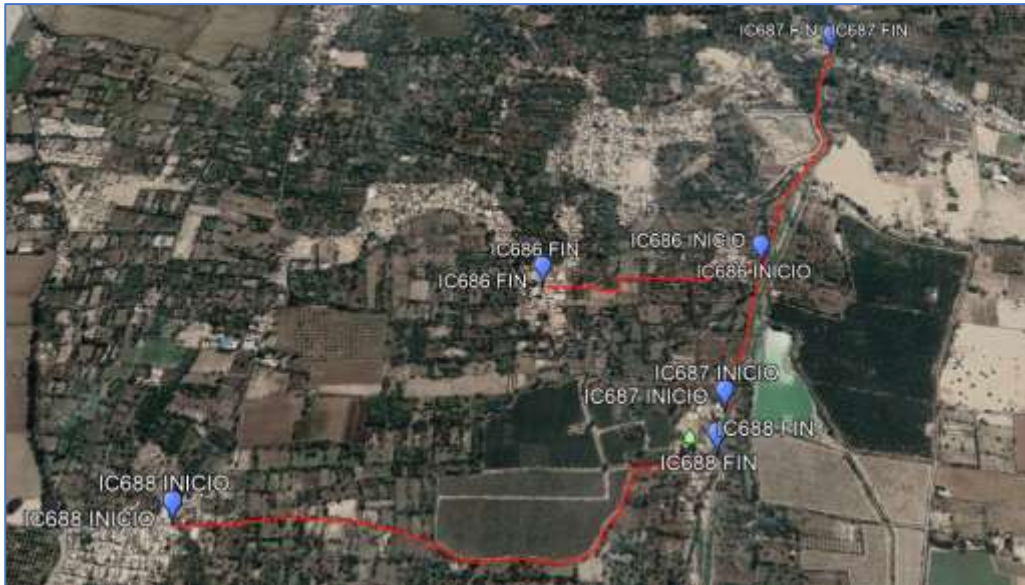


Figura 9. Población de estudio

Fuente: Google Maps

Muestra: Será la ciudad de Pueblo Nuevo, siendo el lugar exacto de donde se obtendrá los recursos que se emplearán. Según Hernández et al. (2017) es la porción representativa de la población, la cual posee las características más resaltantes de ella.

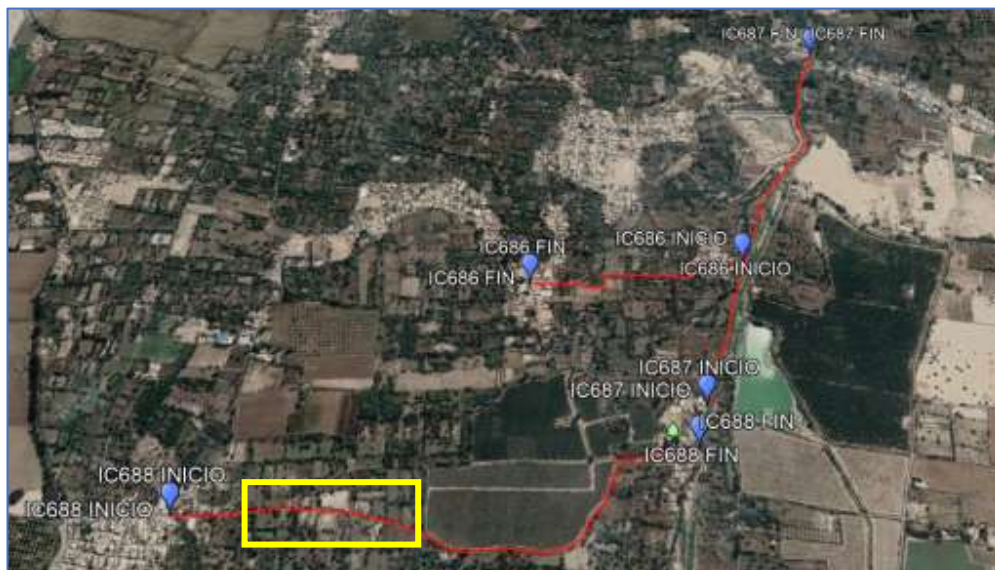


Figura 10. Muestra de estudio

Fuente: Google Maps

Muestreo: El muestreo que se empleará en esta investigación es de tipo no probabilístico, según Hernández et al. (2017) una investigación es no

probabilística cuando la muestra se escoge de acuerdo al criterio del investigador.

Unidad de análisis: Según Hernández et al. (2017) viene a ser la entidad primordial dado que es el que está analizando en una investigación. La unidad de análisis es el tramo IC-688.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- **Técnicas de recolección de datos**

Variable independiente: Ceniza de cáscara de arroz

Investigación bibliográfica: Comprende la indagación en toda la bibliografía actual sobre los conceptos, teorías relacionadas y antecedentes de la investigación.

Ensayo de laboratorio: Comprende el proceso para obtener las características de la C.C.A. y plasmarlos en fichas técnicas.

Variable dependiente: Subrasante

Investigación bibliográfica: Comprende la indagación de los reglamentos que rigen las propiedades y características mínimas que debe poseer la subrasante.

Ensayo de laboratorio: Comprende todos los procesos mínimos reglamentados para poder evaluar la subrasante.

- **Instrumentos de recolección de datos**

Variable independiente: Ceniza de cáscara de arroz

Reglamento: Comprende el Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (MTC) que detalla todos los requisitos que se necesita para tener una subrasante óptima. Además, se incluye también el Manual de Ensayos del MTC, donde se detalla los procedimientos correctos.

Ficha técnica: Instrumento que nos brindará el respectivo laboratorio donde se plasmará todas las propiedades a evaluar de la subrasante para poder asegurar su cumplimiento con la normativa.

Tabla 6. Técnicas y recolección de datos

VARIABLE	TÉCNICA	INSTRUMENTOS
INDEPENDIENTE: CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ	Investigación bibliográfica	Artículos científicos y libros
	Ensayo de laboratorio	Ficha técnica
DEPENDIENTE: SUBRASANTE	Investigación bibliográfica	Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos (MTC). Manual de ensayos (MTC)
	Ensayo de laboratorio	Ficha técnica

Fuente: Elaboración propia

3.5 Procedimientos

El procedimiento secuencial será definido de la siguiente manera:

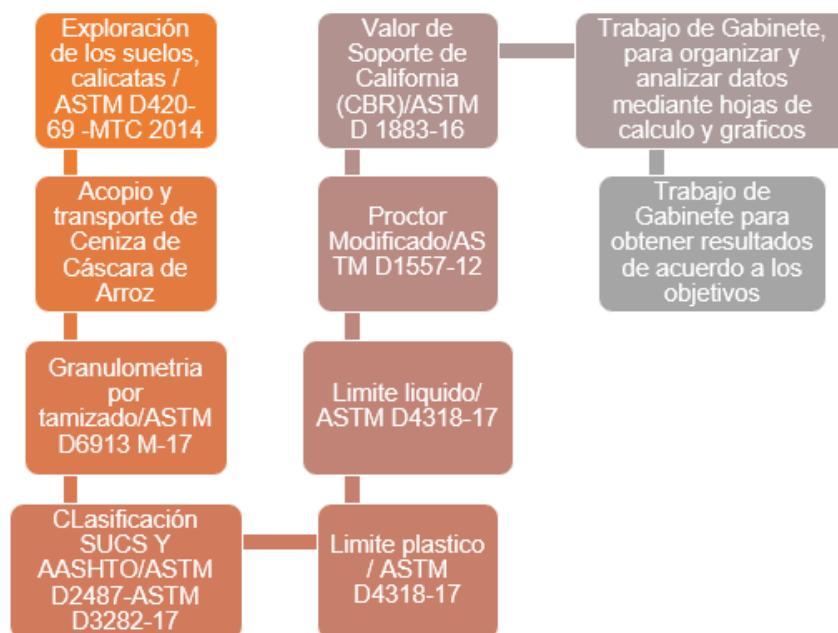


Figura 11. Procedimiento de la investigación

Fuente: Elaboración propia

3.6 Método de análisis de datos

En analizar datos, el método usado se considera “explicativo” puesto que se evaluará en desiguales porcentajes la adición de C.C.A, evaluando sus propiedades y características para saber cómo influyen en la estabilización

de la subrasante. De ello también se evaluará el contenido de humedad, el porcentaje de absorción y su resistencia. Los resultados se darán con ayuda de la normativa aplicable para este tipo de laboratorio y el procesamiento de datos con ayuda del software Microsoft Excel.

3.7 Aspectos éticos

El aspecto ético es base fundamental para un investigador, siendo nuestro caso como investigadores y encargados de desarrollar el proyecto, seremos respetuosos y cumpliremos con toda la normativa peruana, además de los procesos establecidos para los ensayos regidos por el Manual de Ensayos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Además, esta investigación se realizará bajo las normas APA, con la colocación de las citas y referencias de autores de la información empleada, utilizando también el software Turnitin para comprobar la autoría de lo plasmado. Esta investigación se basará bajo el cumplimiento estricto del Código de Ética de nuestra Universidad César Vallejo dada por resolución de consejo universitario RCUN°0262-2020/UCV del 28 de agosto del 2020 “Código de ética en investigación”, el cual establece que las investigaciones se realicen con rigor científico, responsabilidad y honestidad.

Los principios por los cuales se rigen esta investigación serán los siguientes:

- Autonomía
- Competencia profesional y científica.
- Beneficencia.
- Integridad humana.
- Cuidado de medio ambiente y biodiversidad.
- Libertad.
- No maleficencia.
- Justicia.
- Respeto a la propiedad intelectual.
- Probidad.
- Transparencia
- Precaución.

- Responsabilidad.

Así mismo los investigadores pertenecientes a la carrera de Ingeniería civil se registrarán también bajo el Código de Ética del Colegio de Ingenieros (2018), al establecer lineamientos que debe seguir el ingeniero con responsabilidad en relación con la sociedad.

IV. RESULTADOS

4.1 Materiales Utilizados

4.1.1. Suelo Natural

El suelo natural se obtuvo de una zona dentro del distrito de pueblo nuevo parte de la vía IC-688, en la progresiva 0+382.00, en la zona 18L con coordenadas UTM 424074.1453E, 8438175.4586S, como aprecia en la Figura 7, Figura 8 y Figuras 9

Ubicación Geográfica

Localidad : Pueblo Nuevo

Región : Ica

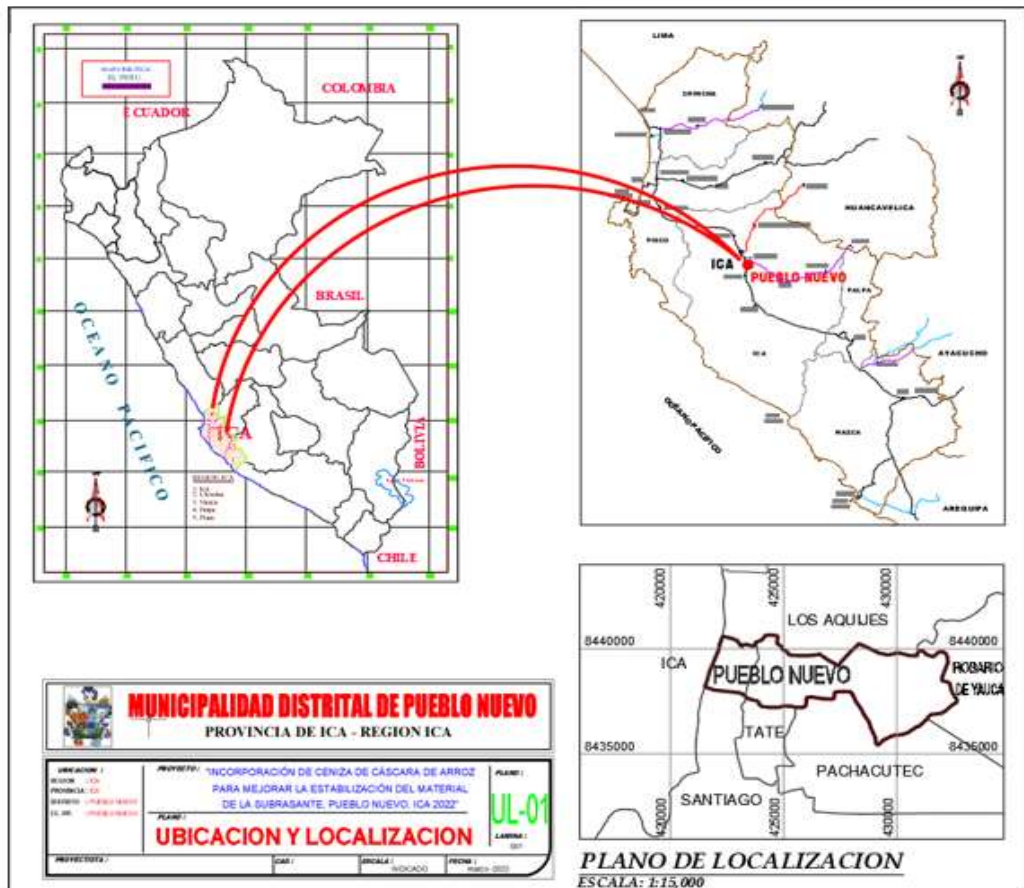


Figura 12. Ubicación del distrito de Pueblo Nuevo

Fuente: Elaboración propia



Figura 13. Ubicación de calicata N° 01

Fuente: Google Earth

Calicata -1

Altitud : 403.00 msnm

Coordenadas UTM Norte : 8438175.4586

Coordenadas UTM Este : 424074.1453

El material extraído fue de una profundidad de 1.50m, de acuerdo a como se muestra en la figura siguiente.



Figura 14. Extracción de material Calicata N° 1

Fuente: Elaboración Propia

Se extrajo aproximadamente 120 kg del material, de manera manual que fueron depositados en sacos a temperatura ambiente, para luego ser transportado todo el material a laboratorio

4.1.2. Ceniza de cáscara de arroz

La C.C.A. utilizados para realizar la presente investigación proviene de la parte norte del país, que se encuentra comercializado en la ciudad de Lima, para ser utilizado el material se pasó por el Tamiz N° 10 con la finalidad de eliminar restos de residuos orgánicos que son propios del material.

Tabla 7. *Composición química de la cáscara de arroz*

CÁSCARA DE ARROZ	
Componentes	%
Hidrogeno	5.2
Carbono	39.1
Oxigeno	37.2
Nitrógeno	0.6
Cenizas	17.8
Azufre	0.7

Fuente: Díaz (2018)



Figura 15. *Ceniza de cáscara de arroz*

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3. Agua

El agua que se ha utilizado para estos ensayos de laboratorio como el Ensayo de Proctor Modificado y el ensayo de CBR.

4.1.4. Mezcla suelo – Cenizas de cáscara de arroz

Con el fin de hallar el porcentaje óptimo para la adición del material de CCA. como agente estabilizador, se preparan mezclas en diferentes proporciones de CCA. Las mezclas utilizadas fueron 4%,7% y 10% de CCA.

Para que este material sea usado como subrasante, se realizan seis procedimientos en la ejecución.

- a) Distribución, la CCA se difunde a lo largo de toda la vía de acuerdo a la dosificación óptima para el lugar.
- b) Mezclado, el agua y el agente estabilizador deben estar mezclados, sin existencia de grumos. Asimismo, se emplea equipos cuando el uso de la motoniveladora no sirve para solucionar el problema.
- c) Compactación inicial.
- d) Nivelación, se realiza la nivelación con una motoniveladora con la finalidad de corregir algún otro desperfecto en la carretera.
- e) Compactación ultima, otra vez se compacta.
- f) Protección superficial se recomienda como protección el sello de arena.

4.2 Ensayos: Métodos y procedimientos

Para hallar las propiedades del suelo ensayado, se ejecutaron los ensayos en un laboratorio llamado HAZ GROUP ubicado en Av. Prolongación Arenales N°1995 ciudad e Ica.

- Ensayo de Límites de Atterberg: NTP 339.129 (ASTM D4318)
- Ensayo de Análisis Granulométrico: NTP 339.128 (ASTM D422)
- Ensayo de California Bearing Ratio (CBR): NTP 339.145 (ASTM D1883)
- Ensayo Proctor Modificado: NTP 339.141 (ASTM D1557)

4.2.1. Granulometría por tamizado

Se ha tamizado 113.75 gr de material natural, 1320 gr material natural+ adición de 4% CCA, 1128.40 gr de material natural +adición

de 7% CCA y 1096.47 gr de material natural+ adición de 10%CCA, teniendo un total de 3658.62 gr.

Se tomo la malla de N°4 como medida del material que pasa, para conseguir como resultado arcilla en el suelo de estudio, además las partículas retenidas en la malla N°200 se lavaron para que el ensayo tenga un resultado exacto y por último se dejaron secar las muestras en el horno por 24 horas, para así tener el peso seco de la pasante.



Figura 16. *Muestra de la calicata C-1*

Fuente: Elaboración propia



Figura 17. *Análisis granulométrico*

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Límites de Atterberg

Los L.P. y L.L son los límites de consistencia que determinan la sensibilidad del suelo en comparación con el contenido de humedad.

La muestra utilizada fue la pasante del tamiz N°40.

Limite liquido

Con el material que paso por el tamiz N°40, se agregó agua para obtener pasta homogénea en plasticidad.

Luego a ellos se usó el dispositivo Casagrande para colocar la muestra, para posteriormente formar una abertura en la muestra, después se gira la manivela y se cuenta cada golpe para lograr que la parte inferior tenga una abertura de distancia de 13 mm.

Asimismo, se separan las muestras empleadas y se dejan en el horno, por último, se pesan las muestras sin agua y se toma nota de los datos.



Figura 18. *Ensayo de Casagrande*

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°18 se observa que el equipo necesario para realizar el ensayo de limite plástico y líquido.



Figura 19. *Ensayo de Límite Líquido con adición de 7% CCA*

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°19 se observa que se agregó una muestra de material natural + adición de 7% de cáscara de arroz en la cuchara de Casagrande.



Figura 20. *Ensayo de Limite Liquido con adición de 7% CCA*

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 20 se observa el giro de la manivela del material natural + adición de 7% de cáscara de arroz en la cuchara de Casagrande.

Limite plástico

Se toma una parte de la muestra y se amasa sobre la base hasta formar un rollito de 3mm de diámetro hasta el momento en que se fracture. Luego las muestras tomadas se llevan al horno por 24 horas, para que luego se pese y se tome nota de los pesos.



Figura 21. *Ensayo de Limite Plástico con adición de 7% CCA*

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°21 se observa a la muestra natural +4% CCA amasándose en la base de esmerilado hasta formar un rollo de 3mm.



Figura 22. *Ensayo de Limite Plástico con adición de 7% CCA*

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°22 se observan muestras de material natural +4% CCA en rollitos de diámetro de 3mm fracturadas.

4.2.3. Ensayo de Proctor Modificado

Se realizó para el material natural, material natural + 4% de CCA, material natural + 7% de CCA y material natural +10% de CCA, la finalidad de poder ejecutar este ensayo es obteniendo primero la densidad seca y el porcentaje de humedad.

Primero se tritura el suelo más o menos que tenga la consistencia adecuada, para que pase por el tamiz N°4 y luego llevarlo al horno por 24 horas.

Después, se adiciona un porcentaje de agua que cambia dependiendo la combinación del material natural o con incorporaciones de cenizas de cascara de arroz, para luego homogenizar cada muestra y dividirlo en cinco partes iguales.

Cada parte dividida se ubica colocando en un cilíndrico de 15.2 cm², y 11.7 cm de altura, en el cual se le aplica 25 golpes por cada una de las 5 capas.



Figura 23. *Peso del molde del ensayo de Proctor modificado*

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°23 se observa que se estuvo pesando el molde



Figura 24. *Primera capa puesta en el molde de ensayo de Proctor*

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°24 se observa que se está colocando la primera capa en el molde.



Figura 25. *25 golpes por capa*

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°25 se observa que se está apisonando la primera capa en el molde con 25 golpes por cada capa.

Asimismo, se pesan los cilindros para obtener las máximas densidades húmedas y finalmente se llevan al horno para obtener las máximas densidades secas.



Figura 26. *Peso del molde con muestra compactada*

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°26 se observa que se está pesando el molde más la muestra compactada.



Figura 27. *Se lleva la muestra al horno*

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°27 se observa que se está llevando la muestra al horno.

Con los datos obtenidos en laboratorio, se procede a realizar la curva de compactación mediante una gráfica para encontrar así la densidad húmeda máxima para la muestra.

4.2.4. Ensayo de California Bearing (CBR)

Se prepara el material con el porcentaje óptimo de humedad hallado en el ensayo de Proctor Modificado.

Luego se compacta la muestra en capas en cada uno de los 3 moldes para CBR, para el primer molde son 12 golpes para compactar, el segundo molde son 25 golpes y el ultimo son 56 golpes por cada capa.



Figura 28. *Equipo usado en el ensayo de CBR*

Fuente: Elaboración propia

Ensayo de hinchamiento

Darle la vuelta a la muestra para que el área de superficie libre este en la parte de arriba y así lograr ensamblar de nuevo los moldes en sus placas de base.

A continuación, colocar el dial de expansión, el papel filtro, la sobrecarga, el trípode y la placa expansiva.

Finalmente poner los tres moldes en la piscina de agua durante 4 días, y registrar las lecturas de expansión cada 24 horas.



Figura 29. *Colocación de los moldes en la Piscina*

Fuente: Elaboración propia

Ensayo de carga – penetración

Luego de 4 días que el molde estaba inmerso en la piscina de agua, se retiraron los moldes y de cada uno de estos, también se quitó la sobrecarga, trípode, el dial y la placa expansiva. Asimismo, cabe mencionar que se deja drenar por un periodo de 15 minutos aproximadamente.

Finalmente se coloca la sobrecarga en cada uno de los moldes, para luego ser llevado a la prensa, donde se toma nota de la carga de cada muestra en las lecturas de penetración.



Figura 30. Colocación de la sobrecarga en cada uno de los moldes

Fuente: Elaboración propia

4.3. Análisis de resultados

Se tuvieron los siguientes resultados, el fin que tienen es cumplir con los objetivos específicos, a continuación, serán detallados de manera ordenada.

- **Objetivo específico N°1:** Determinar la cantidad de ceniza de cáscara de arroz, en el mejoramiento para el óptimo contenido de humedad del material de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022.

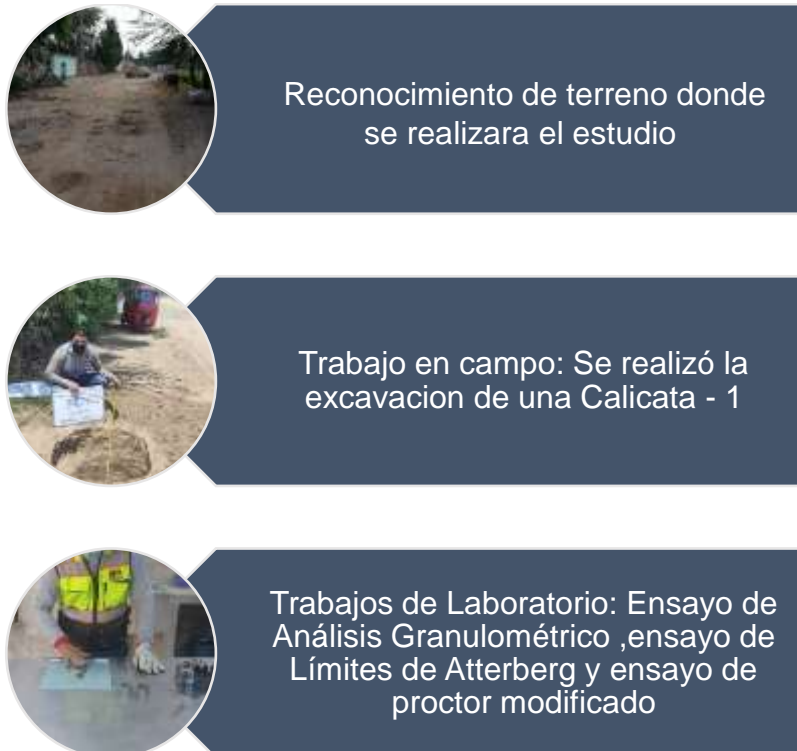


Figura 31. Paso para desarrollar el objetivo N° 01

Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS CALICATA N°01:

Análisis Granulométrico

El análisis granulométrico se realizó mediante el ensayo análisis por tamizado-ASTM D2487, asimismo se tomó muestras de una sola calicata obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 8. Tamices y cantidad de pesos retenidos de material natural de calicata N°1

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)
3"	76.200	
2"	50.800	0.0
1 1/2"	38.100	0.0
1"	25.400	0.00
3/4"	19.000	51.67
3/8"	9.500	28.53
Nº 4	4.750	22.75
Nº 10	2.000	50.28
Nº 20	0.840	78.42
Nº 40	0.425	132.72
Nº 60	0.250	483.48
Nº 100	0.150	218.47
Nº 140	0.106	61.35
Nº 200	0.075	5.60
< Nº 200	---	0.48

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°8 se observa la cantidad de material retenido en cada tamiz, donde se tomó una porción de 1133.75 g (peso seco) de la muestra de la Calicata N°1, para que sean zarandeadas mediante los juegos de mallas 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", N.º 4, N.º 10, N.º 40, N.º 60, N.º 100, N.º 140, N.º 200, N.º 200, de la cual se obtuvieron determinadas características y el material se fue clasificando de acuerdo al tamaño de las partículas retenidas.

Tabla 9. Análisis granulométrico de la calicata N°1

Muestras	Análisis Granulométrico					
	Gravos %	Arenas %	Finos %	Clasificación SUCS (ASTM D2487)	Clasificación AASHTO (ASTM D3282)	Nombre del grupo
Calicata N°1 (Material Natural)	9.1	90.4	0.5	SP-SC	A-2-4 (0)	Arena pobremente gradada con Arcilla

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°9 se encuentran los porcentajes encontrados en el ensayo de granulometría para un material natural sin incorporación de cenizas de cáscara de arroz.

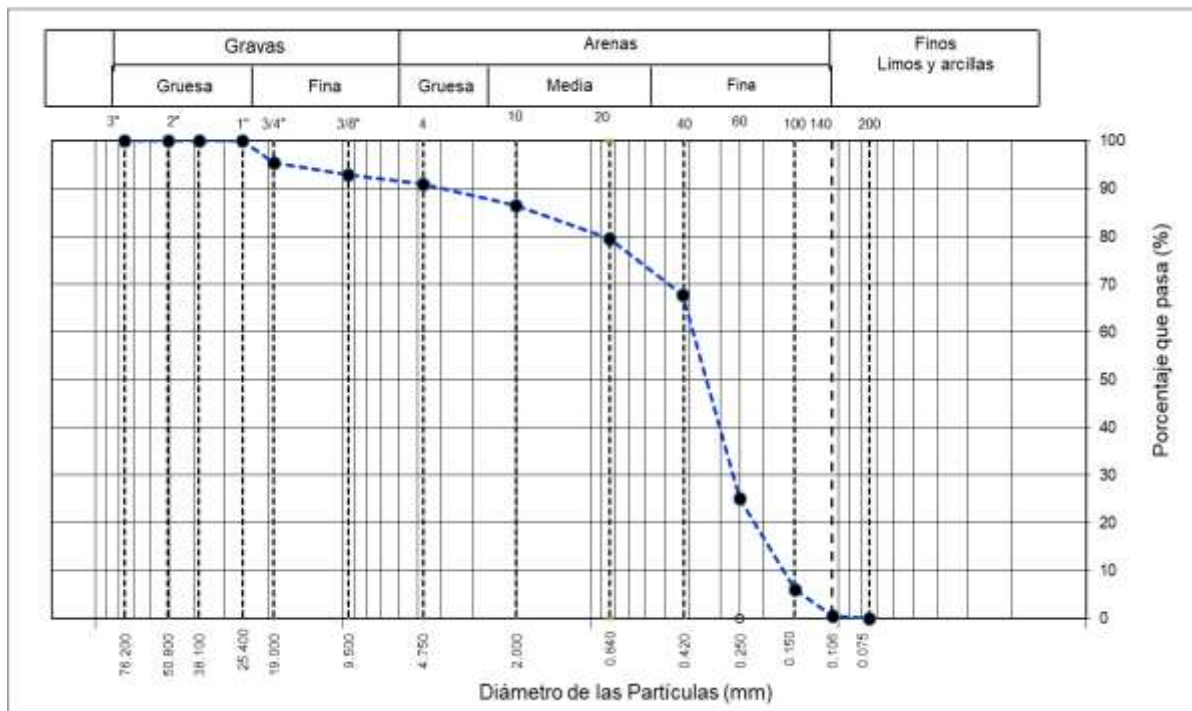


Figura 32. Curva granulométrica de la calicata N°1

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los estudios de mecánica de suelos los resultados obtenidos en laboratorio en la calicata N°01 nos señala una clasificación de SUCS (ASTM D2487) de arena pobremente gradada con Arcilla.

Tabla 10. Tamices y cantidad de peso retenido de material natural +adición de 4% de cáscara de arroz

Tamiz	Abertura	Peso retenido
	(mm)	(g)
3"	76.2	
2"	50.8	0
1 1/2"	38.1	0
1"	25.4	0
3/4"	19	40.25
3/8"	9.5	21.3
N.º 4	4.75	18.22
N.º 10	2	70.2
N.º 20	0.84	61.55
N.º 40	0.425	212.13
N.º 60	0.25	615.9
N.º 100	0.15	180.4
Nº 140	0.106	90.14
N.º 200	0.075	9.24
< N.º 200	---	0.87

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 10 se observa la cantidad de material retenido en cada tamiz, donde se tomó una porción de 1320.20g (peso seco) de la muestra de la Calicata N°1, para que sean zarandeadas mediante los juegos de mallas 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", N.º 4, N.º 10, N.º 40, N.º 60, N.º 100, N.º 140, N.º 200, N.º 200, de la cual se obtuvieron determinadas características y el material se fue clasificando de acuerdo al tamaño de las partículas retenidas.

Tabla 11. Análisis granulométrico de material natural +adición de 4% de cenizas de cáscara de arroz

Muestras	Análisis Granulométrico					Nombre del grupo
	Gravas %	Arenas %	Finos%	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	
Incorporación 4%	6.0	93.3	0.7	SP-SC	A-2-4 (0)	Arena pobremente gradada con Arcilla

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°11 se encuentran los porcentajes encontrados en el ensayo de granulometría para un material natural + adición de 4% de cáscara.

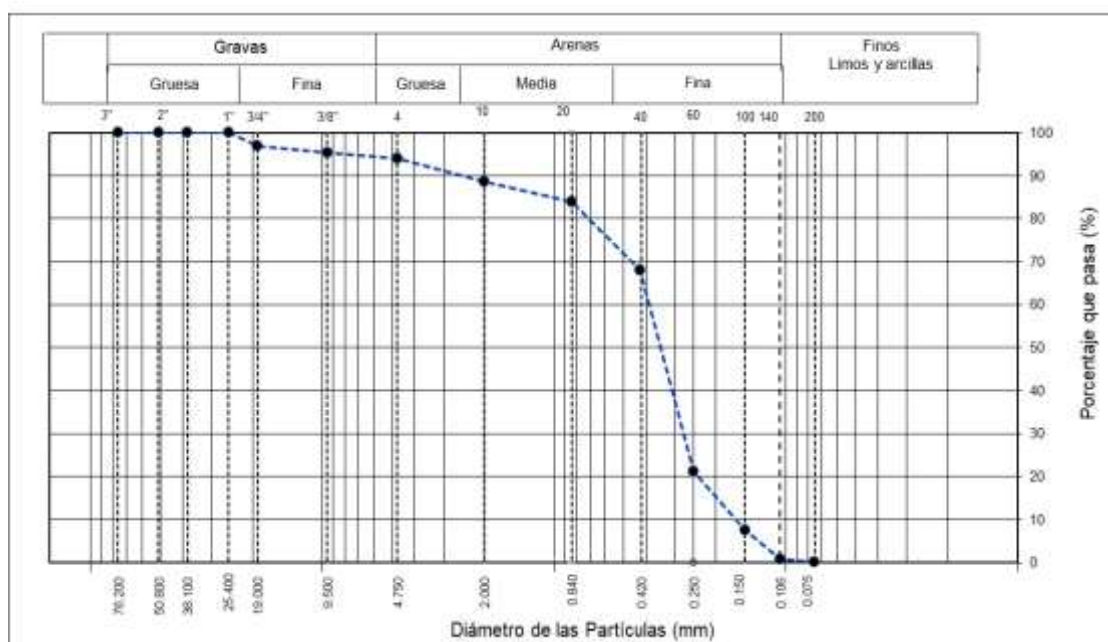


Figura 33. Curva granulométrica del material natural +adición de 4%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los estudios de mecánica de suelos los resultados obtenidos en laboratorio del material de la calicata N°1 + adición de 4% de cáscara de arroz nos arroja una clasificación de SUCS (ASTM D2487) arena pobremente gradada con Arcilla.

Tabla 12. Tamices y cantidad de peso retenido de material natural +adición de 7% de cáscara de arroz

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)
3"	76.200	
2"	50.800	0.0
1 1/2"	38.100	0.0
1"	25.400	0.00
3/4"	19.000	84.12
3/8"	9.500	33.14
Nº 4	4.750	24.90
Nº 10	2.000	68.17
Nº 20	0.840	59.22
Nº 40	0.425	207.10
Nº 60	0.250	398.15
Nº 100	0.150	139.66
Nº 140	0.106	98.15
Nº 200	0.075	14.88
< Nº 200	---	0.91

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°12 se observa la cantidad de material retenido en cada tamiz, donde se tomó una porción de 1128.40 g (peso seco) de la muestra de la Calicata N°1, para que sean zarandeadas mediante los juegos de mallas 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", N.º 4, N.º 10, N.º 40, N.º 60, N.º 100, N.º 140, N.º 200, N.º 200, de la cual se obtuvieron determinadas características y el material se fue clasificando de acuerdo al tamaño de las partículas retenidas.

Tabla 13. Análisis granulométrico de material natural +adición de 7% de cenizas de cáscara de arroz

Muestras	Análisis Granulométrico					
	Gravas %	Arenas %	Finos%	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Nombre del grupo
Incorporación 7%	12.6	86.1	1.3	SP-SC	A-2-4 (0)	Arena pobremente gradada con Arcilla

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°13 se encuentran los porcentajes encontrados en el ensayo de granulometría para un material natural + adición de 7% de cáscara de arroz.

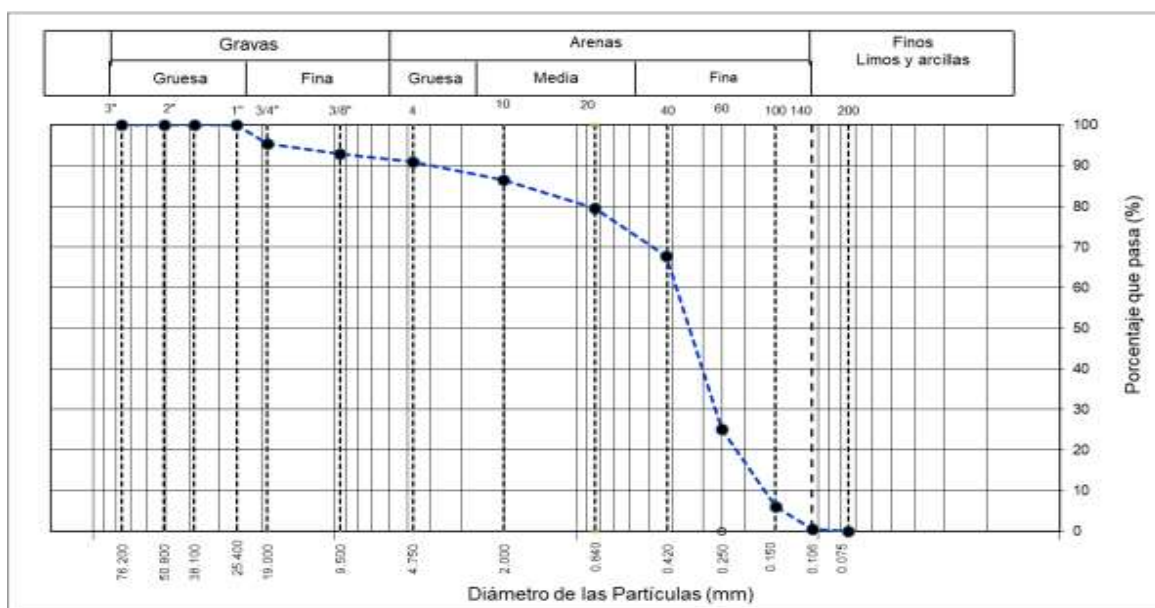


Figura 34. Curva granulométrica del material natural +adición de 7%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los estudios de mecánica de suelos los resultados obtenidos en laboratorio del material de la calicata N°1 + adición de 7% de cáscara de arroz nos arroja una clasificación de SUCS (ASTM D2487) arena pobremente gradada con Arcilla.

Tabla 14. Tamices y cantidad de peso retenido de material natural +adición de 10% de cáscara de arroz

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)
3"	76.200	
2"	50.800	0.0
1 1/2"	38.100	0.0
1"	25.400	0.00
3/4"	19.000	29.48
3/8"	9.500	18.90
N° 4	4.750	33.00
N° 10	2.000	65.49
N° 20	0.840	61.52
N° 40	0.425	164.14
N° 60	0.250	329.85
N° 100	0.150	288.90
N° 140	0.106	80.53
N° 200	0.075	24.18
< N° 200	---	0.48

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°14 se observa la cantidad de material retenido en cada tamiz, donde se tomó una porción de 1096.47g (peso seco) de la muestra de la Calicata N°1, para que sean zarandeadas mediante los juegos de mallas 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", N.º 4, N.º 10, N.º 40, N.º 60, N.º 100, N.º 140, N.º 200, N.º 200, de la cual se obtuvieron determinadas características y el material se fue clasificando de acuerdo al tamaño de las partículas retenidas.

Tabla 15. Análisis granulométrico de material natural +adición de 10% de cenizas de cáscara de arroz

Muestras	Análisis Granulométrico					
	Gravas %	Arenas %	Finos%	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Nombre del grupo
Incorporación 10%	7.4	90.4	2.2	SP-SC	A-2-4 (0)	Arena pobremente gradada con Arcilla

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°15 se encuentran los porcentajes encontrados en el ensayo de granulometría para un material natural + adición de 10% de cáscara de arroz siendo una arena pobremente gradada con Arcilla.

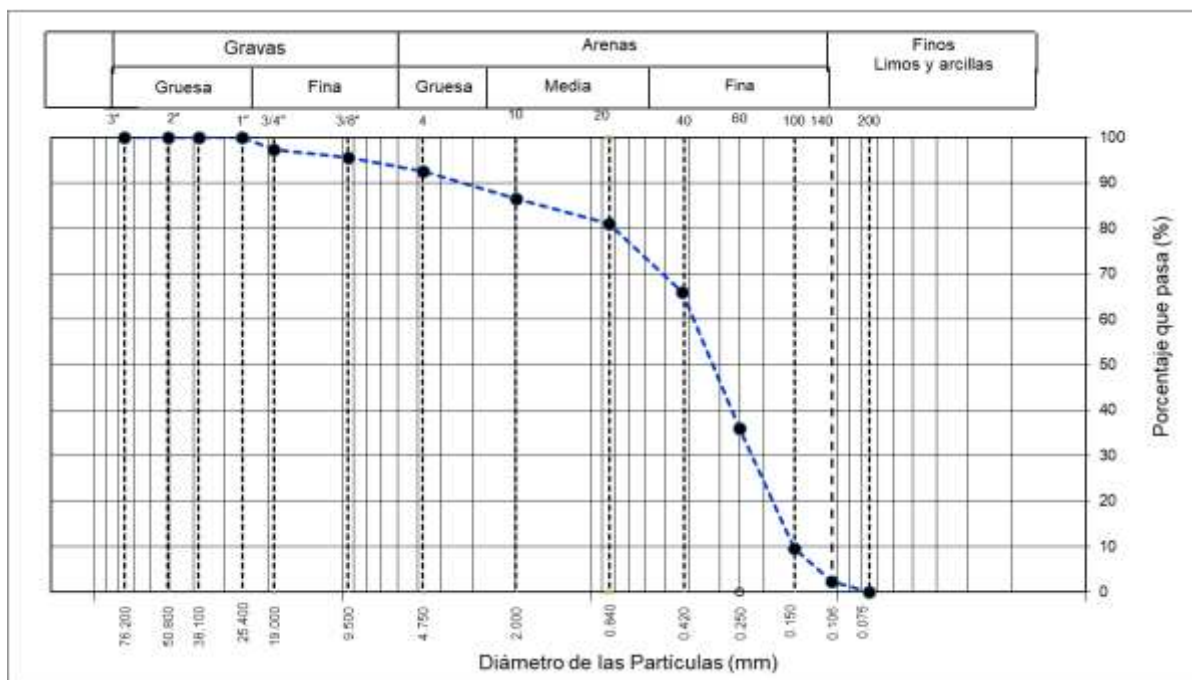


Figura 35. Curva granulométrica del material natural +adición de 10%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los estudios de mecánica de suelos los resultados obtenidos en laboratorio del material de la calicata N°1 + adición de 10% de cáscara de arroz nos arroja una clasificación de SUCS (ASTM D2487) arena pobremente gradada con Arcilla.

Tabla 16. Tamices y cantidad de peso retenido de material de cáscara de arroz

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)
3"	76.200	
2"	50.800	0.0
1 1/2"	38.100	0.0
1"	25.400	0.00
3/4"	19.000	0.00
3/8"	9.500	0.00
N° 4	4.750	0.00
N° 10	2.000	0.00
N° 20	0.840	0.00
N° 40	0.425	0.00
N° 60	0.250	24.45
N° 100	0.150	120.05
N° 140	0.106	95.20
N° 200	0.075	10.12
< N° 200	---	1.40

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°16 se observa la cantidad de material retenido en cada tamiz, donde se tomó una porción de 251.22 g (peso seco) de cáscara de arroz, para que sean zarandeadas mediante los juegos de mallas 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", N.º 4, N.º 10, N.º 40, N.º 60, N.º 100, N.º 140, N.º 200, N.º 200, de la cual se obtuvieron determinadas características y el material se fue clasificando de acuerdo al tamaño de las partículas retenidas.

Tabla 17. Análisis granulométrico de cenizas de cáscara de arroz

Muestras	Análisis Granulométrico					
	Gravas %	Arenas %	Finos%	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Nombre del grupo
Cáscara de arroz	0.0	96	4	SP-SM	A-2-4 (1)	Arena pobremente gradada con Limo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°17 se encuentran los porcentajes encontrados en el ensayo de granulometría para el material de cenizas de cáscara de arroz siendo una arena pobremente gradada con Limo.

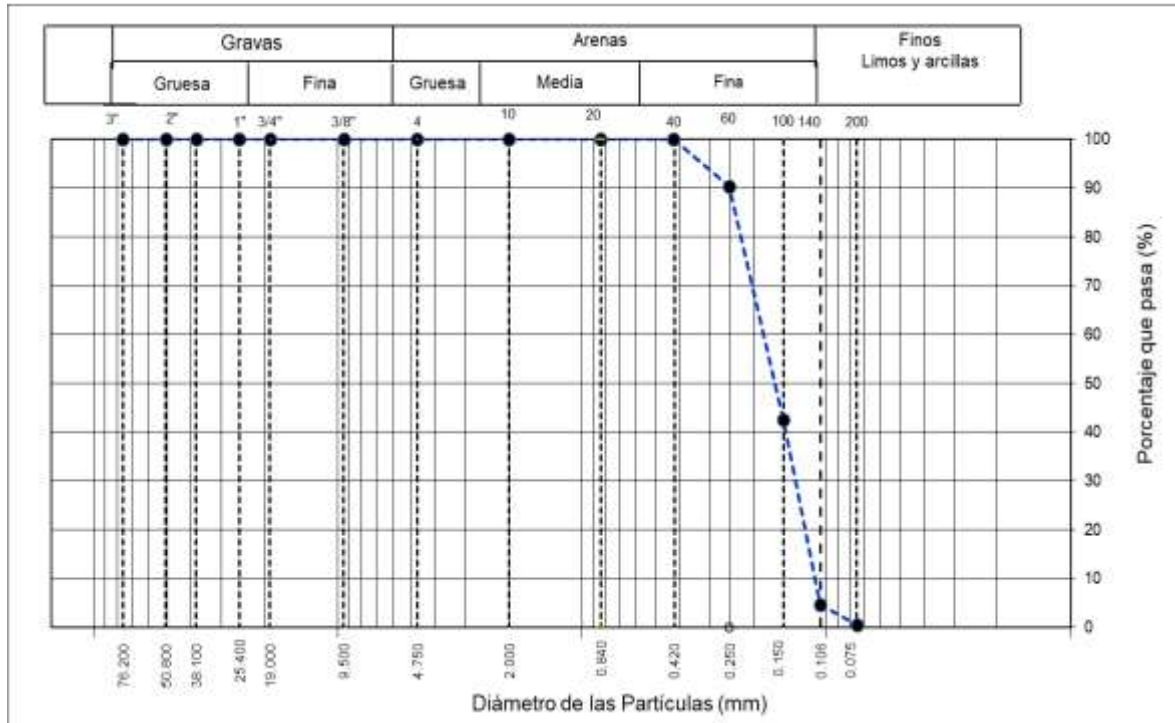


Figura 36. Curva granulométrica del material cáscara de arroz

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los estudios de mecánica de suelos, los resultados obtenidos en laboratorio del material de cenizas de cáscara de arroz, nos arroja una clasificación de SUCS (ASTM D2487) arena pobremente gradada con Limo.

Límites de Atterberg

Se realizó el ensayo de límites de Atterberg o límites de consistencia bajo la norma ASTM D4318 en las muestras obtenidas de la Calicata N°01. Donde se ha determinado el límite líquido, límite plástico y el índice de plasticidad, los cuales se detallan en el siguiente cuadro.

Tabla 18. Ensayo de límites de Atterberg con incorporación 0%,4%,7%,10% de ceniza de cáscara de arroz

Muestras	Límites de Atteberg		
	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice de plasticidad (%)
Material Natural	32	30	2
Material Natural + Adición del 4% de ceniza de cáscara de arroz	36	30	6
Material Natural + Adición del 7% de ceniza de cáscara de arroz	33	23	10
Material Natural + Adición del 10% de ceniza de cáscara de arroz	24	12	12

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°18 se observan los resultados obtenidos en laboratorio con adición de 0%, 4%, 7%, 10% de ceniza de cáscara de arroz

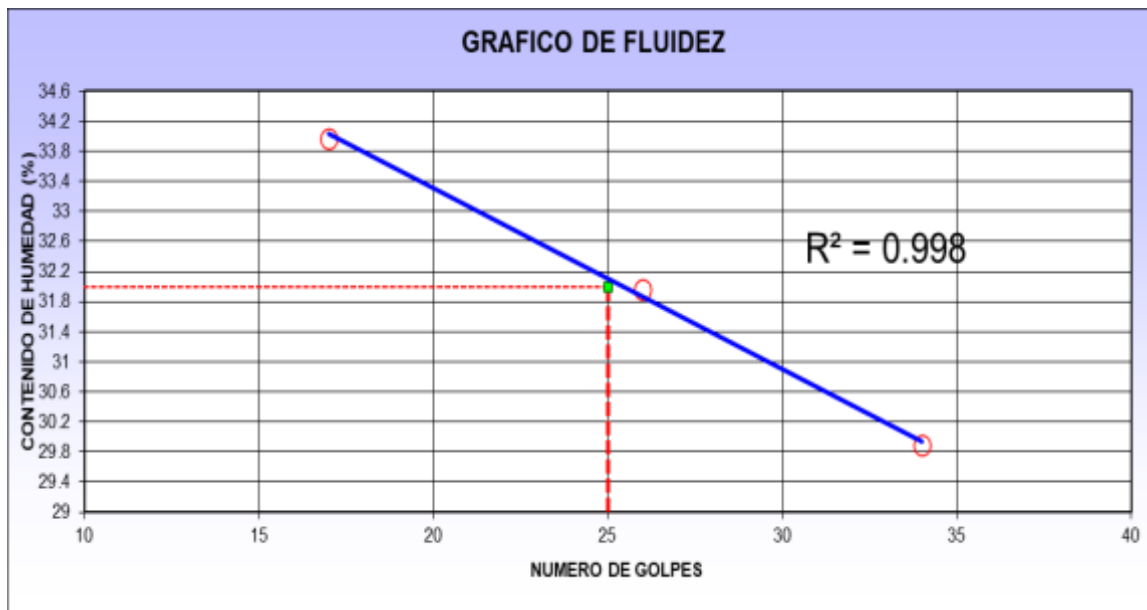


Figura 37. Diagrama de fluidez de material natural

Fuente: Elaboración propia

La muestra de material natural tiene un límite líquido de 32%, un límite plástico de 30% y un índice de plasticidad de 2%. Se concluye que la muestra es un suelo de baja plasticidad de suelos poco arcillosos.

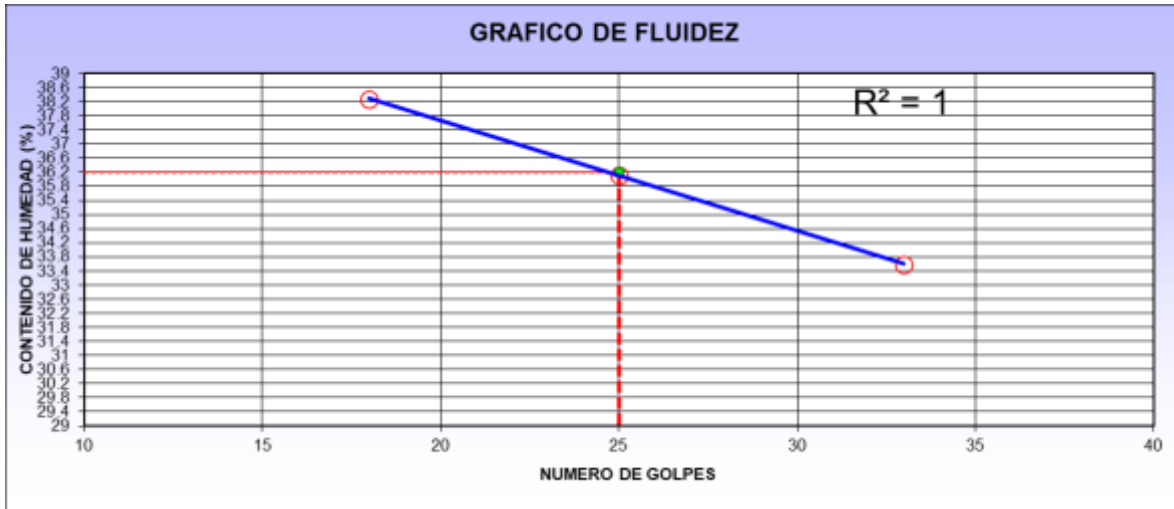


Figura 38. Diagrama de fluidez de material natural + adición del 4% de cáscara de arroz
Fuente: Elaboración propia

La muestra de material natural + adición de 4 % de cáscara de arroz tiene un límite líquido de 36%, un límite plástico de 30% y un índice de plasticidad de 6%. Se concluye que la muestra es un suelo de baja plasticidad de suelos poco arcillosos.

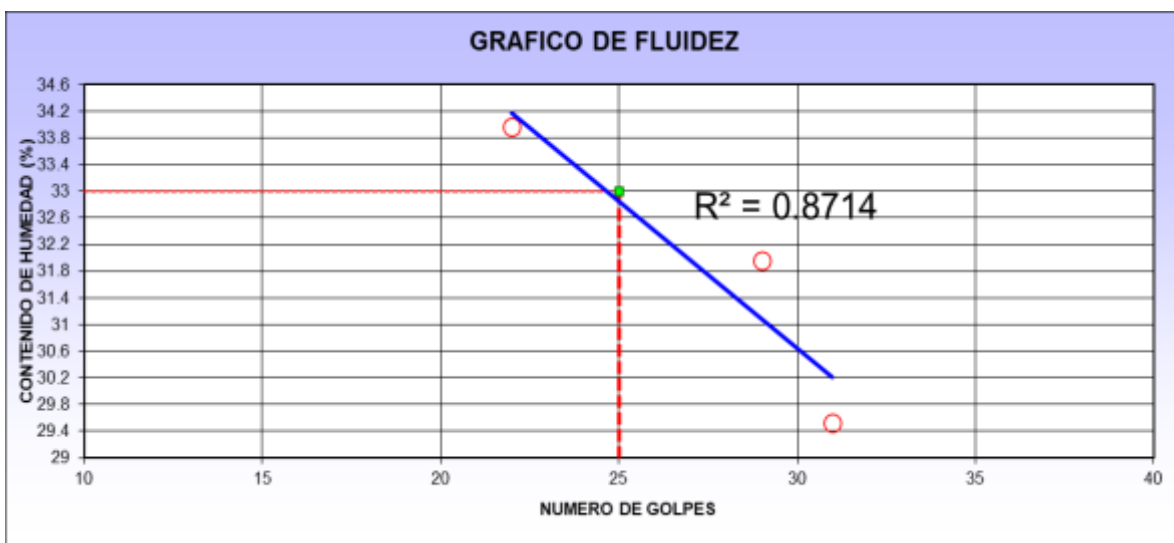


Figura 39. Diagrama de fluidez de material natural + adición de 7% de cáscara de arroz
Fuente: Elaboración propia

La muestra de material natural + adición de 7% de cáscara de arroz tiene un límite líquido de 33%, un límite plástico de 23% y un índice de plasticidad de 10%. Se concluye que la muestra es un suelo de media plasticidad de suelos arcillosos.

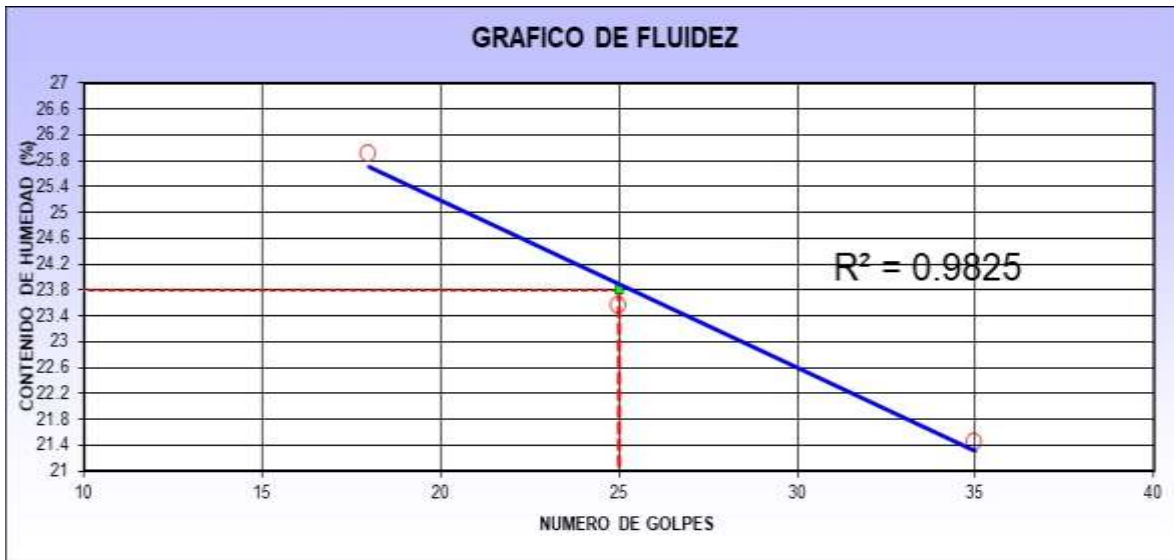


Figura 40. Diagrama de fluidez de material natural + adición de 10% de cáscara de arroz

Fuente: Elaboración propia

La muestra de material natural + adición de 10% de cáscara de arroz tiene un límite líquido de 24%, un límite plástico de 12% y un índice de plasticidad de 12%. Se concluye que la muestra es un suelo de media plasticidad de suelos arcillosos.

RESULTADOS CALICATA N°2

Análisis Granulométrico

El análisis granulométrico se realizó mediante el ensayo análisis por tamizado-ASTM D2487, asimismo se tomó muestras de una sola calicata obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 19. Tamices y cantidad de pesos retenidos de material natural de calicata N°2

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)
3"	76.200	
2"	50.800	0.0
1 1/2"	38.100	0.0
1"	25.400	0.00
3/4"	19.000	51.67
3/8"	9.500	28.53
N° 4	4.750	19.20
N° 10	2.000	50.28
N° 20	0.840	78.42
N° 40	0.425	132.72
N° 60	0.250	483.48
N° 100	0.150	218.47
N° 140	0.106	61.35
N° 200	0.075	7.92
< N° 200	---	0.48

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°19 se observa la cantidad de material retenido en cada tamiz, donde se tomó una porción de 1132.52 g (peso seco) de la muestra de la Calicata N°2, para que sean zarandeadas mediante los juegos de mallas 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", N° 4, N° 10, N° 40, N° 60, N° 100, N° 140, N° 200, <N° 200, de la cual se se obtuvieron determinadas características y el material se fue clasificando de acuerdo al tamaño de las partículas retenidas.

Tabla 20. Análisis granulométrico de la calicata N°2

Muestras	Análisis Granulométrico					
	Gravas %	Arenas %	Finos %	Clasificación SUCS (ASTM D2487)	Clasificación AASHTO (ASTM D3282)	Nombre del grupo
Calicata N°1 (Material Natural)	8.8	90.5	0.7	SP-SC	A-2-4 (0)	Arena pobremente gradada con Arcilla

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 20 se encuentran los porcentajes encontrados en el ensayo de granulometría para un material natural sin incorporación de cenizas de cáscara de arroz.

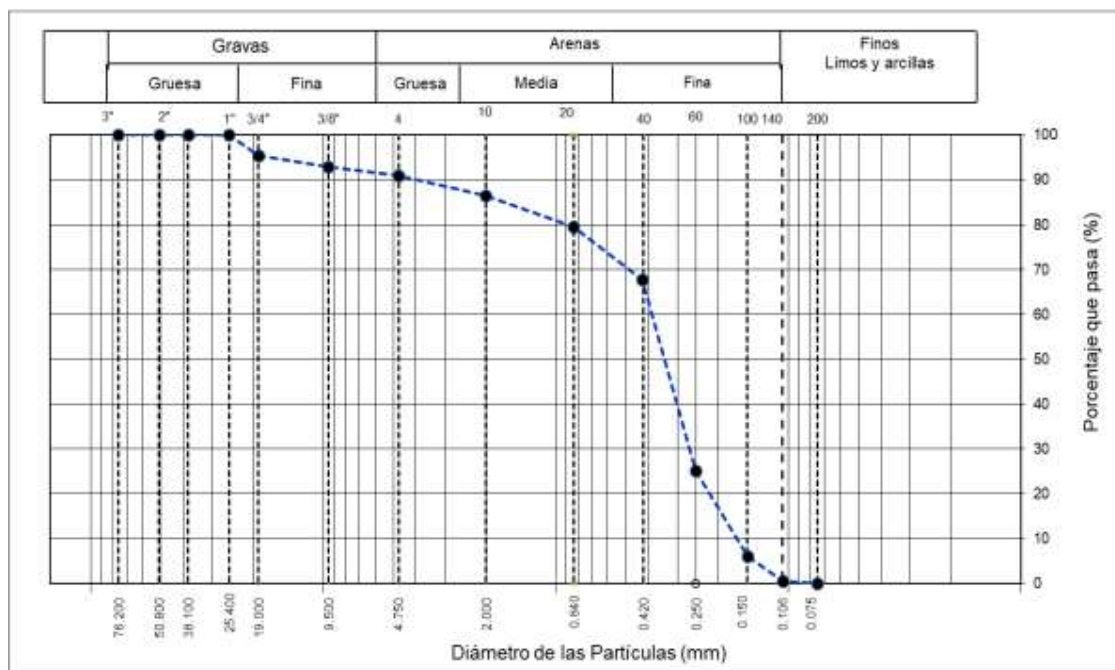


Figura 41. Curva granulométrica de la calicata N°2

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los estudios de mecánica de suelos los resultados obtenidos en laboratorio en la calicata N°02 nos señala una clasificación de SUCS (ASTM D2487) de arena pobremente gradada con Arcilla.

Tabla 21. Tamices y cantidad de peso retenido de material natural de calicata N°02 +adición de 4% de cáscara de arroz

Tamiz	Abertura	Peso retenido
	(mm)	(g)
3"	76.200	
2"	50.800	0.0
1 1/2"	38.100	0.0
1"	25.400	0.00
3/4"	19.000	40.25
3/8"	9.500	21.30
Nº 4	4.750	20.25
Nº 10	2.000	70.20
Nº 20	0.840	61.55
Nº 40	0.425	212.13
Nº 60	0.250	615.90
Nº 100	0.150	180.40
Nº 140	0.106	90.14
Nº 200	0.075	8.59
< Nº 200	---	0.87

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 21 se observa la cantidad de material retenido en cada tamiz, donde se tomó una porción de 1321.58 g (peso seco) de la muestra de la Calicata N°2, para que sean zarandeadas mediante los juegos de mallas 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", Nº 4, Nº 10, Nº 40, Nº 60, Nº 100, Nº 140, Nº 200, < Nº 200, de la cual se obtuvieron determinadas características y el material se fue clasificando de acuerdo al tamaño de las partículas retenidas.

Tabla 22. Análisis granulométrico de material natural de Calicata N°2 +adición de 4% de cenizas de cáscara de arroz

Muestras	Análisis Granulométrico					Nombre del grupo
	Gravas %	Arenas %	Finos%	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	
Incorporación 4%	6.2	93.2	0.6	SP-SC	A-2-4 (0)	Arena pobremente gradada con Arcilla

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 22 se encuentran los porcentajes encontrados en el ensayo de granulometría para un material natural + adición de 4% de cáscara.

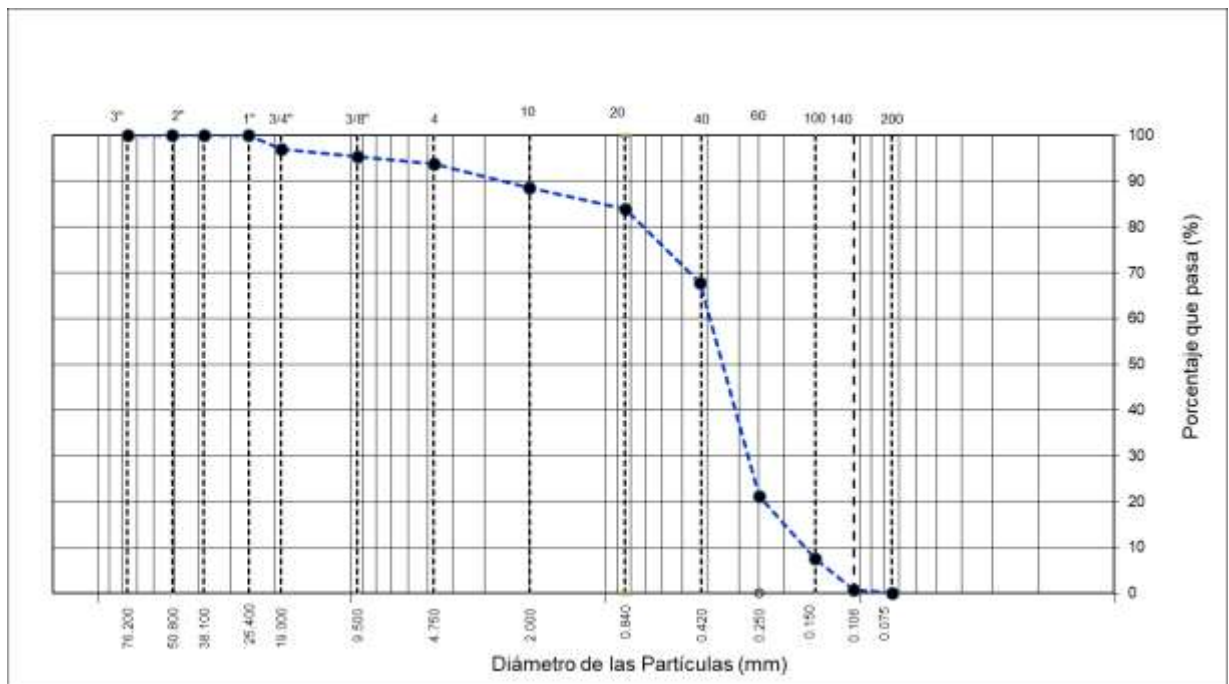


Figura 42. Curva granulométrica del material natural de Calicata N°2 +adición de 4%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los estudios de mecánica de suelos los resultados obtenidos en laboratorio del material de la calicata N°2 + adición de 4% de cáscara de arroz nos arroja una clasificación de SUCS (ASTM D2487) arena pobremente gradada con Arcilla.

Tabla 23. Tamices y cantidad de peso retenido de material natural de Calicata N°2 +adición de 7% de cáscara de arroz

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)
3"	76.200	
2"	50.800	0.0
1 1/2"	38.100	0.0
1"	25.400	0.00
3/4"	19.000	84.12
3/8"	9.500	33.14
Nº 4	4.750	22.60
Nº 10	2.000	68.17
Nº 20	0.840	59.22
Nº 40	0.425	207.10
Nº 60	0.250	398.15
Nº 100	0.150	139.66
Nº 140	0.106	98.15
Nº 200	0.075	14.88
< Nº 200	---	0.91

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 23 se observa la cantidad de material retenido en cada tamiz, donde se tomó una porción de 1126.10 g (peso seco) de la muestra de la Calicata N°2, para que sean zarandeadas mediante los juegos de mallas 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", Nº 4, Nº 10, Nº 40, Nº 60, Nº 100, Nº 140, Nº 200, < Nº 200, de la cual se obtuvieron determinadas características y el material se fue clasificando de acuerdo al tamaño de las partículas retenidas.

Tabla 24. Análisis granulométrico de material natural de calicata N°2 +adición de 7% de cenizas de cáscara de arroz

Muestras	Análisis Granulométrico					
	Gravas %	Arenas %	Finos%	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Nombre del grupo
Incorporación 7%	12.4	86.3	1.3	SP-SC	A-2-4 (0)	Arena pobremente gradada con Arcilla

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 24 se encuentran los porcentajes encontrados en el ensayo de granulometría para un material natural de calicata N°2 + adición de 7% de cáscara de arroz.

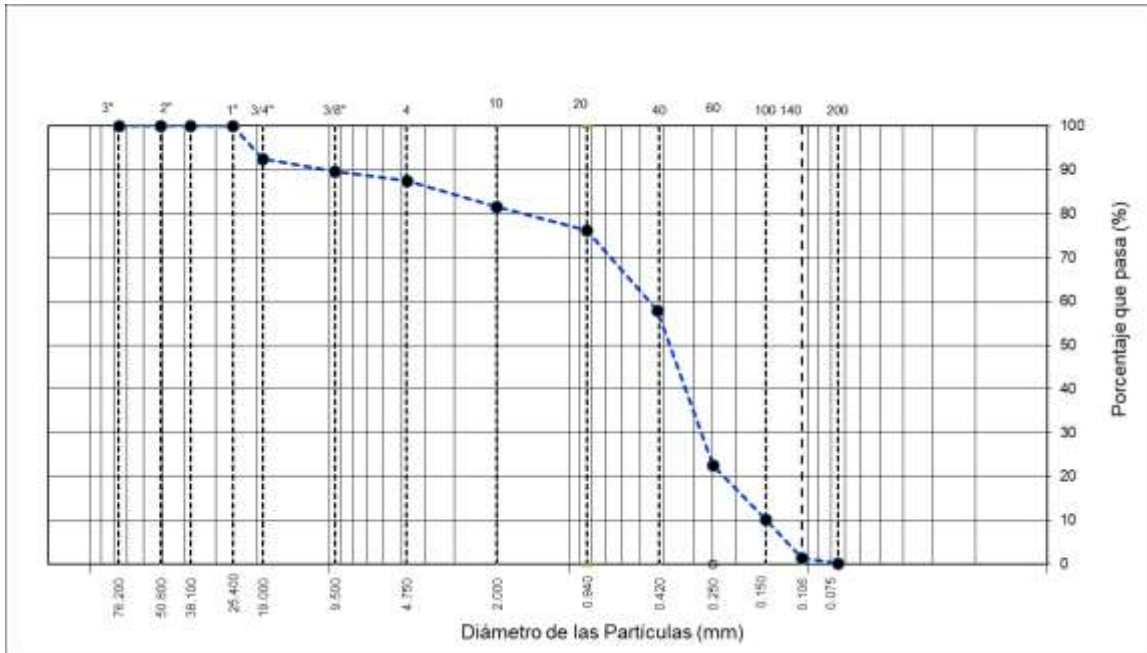


Figura 43. Curva granulométrica del material natural de calicata N°2 +adición de 7%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los estudios de mecánica de suelos los resultados obtenidos en laboratorio del material de la calicata N°2 + adición de 7% de cáscara de arroz nos arroja una clasificación de SUCS (ASTM D2487) arena pobremente gradada con Arcilla.

Tabla 25. Tamices y cantidad de peso retenido de material natural de Calicata N°02 +adición de 10% de cáscara de arroz

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)
3"	76.200	
2"	50.800	0.0
1 1/2"	38.100	0.0
1"	25.400	0.00
3/4"	19.000	29.48
3/8"	9.500	18.90
N° 4	4.750	33.30
N° 10	2.000	65.49
N° 20	0.840	61.52
N° 40	0.425	164.14
N° 60	0.250	329.85
N° 100	0.150	288.90
N° 140	0.106	80.53
N° 200	0.075	23.55
< N° 200	---	0.48

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 25 se observa la cantidad de material retenido en cada tamiz, donde se tomó una porción de 1096.14 g (peso seco) de la muestra de la Calicata N°2, para que sean zarandeadas mediante los juegos de mallas 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", N° 4, N° 10, N° 40, N° 60, N° 100, N° 140, N° 200, <N° 200, de la cual se obtuvieron determinadas características y el material se fue clasificando de acuerdo al tamaño de las partículas retenidas.

Tabla 26. Análisis granulométrico de material natural de Calicata N°02 +adición de 10% de cenizas de cáscara de arroz

Muestras	Análisis Granulométrico					
	Gravas %	Arenas %	Finos%	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Nombre del grupo
Incorporación 10%	7.5	90.4	2.1	SP-SC	A-2-4 (0)	Arena pobremente gradada con Arcilla

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 26 se encuentran los porcentajes encontrados en el ensayo de granulometría para un material natural + adición de 10% de cáscara de arroz siendo una arena pobremente gradada con Arcilla.

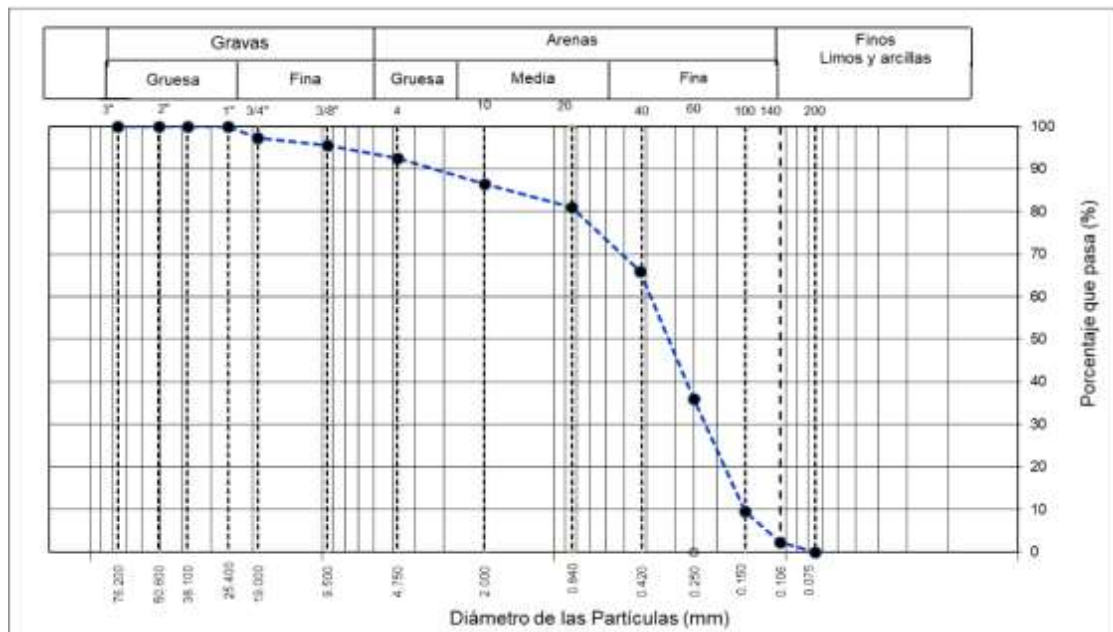


Figura 44. Curva granulométrica del material natural Calicata N°02 +adición de 10%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los estudios de mecánica de suelos los resultados obtenidos en laboratorio del material de la calicata N°2 + adición de 10% de cáscara de arroz nos arroja una clasificación de SUCS (ASTM D2487) arena pobremente gradada con Arcilla.

Límites de Atterberg

Se realizó el ensayo de límites de Atterberg o límites de consistencia bajo la norma ASTM D4318 en las muestras obtenidas de la Calicata N°01. Donde se ha determinado el límite líquido, límite plástico y el índice de plasticidad, los cuales se detallan en el siguiente cuadro.

Tabla 27. *Ensayo de límites de Atterberg con incorporación 0%,4%,7%,10% de ceniza de cáscara de arroz*

Muestras	Límites de Atteberg		
	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice de plasticidad (%)
Material Natural	32	30	2
Material Natural + Adición del 4% de ceniza de cáscara de arroz	36	30	6
Material Natural + Adición del 7% de ceniza de cáscara de arroz	33	23	10
Material Natural + Adición del 10% de ceniza de cáscara de arroz	24	11	13

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 27 se observan los resultados obtenidos en laboratorio con adición de 0%, 4%, 7%, 10% de ceniza de cáscara de arroz

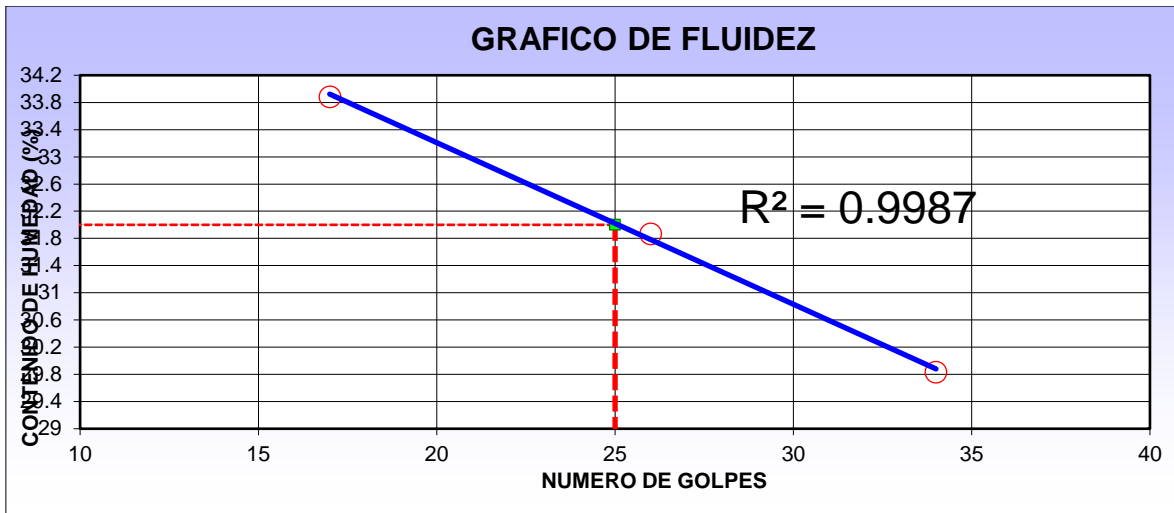


Figura 45. Diagrama de fluidez de material natural de Calicata N°02

Fuente: Elaboración propia

La muestra de material natural tiene un límite líquido de 32%, un límite plástico de 30% y un índice de plasticidad de 2%. Se concluye que la muestra es un suelo de baja plasticidad de suelos poco arcillosos.

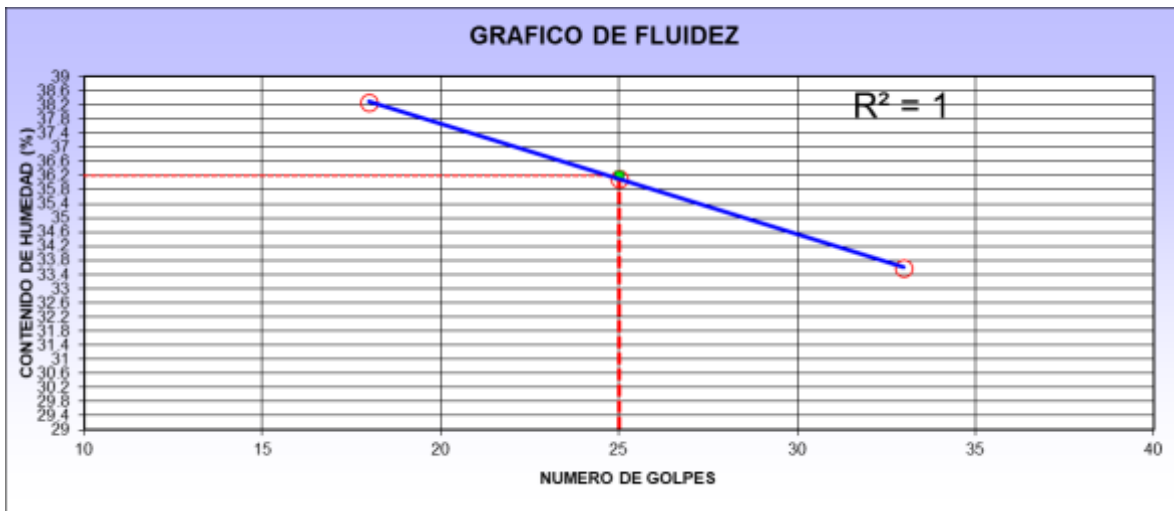


Figura 46. Diagrama de fluidez de material natural Calicata N°02 + adición del 4% de cáscara de arroz

Fuente: Elaboración propia

La muestra de material natural + adición de 4 % de cáscara de arroz tiene un límite líquido de 36%, un límite plástico de 30% y un índice de plasticidad de 6%. Se concluye que la muestra es un suelo de baja plasticidad de suelos poco arcillosos.

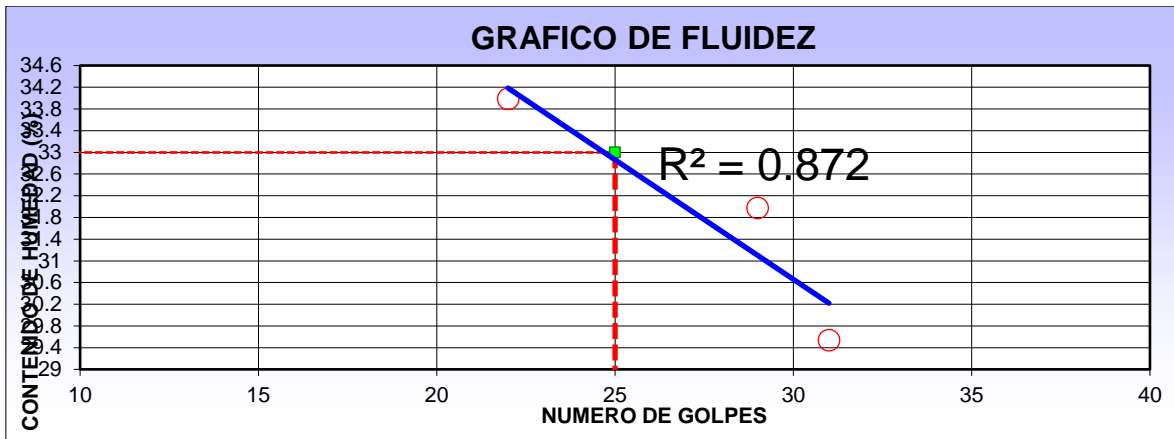


Figura 47. Diagrama de fluidez de material natural de Calicata N°02 + adición de 7% de cáscara de arroz

Fuente: Elaboración propia

La muestra de material natural + adición de 7% de cáscara de arroz tiene un límite líquido de 33%, un límite plástico de 23% y un índice de plasticidad de 10%. Se concluye que la muestra es un suelo de media plasticidad de suelos arcillosos.

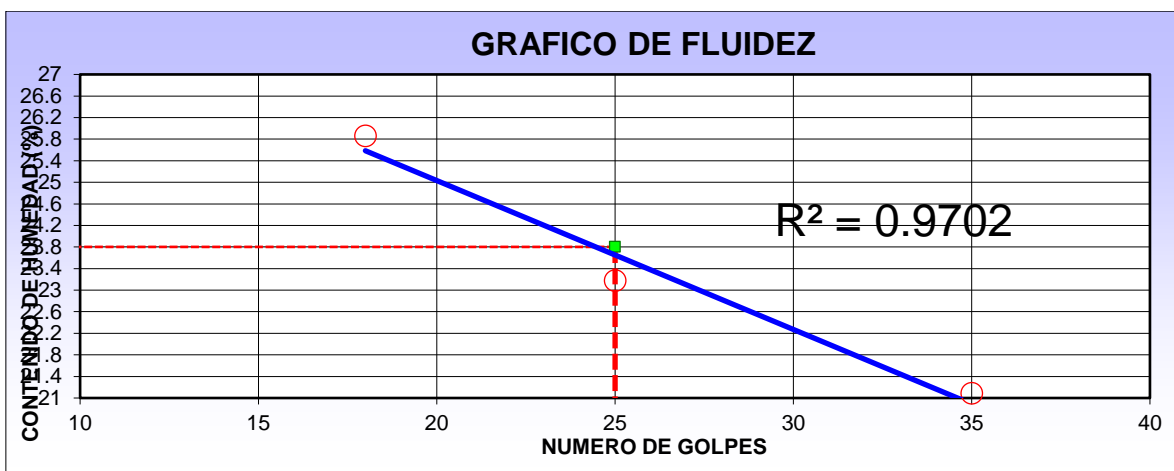


Figura 48. Diagrama de fluidez de material natural de Calicata N°2 + adición de 10% de cáscara de arroz

Fuente: Elaboración propia

La muestra de material natural + adición de 10% de cáscara de arroz tiene un límite líquido de 24%, un límite plástico de 12% y un índice de plasticidad de 12%. Se concluye que la muestra es un suelo de media plasticidad de suelos arcillosos.

RESULTADOS CALICATA N°3

Análisis Granulométrico

El análisis granulométrico se realizó mediante el ensayo análisis por tamizado-ASTM D2487, asimismo se tomó muestras de una sola calicata obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 28. Tamices y cantidad de pesos retenidos de material natural de calicata N°3

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)
3"	76.200	
2"	50.800	0.0
1 1/2"	38.100	0.0
1"	25.400	0.00
3/4"	19.000	51.67
3/8"	9.500	28.53
N° 4	4.750	22.50
N° 10	2.000	50.28
N° 20	0.840	78.42
N° 40	0.425	132.72
N° 60	0.250	483.48
N° 100	0.150	218.47
N° 140	0.106	61.35
N° 200	0.075	5.60
< N° 200	---	0.48

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°28 se observa la cantidad de material retenido en cada tamiz, donde se tomó una porción de 1132.50 g (peso seco) de la muestra de la Calicata N°3, para que sean zarandeadas mediante los juegos de mallas 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", N° 4, N° 10, N° 40, N° 60, N° 100, N° 140, N° 200, <N° 200, de la cual se obtuvieron determinadas características y el material se fue clasificando de acuerdo al tamaño de las partículas retenidas.

Tabla 29. Análisis granulométrico de la calicata N°3

Muestras	Análisis Granulométrico					
	Gravas %	Arenas %	Finos %	Clasificación SUCS (ASTM D2487)	Clasificación AASHTO (ASTM D3282)	Nombre del grupo
Calicata N°1 (Material Natural)	9.1	90.4	0.5	SP-SC	A-2-4 (0)	Arena pobremente gradada con Arcilla

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°29 se encuentran los porcentajes encontrados en el ensayo de granulometría para un material natural sin incorporación de cenizas de cáscara de arroz.

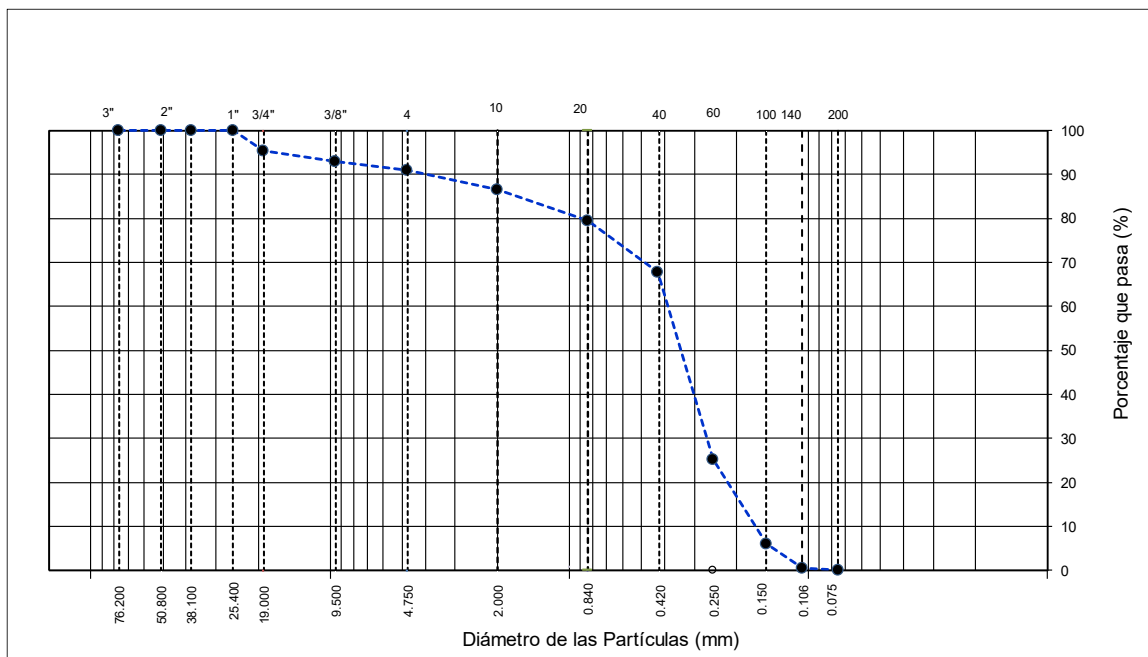


Figura 49. Curva granulométrica de la calicata N°3

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los estudios de mecánica de suelos los resultados obtenidos en laboratorio en la calicata N°03 nos señala una clasificación de SUCS (ASTM D2487) de arena pobremente gradada con Arcilla.

Tabla 30. Tamices y cantidad de peso retenido de material natural de calicata N°03 +adición de 4% de cáscara de arroz

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)
3"	76.200	
2"	50.800	0.0
1 1/2"	38.100	0.0
1"	25.400	0.00
3/4"	19.000	40.25
3/8"	9.500	21.30
Nº 4	4.750	18.50
Nº 10	2.000	70.20
Nº 20	0.840	61.55
Nº 40	0.425	212.13
Nº 60	0.250	615.90
Nº 100	0.150	180.40
Nº 140	0.106	90.14
Nº 200	0.075	8.46
< Nº 200	---	0.87

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 30 se observa la cantidad de material retenido en cada tamiz, donde se tomó una porción de 1319.70 g (peso seco) de la muestra de la Calicata N°3, para que sean zarandeadas mediante los juegos de mallas 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", Nº 4, Nº 10, Nº 40, Nº 60, Nº 100, Nº 140, Nº 200, <Nº 200, de la cual se obtuvieron determinadas características y el material se fue clasificando de acuerdo al tamaño de las partículas retenidas.

Tabla 31. Análisis granulométrico de material natural de Calicata N°2 +adición de 4% de cenizas de cáscara de arroz

Muestras	Análisis Granulométrico					Nombre del grupo
	Gravas %	Arenas %	Finos%	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	
Incorporación 4%	6.1	93.3	0.6	SP-SC	A-2-4 (0)	Arena pobremente gradada con Arcilla

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°31 se encuentran los porcentajes encontrados en el ensayo de granulometría para un material natural + adición de 4% de cáscara.

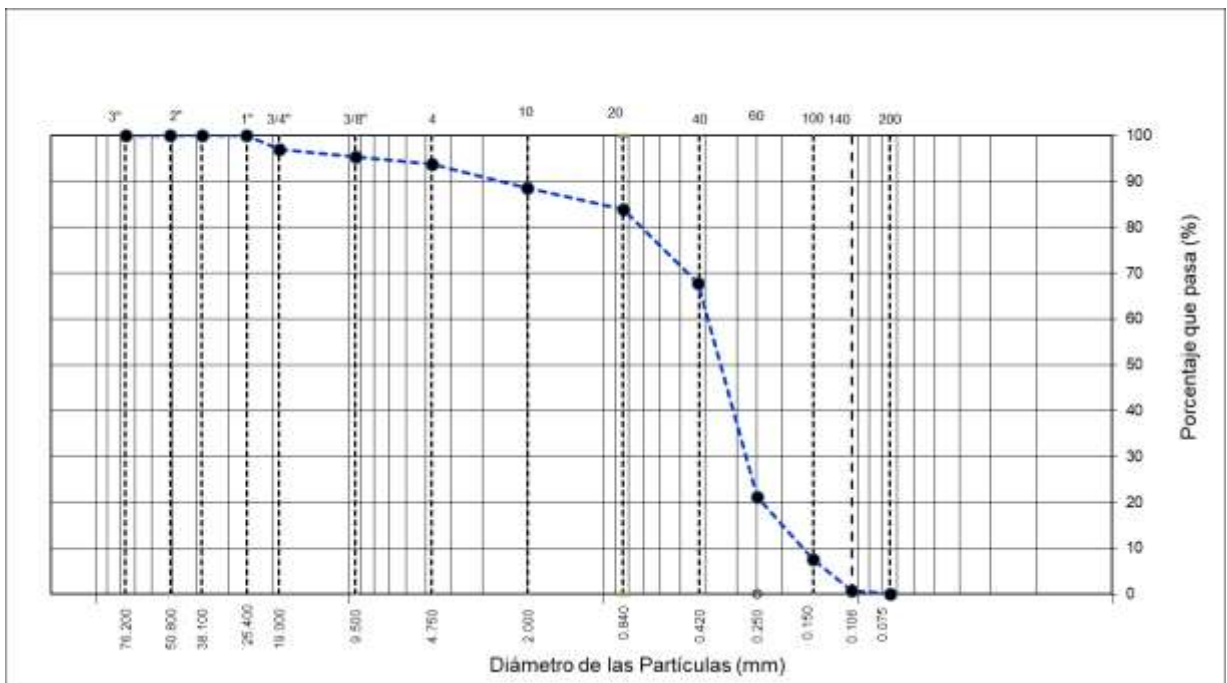


Figura 50. Curva granulométrica del material natural de Calicata N°2 +adición de 4%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los estudios de mecánica de suelos los resultados obtenidos en laboratorio del material de la calicata N°2 + adición de 4% de cáscara de arroz nos arroja una clasificación de SUCS (ASTM D2487) arena pobremente gradada con Arcilla.

Tabla 32. Tamices y cantidad de peso retenido de material natural de Calicata N°3 +adición de 7% de cáscara de arroz

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)
3"	76.200	
2"	50.800	0.0
1 1/2"	38.100	0.0
1"	25.400	0.00
3/4"	19.000	84.12
3/8"	9.500	33.14
Nº 4	4.750	24.60
Nº 10	2.000	68.17
Nº 20	0.840	59.22
Nº 40	0.425	207.10
Nº 60	0.250	398.15
Nº 100	0.150	139.66
Nº 140	0.106	98.15
Nº 200	0.075	14.00
< N° 200	---	0.91

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°32 se observa la cantidad de material retenido en cada tamiz, donde se tomó una porción de 1127.22 g (peso seco) de la muestra de la Calicata N°3, para que sean zarandeadas mediante los juegos de mallas 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", N° 4, N° 10, N° 40, N° 60, N° 100, N° 140, N° 200, <N° 200, de la cual se obtuvieron determinadas características y el material se fue clasificando de acuerdo al tamaño de las partículas retenidas.

Tabla 33. Análisis granulométrico de material natural de calicata N°2 +adición de 7% de cenizas de cáscara de arroz

Muestras	Análisis Granulométrico					
	Gravas %	Arenas %	Finos%	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Nombre del grupo
Incorporación 7%	12.6	86.2	1.3	SP-SC	A-2-4 (0)	Arena pobremente gradada con Arcilla

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°33 se encuentran los porcentajes encontrados en el ensayo de granulometría para un material natural de calicata N°3 + adición de 7% de cáscara de arroz.

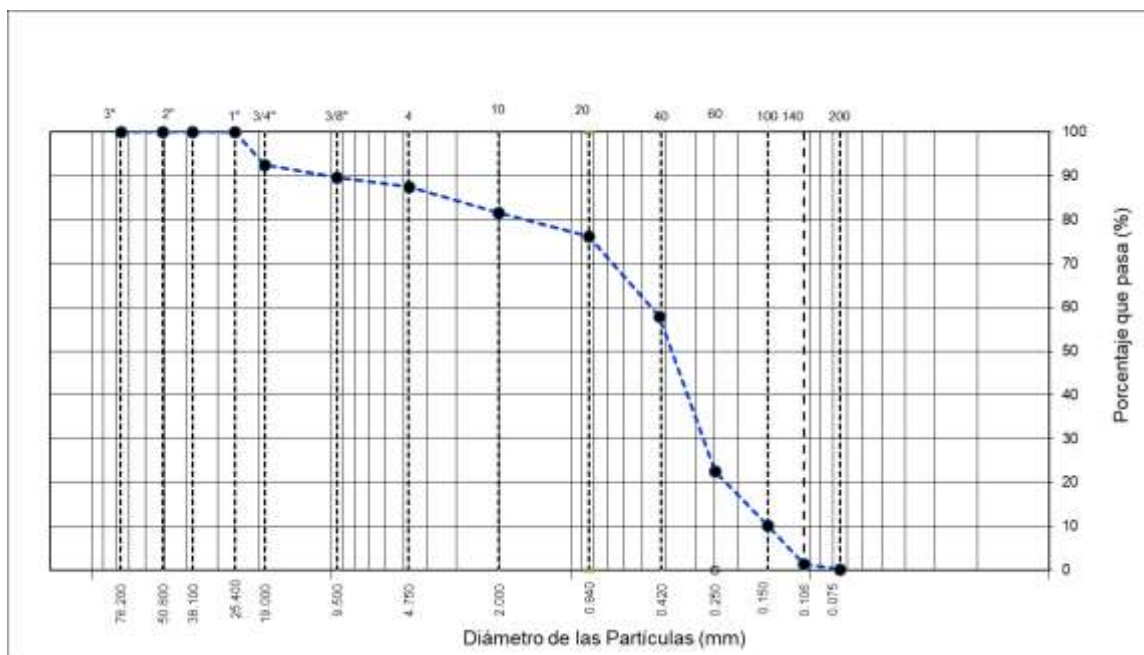


Figura 51. Curva granulométrica del material natural de calicata N°3 +adición de 7%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los estudios de mecánica de suelos los resultados obtenidos en laboratorio del material de la calicata N°3 + adición de 7% de cáscara de arroz nos arroja una clasificación de SUCS (ASTM D2487) arena pobremente gradada con Arcilla.

Tabla 34. Tamices y cantidad de peso retenido de material natural de Calicata N°03 +adición de 10% de cáscara de arroz

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)
3"	76.200	
2"	50.800	0.0
1 1/2"	38.100	0.0
1"	25.400	0.00
3/4"	19.000	29.48
3/8"	9.500	18.90
N° 4	4.750	33.30
N° 10	2.000	65.49
N° 20	0.840	61.52
N° 40	0.425	164.14
N° 60	0.250	329.85
N° 100	0.150	288.90
N° 140	0.106	80.53
N° 200	0.075	24.18
< N° 200	---	0.48

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°34 se observa la cantidad de material retenido en cada tamiz, donde se tomó una porción de 1096.14 g (peso seco) de la muestra de la Calicata N°3, para que sean zarandeadas mediante los juegos de mallas 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", N° 4, N° 10, N° 40, N° 60, N° 100, N° 140, N° 200, <N° 200, de la cual se obtuvieron determinadas características y el material se fue clasificando de acuerdo al tamaño de las partículas retenidas.

Tabla 35. Análisis granulométrico de material natural de Calicata N°03 +adición de 10% de cenizas de cáscara de arroz

Muestras	Análisis Granulométrico					
	Gravas %	Arenas %	Finos%	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Nombre del grupo
Incorporación 10%	7.2	90.5	2.2	SP-SC	A-2-4 (0)	Arena pobremente gradada con Arcilla

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°35 se encuentran los porcentajes encontrados en el ensayo de granulometría para un material natural + adición de 10% de cáscara de arroz siendo una arena pobremente gradada con Arcilla.

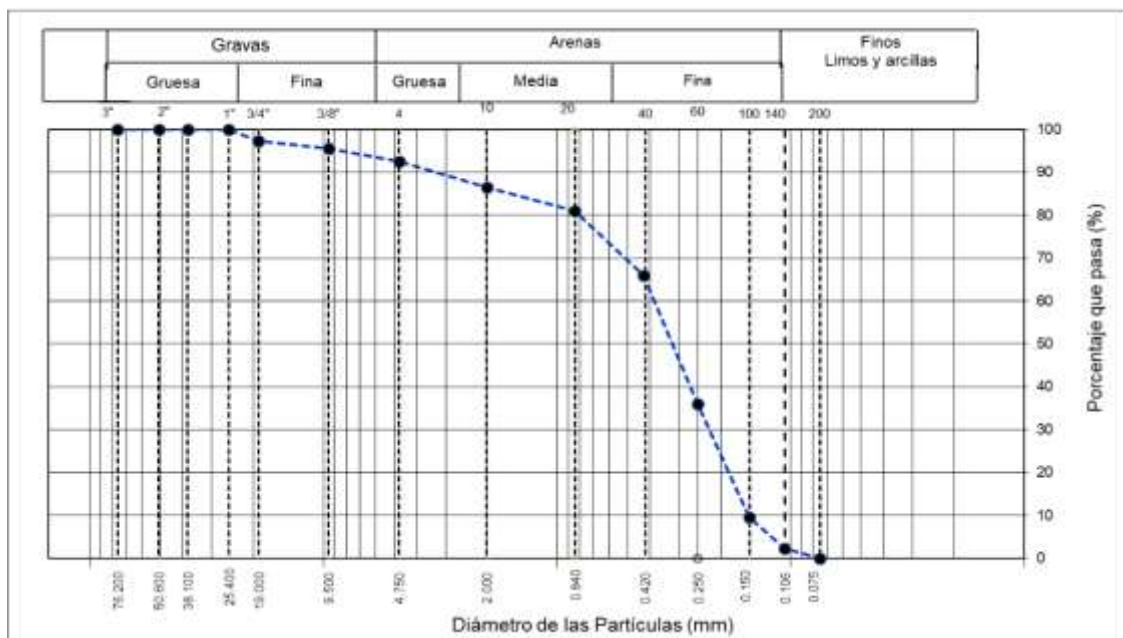


Figura 52. Curva granulométrica del material natural Calicata N°03 +adición de 10%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los estudios de mecánica de suelos los resultados obtenidos en laboratorio del material de la calicata N°2 + adición de 10% de cáscara de arroz nos arroja una clasificación de SUCS (ASTM D2487) arena pobremente gradada con Arcilla.

Límites de Atterberg

Se realizó el ensayo de límites de Atterberg o límites de consistencia bajo la norma ASTM D4318 en las muestras obtenidas de la Calicata N°03. Donde se ha determinado el límite líquido, límite plástico y el índice de plasticidad, los cuales se detallan en el siguiente cuadro.

Tabla 36. Ensayo de límites de Atterberg con incorporación 0%,4%,7%,10% de ceniza de cáscara de arroz

Muestras	Límites de Atterberg		
	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice de plasticidad (%)
Material Natural	32	28	4
Material Natural + Adición del 4% de ceniza de cáscara de arroz	36	29	7
Material Natural + Adición del 7% de ceniza de cáscara de arroz	33	22	11
Material Natural + Adición del 10% de ceniza de cáscara de arroz	24	11	13

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°36 se observan los resultados obtenidos en laboratorio con adición de 0%, 4%, 7%, 10% de ceniza de cáscara de arroz

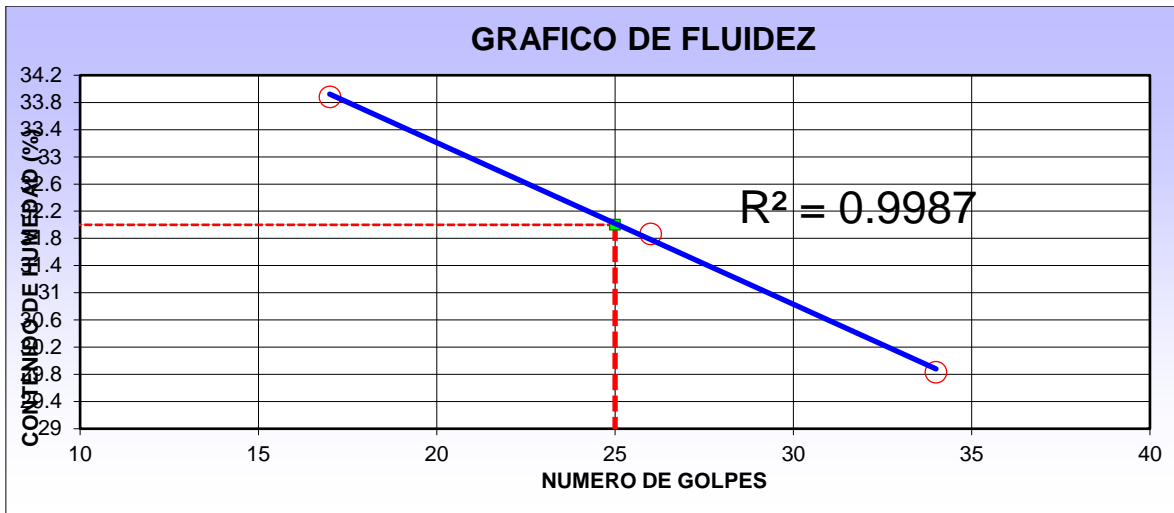


Figura 53. Diagrama de fluidez de material natural de Calicata N°03

Fuente: Elaboración propia

La muestra de material natural tiene un límite líquido de 32%, un límite plástico de 28% y un índice de plasticidad de 4%. Se concluye que la muestra es un suelo de baja plasticidad de suelos poco arcillosos.

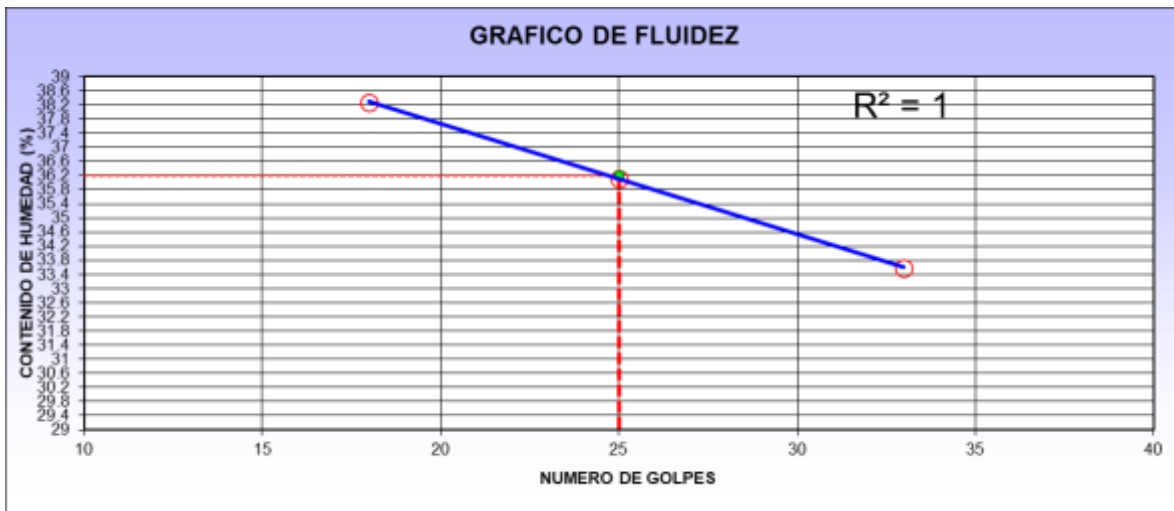


Figura 54. Diagrama de fluidez de material natural Calicata N°03 + adición del 4% de cáscara de arroz

Fuente: Elaboración propia

La muestra de material natural + adición de 4 % de cáscara de arroz tiene un límite líquido de 36%, un límite plástico de 29% y un índice de plasticidad de 7%. Se concluye que la muestra es un suelo de baja plasticidad de suelos poco arcillosos.

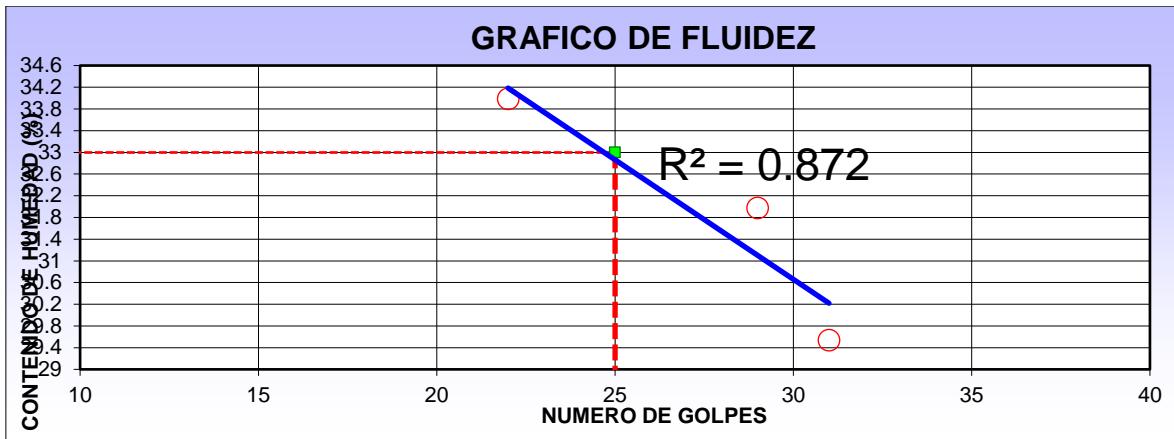


Figura 55. Diagrama de fluidez de material natural de Calicata N°03 + adición de 7% de cáscara de arroz

Fuente: Elaboración propia

La muestra de material natural + adición de 7% de cáscara de arroz tiene un límite líquido de 33%, un límite plástico de 22% y un índice de plasticidad de 11%. Se concluye que la muestra es un suelo de media plasticidad de suelos arcillosos.

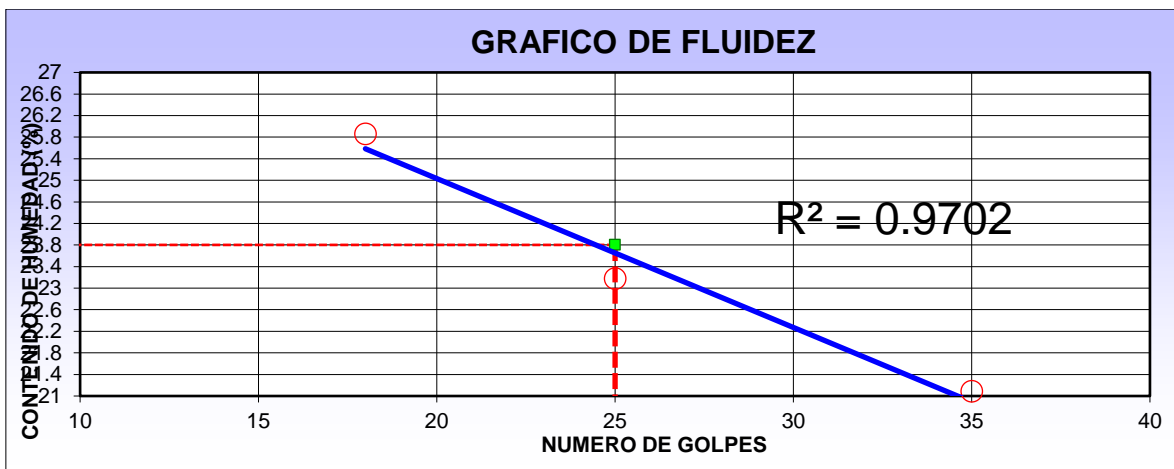


Figura 56. Diagrama de fluidez de material natural de Calicata N°3 + adición de 10% de cáscara de arroz

Fuente: Elaboración propia

La muestra de material natural + adición de 10% de cáscara de arroz tiene un límite líquido de 24%, un límite plástico de 11% y un índice de plasticidad de 13%. Se concluye que la muestra es un suelo de media plasticidad de suelos arcillosos.

- **Objetivo específico N°2:** Determinar la cantidad de ceniza de cáscara de arroz, en el mejoramiento de la máxima densidad seca de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022.



Ensayo de Proctor Modificado
NTP 339.141 (ASTM D1557)

Figura 57. Paso para desarrollar el objetivo N° 02

Fuente: Elaboración propia

Proctor Modificado

RESULTADOS CALICATA N°01

En la tabla N°37 se presentan los valores conseguidos por el ensayo de Proctor modificado bajo la norma NTP 339.141 (ASTM D-1557), donde se obtuvo la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad de cada una de las muestras.

Tabla 37. Resultados de ensayo de Proctor

Muestras	Proctor Modificado	
	Óptimo Contenido de Humedad % (OCH)	Máxima Densidad Seca g/cm ³ (MDS)
Muestra Natural	12.60%	1.75 g/cm ³
Muestra natural + adición de 4% CCA	14.10%	1.70 g/cm ³
Muestra natural + adición de 7% CCA	12.30%	1.76 g/cm ³
Muestra natural + adición de 10% CCA	12.40%	1.76g/cm ³

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos de Proctor Modificado de la muestra natural, muestra natural + adición de 4% de cáscara de arroz, muestra natural + adición de 7% de cáscara de arroz y muestra natural + adición de 10% de cáscara de arroz se representan mediante las siguientes graficas:



Figura 58. Curva óptimo contenido de humedad - máxima densidad seca de material natural

Fuente: Elaboración propia

En la figura 58 se observa que la muestra de material natural logra su máxima densidad seca al nivel de 1.75 gr/cm³ y con un óptimo contenido de humedad de 12.60%.



Figura 59. Curva óptimo contenido de humedad - máxima densidad seca de material natural + adición de 4% de cáscara de arroz

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 59 se observa que la muestra de material natural + adición de 4% de cáscara de arroz logra su máxima densidad seca al nivel de 1.70 gr/cm³ y con un óptimo contenido de humedad de 14.10%.

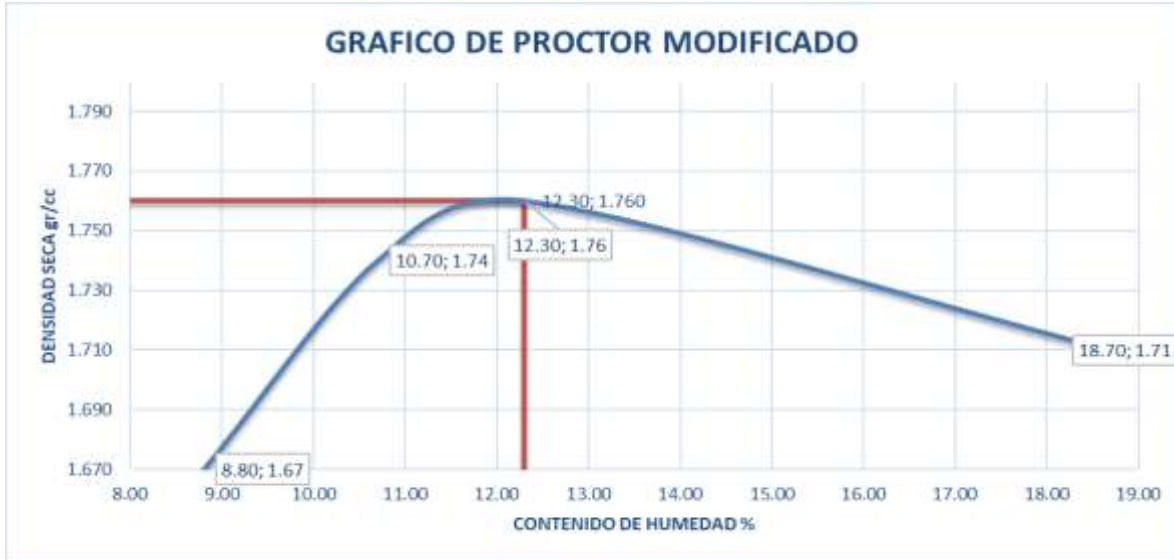


Figura 60. Curva óptimo contenido de humedad - máxima densidad seca de material natural + adición de 7% de cáscara de arroz
Fuente: Elaboración propia

En la figura 60 se observa que la muestra de material natural + adición de 7% de cáscara de arroz logra su máxima densidad seca al nivel de 1.76 gr/cm³ y con un óptimo contenido de humedad de 12.30%.

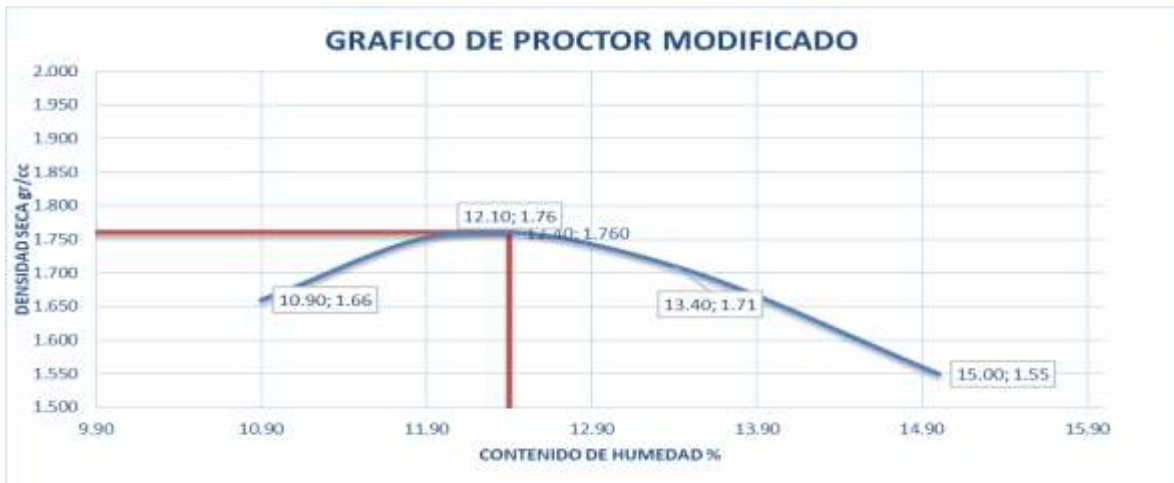


Figura 61. Curva óptimo contenido de humedad - máxima densidad seca de material natural + adición de 10% de cáscara de arroz
Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 61 se observa que la muestra de material natural + adición de 10% de cáscara de arroz logra su máxima densidad seca al nivel de 1.76 gr/cm³ y con un óptimo contenido de humedad de 12.10%.

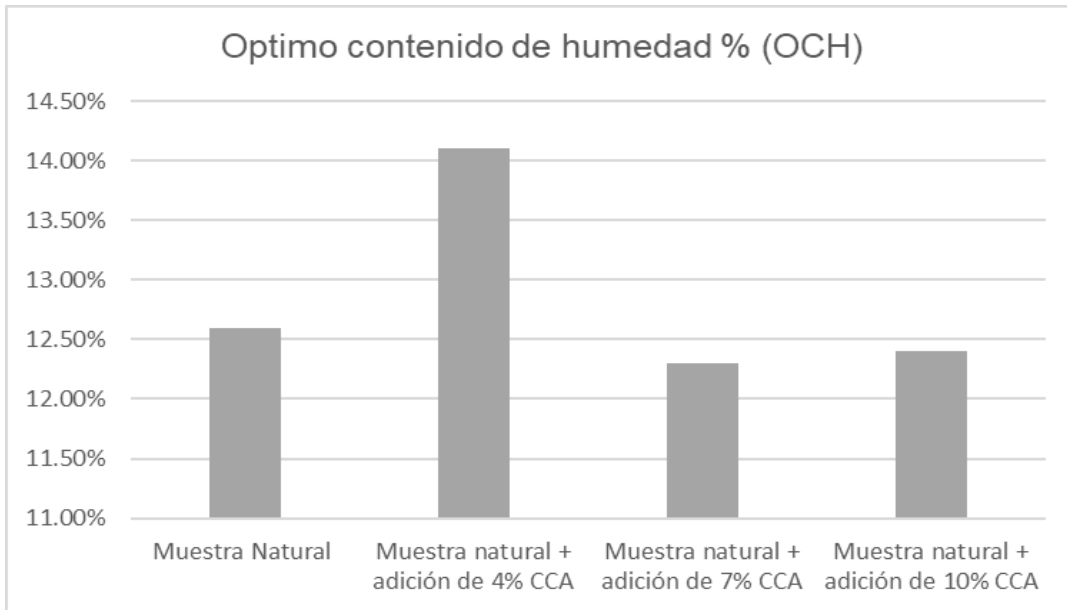


Figura 62. *Máxima densidad seca para combinaciones de suelo y ceniza de cáscara de arroz*

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 62 se observan los resultados obtenidos de óptimo contenido de humedad, que para las adiciones de ceniza de cáscara de arroz el óptimo contenido de humedad es 12.30% de la muestra natural +adición de 7% CCA.

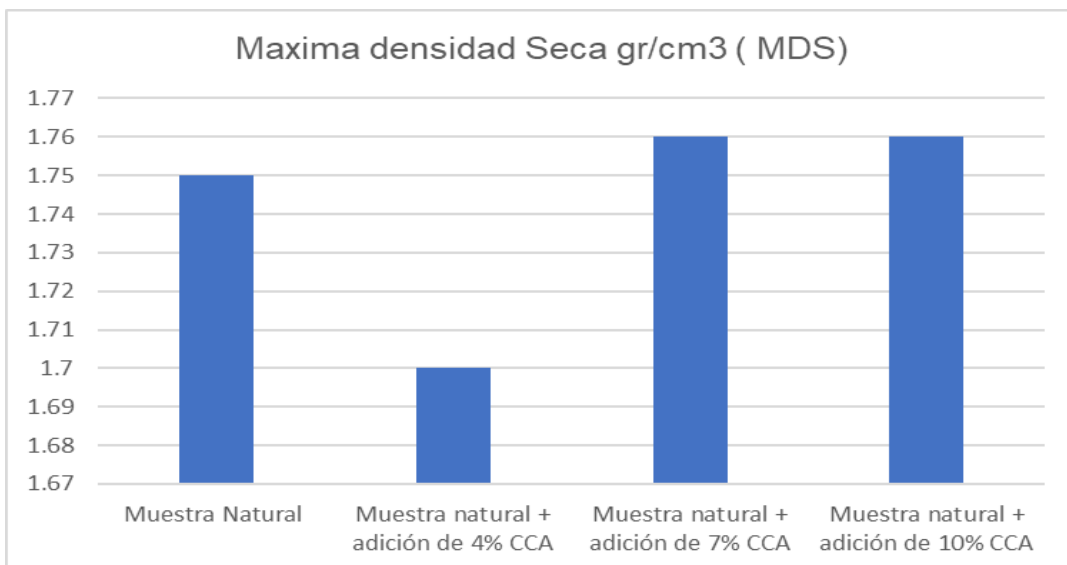


Figura 63. *Máxima densidad seca para combinaciones suelo y ceniza de cáscara de arroz*

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°63 se observa que la máxima densidad seca es 1.76 gr/cm³ que se obtiene al adicionar 7% de ceniza de cáscara de arroz y también al adicionar 10% de ceniza de cáscara de arroz.

RESULTADOS CALICATA N°02

En la tabla N°38 se presentan los valores conseguidos por el ensayo de Proctor modificado bajo la norma NTP 339.141 (ASTM D-1557), donde se obtuvo la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad de cada una de las muestras.

Tabla 38. Resultados de ensayo de Proctor Calicata N°02

Muestras	Proctor Modificado	
	Óptimo Contenido de Humedad % (OCH)	Máxima Densidad Seca g/cm ³ (MDS)
Muestra Natural	13.1%	1.74 g/cm ³
Muestra natural + adición de 4% CCA	13.6%	1.71 g/cm ³
Muestra natural + adición de 7% CCA	12.20%	1.76 g/cm ³
Muestra natural + adición de 10% CCA	12.80%	1.75 g/cm ³

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos de Proctor Modificado de la muestra natural, muestra natural + adición de 4% de cáscara de arroz, muestra natural + adición de 7% de cáscara de arroz y muestra natural + adición de 10% de cáscara de arroz se representan mediante las siguientes graficas:

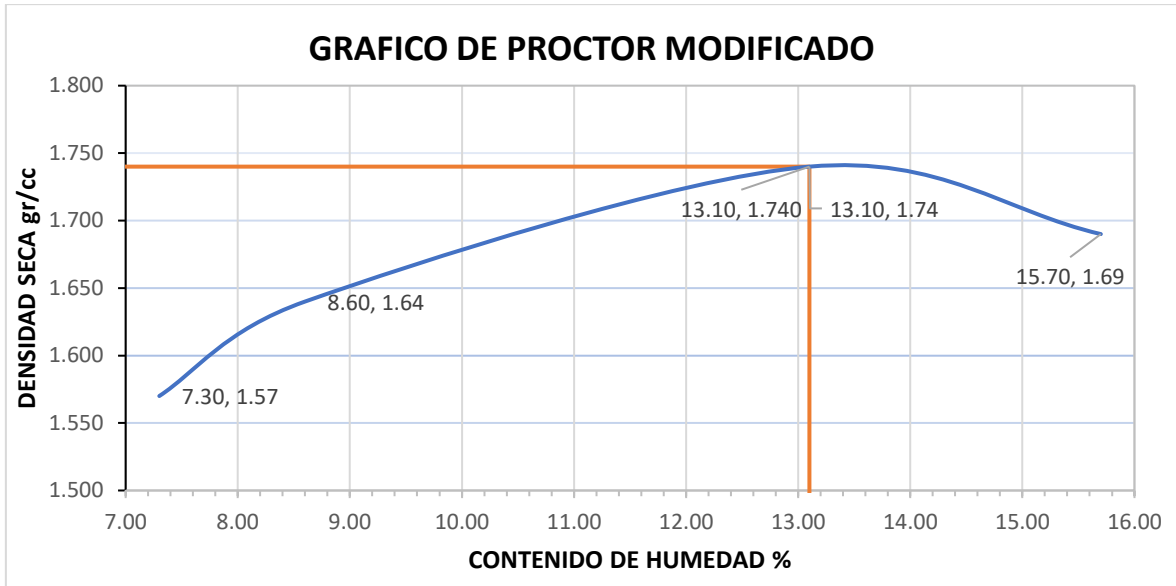


Figura 64. Curva óptimo contenido de humedad - máxima densidad seca de material natural de Calicata N°02

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 64 se observa que la muestra de material natural logra su máxima densidad seca al nivel de 1.74 gr/cm³ y con un óptimo contenido de humedad de 13.10%.

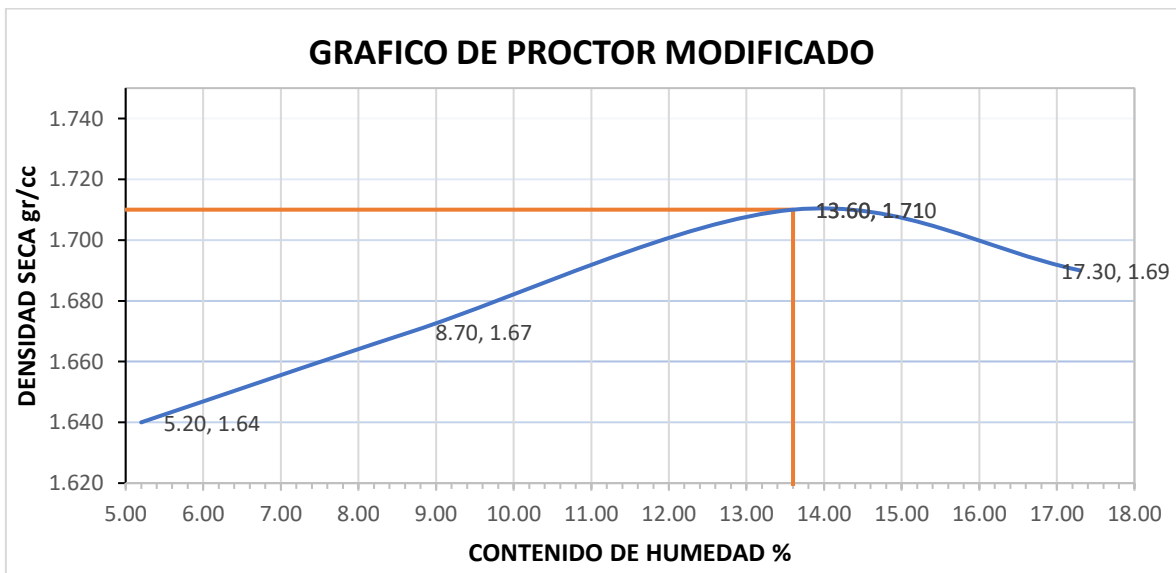


Figura 65. Curva óptimo contenido de humedad - máxima densidad seca de material natural + adición de 4% de cáscara de arroz de Calicata N°02

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 65 se observa que la muestra de material natural + adición de 4% de cáscara de arroz logra su máxima densidad seca al nivel de 1.71 gr/cm³ y con un óptimo contenido de humedad de 13.6%.

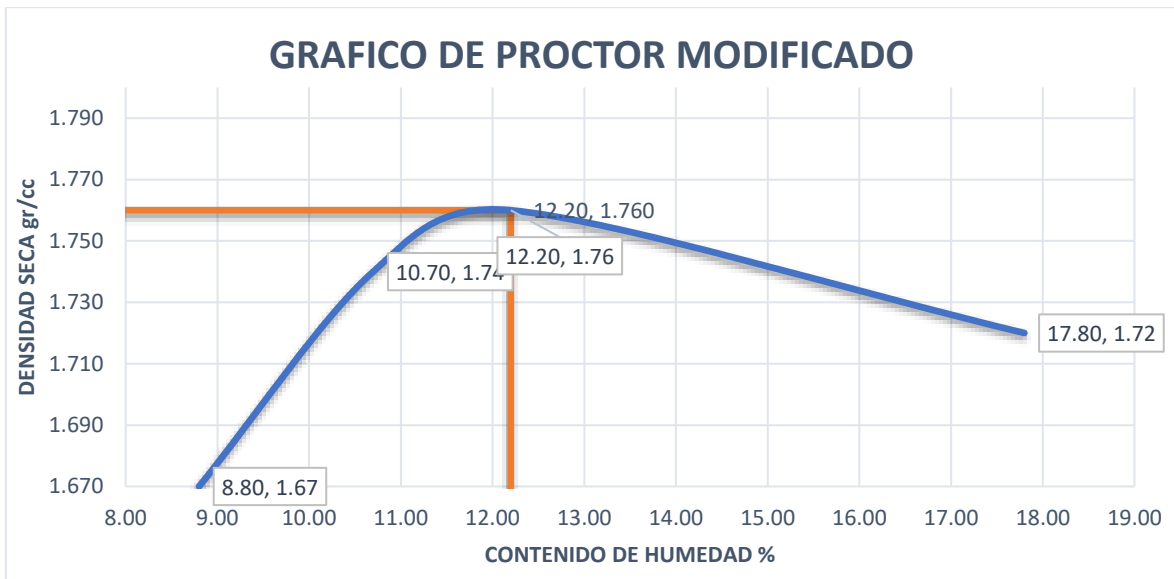


Figura 66. Curva óptimo contenido de humedad - máxima densidad seca de material natural + adición de 7% de cáscara de arroz
Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 66 se observa que la muestra de material natural + adición de 7% de cáscara de arroz logra su máxima densidad seca al nivel de 1.76 gr/cm³ y con un óptimo contenido de humedad de 12.20%.

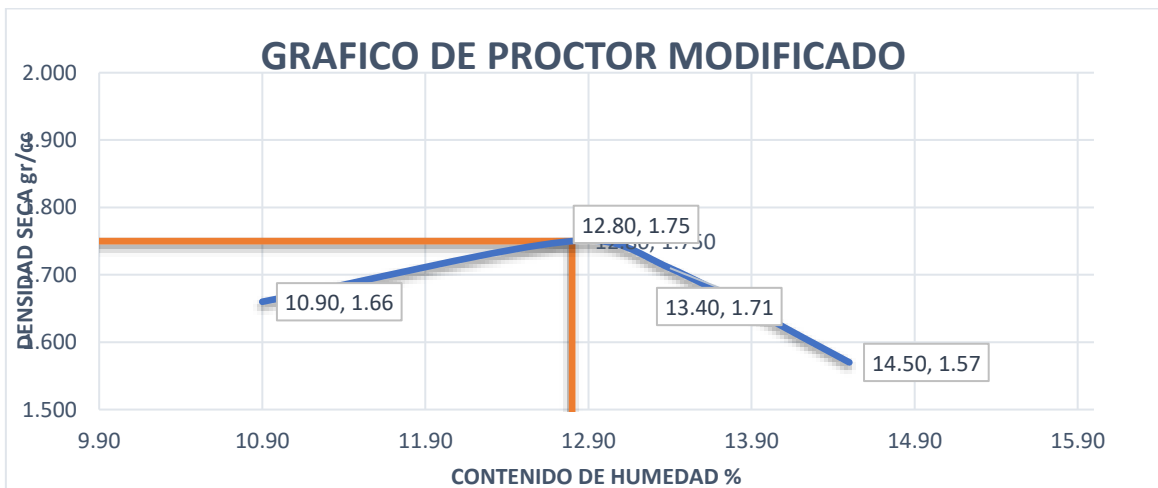


Figura 67. Curva óptimo contenido de humedad - máxima densidad seca de material natural + adición de 10% de cáscara de arroz
Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 67 se observa que la muestra de material natural + adición de 10% de cáscara de arroz logra su máxima densidad seca al nivel de 1.76 gr/cm³ y con un óptimo contenido de humedad de 12.10%.

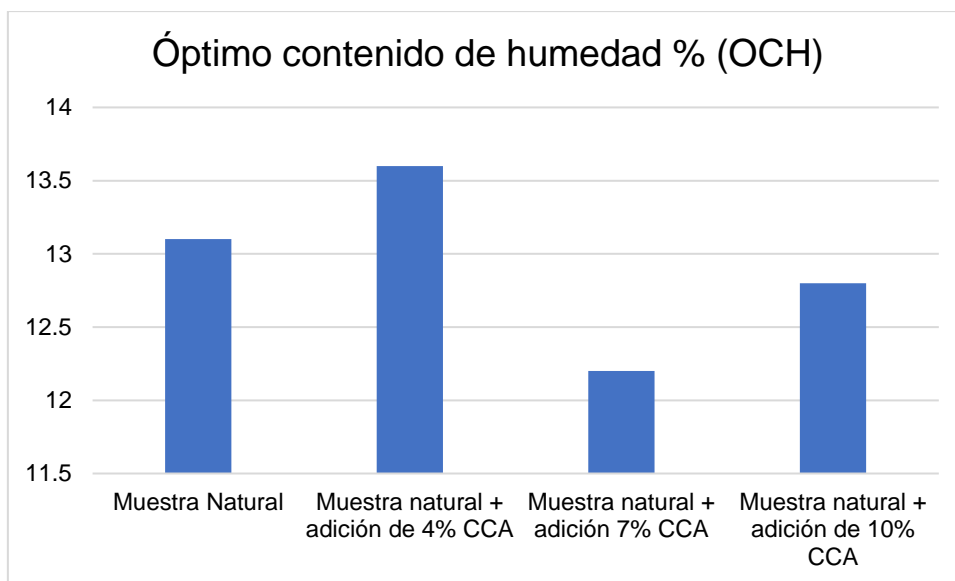


Figura 68. *Máxima densidad seca para combinaciones de suelo y ceniza de cáscara de arroz*

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 68 se observan los resultados obtenidos de óptimo contenido de humedad, que para las adiciones de ceniza de cáscara de arroz el óptimo contenido de humedad es 12.30% de la muestra natural + adición de 7% CCA.

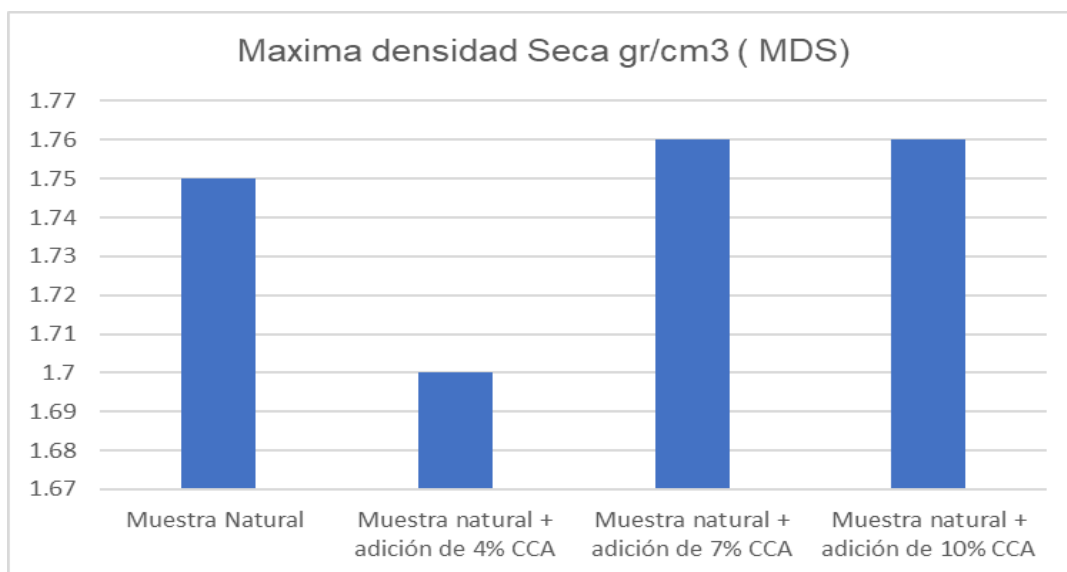


Figura 69. *Máxima densidad seca para combinaciones suelo y ceniza de cáscara de arroz*

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°69 se observa que la máxima densidad seca es 1.76 gr/cm³ que se obtiene al adicionar 7% de ceniza de cáscara de arroz y también al adicionar 10% de ceniza de cáscara de arroz.

RESULTADOS CALICATA N°03

En la tabla N°39 se presentan los valores conseguidos por el ensayo de Proctor modificado bajo la norma NTP 339.141 (ASTM D-1557), donde se obtuvo la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad de cada una de las muestras.

Tabla 39. Resultados de ensayo de Proctor

Muestras	Proctor Modificado	
	Óptimo Contenido de Humedad % (OCH)	Máxima Densidad Seca g/cm ³ (MDS)
Muestra Natural	12.70%	1.75 g/cm ³
Muestra natural + adición de 4% CCA	13.70%	1.71 g/cm ³
Muestra natural + adición de 7% CCA	12.50%	1.76 g/cm ³
Muestra natural + adición de 10% CCA	13.30%	1.76g/cm ³

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos de Proctor Modificado de la muestra natural, muestra natural + adición de 4% de cáscara de arroz, muestra natural + adición de 7% de cáscara de arroz y muestra natural + adición de 10% de cáscara de arroz se representan mediante las siguientes graficas:

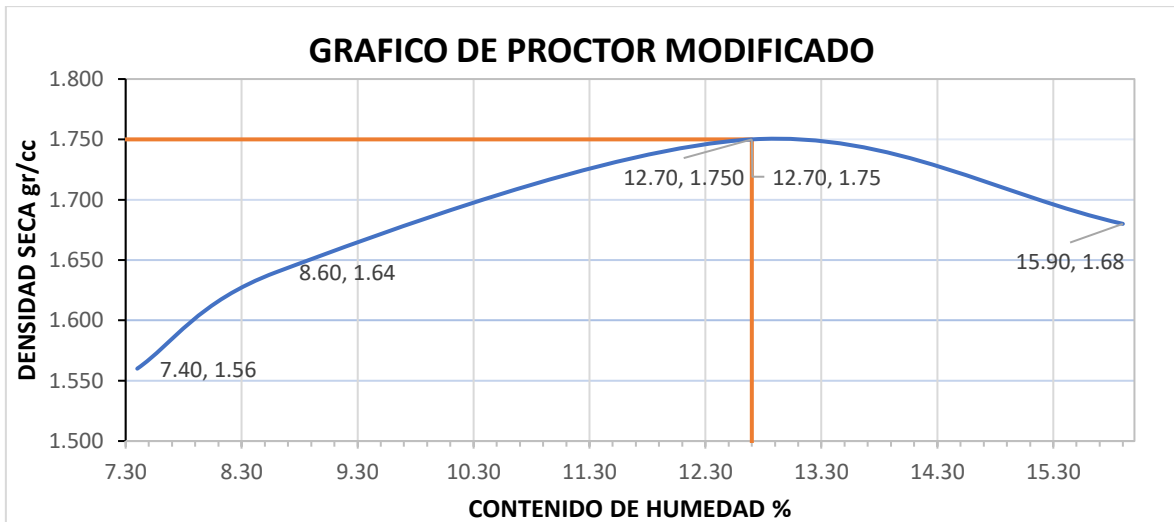


Figura 70. Curva óptimo contenido de humedad - máxima densidad seca de material natural

Fuente: Elaboración propia

En la figura 70 se observa que la muestra de material natural logra su máxima densidad seca al nivel de 1.75 gr/cm³ y con un óptimo contenido de humedad de 12.70%.

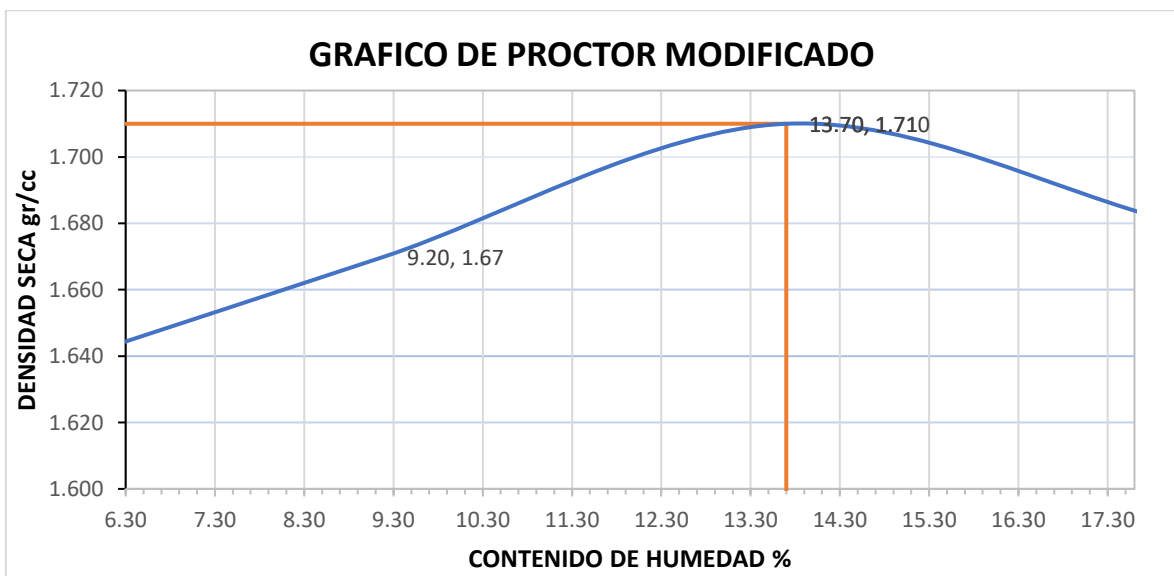


Figura 71. Curva óptimo contenido de humedad - máxima densidad seca de material natural + adición de 4% de cáscara de arroz

Fuente: Elaboración propia

En la figura 71 se observa que la muestra de material natural + adición de 4% de cáscara de arroz logra su máxima densidad seca al nivel de 1.71 gr/cm³ y con un óptimo contenido de humedad de 13.70%.

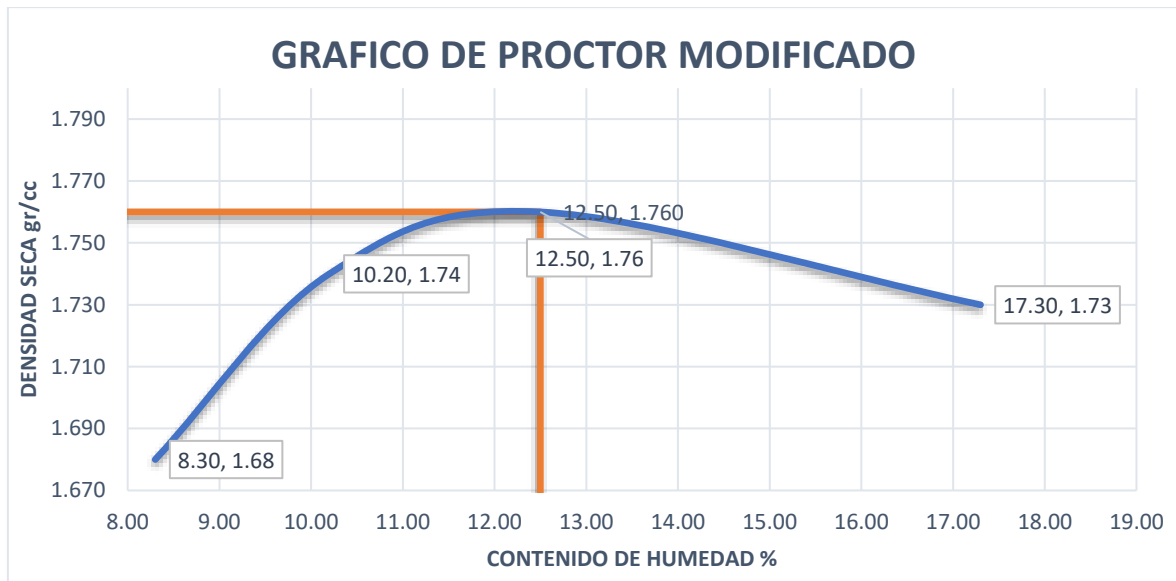


Figura 72. Curva óptimo contenido de humedad - máxima densidad seca de material natural + adición de 7% de cáscara de arroz
Fuente: Elaboración propia

En la figura 72 se observa que la muestra de material natural + adición de 7% de cáscara de arroz logra su máxima densidad seca al nivel de 1.76 gr/cm³ y con un óptimo contenido de humedad de 12.50%.

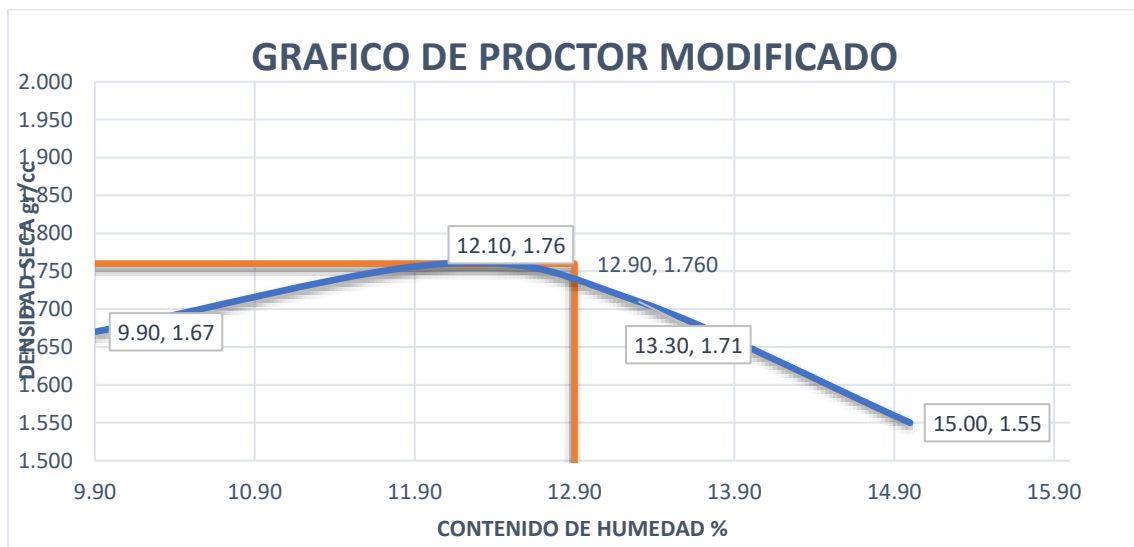


Figura 73. Curva óptimo contenido de humedad - máxima densidad seca de material natural + adición de 10% de cáscara de arroz
Fuente: Elaboración propia

En la figura 73 se observa que la muestra de material natural + adición de 10% de cáscara de arroz logra su máxima densidad seca al nivel de 1.76 gr/cm³ y con un óptimo contenido de humedad de 13.30%.

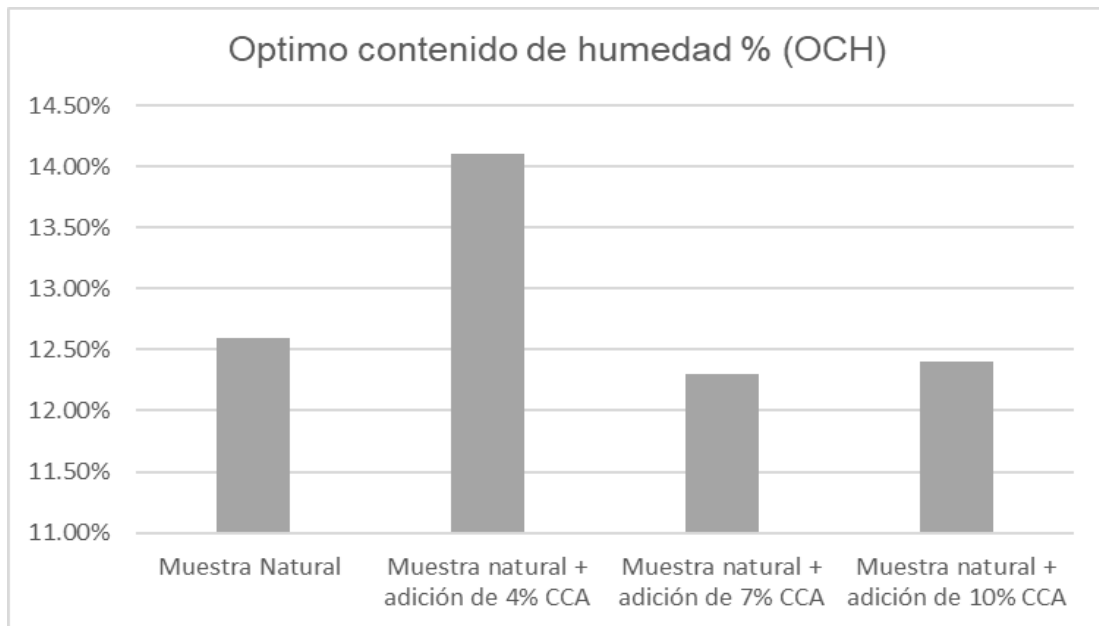


Figura 74. *Máxima densidad seca para combinaciones de suelo y ceniza de cáscara de arroz*

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 74 se observan los resultados obtenidos de óptimo contenido de humedad, que para las adiciones de ceniza de cáscara de arroz el óptimo contenido de humedad es 12.50% de la muestra natural +adición de 7% CCA.

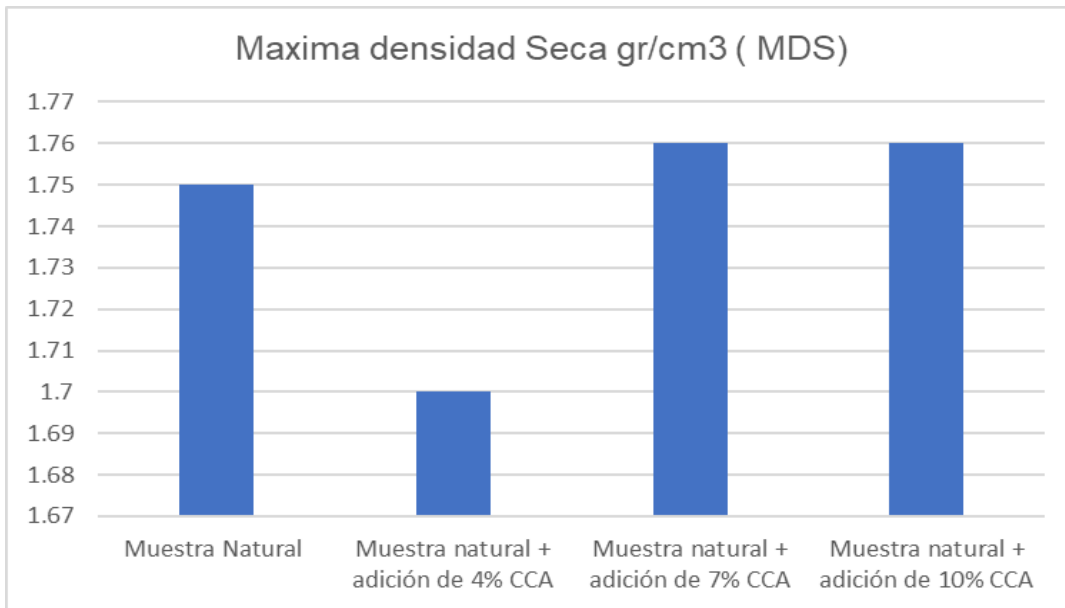


Figura 75. *Máxima densidad seca para combinaciones suelo y ceniza de cáscara de arroz*

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°75 se observa que la máxima densidad seca es 1.76 gr/cm³ que se obtiene al adicionar 7% de ceniza de cáscara de arroz y también al adicionar 10% de ceniza de cáscara de arroz.

Objetivo específico N°3: Determinar la cantidad de ceniza de cáscara de arroz, en el mejoramiento de la resistencia al esfuerzo cortante de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022.

RESULTADOS CALICATA N°01



Ensayo de California Bearing Ratio NTP 339.145 (ASTM D1883)

Figura 76. *Paso para desarrollar el objetivo N° 03*

Fuente: Elaboración propia

Ensayo de CBR

En la tabla N°40 se presentan los valores conseguidos por el ensayo de CBR modificado bajo la norma ASTM D -1883, donde se obtuvo los porcentajes al 100%.

Tabla 40. Resultados de CBR

Muestra	CBR 100%
Material Natural	23.39%
Material natural + adición de 4%CCA	31.00%
Material natural + 7% CCA	34.27%
Material natural + 10% CCA	32.42%

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que el valor del CBR va aumentando hasta que llega a un límite donde disminuye, el valor óptimo encontrado para estas combinaciones presentadas es el material + la adición de 7% de ceniza de cáscara de arroz, el valor es 34.27% cuando el CBR llega al 100%.

En la tabla N°41 se puede observar la cantidad de golpes y el grado de penetración de 0.1" y 0.2" pulgadas.

Tabla 41. Ensayo del CBR material natural

CBR			
MOLDE	MDS	0.1"	0.2"
1 (10 GOLPES)	1.853	17.06	20.67
2 (25 GOLPES)	2.041	22.50	23.76
3 (56 GOLPES)	2.110	23.39	34.20

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°77 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural a los 56 golpes

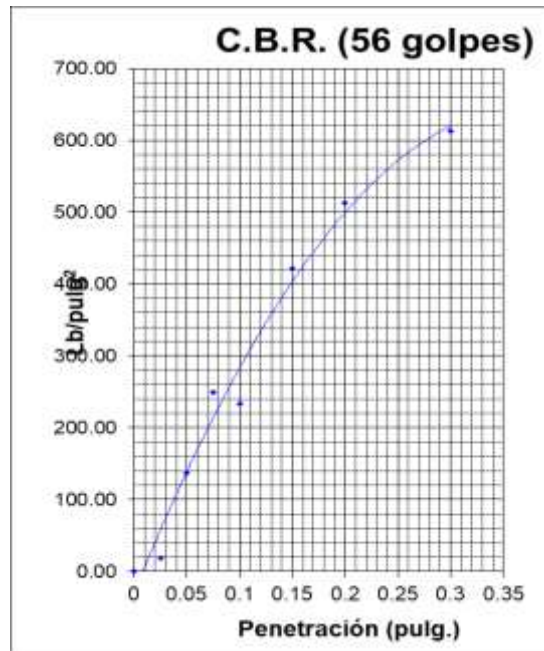


Figura 77. Curva de CBR material natural a los 56 golpes

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°78 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural a los 25 golpes

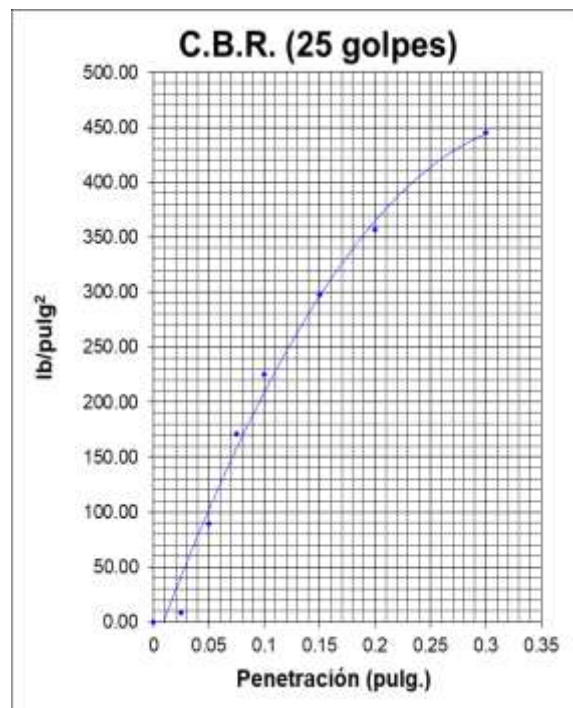


Figura 78. Curva de CBR material natural a los 25 golpes

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°79 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural a los 10 golpes

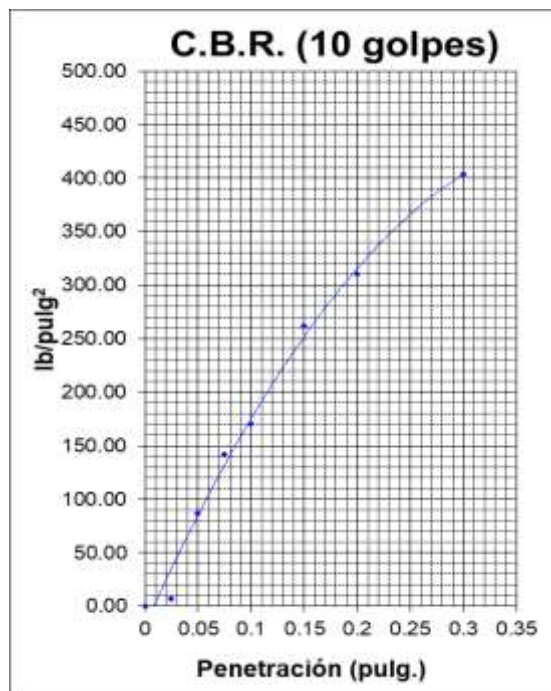


Figura 79. Curva de CBR material natural a los 10 golpes

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°42 se puede observar la cantidad de golpes y el grado de penetración de 0.1" y 0.2" pulgadas.

Tabla 42. Ensayo del CBR material natural + adición de 4% de cenizas de Cáscara de arroz

CBR			
MOLDE	MDS	0.1"	0.2"
1 (10 GOLPES)	1.927	17.06	20.67
2 (25 GOLPES)	1.945	26.16	24.23
3 (56 GOLPES)	1.970	31.00	29.11

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°80 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural+ adición 4 % cenizas de cáscara de arroz a los 56 golpes

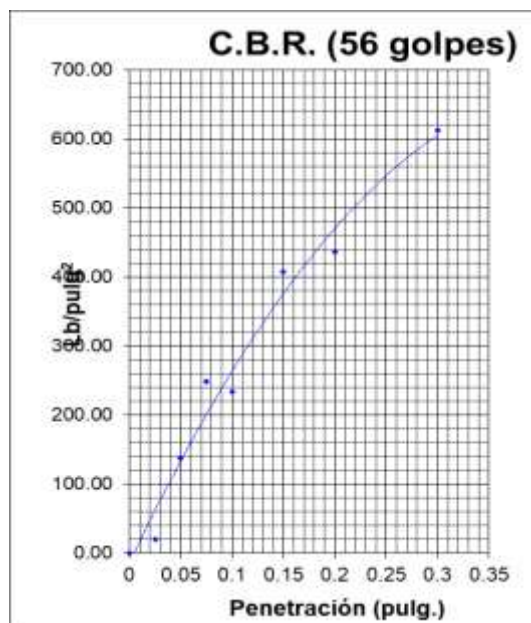


Figura 80. Curva de CBR material natural + adición 4% cenizas de cáscara de arroz a los 56 golpes
 Fuente: Elaboración propia

En la figura N°81 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural+ adición 4 % cenizas de cáscara de arroz a los 25 golpes

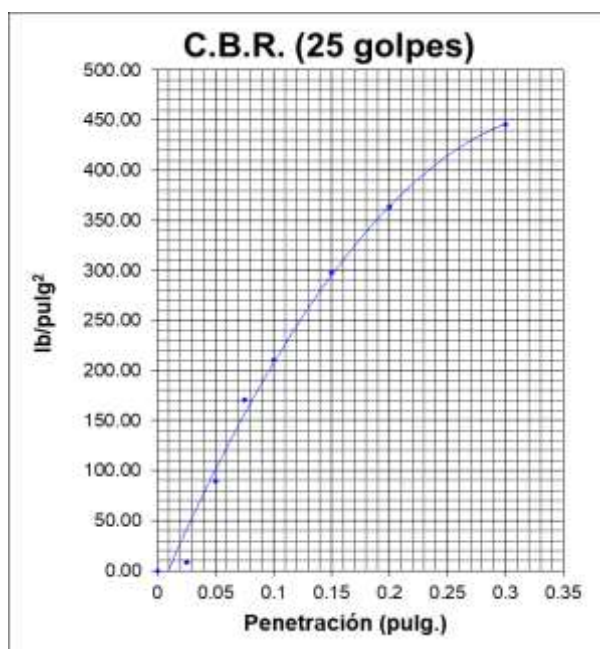


Figura 81. Curva de CBR material natural + adición 4% cenizas de cáscara de arroz a los 25 golpes
 Fuente: Elaboración propia

En la figura N°82 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural+ adición 4 % cenizas de cáscara de arroz a los 10 golpes.

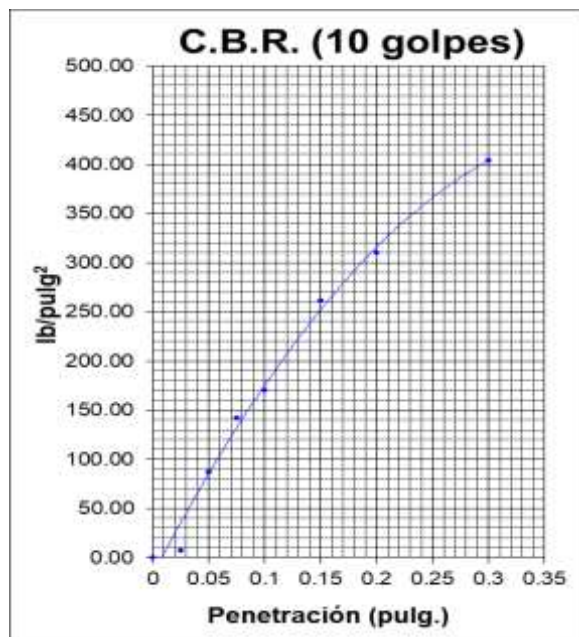


Figura 82. Curva de CBR material natural + adición 4% cenizas de cáscara de arroz a los 10 golpes

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°43 se puede observar la cantidad de golpes y el grado de penetración de 0.1" y 0.2" pulgadas.

Tabla 43. Ensayo del CBR material natural + adición de 7% de cenizas de Cáscara de arroz

MOLDE	CBR		
	MDS	0.1"	0.2"
1 (10 GOLPES)	1.733	29.15	27.87
2 (25 GOLPES)	1.755	30.57	30.43
3 (56 GOLPES)	1.764	34.27	36.88

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°83 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural+ adición 7% cenizas de cáscara de arroz a los 56 golpes

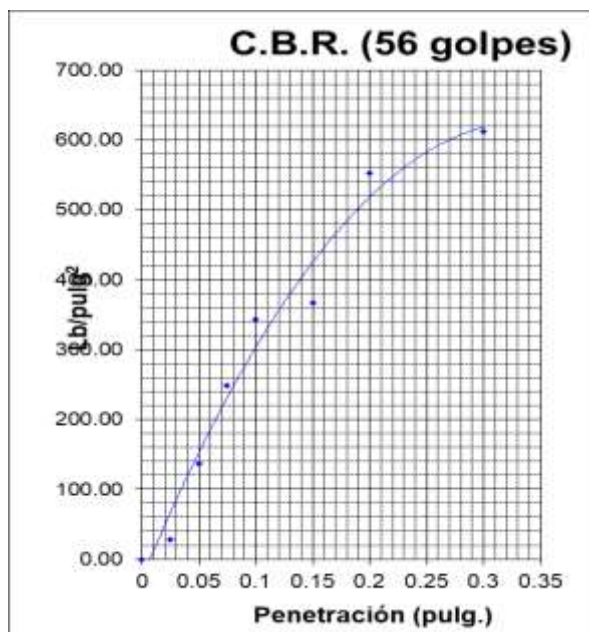


Figura 83. Curva de CBR material natural + adición 7% cenizas de cáscara de arroz a los 56 golpes
Fuente: Elaboración propia

En la figura N°84 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural+ adición 7% cenizas de cáscara de arroz a los 25 golpes

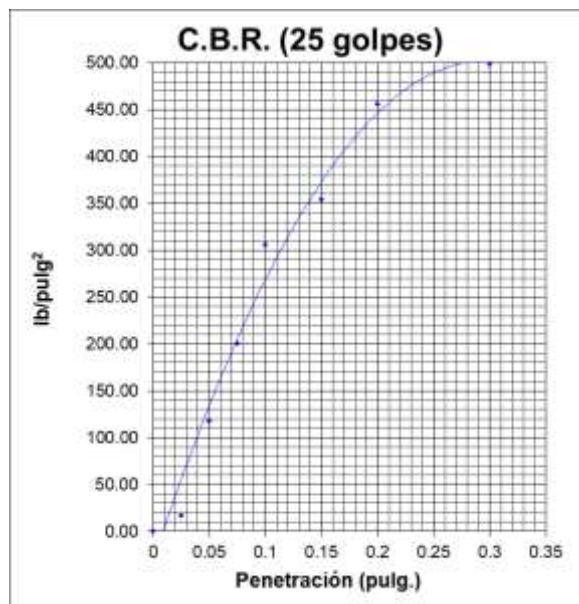


Figura 84. Curva de CBR material natural + adición 7% cenizas de cáscara de arroz a los 25 golpes
Fuente: Elaboración propia

En la figura N°85 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural+ adición 7% cenizas de cáscara de arroz a los 10 golpes.

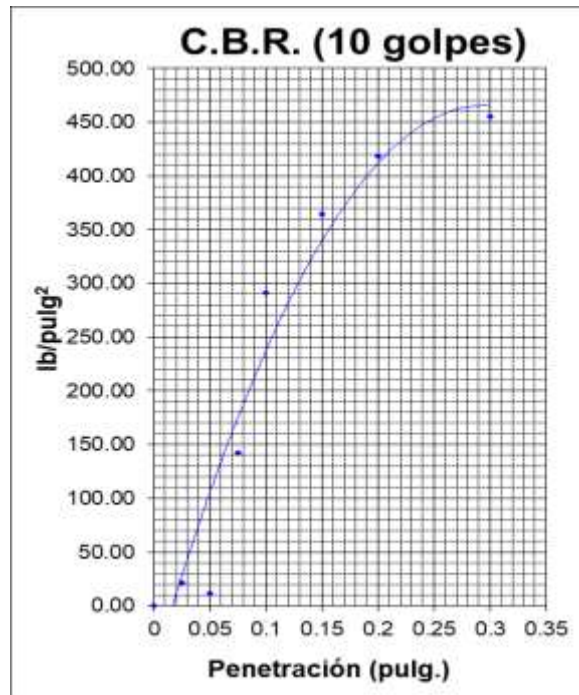


Figura 85. Curva de CBR material natural + adición 7% cenizas de cáscara de arroz a los 10 golpes
 Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°44 se puede observar la cantidad de golpes y el grado de penetración de 0.1" y 0.2" pulgadas.

Tabla 44. Ensayo del CBR material natural + adición de 10% de cenizas de Cáscara de arroz

MOLDE	CBR		
	MDS	0.1"	0.2"
1 (10 GOLPES)	1.656	25.74	25.41
2 (25 GOLPES)	1.682	28.16	29.39
3 (56 GOLPES)	1.701	32.42	33.37

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°86 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural+ adición 10% cenizas de cáscara de arroz a los 56 golpes

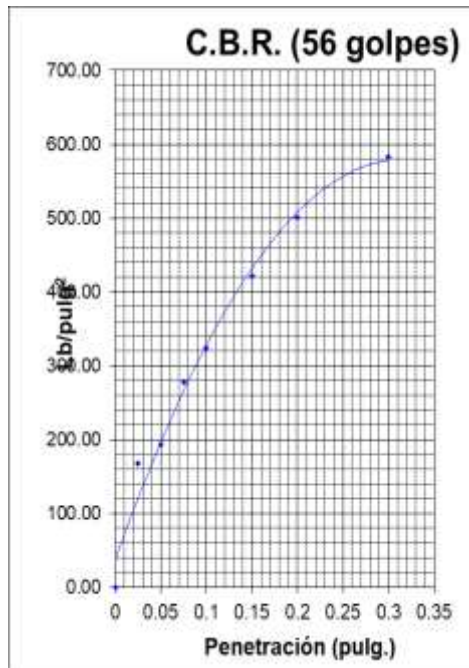


Figura 86. Curva de CBR material natural + adición 10% cenizas de cáscara de arroz a los 56 golpes
 Fuente: Elaboración propia

En la figura N°87 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural+ adición 10% cenizas de cáscara de arroz a los 25 golpes

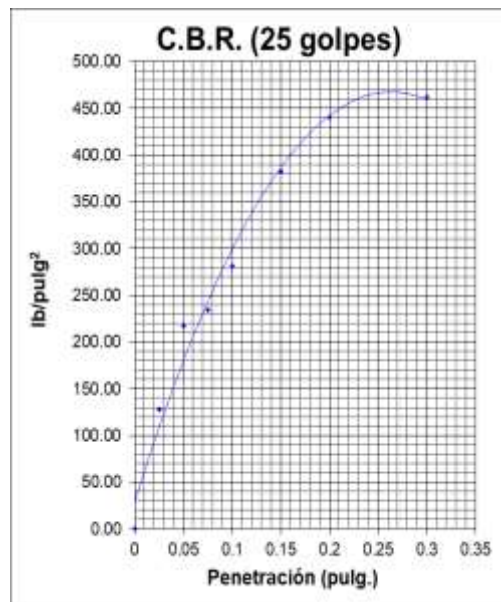


Figura 87. Curva de CBR material natural + adición 10% cenizas de cáscara de arroz a los 25 golpes
 Fuente: Elaboración propia

En la figura N°88 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural+ adición 10% cenizas de cáscara de arroz a los 10 golpes

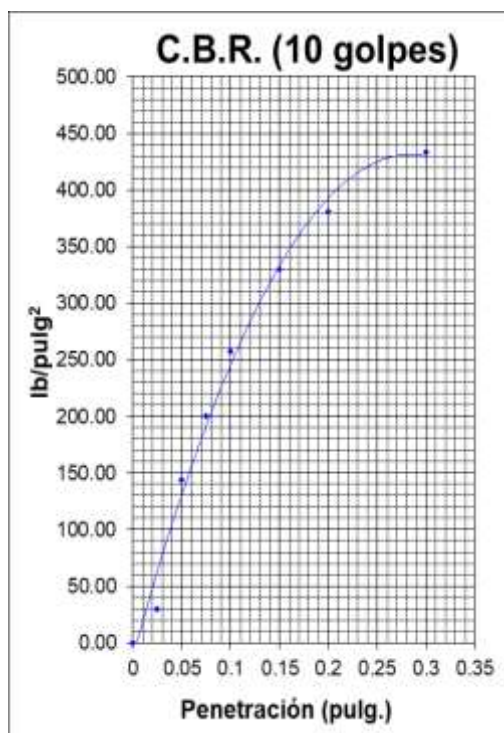


Figura 88. Curva de CBR material natural + adición 10% cenizas de cáscara de arroz a los 10 golpes

Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS CALICATA N°02

Ensayo de CBR

En la tabla N°45 se presentan los valores conseguidos por el ensayo de CBR modificado bajo la norma ASTM D -1883, donde se obtuvo los porcentajes al 100%.

Tabla 45. Resultados de CBR

Muestra	CBR 100%
Material Natural	23.18%
Material natural + adición de 4%CCA	30.86%
Material natural + 7% CCA	34.13%
Material natural + 10% CCA	32.28%

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que el valor del CBR va aumentando hasta que llega a un límite donde disminuye, el valor óptimo encontrado para estas combinaciones

presentadas es el material + la adición de 7% de ceniza de cáscara de arroz, el valor es 34.13% cuando el CBR llega al 100%.

En la tabla N°46 se puede observar la cantidad de golpes y el grado de penetración de 0.1" y 0.2" pulgadas.

Tabla 46. Ensayo del CBR material natural

CBR			
MOLDE	MDS	0.1"	0.2"
1 (10 GOLPES)	1.853	17.06	20.67
2 (25 GOLPES)	2.041	22.50	23.76
3 (56 GOLPES)	2.110	23.39	34.20

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°89 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural a los 56 golpes

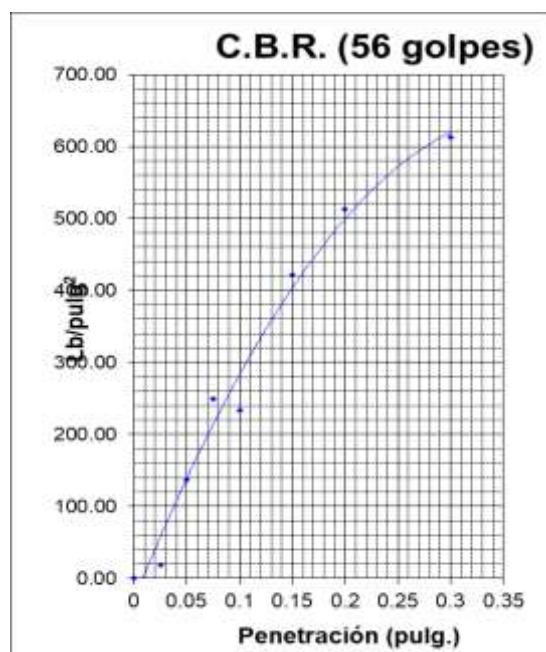


Figura 89. Curva de CBR material natural a los 56 golpes

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°90 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural a los 25 golpes

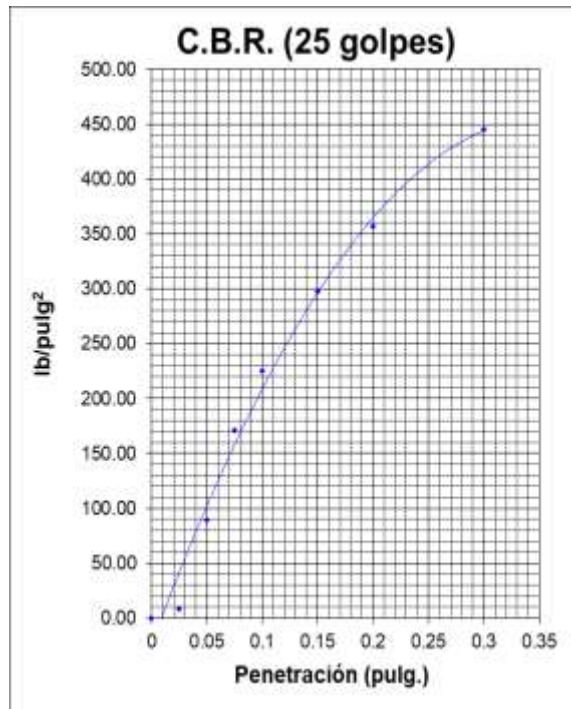


Figura 90. Curva de CBR material natural a los 25 golpes

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°91 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural a los 10 golpes

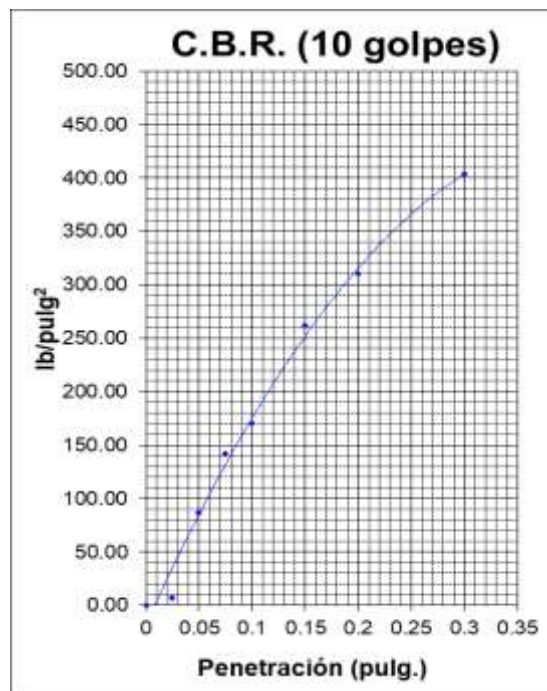


Figura 91. Curva de CBR material natural a los 10 golpes

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°47 se puede observar la cantidad de golpes y el grado de penetración de 0.1" y 0.2" pulgadas.

Tabla 47. *Ensayo del CBR material natural + adición de 4% de cenizas de Cáscara de arroz*

CBR			
MOLDE	MDS	0.1"	0.2"
1 (10 GOLPES)	1.927	17.06	20.67
2 (25 GOLPES)	1.945	26.16	24.23
3 (56 GOLPES)	1.970	31.00	29.11

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°92 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural+ adición 4 % cenizas de cáscara de arroz a los 56 golpes

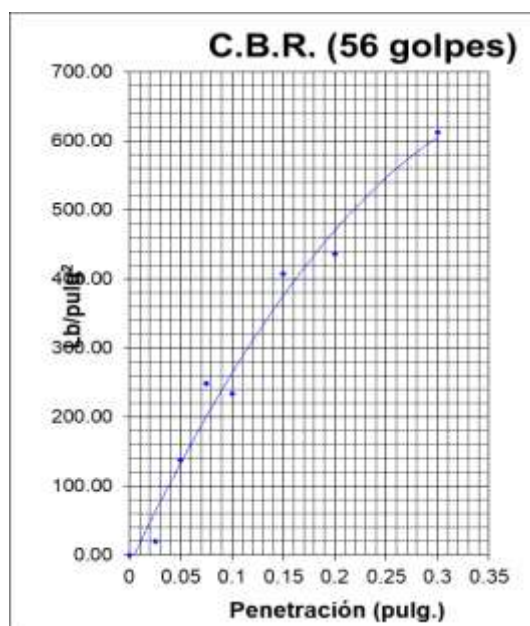


Figura 92. *Curva de CBR material natural + adición 4% cenizas de cáscara de arroz a los 56 golpes*

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°93 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural+ adición 4 % cenizas de cáscara de arroz a los 25 golpes

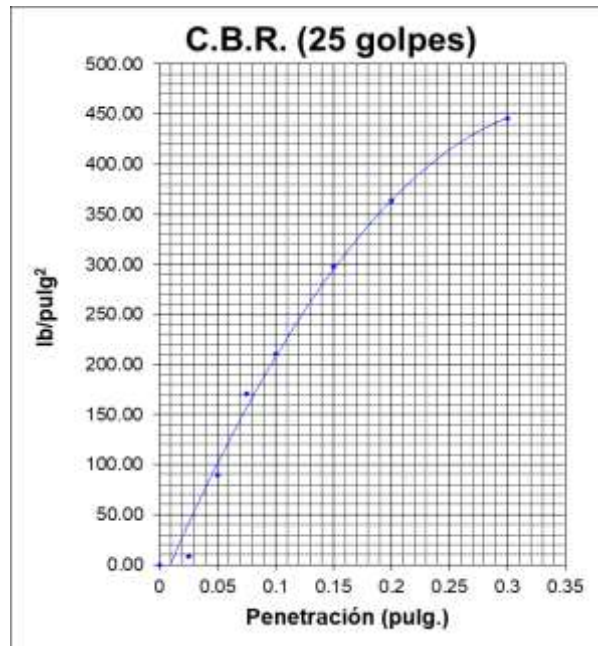


Figura 93. Curva de CBR material natural + adición 4% cenizas de cáscara de arroz a los 25 golpes
 Fuente: Elaboración propia

En la figura N°94 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural+ adición 4 % cenizas de cáscara de arroz a los 10 golpes.

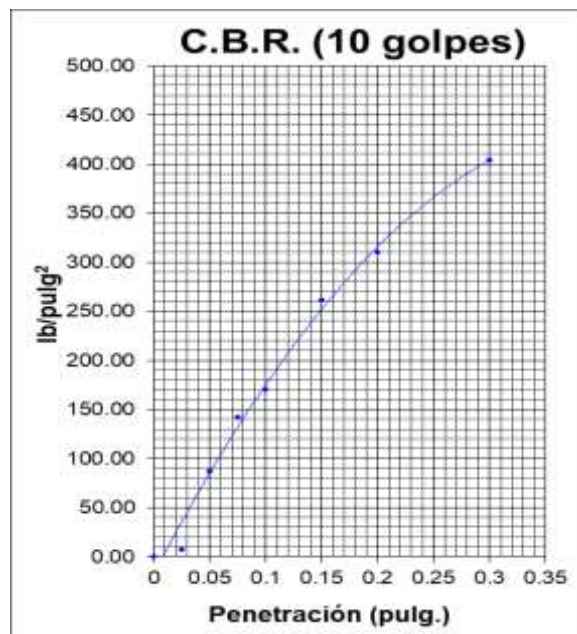


Figura 94. Curva de CBR material natural + adición 4% cenizas de cáscara de arroz a los 10 golpes
 Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°48 se puede observar la cantidad de golpes y el grado de penetración de 0.1" y 0.2" pulgadas.

Tabla 48. *Ensayo del CBR material natural + adición de 7% de cenizas de Cáscara de arroz*

CBR			
MOLDE	MDS	0.1"	0.2"
1 (10 GOLPES)	1.733	29.15	27.87
2 (25 GOLPES)	1.755	30.57	30.43
3 (56 GOLPES)	1.764	34.27	36.88

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°95 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural+ adición 7% cenizas de cáscara de arroz a los 56 golpes

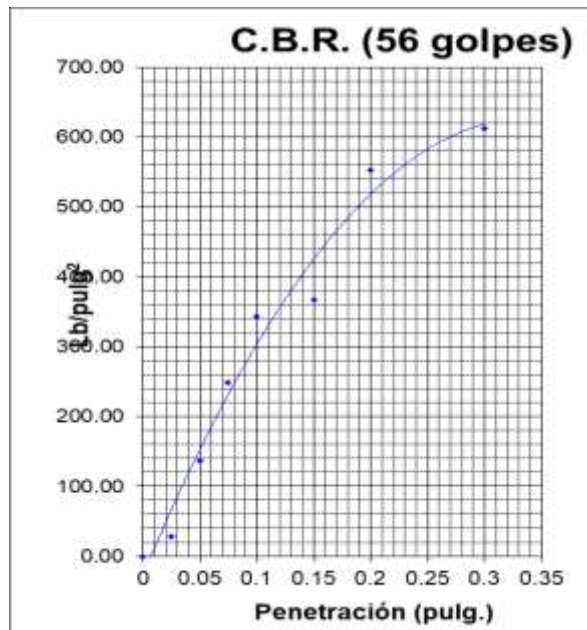


Figura 95. *Curva de CBR material natural + adición 7% cenizas de cáscara de arroz a los 56 golpes*

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°96 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural+ adición 7% cenizas de cáscara de arroz a los 25 golpes

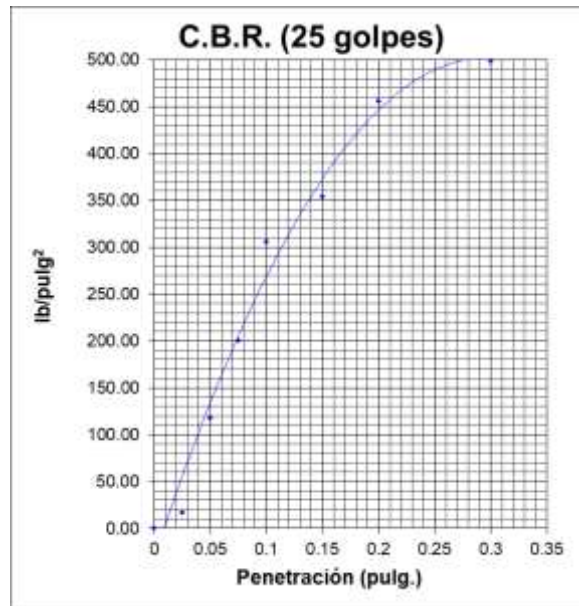


Figura 96. Curva de CBR material natural + adición 7% cenizas de cáscara de arroz a los 25 golpes

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°97 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural+ adición 7% cenizas de cáscara de arroz a los 10 golpes.

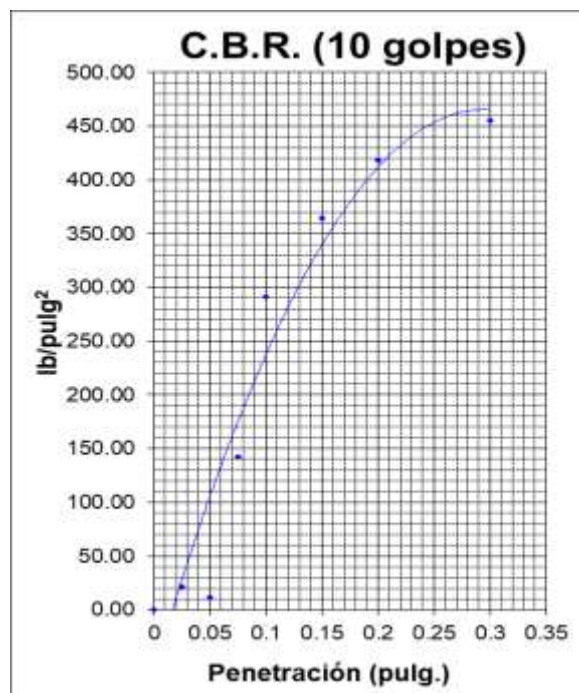


Figura 97. Curva de CBR material natural + adición 7% cenizas de cáscara de arroz a los 10 golpes

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°49 se puede observar la cantidad de golpes y el grado de penetración de 0.1" y 0.2" pulgadas.

Tabla 49. *Ensayo del CBR material natural + adición de 10% de cenizas de Cáscara de arroz*

MOLDE	CBR		
	MDS	0.1"	0.2"
1 (10 GOLPES)	1.656	25.74	25.41
2 (25 GOLPES)	1.682	28.16	29.39
3 (56 GOLPES)	1.701	32.42	33.37

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°98 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural+ adición 10% cenizas de cáscara de arroz a los 56 golpes

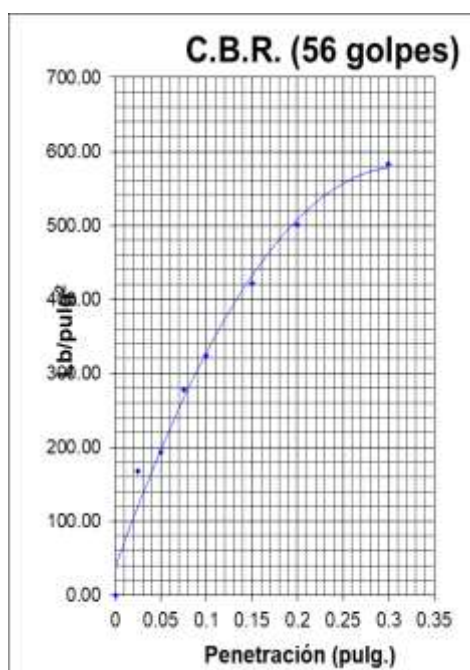


Figura 98. *Curva de CBR material natural + adición 10% cenizas de cáscara de arroz a los 56 golpes*

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°99 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural+ adición 10% cenizas de cáscara de arroz a los 25 golpes

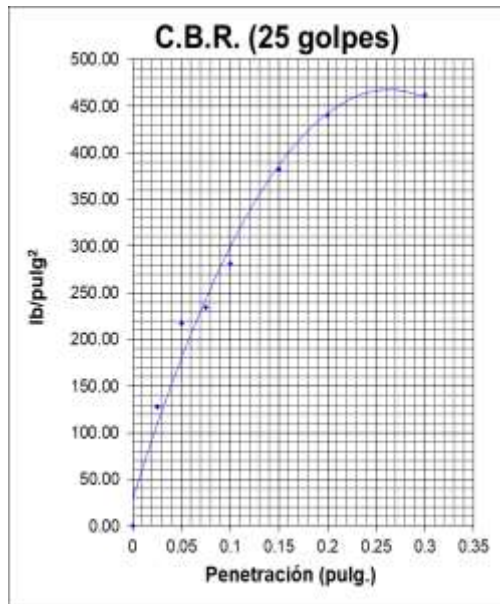


Figura 99. Curva de CBR material natural + adición 10% cenizas de cáscara de arroz a los 25 golpes

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°100 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural+ adición 10% cenizas de cáscara de arroz a los 10 golpes

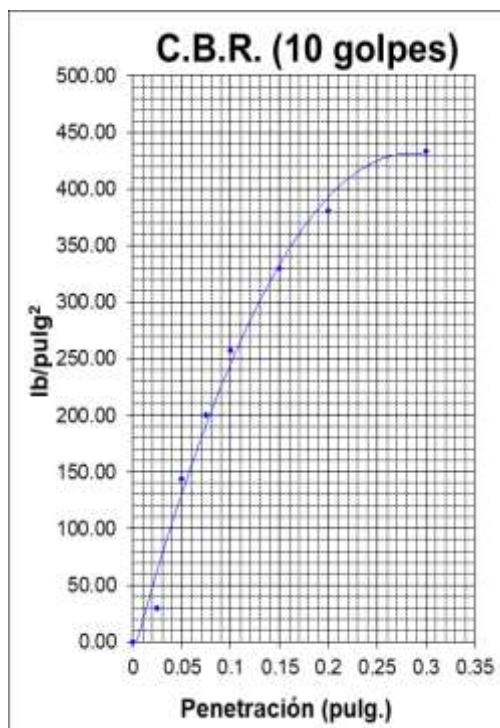


Figura 100. Curva de CBR material natural + adición 10% cenizas de cáscara de arroz a los 10 golpes

Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS CALICATA N°03

Ensayo de CBR

En la tabla N°50 se presentan los valores conseguidos por el ensayo de CBR modificado bajo la norma ASTM D -1883, donde se obtuvo los porcentajes al 100%.

Tabla 50. *Resultados de CBR*

Muestra	CBR 100%
Material Natural	23.46%
Material natural + adición de 4%CCA	31.14%
Material natural + 7% CCA	35.55%
Material natural + 10% CCA	32.56%

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que el valor del CBR va aumentando hasta que llega a un límite donde disminuye, el valor óptimo encontrado para estas combinaciones presentadas es el material + la adición de 7% de ceniza de cáscara de arroz, el valor es 35.55% cuando el CBR llega al 100%.

En la tabla N°51 se puede observar la cantidad de golpes y el grado de penetración de 0.1" y 0.2" pulgadas.

Tabla 51. *Ensayo del CBR material natural*

CBR			
MOLDE	MDS	0.1"	0.2"
1 (10 GOLPES)	1.853	17.21	20.76
2 (25 GOLPES)	2.041	22.61	23.89
3 (56 GOLPES)	2.090	23.46	34.32

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°101 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural a los 56 golpes

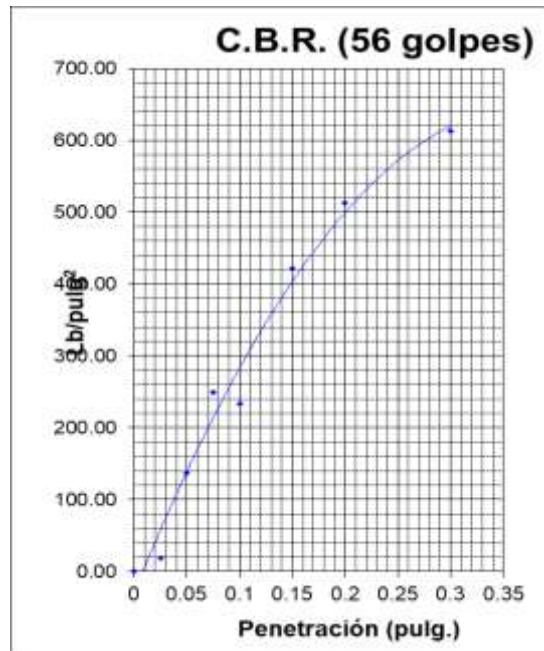


Figura 101. Curva de CBR material natural a los 56 golpes

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°102 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural a los 25 golpes

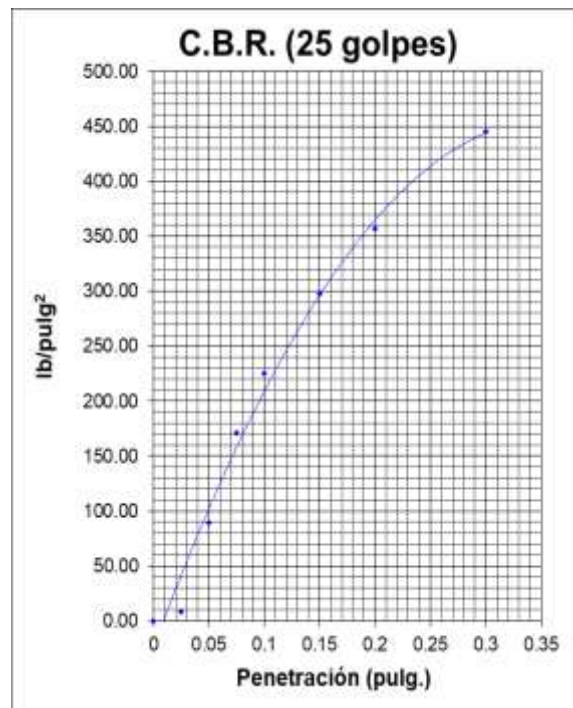


Figura 102. Curva de CBR material natural a los 25 golpes

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°103 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural a los 10 golpes

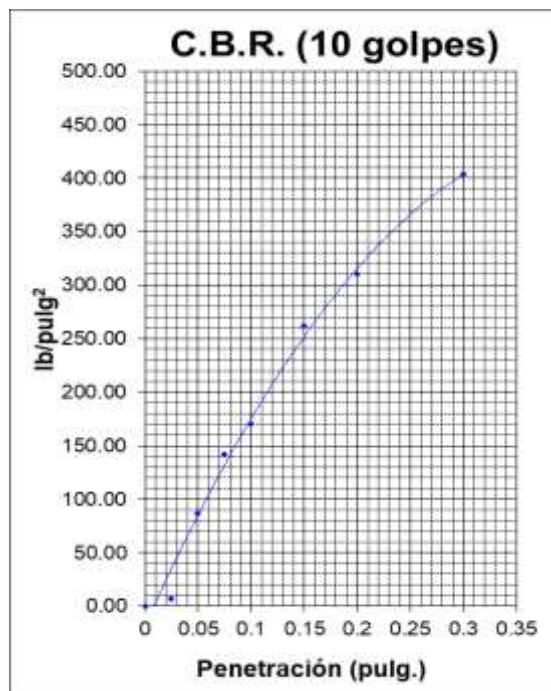


Figura 103. Curva de CBR material natural a los 10 golpes

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°52 se puede observar la cantidad de golpes y el grado de penetración de 0.1" y 0.2" pulgadas.

Tabla 52. Ensayo del CBR material natural + adición de 4% de cenizas de Cáscara de arroz

CBR			
MOLDE	MDS	0.1"	0.2"
1 (10 GOLPES)	1.925	17.21	20.76
2 (25 GOLPES)	1.943	26.31	24.36
3 (56 GOLPES)	1.968	31.14	29.20

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°104 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural+ adición 4 % cenizas de cáscara de arroz a los 56 golpes

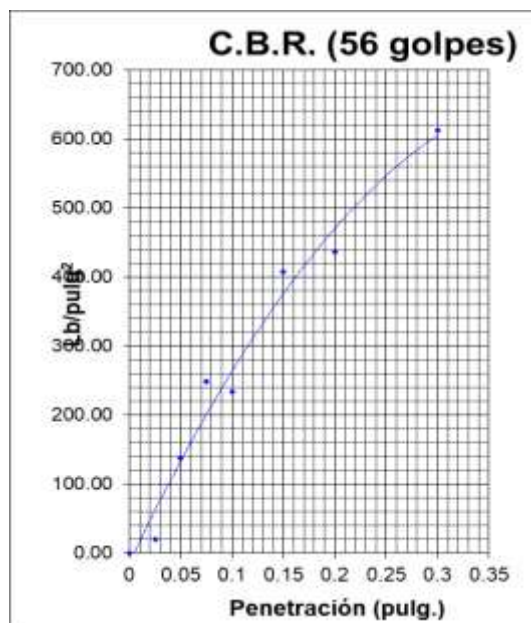


Figura 104. Curva de CBR material natural + adición 4% cenizas de cáscara de arroz a los 56 golpes
 Fuente: Elaboración propia

En la figura N°105 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural+ adición 4 % cenizas de cáscara de arroz a los 25 golpes

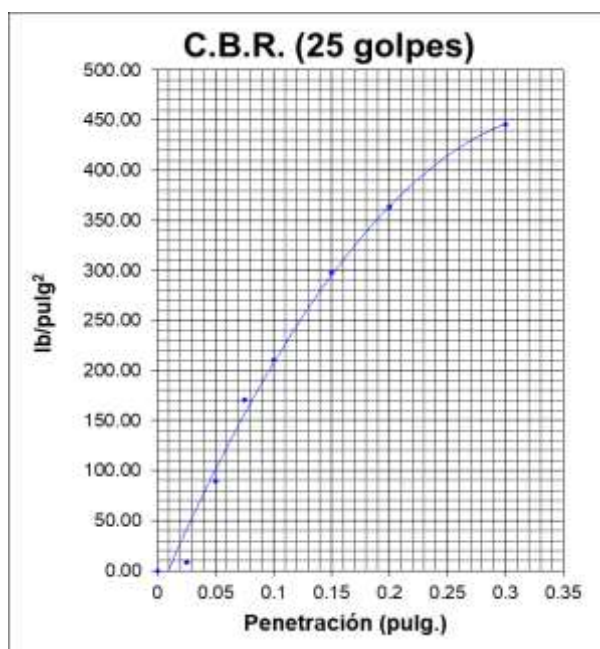


Figura 105. Curva de CBR material natural + adición 4% cenizas de cáscara de arroz a los 25 golpes
 Fuente: Elaboración propia

En la figura N°106 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural+ adición 4 % cenizas de cáscara de arroz a los 10 golpes.

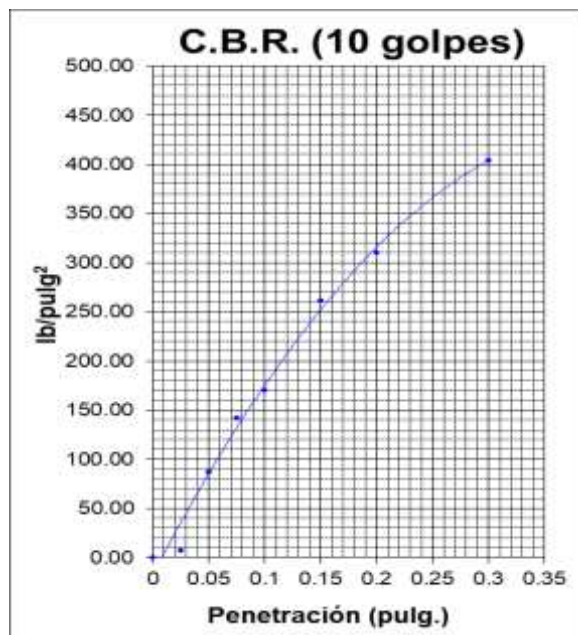


Figura 106. Curva de CBR material natural + adición 4% cenizas de cáscara de arroz a los 10 golpes

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°53 se puede observar la cantidad de golpes y el grado de penetración de 0.1" y 0.2" pulgadas.

Tabla 53. Ensayo del CBR material natural + adición de 7% de cenizas de Cáscara de arroz

MOLDE	CBR		
	MDS	0.1"	0.2"
1 (10 GOLPES)	1.733	29.29	27.97
2 (25 GOLPES)	1.755	30.72	30.53
3 (56 GOLPES)	1.762	35.55	36.97

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°107 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural+ adición 7% cenizas de cáscara de arroz a los 56 golpes

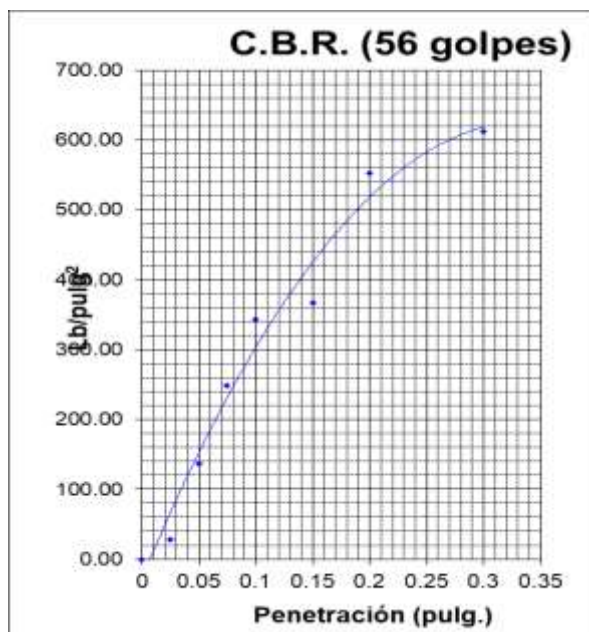


Figura 107. Curva de CBR material natural + adición 7% cenizas de cáscara de arroz a los 56 golpes
 Fuente: Elaboración propia

En la figura N°108 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural+ adición 7% cenizas de cáscara de arroz a los 25 golpes

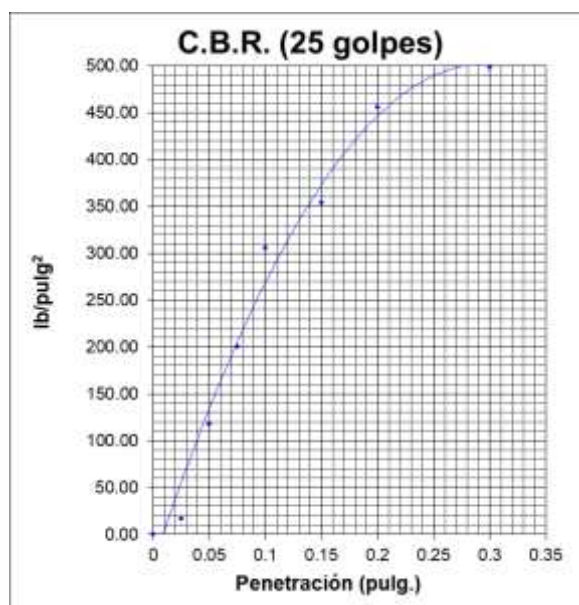


Figura 108. Curva de CBR material natural + adición 7% cenizas de cáscara de arroz a los 25 golpes
 Fuente: Elaboración propia

En la figura N°109 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural+ adición 7% cenizas de cáscara de arroz a los 10 golpes.

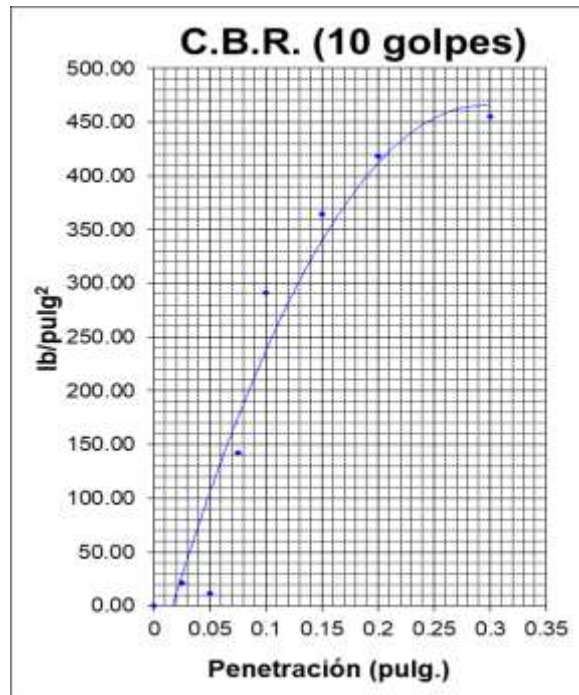


Figura 109. Curva de CBR material natural + adición 7% cenizas de cáscara de arroz a los 10 golpes
 Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°54 se puede observar la cantidad de golpes y el grado de penetración de 0.1" y 0.2" pulgadas.

Tabla 54. Ensayo del CBR material natural + adición de 10% de cenizas de Cáscara de arroz

MOLDE	CBR		
	MDS	0.1"	0.2"
1 (10 GOLPES)	1.660	25.74	25.41
2 (25 GOLPES)	1.686	28.30	29.48
3 (56 GOLPES)	1.704	32.56	33.46

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°110 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural+ adición 10% cenizas de cáscara de arroz a los 56 golpes

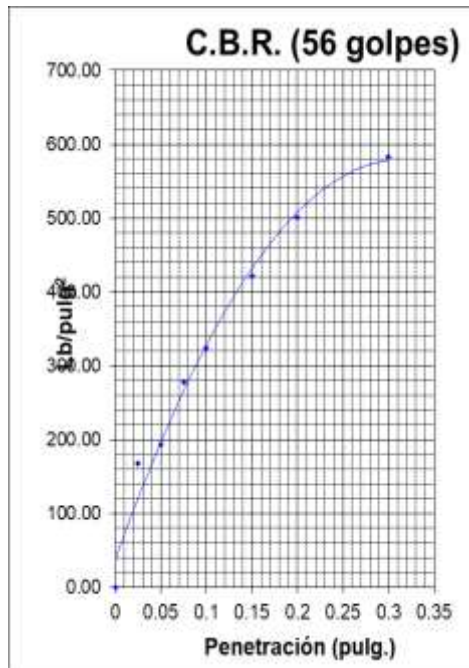


Figura 110. Curva de CBR material natural + adición 10% cenizas de cáscara de arroz a los 56 golpes
 Fuente: Elaboración propia

En la figura N°111 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural+ adición 10% cenizas de cáscara de arroz a los 25 golpes

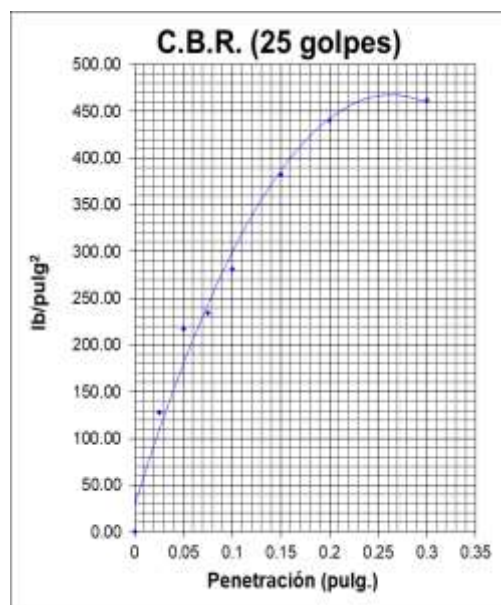


Figura 111. Curva de CBR material natural + adición 10% cenizas de cáscara de arroz a los 25 golpes
 Fuente: Elaboración propia

En la figura N°112 se puede observar la curva de CBR alcanzada del material natural+ adición 10% cenizas de cáscara de arroz a los 10 golpes

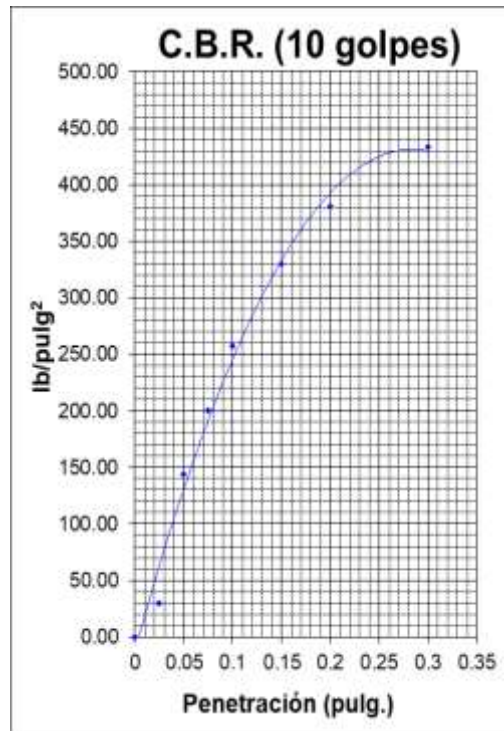


Figura 112. Curva de CBR material natural + adición 10% cenizas de cáscara de arroz a los 10 golpes
Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

Para el presente trabajo de investigación se quiere definir la influencia de la cáscara de arroz para mejorar la estabilización del material de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022, para lo cual se realizaron los ensayos de granulometría, ensayo de límite de consistencia, ensayo de Proctor modificado y ensayo de california Bering con muestras de material natural, material natural con adición de 4% CCA, material natural con adición de 7% de CCA y material natural con adición de 10% de CCA para luego ser analizado en base a su óptimo contenido de humedad, densidad seca y valores de CBR, lo que concuerda con Flores (2020), que adicionó al material natural 5%, 10 % y 15% de cáscara de arroz.

El análisis de la estabilización del material de la subrasante, utilizando la incorporación de ceniza de cáscara de arroz se realizó a partir de una muestra de material natural, siendo este el material base para compararlo con una muestra natural + adición de 4% de cáscara de arroz, muestra natural + adición de 7% de cáscara de arroz y muestra natural + adición de 10% de cáscara de arroz.

La incorporación de ceniza de cáscara de arroz, mejora la estabilización del material de la subrasante, Lo que se concuerda con Laksmi (2021) que concluye que es óptimo el uso de estos aditivos para mejorar la subrasante, lo mismo sucede con Adeyanju (2020) cuyos resultados muestran que las subrasantes mejoraron significativamente con estos estabilizadores; la estabilización realizada con CKD al 10% y geopolímero 3 (8% RHA y 10% CKD) fueron las más óptimas, las conclusiones de su investigación indican que la inclusión de ceniza de cáscara de arroz ayuda a estabilizar los suelos. Chicaiza y Oña (2018) concluyen que con esta nueva alternativa en base a ceniza de cascarilla de arroz se puede estabilizar los suelos con similares características a las estudiadas en esta investigación. Así mismo Ramos y Illidge (2017) demuestran que las mezclas realizadas son óptimas para su uso como estabilizante de subrasantes en porcentajes de 6% y 30% de cascarilla de arroz y ceniza volante respectivamente, existiendo mejoras en todas sus propiedades.

Planteamiento estadístico

En el presente estudio se hizo un planteamiento estadístico que estará conformado por análisis del ensayo de granulometría, análisis de ensayo de límites de consistencia, análisis de ensayo de Proctor modificado y ensayo de CBR, como se detalla a continuación:

Análisis Granulométrico

Análisis de Gravas

Tabla 55. Prueba de normalidad de los diseños respecto a Gravas

Diseño		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Gravas	Material natural	0.964	3	0.637
	Incorporación 4%	0.964	3	0.637
	Incorporación 7%	0.893	3	0.363
	Incorporación 10%	0.964	3	0.637

Fuente: Elaboración propia

Puesto que su significancia es mayor a 0.05, se concluye que las gravas de los diseños siguen una distribución normal, por lo que se emplea el test ANOVA para verificar si hay diferencia entre las gravas.

Tabla 56. Prueba ANOVA de los diseños respecto a Gravas

Gravas	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	66.827	3	22.276	636.444	0.000
Dentro de grupos	0.280	8	0.035		
Total	67.107	11			

Fuente: Elaboración propia

Puesto que su significancia es menor a 0.05, se concluye que existe diferencia entre los diseños analizados.

Tabla 57. Prueba de Levene de los diseños respecto a Gravas

Gravas	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	0.970	3	8	0.453
Se basa en la mediana	0.182	3	8	0.906
Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.182	3	4.939	0.904
Se basa en la media recortada	0.879	3	8	0.492

Fuente: Elaboración propia

Como la significancia es mayor a 0.05, se acepta la hipótesis nula y se infiere que existe igualdad entre las varianzas de los diseños empleados respecto a Gravas.

Tabla 58. Prueba Post-Hoc de Tukey de los diseños respecto a Gravas

(I) Grava		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Material natural	Incorporación 4%	2.933	0.15275	0.000
	Incorporación 7%	-3.333	0.15275	0.000
	Incorporación 10%	1.733	0.15275	0.000
Incorporación 4%	Material natural	-2.933	0.15275	0.000
	Incorporación 7%	-6.267	0.15275	0.000
	Incorporación 10%	-1.200	0.15275	0.000
Incorporación 7%	Material natural	3.333	0.15275	0.000
	Incorporación 4%	6.267	0.15275	0.000
	Incorporación 10%	5.067	0.15275	0.000
Incorporación 10%	Material natural	-1.733	0.15275	0.000
	Incorporación 4%	1.200	0.15275	0.000
	Incorporación 7%	-5.067	0.15275	0.000

Fuente: Elaboración propia

La prueba de Tukey indica que existen diferencias significativas entre los diseños empleados en cuanto a Gravas.

Análisis de Arenas

Tabla 59. Prueba de normalidad de los diseños respecto a Arenas

Diseño		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Arenas	Material natural	0.907	3	0.407
	Incorporación 4%	0.987	3	0.78
	Incorporación 7%	0.923	3	0.463
	Incorporación 10%	0.964	3	0.637

Fuente: Elaboración propia

Puesto que su significancia es mayor a 0.05, se concluye que las arenas de los diseños siguen una distribución normal, por lo que se emplea el test ANOVA para verificar si hay diferencia entre las arenas.

Tabla 60. Prueba ANOVA de los diseños respecto a Arenas

Arenas	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	78.923	3	26.308	297.824	0.000
Dentro de grupos	0.707	8	0.088		
Total	79.630	11			

Fuente: Elaboración propia

Puesto que su significancia es menor a 0.05, se concluye que existe diferencia entre los diseños analizados.

Tabla 61. Prueba de Levene de los diseños respecto a Arenas

Arenas	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	2.249	3	8	0.160
Se basa en la mediana	0.494	3	8	0.696
Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.494	3	3.853	0.706
Se basa en la media recortada	2.051	3	8	0.185

Fuente: Elaboración propia

Como la significancia es mayor a 0.05, se acepta la hipótesis nula y se infiere que existe igualdad entre las varianzas de los diseños empleados respecto a Arenas.

Tabla 62. Prueba Post-Hoc de los diseños respecto a Arenas

(I) Arenas		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Material natural	Incorporación 4%	-2.500	0.243	0.000
	Incorporación 7%	4.63333*	0.243	0.000
	Incorporación 10%	0.333	0.243	0.547
Incorporación 4%	Material natural	2.500	0.243	0.000
	Incorporación 7%	7.133	0.243	0.000
	Incorporación 10%	2.833	0.243	0.000
Incorporación 7%	Material natural	-4.633	0.243	0.000
	Incorporación 4%	-7.133	0.243	0.000
	Incorporación 10%	-4.300	0.243	0.000
Incorporación 10%	Material natural	-0.333	0.243	0.547
	Incorporación 4%	-2.833	0.243	0.000
	Incorporación 7%	4.300	0.243	0.000

Fuente: Elaboración propia

La prueba de Tukey indica que no existen diferencias significativas entre los diseños de material natural con incorporación 10%.

Análisis de Finos

Tabla 63. Prueba de normalidad de los diseños respecto a los finos

Diseño		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Finos	Material natural	0.964	3	0.637
	Incorporación 4%	0.964	3	0.637
	Incorporación 7%	0.964	3	0.637
	Incorporación 10%	0.923	3	0.463

Fuente: Elaboración propia

Puesto que su significancia es mayor a 0.05, se concluye que los finos de los diseños siguen una distribución normal, por lo que se emplea el test ANOVA para verificar si hay diferencia entre los finos.

Tabla 64. Prueba ANOVA de los diseños respecto a los finos

Finos	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	4.736	3	1.579	55.716	0.000
Dentro de grupos	0.227	8	0.028		
Total	4.962	11			

Fuente: Elaboración propia

Puesto que su significancia es menor a 0.05, se concluye que existe diferencia entre los diseños analizados.

Tabla 65. Prueba de Levene de los diseños respecto a los finos

Finos	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	0.276	3	8	0.841
Se basa en la mediana	0.062	3	8	0.978
Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.062	3	6.737	0.978
Se basa en la media recortada	0.254	3	8	0.857

Fuente: Elaboración propia

Como la significancia es mayor a 0.05, se acepta la hipótesis nula y se infiere que existe igualdad entre las varianzas de los diseños empleados respecto a Finos.

Tabla 66. Prueba Post-Hoc de los diseños respecto a los finos

(I) Finos		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Material natural	Incorporación 4%	-0.133	0.137	0.770
	Incorporación 7%	-0.633	0.137	0.008
	Incorporación 10%	-1.600	0.137	0.000
Incorporación 4%	Material natural	0.133	0.137	0.770
	Incorporación 7%	-0.500	0.137	0.027
	Incorporación 10%	-1.467	0.137	0.000
Incorporación 7%	Material natural	0.633	0.137	0.008
	Incorporación 4%	0.500	0.137	0.027
	Incorporación 10%	-0.967	0.137	0.000
Incorporación 10%	Material natural	1.600	0.137	0.000
	Incorporación 4%	1.467	0.137	0.000
	Incorporación 7%	0.967	0.137	0.000

Fuente: Elaboración propia

La prueba de Tukey indica que no existen diferencias significativas entre los diseños de material natural con incorporación 4%.

Análisis del límite líquido

Tabla 67. Prueba de normalidad de los diseños respecto al límite líquido

Diseño		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Limite Líquido (%)	Material natural	0.964	3	0.637
	Incorporación 4%	0.987	3	0.78
	Incorporación 7%	0.964	3	0.637
	Incorporación 10%	0.923	3	0.463

Fuente: Elaboración propia

Puesto que su significancia es mayor a 0.05, se concluye que el límite líquido de los diseños sigue una distribución normal, por lo que se emplea el test ANOVA para verificar si hay diferencia entre el límite líquido.

Tabla 68. Prueba ANOVA de los diseños respecto al límite líquido

Limite Líquido (%)	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	216.333	3	72.111	18812.000	0.001
Dentro de grupos	30.667	8	3.833		
Total	247.000	11			

Fuente: Elaboración propia

Puesto que su significancia es menor a 0.05, se concluye que existe diferencia entre los diseños analizados.

Tabla 69. Prueba Levene de los diseños respecto al límite líquido

Limite Líquido (%)	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	0.409	3	8	0.751
Se basa en la mediana	0.183	3	8	0.905
Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.183	3	6.897	0.904
Se basa en la media recortada	0.390	3	8	0.763

Fuente: Elaboración propia

Como la significancia es mayor a 0.05, se acepta la hipótesis nula y se infiere que existe igualdad entre las varianzas de los diseños empleados respecto al límite líquido.

Tabla 70. Prueba Post-Hoc de los diseños respecto al límite líquido

(I) Limite Liquido (%)		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Material natural	Incorporación 4%	-266.667	159.861	0.398
	Incorporación 7%	-100.000	159.861	0.921
	Incorporación 10%	8.33333*	159.861	0.004
Incorporación 4%	Material natural	266.667	159.861	0.398
	Incorporación 7%	166.667	159.861	0.731
	Incorporación 10%	11.00000*	159.861	0.001
Incorporación 7%	Material natural	100.000	159.861	0.921
	Incorporación 4%	-166.667	159.861	0.731
	Incorporación 10%	9.33333*	159.861	0.002
Incorporación 10%	Material natural	-8.33333*	159.861	0.004
	Incorporación 4%	-11.00000*	159.861	0.001
	Incorporación 7%	-9.33333*	159.861	0.002

Fuente: Elaboración propia

La prueba de Tukey indica que no existen diferencias significativas entre los diseños de material natural con incorporación 4%, material natural con incorporación 7%, incorporación 4% con incorporación 7%.

Análisis del límite plástico

Tabla 71. Prueba de normalidad de los diseños respecto al límite plástico

Diseño		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Limite Plástico (%)	Material natural	0.964	3	0.637
	Incorporación 4%	0.964	3	0.637
	Incorporación 7%	0.964	3	0.637
	Incorporación 10%	0.964	3	0.637

Fuente: Elaboración propia

Puesto que su significancia es mayor a 0.05, se concluye que el límite plástico de los diseños sigue una distribución normal, por lo que se emplea el test ANOVA para verificar si hay diferencia entre el límite plástico.

Tabla 72. Prueba ANOVA de los diseños respecto al límite plástico

Limite Plástico (%)	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	716.333	3	238.778	102.333	0.000
Dentro de grupos	18.667	8	2.333		
Total	735.000	11			

Fuente: Elaboración propia

Puesto que su significancia es menor a 0.05, se concluye que existe diferencia entre los diseños analizados.

Tabla 73. Prueba de Levene de los diseños respecto al límite plástico

Limite Plástico (%)	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	0.000	3	8	1.000
Se basa en la mediana	0.000	3	8	1.000
Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.000	3	8.000	1.000
Se basa en la media recortada	0.000	3	8	1.000

Fuente: Elaboración propia

Como la significancia es mayor a 0.05, se acepta la hipótesis nula y se infiere que existe igualdad entre las varianzas de los diseños empleados respecto al límite plástico.

Tabla 74. Prueba Post- Hoc de Tukey de los diseños respecto al límite plástico

(I) Limite Plástico (%)		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Material natural	Incorporación 4%	100.000	124.722	0.852
	Incorporación 7%	8.33333*	124.722	0.001
	Incorporación 10%	19.33333*	124.722	0.000
Incorporación 4%	Material natural	-100.000	124.722	0.852
	Incorporación 7%	7.33333*	124.722	0.002
	Incorporación 10%	18.33333*	124.722	0.000
Incorporación 7%	Material natural	-8.33333*	124.722	0.001
	Incorporación 4%	-7.33333*	124.722	0.002
	Incorporación 10%	11.00000*	124.722	0.000
Incorporación 10%	Material natural	-19.33333*	124.722	0.000
	Incorporación 4%	-18.33333*	124.722	0.000
	Incorporación 7%	-11.00000*	124.722	0.000

Fuente: Elaboración propia

La prueba de Tukey indica que no existen diferencias significativas entre los diseños de material natural con incorporación 4%, material natural con incorporación 7%, incorporación 4% con incorporación 7%.

Análisis de Índice de plasticidad

Tabla 75. Prueba de normalidad de los diseños respecto al índice de plasticidad

Diseño		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Índice de plasticidad (%)	Material natural	0.750	3	0.000
	Incorporación 4%	0.750	3	0.000
	Incorporación 7%	0.964	3	0.637
	Incorporación 10%	0.964	3	0.637

Fuente: Elaboración propia

Puesto que, en 2 diseños, su significancia es menor a 0.05, se concluye que el límite plástico de los diseños no sigue una distribución normal, por lo que se

emplea el test Kurskal Wallis para verificar si hay diferencia entre el límite plástico.

Tabla 76. Prueba de Kurskal Wallis de los diseños respecto al índice de plasticidad

	Índice de plasticidad (%)
H de Kruskal-Wallis	9,912
Gl	3
Sig. asintótica	,019

Fuente: Elaboración propia

Puesto que su significancia es menor a 0.05, se concluye que existe diferencia entre los diseños analizados.

Tabla 77. Prueba Post-Hoc T3 de Dunnet de los diseños respecto al índice de plasticidad

(I) Índice de plasticidad (%)		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Material natural	Incorporación 4%	-4,00000*	0.745	0.049
	Incorporación 7%	-7,33333*	0.943	0.026
	Incorporación 10%	-9,33333*	0.943	0.014
Incorporación 4%	Material natural	4,00000*	0.745	0.049
	Incorporación 7%	-3.333	1.106	0.164
	Incorporación 10%	-5,33333*	1.106	0.041
Incorporación 7%	Material natural	7,33333*	0.943	0.026
	Incorporación 4%	3.333	1.106	0.164
	Incorporación 10%	-2.000	1.247	0.574
Incorporación 10%	Material natural	9,33333*	0.943	0.014
	Incorporación 4%	5,33333*	1.106	0.041
	Incorporación 7%	2.000	1.247	0.574

Fuente: Elaboración propia

La prueba T3 de Dunnet indica que no existen diferencias significativas entre los diseños de incorporación 4% con incorporación 7% e incorporación 7% con incorporación 10%

Análisis del Optimo Contenido de Humedad % (OCH)

Tabla 78. Prueba de normalidad del contenido óptimo de humedad

Diseño		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Optimo Contenido de Humedad % (OCH)	Material natural	0.976	3.000	0.702
	Incorporación 4%	0.970	3.000	0.668
	Incorporación 7%	0.976	3.000	0.702
	Incorporación 10%	0.980	3.000	0.726

Fuente: Elaboración propia

Debido a que la significancia de los contenidos óptimos de humedad de todos los diseños analizados es mayor a 0.05, se concluye que estas siguen una distribución normal.

Tabla 79. Prueba ANOVA del contenido óptimo de humedad

Optimo Contenido de Humedad % (OCH)	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	5.962	3.000	1.987	370.302	0.000
Dentro de grupos	0.043	8.000	0.005		
Total	6.005	11.000			

Fuente: Elaboración propia

Puesto que su significancia es menor a 0.05, se concluye que existe diferencia entre los diseños analizados.

Tabla 80. Prueba de homogeneidad del contenido óptimo de humedad

Optimo Contenido de Humedad % (OCH)	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	1.544	3	8	0.277
Se basa en la mediana	0.676	3	8	0.591
Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.676	3	4.336	0.608
Se basa en la media recortada	1.474	3	8	0.293

Fuente: Elaboración propia

La significancia es mayor a 0.05, por lo que se concluye que existe igualdad de varianzas en los contenidos óptimos de humedad.

Tabla 81. Prueba Post-Hoc de Tukey para el óptimo contenido de humedad

(I) Optimo Contenido de Humedad % (OCH)		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Material natural	Incorporación 4%	-1.447	0.060	0.000
	Incorporación 7%	0.300	0.060	0.005
	Incorporación 10%	0.187	0.060	0.056
Incorporación 4%	Material natural	1.447	0.060	0.000
	Incorporación 7%	1.747	0.060	0.000
	Incorporación 10%	1.633	0.060	0.000
Incorporación 7%	Material natural	-0.300	0.060	0.005
	Incorporación 4%	-1.747	0.060	0.000
	Incorporación 10%	-0.113	0.060	0.302
Incorporación 10%	Material natural	-0.187	0.060	0.056
	Incorporación 4%	-1.633	0.060	0.000
	Incorporación 7%	0.113	0.060	0.302

Fuente: Elaboración propia

Mediante la prueba de Tukey se concluye que no hay diferencias en los diseños de incorporación del 10% con el material natural y con el diseño de incorporación del 7%.

Análisis de Máxima Densidad Seca g/cm³

Tabla 82. Prueba de normalidad de Máxima Densidad Seca

Diseño		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Máxima Densidad Seca g/cm ³ (MDS)	Material natural	1.000	3.000	1.000
	Incorporación 4%	1.000	3.000	1.000
	Incorporación 7%	0.936	3.000	0.510
	Incorporación 10%	0.993	3.000	0.843

Fuente: Elaboración propia

Dado que las significancias son mayores a 0.05, se concluye que los diseños analizados respecto a la máxima densidad seca siguen una distribución normal.

Tabla 83. Prueba ANOVA de la Máxima Densidad Seca

Máxima Densidad Seca g/cm³ (MDS)	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0.003	3.000	0.001	0.320	0.811
Dentro de grupos	0.021	8.000	0.003		
Total	0.024	11.000			

Fuente: Elaboración propia

La prueba ANOVA arroja una significancia mayor a 0.05, concluyendo de esta manera que no existe diferencia entre los diseños analizados respecto a máxima densidad seca.

Análisis de CBR

Tabla 84. Prueba de normalidad del CBR

Diseño		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
CBR 100%	Material natural	,986	3.000	,771
	Incorporación 4%	,938	3.000	,520
	Incorporación 7%	,897	3.000	,377
	Incorporación 10%	,997	3.000	,900

Fuente: Elaboración propia

La prueba de normalidad arroja una significancia mayor a 0.05, concluyendo que el CBR de los diseños siguen una distribución normal.

Tabla 85. Prueba ANOVA del CBR

CBR 100%	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	216.736	3.000	72.245	3089.603	0.000
Dentro de grupos	0.187	8.000	0.023		
Total	216.923	11.000			

Fuente: Elaboración propia

A través de la prueba ANOVA se puede concluir que existe diferencia entre los diseños analizados respecto al CBR.

Tabla 86. Prueba de homogeneidad de varianzas del límite líquido

CBR 100%	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	1.993	3	8	0.194
Se basa en la mediana	0.841	3	8	0.509
Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.841	3	4.914	0.528
Se basa en la media recortada	1.9	3	8	0.208

Fuente: Elaboración propia

La prueba de Levene lleva a concluir que las varianzas del BCR son iguales respecto a los diseños analizados.

Tabla 87. Prueba Post-Hoc de Tukey para el CBR

(I) CBR		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Material natural	Incorporación 4%	-7.840	0.125	0.000
	Incorporación 7%	-11.193	0.125	0.000
	Incorporación 10%	-9.230	0.125	0.000
Incorporación 4%	Material natural	7.840	0.125	0.000
	Incorporación 7%	-3.353	0.125	0.000
	Incorporación 10%	-1.390	0.125	0.000
Incorporación 7%	Material natural	11.193	0.125	0.000
	Incorporación 4%	3.353	0.125	0.000
	Incorporación 10%	1.963	0.125	0.000
Incorporación 10%	Material natural	9.230	0.125	0.000
	Incorporación 4%	1.390	0.125	0.000
	Incorporación 7%	-1.963	0.125	0.000

Fuente: Elaboración propia

Mediante la prueba de Tukey se puede observar que existe diferencia entre todos los diseños analizados.

VI. CONCLUSIONES

Se llega a aceptar la hipótesis. A continuación, se presentan las siguientes conclusiones:

Mediante los ensayos de Análisis Granulométrico y de Límites de Atterberg, se obtuvo que la muestra de material natural tiene en promedio un límite líquido de 32%, un límite plástico de 29.33% y un índice de plasticidad de 2.67%, el material natural + adición de 4 % de cáscara de arroz tiene un límite líquido de 36%, un límite plástico de 29.67% y un índice de plasticidad de 6.33%, el material natural + adición de 7% de cáscara de arroz tiene un límite líquido de 33%, un límite plástico de 22.67% y un índice de plasticidad de 10.33%, por último el material natural + adición de 10% de cáscara de arroz tiene un límite líquido de 24%, un límite plástico de 11.33% y un índice de plasticidad de 12.67%.

Mediante el ensayo de Proctor, se obtuvo que al mezclar las cenizas de cáscara de arroz con la muestra natural se registraron los siguientes valores; la muestra de material natural logra su máxima densidad seca al nivel de 1.75 gr/cm³ y con un óptimo contenido de humedad de 12.80%, la muestra de material natural + adición de 4% de cáscara de arroz logra su máxima densidad seca al nivel de 1.71 gr/cm³ y con un óptimo contenido de humedad de 13.80%, la muestra de material natural + adición de 7% de cáscara de arroz logra su máxima densidad seca al nivel de 1.76 gr/cm³ y con un óptimo contenido de humedad de 12.33%, la muestra de material natural + adición de 10% de cáscara de arroz logra su máxima densidad seca al nivel de 1.76 gr/cm³ y con un óptimo contenido de humedad de 12.83%.

Mediante el ensayo de CBR al 100%, se obtuvo que al mezclar las cenizas de cáscara de arroz con la muestra natural, se registraron los siguientes valores; en el material natural el CBR fue de 23.34%, en el material natural + adición de 4% de CCA fue de 31%, en el material natural + adición de 7% de CCA fue de 34.65%, en el material natural + adición de 10% de CCA fue de 32.42%, por lo que la resistencia máxima se puede obtener en una combinación de material natural + la adición de 7% CCA.

De acuerdo a los análisis estadísticos realizados con respecto ensayo granulométrico, ensayo de consistencia, ensayo de Proctor modificado y ensayo CBR, realizados mediante la prueba de ANOVA, Kruskal Wallis, Test de Levene, Tukey, T3 de Dunnet, se determina la confiabilidad de los resultados obtenidos de las pruebas por laboratorio.

VII. RECOMENDACIONES

Las investigaciones anteriores realizadas han demostrado que para encontrar el contenido de humedad óptimo para las cenizas de cáscara de arroz en combinación con el suelo depende de diversos factores como la composición del suelo, las variedades de arroz y también las condiciones climatológicas. Por lo tanto, se recomienda evaluar el estabilizador potencial que tendrá las cenizas de cascará de arroz de diferentes lugares, para que así pueda ser usado en diferentes lugares del país.

Varias investigaciones han mostrado que existe una influencia de las cenizas de cáscara de arroz en la resistencia de la capa de subrasante del suelo, las cuales incrementan su capacidad de soporte del suelo convirtiéndolo más estable, por lo que se sugiere realizar más investigaciones con diferentes tipos de suelos.

Se recomienda realizar un estudio socioeconómico para determinar el costo-beneficio de cada estabilizador.

Para determinar el contenido de ceniza de cáscara de arroz y humedad en el proceso de ejecución, se recomienda que sea determinado previamente en laboratorios, para lograr las características de durabilidad y resistencias requeridas.

REFERENCIAS

- Adeyanju, E., AustinOkeke, C., Akinwumi, I., & Busari, A. (2020). Subgrade Stabilization using Rice Husk Ash-based Geopolymer (GRHA) and Cement Kiln Dust (CKD). *Case studies in construction materials*, 1-9. <https://bit.ly/3JfiHtk>
- Adeyanju, E., Chukwueloka, A., Akinwumi, I., & Busari, A. (2020). Subgrade Stabilization using Rice Husk Ash-based Geopolymer (GRHA) and Cement Kiln Dust (CKD). *Elsevier*. <https://bit.ly/3v12jat>
- Alvarez, J., Lopez, G., Amutio, M., Bilbao, J., & Olazar, M. (2014). Bio-oil production from rice husk fast pyrolysis in a conical spouted bed reactor. *Fuel*, 128, 162-169. <https://bit.ly/3x48Rbc>
- Autoridad Nacional del Agua. (19 de Junio de 2017). *Autoridad para la Reconstrucción con Cambios coordin acciones en Ica*. Obtenido de Fuente de ANA: <https://bit.ly/3ja8OIU>
- Azwan Azizan, F., Sabreena Marhami, N., Abd Rahman, Z., Kamil Arshad, A., & Azhar Ismail, K. (2020). Evaluation of the use of tiles waste in stabilization of subgrade layer with rice husk ash as an activator agent. *The Electrochemical Society*. doi:10.1088 / 1755-1315 / 476/1/012042
- Cajaleon, O., & Mondragon, D. (2018). *Estabilización de suelos arcillosos agregando cenizas de cáscaras de arroz para la subrasante en el Km+17 Pimpingos, Choros 2018*. Lima: Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://bit.ly/37pwtMr>
- Chicaiza, E., & Oña, F. (2018). *Estabilización de arcillas expansivas de la Provincia de Manabi con Puzolana Extraida de Ceniza de Cascarilla de Arroz*. Quito: Escuela Politécnica Nacional. <https://bit.ly/3udCghk>
- COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ. (2018). *Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú*. Lima: CIP.

- Diaz, F. (2018). *Mejoramiento de la subrasante mediante ceniza de cáscara de arroz en la carretera DV. San Martin- Lonya Grande, ama.* Lima: Universidad Cesar Vallejo. <https://bit.ly/3jci1dv>
- Faé, G., Philipssen, C., Bard, E., Dalla, L., & Souza, G. (2016). Rice husk bubbling fluidized bed combustion for amorphous silica synthesis. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 4(2), 2278-2290. <https://bit.ly/3NSQCvi>
- Flores, K. (2020). *Estabilización de subrasante utilizando puzolánico de cascarilla de arroz y cal para mejorar la capacidad portante, San Martin-2020.* Tarapoto: Universidad César Vallejo. <https://bit.ly/3KgmA2s>
- Galvez, P., & Santoyo, J. (2019). *Estabilización de suelos cohesivos a nivel de subrasante con ceniza de cáscara de arroz, carretera Yanuyaco bajo - Señor Cautivo.* Jaén: Universidad Nacional de Jaén. <https://bit.ly/3jiXeEZ>
- Gomesa, G., Philipssenc, C., & Barda, E. (s.f.).
- Gutiérrez Lázares, W. (2021). *Mecánica de suelos aplicada a vías de transporte.* Marcombo. <https://bit.ly/3v1Xtd4>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2017). *Metodología de la investigación.* México: McGraw Hill. <https://bit.ly/3jb1EOf>
- Hossain, S., Mathur, L., & Roy, P. (2018). Rice husk/rice husk ash as an alternative source of silica in ceramics: A review. *Journal of Asian Ceramic Societies.* <https://bit.ly/3LldETG>
- Huarcaya, R. (2020). *Estabilización de una subrasante arcillosa de baja plasticidad con cenizas de cáscara de arroz.* Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://bit.ly/3KfXosl>
- INEI. (2020). *Producción de Arroz Cáscara creció 47,0% en mayo del presente año.* Lima: INEI. <https://bit.ly/3Kxapyt>
- Instituto de la Construcción y Gerencia. (2019). *Norma Técnica CE. 010 Pavimentos Urbanos.* ICG. <https://bit.ly/3ud301p>

- Jalal, F., Mulk, S., Ali Memon, S., Jamhiri, B., & Naseem, A. (2021). Strength, Hydraulic, and Microstructural Characteristics of Expansive Soils Incorporating Marble Dust and Rice Husk Ash. *Advances in Civil Engineering*. doi: <https://bit.ly/3O3LhBw>
- Kennedy, C., Ahmed, M., Nwobia, ., & Ifeyinwa I., O. (2021). Shrinkage Limit Multi-AI-Based Predictive Models for Sustainable Utilization of Activated Rice Husk Ash for Treating Expansive Pavement Subgrade. *Transportation Infrastructure Geotechnology*. doi: <https://bit.ly/3NSKBik>
- Kumar , D., & Kumar, S. (2019). Influence of randomly mixed coir fibres and fy ash on stabilization of clayey subgrade. *International Journal of Geo-Engineering*. doi: <https://bit.ly/38rsQpT>
- Lakshmi, M., Geetha, S., & Selvakumar, M. (2021). Strength enhancement of Clayey Sand subgrade using lime and rice husk ash. *materialstoday: PROCEEDING*, 7430-7435. doi: <https://bit.ly/38ybJ5Y>
- Liu, Y., Chang, C., Namdar, A., She, Y., Lin, C.-H., Yua, X., & Yang, Q. (2019). Stabilization of expansive soil using cementing material from rice husk ash and calcium carbide residue. *Construction and Building Materials*, 1-11.
- Macías, A., Carvajal, D., Cobos, D., Fienco, B., Peralta, J., & Zambrano, J. (2018). *TOMO I: Mecánica de suelos*. Alicante: 3 Ciencias.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño de Geométrico DG-2018*.
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnica y Pavimentos*. Lima: Dirección general de caminos y ferrocarriles. <https://bit.ly/3Jhd39K>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial*. Lima: Fuente del MTC. Obtenido de <https://bit.ly/3r7qN0V>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018*.

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (06 de Febrero de 2021). *MVCS firma convenio con 43 municipalidades para ejecutar obras de mejoramiento de pistas, veredas y equipamiento urbano*. Obtenido de Pagina oficial de MVCS: <https://bit.ly/3ueaPnj>
- Moayedi, H., Aghel, B., Abdullahi, M., Nguyen, H., & Rashid, S. (2019). Applications of rice husk ash as green and sustainable biomass. *Journal of Cleaner Production*.
- Moreno, L. (2019). Caracterización mecánica de suelos del perfil costero entre Ancón y Anconcito. *Revista Ciencia UNEMI*, 12(31), 40-53. doi: <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol12iss31.2019pp40-53p>
- Nalon, G., Almeida, P., & Duarte, W. (2018). Educational digital resource for data analysis of Soil Mechanics laboratory tests. *Modelling in Science Education and Learning*. doi: <https://bit.ly/3NSewah>
- Nieto, E. (2017). Tipos de investigación. *Revistas de la Universidad Santo Domingo de Guzmán*, 1-4.
- OMS. (22 de septiembre de 2021). *Contaminación del Aire Ambiente*. Obtenido de Pagina Oficial de la OMS: <https://bit.ly/3r9ueUB>
- Organización Mundial de la Salud. (22 de septiembre de 2021). *Contaminación del Aire Ambiente*. Pagina Oficial de la OMS: <https://bit.ly/3r92106>
- Peng, J., Zhang, J., Li, J., Yao, Y., & Zhanga, A. (2020). Modeling humidity and stress-dependent subgrade soils in flexible pavements. *Computers and Geotechnics*. doi: <https://bit.ly/3xpREJB>
- Ramos, M., & Illidge, D. (2017). *Análisis de la modificación de un suelo altamente plástico con cascarilla de arroz y ceniza volante para subrasante de un pavimento*. Bogotá: Universidad de La Salle. <https://bit.ly/3LJDtCS>
- SENCICO. (2018). *REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES NORMA TÉCNICA E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES*. <https://bit.ly/35KWKhs>
- Tambichik, Mohamad, Samad, Bosro, & Iman. (2018). Utilization of construction and agricultural waste in Malaysia for development of Green Concrete: A Review.

IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1-9. doi:
<https://bit.ly/3KjmvuS>

Thien, V., Rößler, C., DaiBui, D., & Michael, L. (2014). Pozzolanic reactivity of mesoporous amorphous rice husk ash in portlandite solution. *Constr Build Mater. Construction and Building Materials*, 111-119. doi:
<https://bit.ly/3judrHT>

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO. (2020). *Código de ética de la Universidad César Vallejo*. Lima: UCV.

Varon, J. (2005). *Diseño, construcción puesta a punto de un prototipo de quemador para la combustion continua y eficiente de la cascarilla de arroz*. Colombia : Universidad de los Llanos . <https://bit.ly/3DKgOUI>

Vizcarra, S., & Ismael, L. (2021). *Análisis experimental de las características mecánicas de la subrasante arcillosa del camino vecinal N° SM-707 Tarapoto -San Francisco de Rio Mayo estabilizada con 3% de cal tras la adición de cenizas de cáscara de arroz (CCA)*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <https://bit.ly/3uZi1TD>

Zou, Y., & Yang, T. (2019). Chapter 9 - Rice Husk, Rice Husk Ash and Their Applications. *Rice Bran and Rice Bran Oil*, 207-246. doi:
<https://bit.ly/3jcq4XW>

ANEXOS

ANEXO 01. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

Título: “Incorporación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la estabilización del material de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022”

Autores: Bach. Aybar cárdenas, Yacson Delfín/Bach. Villarroel Motta, Félix Jesús

Tabla 88. *Matriz de Operacionalización*

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable 1 Ceniza de Cascara de arroz	CCA es un término general que describe todos los tipos de cenizas producidas por la combustión de cáscara de arroz. Cuando la cáscara de arroz se incinera, produce entre el 17% y el 20% de ceniza de cáscara de arroz, que es un material liviano, voluminoso y altamente poroso con una densidad de alrededor 180-200 kg/m ³ (Zou Y Yang, 2019).	CCA contiene una gran cantidad (85–95%) de sílice amorfa. Durante las últimas dos décadas, la ceniza de cáscara de arroz se ha utilizado ampliamente en numerosos campos para la fabricación de diferentes silicatos, zeolitas, catalizadores, nanocompuestos, cemento, materiales de construcción livianos, aislantes y absorbentes (Hossain, et al. 2018).	Dosificación de CCA	4%, 7% y 10% del peso de la muestra de la subrasante	Granulometría y límites de consistencia
Variable 2 Subrasante	Peng et al. (2020) considera que la subrasante proporciona el soporte fundamental para la estructura del pavimento y elimina las tensiones causadas por las cargas del tráfico. Comprender el comportamiento constitutivo de los suelos de subrasante es crucial para la predicción precisa del rendimiento de la estructura del pavimento.	La estabilización del suelo da como resultado un aumento en la resistencia al corte del suelo para determinados requisitos de un proyecto. Varias propiedades de ingeniería de los suelos se modifican de manera beneficiosa mediante la adición de materiales cementosos como cal, fibras de bonote discretas y cenizas volantes (Kumar y Kumar, 2019).	Capacidad de soporte del suelo	Porcentaje de contenido de humedad	Proctor modificado
				Resistencia	CBR
				Porcentaje de absorción	DENSIDAD SECA

Fuente: Elaboración Propia


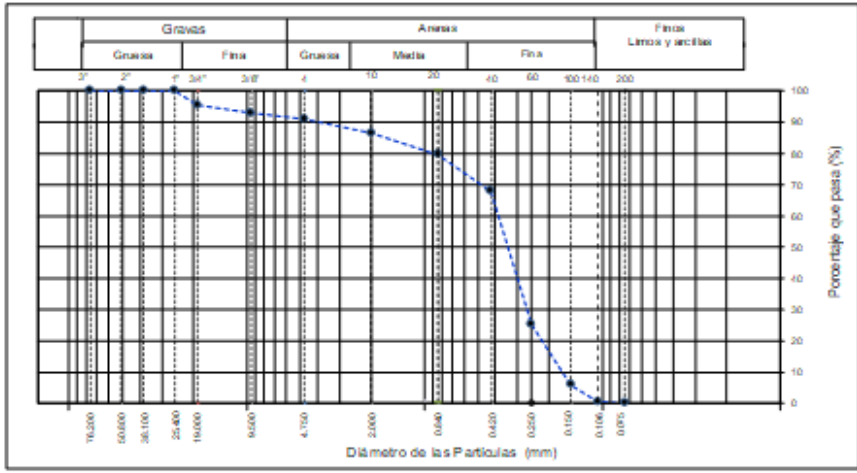

ANEXO 02. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 89. Matriz de Consistencia

Autores		AYBAR CARDENAS YACSON DELFIN / VILLARROEL MOTTA FELIX JESUS						
Titulo		"Incorporación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la estabilización del material de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022"						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
Problema General:	Objetivo general:	Hipótesis general	INDEPENDIENTE	Ceniza de Cascara de Arroz	Dosificación de CCA	4%, 7% y 10% del peso de la muestra de la subrasante	Granulometría y límites de consistencia	LÍNEA GENERAL DE INVESTIGACIÓN Construcción sostenible LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN ESPECÍFICA Diseño de Infraestructura Vial TIPO DE INVESTIGACIÓN Aplicada DISEÑO DE INVESTIGACIÓN Experimental NIVEL DE INVESTIGACIÓN Explicativa ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN Cuantitativo INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN Ficha de Recolección de datos POBLACIÓN Carretera no pavimentada, Pueblo Nuevo (IC686, IC687 y IC688) MUESTRA tramo IC 688 MUESTREO No Probabilístico
Problemas Específicos:	Objetivos específicos:	Hipótesis específicas:						
¿De qué manera la incorporación de ceniza de cáscara de arroz mejora el óptimo contenido de humedad de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022?	Determinar la cantidad de ceniza de cáscara de arroz, en el mejoramiento óptimo del contenido de humedad del material de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022	La incorporación de la ceniza de cáscara de arroz, mejorará el óptimo contenido de humedad del material de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022	Resistencia	CBR				
¿De qué manera la incorporación de ceniza de cáscara de arroz mejora la resistencia al esfuerzo cortante en la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022?	Determinar la cantidad de ceniza de cáscara de arroz, en el mejoramiento de la resistencia del material de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022	La incorporación de la ceniza de cáscara de arroz, mejorará la resistencia del material de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022	Porcentaje de absorción	Densidad Seca				
¿De qué manera la incorporación de ceniza de cáscara de arroz mejora la máxima densidad seca de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022?	Determinar la cantidad de ceniza de cáscara de arroz, en el mejoramiento de la máxima densidad seca de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022.	La incorporación de la ceniza de cáscara de arroz, mejora la máxima densidad seca de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022.						

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 03. Granulometría

	INFORME		DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA																																																				
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO D2487		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS																																																				
Proyecto : Incorporación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la estabilización del material de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022		Registro N° : T-HAZ-2020																																																					
Solicitante : Felix Jesus Villarreal Motta / Yacson Delfin Aybar Cardenas		Muestreado por : E. BONILLO																																																					
Ubicación de Proyecto : Pueblo Nuevo		Ensayado por : E. BONILLO																																																					
Material :		Fecha de Ensayo : 02/03/2022																																																					
		Turno : D Luno																																																					
Sondaje / Calicata : C1																																																							
N° de Muestra : M-1		MATERIAL NATURAL																																																					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D 2487																																																							
¿Tamizado compuesto? <input type="checkbox"/> NO		Procedimiento de obtención de muestra: "Secada al horno a 110 +/- 5°C"																																																					
Peso Inicial Seco : 1133.75 G		Peso de fracción < 3" : 0.0																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>ABERTURA (mm)</th> <th>PESO RETENIDO (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3"</td><td>75.200</td><td></td></tr> <tr><td>2"</td><td>50.800</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>38.100</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>1"</td><td>25.400</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>19.000</td><td>51.67</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.500</td><td>28.53</td></tr> <tr><td>N° 4</td><td>4.750</td><td>22.75</td></tr> </tbody> </table>		TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	3"	75.200		2"	50.800	0.0	1 1/2"	38.100	0.0	1"	25.400	0.00	3/4"	19.000	51.67	3/8"	9.500	28.53	N° 4	4.750	22.75	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>ABERTURA (mm)</th> <th>PESO RETENIDO (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>N° 10</td><td>2.000</td><td>50.28</td></tr> <tr><td>N° 20</td><td>0.840</td><td>78.42</td></tr> <tr><td>N° 40</td><td>0.425</td><td>132.72</td></tr> <tr><td>N° 60</td><td>0.250</td><td>483.48</td></tr> <tr><td>N° 100</td><td>0.150</td><td>218.47</td></tr> <tr><td>N° 140</td><td>0.106</td><td>61.35</td></tr> <tr><td>N° 200</td><td>0.075</td><td>5.60</td></tr> <tr><td>< N° 200</td><td>—</td><td>0.48</td></tr> </tbody> </table>			TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	N° 10	2.000	50.28	N° 20	0.840	78.42	N° 40	0.425	132.72	N° 60	0.250	483.48	N° 100	0.150	218.47	N° 140	0.106	61.35	N° 200	0.075	5.60	< N° 200	—	0.48
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)																																																					
3"	75.200																																																						
2"	50.800	0.0																																																					
1 1/2"	38.100	0.0																																																					
1"	25.400	0.00																																																					
3/4"	19.000	51.67																																																					
3/8"	9.500	28.53																																																					
N° 4	4.750	22.75																																																					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)																																																					
N° 10	2.000	50.28																																																					
N° 20	0.840	78.42																																																					
N° 40	0.425	132.72																																																					
N° 60	0.250	483.48																																																					
N° 100	0.150	218.47																																																					
N° 140	0.106	61.35																																																					
N° 200	0.075	5.60																																																					
< N° 200	—	0.48																																																					
MÉTODO DE TAMIZADO : <input type="checkbox"/> Manual		TIPO DE SUELO : <input type="checkbox"/> Inorgánico																																																					
																																																							
COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTICULAS			CLASIFICACIÓN DEL SUELO																																																				
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	9.1	CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	SP - SC																																																				
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	90.4	CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-2-4 (0)																																																				
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	0.5	NOMBRE DEL GRUPO	Arena pobremente graduada con arcilla																																																				
HAZ GROUP - LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS																																																							
JOC LEM Nombre y Firma:  ZACARIAS HUARCATA ANTEZANA INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 99110		D E A																																																					



INFORME

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO D2487

Fecha: 03-03-2022

Página: 1 de 1

Proyecto: Incorporación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la estabilización del material de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ita 2022

Registro N°: T-HAZ-2020

Solicitante: Felix Jesus Villarreal Motta / Yacson Delfin Aybar Cardenas

Muestreado por: E BONILLO

Ensayado por: E BONILLO

Ubicación de Proyecto: Pueblo Nuevo

Fecha de Ensayo: 02/03/2022

Material:

Turno: Diurno

Sondaje / Calicata: C1

N° de Muestra:

M2 MATERIAL NATURAL + ADICIÓN DEL 4% DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D2487

¿Tamizado compuesto?

NO

Procedimiento de obtención de muestra:

"Secada al horno a 110 +/- 5°C"

Peso Inicial Seco: 1320.20 G

Peso de fracción < 3" 0.0

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)
3"	76.200	
2"	50.800	0.0
1 1/2"	38.100	0.0
1"	25.400	0.00
3/4"	19.000	40.25
3/8"	9.500	21.30
N° 4	4.750	18.22

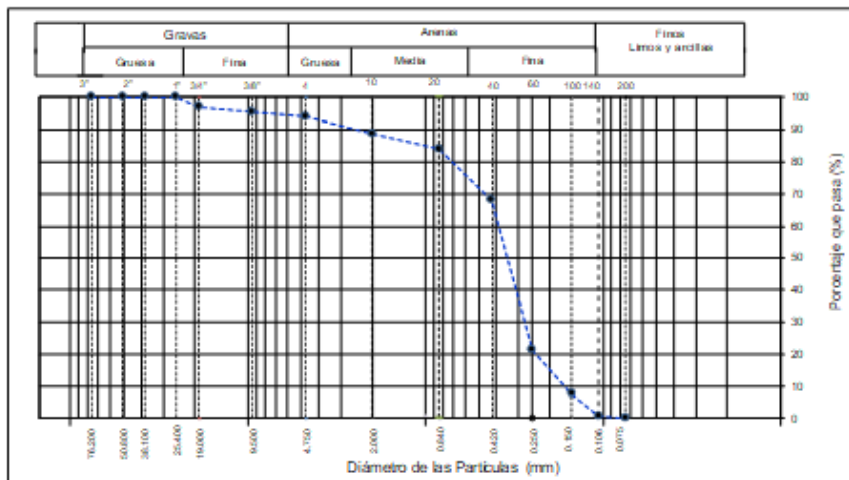
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)
N° 10	2.000	70.20
N° 20	0.840	61.55
N° 40	0.425	212.13
N° 60	0.250	615.90
N° 100	0.150	180.40
N° 140	0.106	90.14
N° 200	0.075	9.24
< N° 200	—	0.87

MÉTODO DE TAMIZADO

Manual

TIPO DE SUELO

Inorgánico



COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	6.0	CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	SP - SC
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	93.3	CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D 3282)	A-2-4 (0)
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	0.7	NOMBRE DEL GRUPO	Arena pobremente gradada con arcilla

HAZ GROUP - LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

JGC LDM
Nombre y firma:

ZACARIAS HUARACAYA ANTEZANA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 59110



INFORME

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO D2487

Fecha: 03-03-2022
Página: 1 de 1

Proyecto: Incorporación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la estabilización del material de la subrasante, Pueblo Nuevo, las 2022. Registro N°: T-HAZ-2020
 Solidante: Félix Jesús Villarreal Molta / Yacson Delfín Aybar Cárdenas. Muestreado por: E. BONILLO
 Ensayado por: E. BONILLO
 Ubicación de Proyecto: Pueblo Nuevo. Fecha de Ensayo: 02/03/2022
 Material: Diurno

Sondaje / Calicata: C1
 N° de Muestra: M-3 : MATERIAL NATURAL + ADICIÓN DEL 7% DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D2487

¿Tamizado compuesto? NO

Procedimiento de obtención de muestra: "Secada al horno a 110 +/- 5°C"

Peso Inicial Seco: 1128.40 g

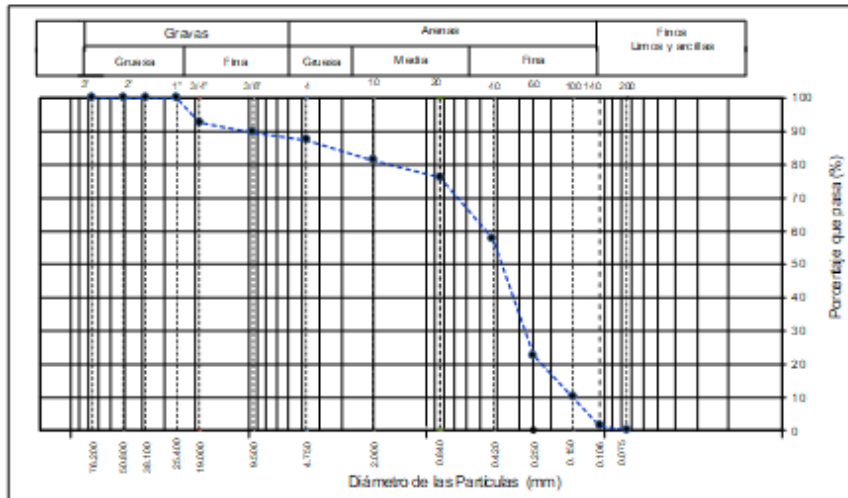
Peso de fracción < 3" 0.0

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PE SO RET ENIDO (g)
3"	76.200	0.0
2"	50.800	0.0
1 1/2"	38.100	0.0
1"	25.400	0.00
3/4"	19.000	84.12
3/8"	9.500	33.14
N° 4	4.750	24.90

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PE SO RET ENIDO (g)
N° 10	2.000	68.17
N° 20	0.840	59.22
N° 40	0.425	207.10
N° 60	0.250	398.15
N° 100	0.150	139.66
N° 140	0.106	98.15
N° 200	0.075	14.88
< N° 200	--	0.91

MÉTODO DE TAMIZADO: Manual

TIPO DE SUELO: Inorgánico



COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS		CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	12.6	CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	SP - SC
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	86.1	CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-2-4 (0)
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	1.3	NOMBRE DEL GRUPO	Arena pobremente graduada con arcilla

HAZ GROUP - LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

JEFE IEM	D
Nombre y firma:	M
	A
ZACARÍAS HUARCAYA ANTEZANA INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 59113	



INFORME

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO D2487

Fecha: 03-03-2022
Página: 1 de 1

Proyecto: Incorporación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la estabilización del material de la subrasante, Pueblo Nuevo, los 2022
Solidante: Félix Jesús Villarreal Motta / Yanson Delfín Aybar Cardenas
Ubicación de Proyecto: Pueblo Nuevo
Material: _____

Registro N°: T-HAZ-2020
Muestreado por: E. BONILLO
Ensayado por: E. BONILLO
Fecha de Ensayo: 02/03/2022
Turno: Diurno

Sondaje / Calicata: C1
N° de Muestra: M-4 : MATERIAL NATURAL + ADICIÓN DEL 10% DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D2487

¿Tamizado compuesto? NO

Procedimiento de obtención de muestra: "Secada al horno a 110 +/- 5°C"

Peso Inicial Seco: 1088.47 g

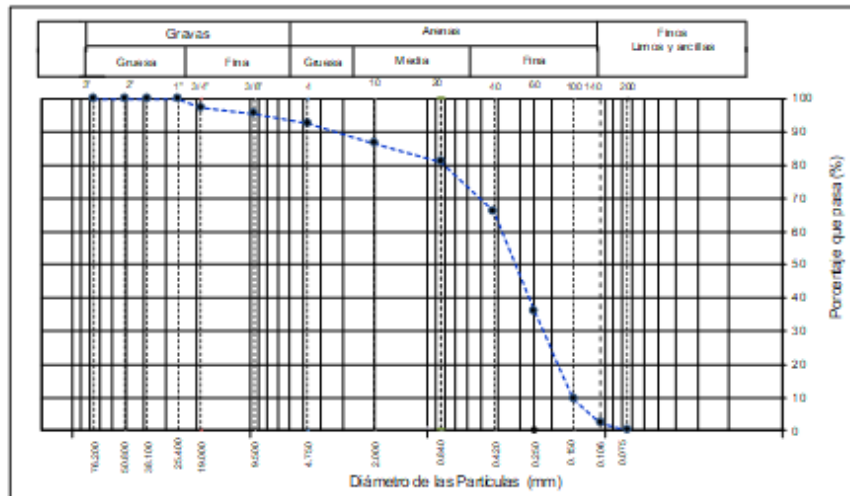
Peso de fracción < 3" 0.0

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PE SO RET ENIDO (g)
3"	76.200	
2"	50.800	0.0
1 1/2"	38.100	0.0
1"	25.400	0.00
3/4"	19.000	29.48
3/8"	9.500	18.90
N° 4	4.750	33.00

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PE SO RET ENIDO (g)
N° 10	2.000	65.49
N° 20	0.840	61.52
N° 40	0.425	164.14
N° 60	0.250	329.85
N° 100	0.150	288.90
N° 140	0.106	80.53
N° 200	0.075	24.18
< N° 200	--	0.48

MÉTODO DE TAMIZADO: Manual

TIPO DE SUELO: Inorgánico



COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	7.4	CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	SP - SC
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	90.4	CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-2-4 (0)
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	2.2	NOMBRE DEL GRUPO	Arena pobremente graduada con arcilla

HAZ GROUP - LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

JFC LM
Nombre y firma:

ZACARÍAS HUARCAYA ANTEZANA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 59110



INFORME

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO D2487

Fecha: 03-03-2022
Página: 1 de 1

Proyecto: Incorporación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la estabilización del material de la subrasante, Pueblo Nuevo, los 2022. Registro N°: T-HAZ-2020
Solicitante: Félix Jesús Villarreal Méza / Yacson Delfín Aybar Cardenas. Muestreado por: E. BONILLO
Ensayado por: E. BONILLO
Ubicación de Proyecto: Pueblo Nuevo. Fecha de Ensayo: 02/03/2022
Material: Tumo. Turno: Diurno

Sondaje / Calicata: C1
N° de Muestra: M-1 : MATERIAL - CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D2487

¿Tamizado compuesto? NO

Procedimiento de obtención de muestra: "Secada al horno a 110 +/- 5°C"

Peso Inicial Seco: 251.22 G

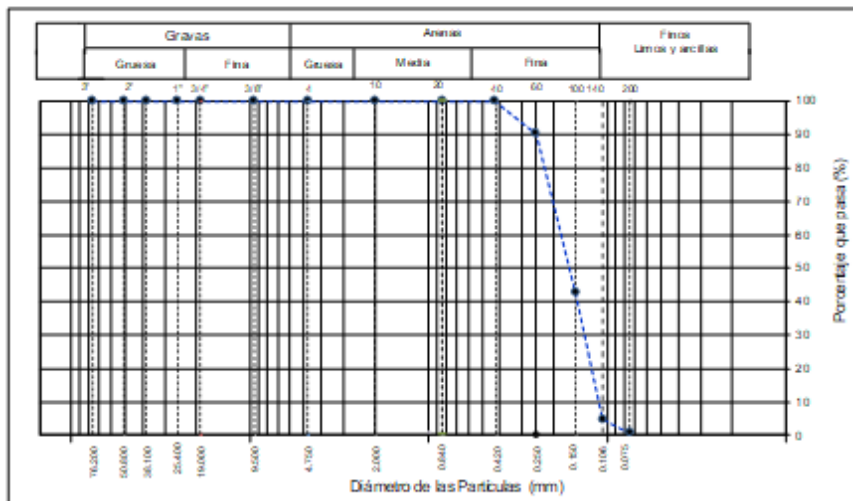
Peso de fracción < 3" 0.0

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)
3"	76.200	
2"	50.800	0.0
1 1/2"	38.100	0.0
1"	25.400	0.0
3/4"	19.000	0.0
3/8"	9.500	0.0
N° 4	4.750	0.0

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)
N° 10	2.000	0.00
N° 20	0.840	0.00
N° 40	0.425	0.00
N° 60	0.250	24.45
N° 100	0.150	120.05
N° 140	0.106	95.20
N° 200	0.075	10.12
< N° 200	--	1.40

MÉTODO DE TAMIZADO: Manual

TIPO DE SUELO: Orgánico



COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS		CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.0	CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	SP - SM
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	96.0	CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-2-4 (1)
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	4.0	NOMBRE DEL GRUPO	Arena pobremente gradada con Limo

HAZ GROUP - LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

JFC LHM
Nombre y firma:

ZACARÍAS A. HUARCAYA ANTEZANA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP Nº 99119

ANEXO 04. Límites de Atterberg



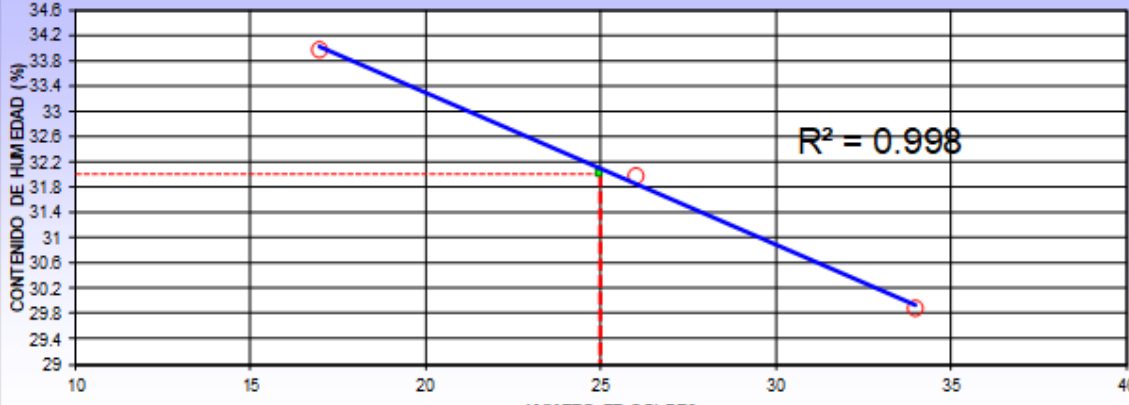

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS		 RUC: 20601063761				
 LABORATORIO DE SUELO CONCRETOS Y PAVIMENTOS		LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318				
SOLICITA Félix Jesus Villarroel Motta / Yacson Delfin Aybar Gárdenas						
MUESTRA : M 1		MUESTRA : MATERIAL NATURAL				
		LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO		
PRUEBA N°		1	2	3	1	2
RECIPIENTE N°		A-1	A-2	A-3	B-1	B-2
NÚMERO DE GOLPES		34	26	17		
		25 - 35	20 - 30	15 - 25		
1 PESO DEL RECIPIENTE (g)		11.31	11.31	11.31	14.45	14.45
2 PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (g)		43.60	42.81	44.63	20.41	21.12
3 PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)		36.17	35.18	36.18	19.03	19.58
6 CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		29.89	31.97	33.98	30.13	30.00

GRAFICO DE FLUIDEZ



LÍMITE LÍQUIDO :	32.00	%
LÍMITE PLÁSTICO :	30.00	%
ÍNDICE PLÁSTICO :	2.00	%

HECHO POR:	
REVISADO POR:	ZACARIAS A. HUARCAYA ANTEZANA INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 59110

Contáctanos: 931 626 853 - 999 436 259 lab.ingenieria@hazgroup.org	Planta Lima: Urb. San Antonio Mz. B Lt 1 - Puente Piedra Planta Ica: Av. Prolongación Arenales N° 1995 - Ref. Cruce de San Joaquín - ICA
---	--



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318

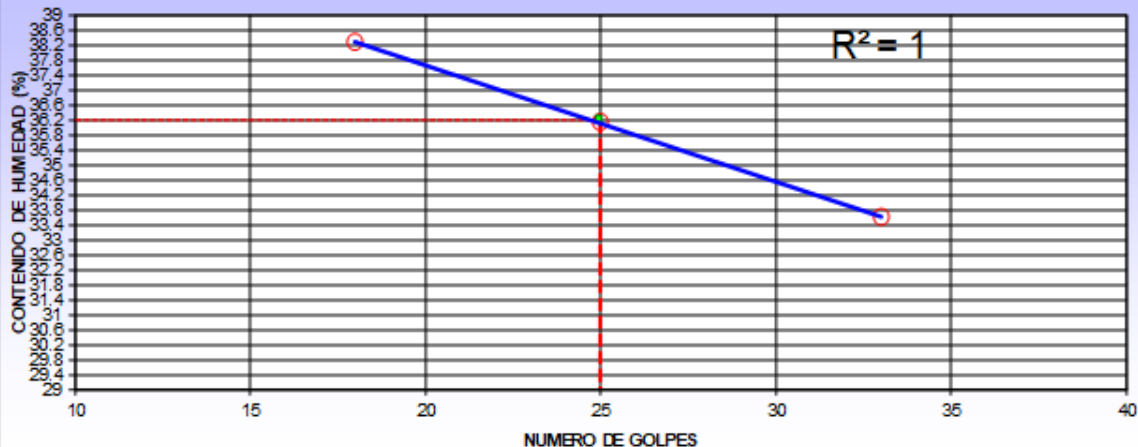
SOLICITA Felix Jesus Villaroel Motta / Yacson Delfin Aybar Cardenas

MUESTRA : M 1

MUESTRA : MATERIAL NATURAL + ADICIÓN DEL 4% DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ

PRUEBA N°	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
RECIPIENTE N°	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2
NÚMERO DE GOLPES	33	25	18		
	25 - 35	20 - 30	15 - 25		
1 PESO DEL RECIPIENTE (g)	11.31	11.31	11.31	14.45	14.45
2 PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (g)	44.52	43.80	45.70	20.33	20.76
3 PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)	36.17	35.18	36.18	19.03	19.25
6 CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	33.59	36.12	38.28	28.38	31.46

GRAFICO DE FLUIDEZ



LÍMITE LÍQUIDO :	36	%
LÍMITE PLÁSTICO :	30	%
ÍNDICE PLÁSTICO :	6	%

HECHO POR:

REVISADO POR:

Zacarias A. Huarcaya Antezana
ZACARIAS A. HUARCAYA ANTEZANA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 59110

Contáctanos:

931 626 853 - 999 436 259

lab.ingenieria@hazgroup.org

Planta Lima:

Urb. San Antonio Mz. B Lt.1 - Puente Piedra

Planta Ica:

Av. Prolongación Arenales N° 1995 - Ref.

Cruce de San Joaquín - ICA

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318

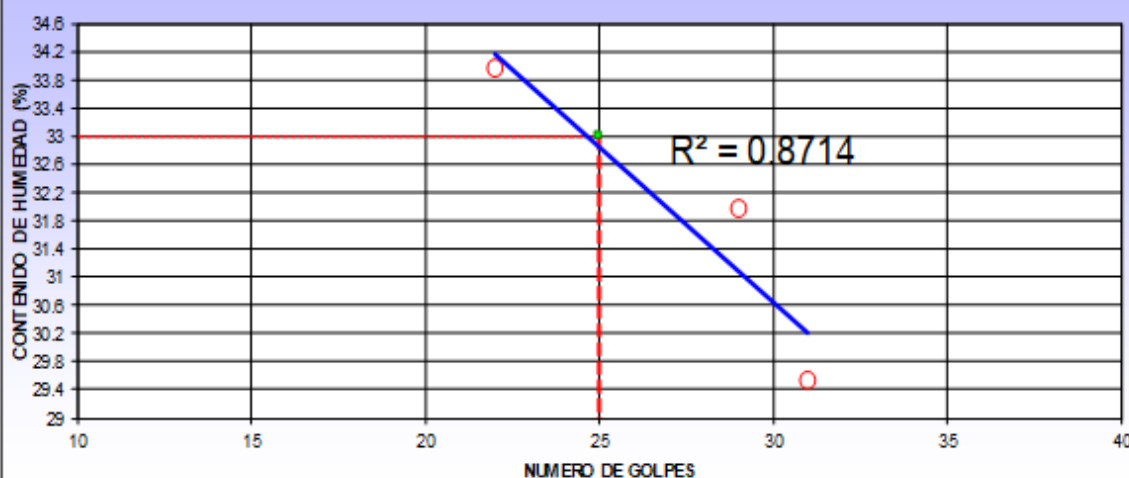
SOLICITA Félix Jesus Villarroel Motta / Yacson Delfin Aybar Cardenas

MUESTRA : M1

MUESTRA : MATERIAL NATURAL + ADICIÓN DEL 7% DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ

PRUEBA Nº	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
RECIPIENTE Nº	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2
NÚMERO DE GOLPES	31	29	22		
	25 - 35	20 - 30	15 - 25		
1 PESO DEL RECIPIENTE (g)	11.31	11.31	11.31	14.45	14.45
2 PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO (g)	43.51	42.81	44.63	20.30	20.50
3 PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)	36.17	35.18	36.18	19.03	19.58
6 CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	29.53	31.97	33.98	27.73	17.91

GRAFICO DE FLUIDEZ



LÍMITE LÍQUIDO :	33	%
LÍMITE PLÁSTICO :	23	%
ÍNDICE PLÁSTICO :	10	%

HECHO POR:
REVISADO POR:

Zacarias A. Huarcaya Antezana
ZACARIAS A. HUARCAYA ANTEZANA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP Nº 59110

Contáctanos:
931 626 853 - 999 436 259
lab.ingenieria@hazgroup.org

Planta Lima:
Urb. San Antonio Mz. B Lt.1 - Puente Piedra
Planta Ica:
Av. Prolongación Arenales N°1995 - Ref.
Cruce de San Joaquín - ICA



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318

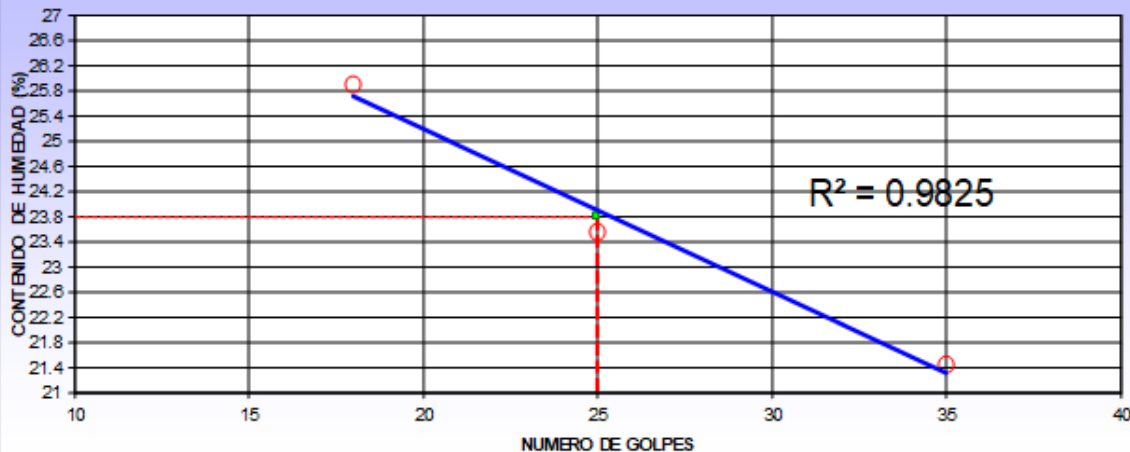
SOLICITA Felix Jesus Villaroel Motta / Yacson Delfin Aybar Cardenas

MUESTRA : M 1

MUESTRA : MATERIAL NATURAL + ADICIÓN DEL 10% DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ

PRUEBA N°	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
RECIPIENTE N°	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2
NÚMERO DE GOLPES	35	25	18		
	25 - 35	20 - 30	15 - 25		
1 PESO DEL RECIPIENTE (g)	11.31	11.31	11.31	14.45	14.45
2 PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO (g)	41.50	40.80	42.62	19.85	19.87
3 PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)	36.17	35.18	36.18	19.03	19.58
6 CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	21.44	23.55	25.89	17.90	5.64

GRAFICO DE FLUIDEZ



LÍMITE LÍQUIDO :	24	%
LÍMITE PLÁSTICO :	12	%
ÍNDICE PLÁSTICO :	12	%

HECHO POR:

REVISADO POR:

Zacarias A. Huarcaya Antezana
ZACARIAS A. HUARCAYA ANTEZANA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 59110

Contáctanos:

931 626 853 - 999 436 259

lab.ingenieria@hazgroup.org

Planta Lima:

Urb. San Antonio Mz. B Lt.1 - Puente Piedra

Planta Ica:

Av. Prolongación Arenales N° 1995 - Ref.

Cruce de San Joaquín - ICA

ANEXO 05. Gravedad específica

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



	INFORME	Código	AE-FO-11
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS	Versión	01
		Fecha	02-03-2022
		Página	1 de 1

PROYECTO : Incorporación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la estabilización del material de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022 REGISTRO N°: T-HAZ-6060
SOLICITANTE : Felix Jesus Villarreal Motta / Yacson Delfin Aybar Cardenas JESTREADO POR : E.BONILLO
 : --- ENSAYADO POR : E.BONILLO
UBICACIÓN DE PROYECTO: Pueblo Nuevo ECHA DE ENSAYO : 02/03/2022
TURNO : Diurno

Material : CENIZA DE CASCARA DE ARROZ Profundidad: 1.50 m
Sondaje : C-1
N° de Muestra : M-1

ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS A 3T M D864

MÉTODO DE ENSAYO "B"

DATOS	
Número de fóle	A
Masa de suelo seco	128.90
Masa de fóle + agua destilada	671.91
Masa de fóle + agua destilada + suelo	742.15
Temperatura del agua	23.8
Coefficiente de corrección a 20°C (K)	0.99914
Peso específico de sólidos	2.20
Gravedad específica de los sólidos	2.20

Gravedad específica de sólidos	---	2.20
Temperatura del agua destilada durante el ensayo	°C	23.8
Coefficiente de Temperatura (K)	---	0.99914
Gravedad específica de sólidos corregida por T	---	2.20

OBSERVACIONES:


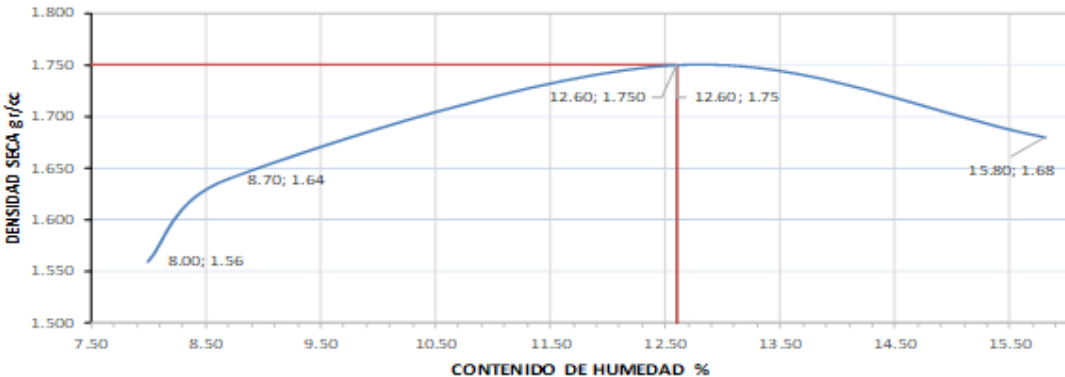

- * Muestra brindada por el Solicitante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de HAZ GROUP

HAZ GROUP - LABORATORIO DE CONCRETO SUELOS Y PAVIMENTOS

JEFE LEM	D:
Nombre y firma	M:
 ZACARIAS HUARCAYA ANTEZANA INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 59110	A:

981 288 529 - 981 267 452	Planta Lima:
lab.ingenieria@hazgroup.org	Urb. San Antonio Mz. B Lt.1 - Puente Piedra
	Planta Ica:
	Av. Prolongación Arenales N°1995 - Ref. Cruce de San Joaquín - ICA

ANEXO 06. Proctor Modificado

 <p>HAZ GROUP LABORATORIO DE SUELO CONCRETOS Y PAVIMENTOS</p>	<p>INFORME</p> <p>PROCTOR MODIFICADO</p>		<p>DEPARTAMENTO DE INGENIERIA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</p>																																									
	<p>PROYECTO : Incorporación de ceniza de cascara de arroz para mejorar la estabilización del material de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022</p> <p>SOLICITA : Felix Jesus Villarroel Motta / Yacson Delfin Aybar Cardenas</p> <p>LUGAR : Pueblo Nuevo MUESTRA : Terreno Natural</p> <p>FECHA : Noviembre del 2021</p>																																											
<p>ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO NTP 339.141 (ASTM D-1557)</p>																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>ENSAYO N°</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cantidad de agua</td> <td>100</td> <td>175</td> <td>275</td> <td>375</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Capa N°</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Golpes por capa N°</td> <td>25</td> <td>25</td> <td>25</td> <td>25</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					ENSAYO N°	1	2	3	4		Cantidad de agua	100	175	275	375		Capa N°	5	5	5	5		Golpes por capa N°	25	25	25	25																	
ENSAYO N°	1	2	3	4																																								
Cantidad de agua	100	175	275	375																																								
Capa N°	5	5	5	5																																								
Golpes por capa N°	25	25	25	25																																								
<p>DE TERMINACION DE DENSIDAD</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PESO MOLDE+SUELO COMPAC.</td> <td>5,474</td> <td>5,569</td> <td>5,737</td> <td>5,717</td> <td>22,497</td> </tr> <tr> <td>PESO MOLDE</td> <td>3,959</td> <td>3,959</td> <td>3,959</td> <td>3,959</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO SUELO COMPACTADO</td> <td>1,515</td> <td>1,610</td> <td>1,778</td> <td>1,758</td> <td>6,661</td> </tr> <tr> <td>VOLUMEN DEL MOLDE</td> <td>903</td> <td>903</td> <td>903</td> <td>903</td> <td></td> </tr> <tr> <td>DENSIDAD HUMEDA</td> <td>1.68</td> <td>1.78</td> <td>1.97</td> <td>1.95</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						1	2	3	4		PESO MOLDE+SUELO COMPAC.	5,474	5,569	5,737	5,717	22,497	PESO MOLDE	3,959	3,959	3,959	3,959		PESO SUELO COMPACTADO	1,515	1,610	1,778	1,758	6,661	VOLUMEN DEL MOLDE	903	903	903	903		DENSIDAD HUMEDA	1.68	1.78	1.97	1.95					
	1	2	3	4																																								
PESO MOLDE+SUELO COMPAC.	5,474	5,569	5,737	5,717	22,497																																							
PESO MOLDE	3,959	3,959	3,959	3,959																																								
PESO SUELO COMPACTADO	1,515	1,610	1,778	1,758	6,661																																							
VOLUMEN DEL MOLDE	903	903	903	903																																								
DENSIDAD HUMEDA	1.68	1.78	1.97	1.95																																								
<p>DE TERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>RECIPIENTE N°</th> <th>A20</th> <th>26-C</th> <th>B12</th> <th>16B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SUELO HUMEDO + RECIPIENTE</td> <td>300.00</td> <td>300.00</td> <td>322.00</td> <td>472.00</td> </tr> <tr> <td>SUELO SECO + RECIPIENTE</td> <td>287.00</td> <td>286.00</td> <td>300.00</td> <td>437.00</td> </tr> <tr> <td>PESO RECIPIENTE</td> <td>125.00</td> <td>125.00</td> <td>125.00</td> <td>215.00</td> </tr> <tr> <td>PESO DE AGUA</td> <td>13.00</td> <td>14.00</td> <td>22.00</td> <td>35.00</td> </tr> <tr> <td>PESO DE SUELO SECO</td> <td>162.00</td> <td>161.00</td> <td>175.00</td> <td>222.00</td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD</td> <td>8.00</td> <td>8.70</td> <td>12.60</td> <td>15.80</td> </tr> <tr> <td>DENSIDAD SECA</td> <td>1.56</td> <td>1.64</td> <td>1.75</td> <td>1.68</td> </tr> </tbody> </table>					RECIPIENTE N°	A20	26-C	B12	16B	SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	300.00	300.00	322.00	472.00	SUELO SECO + RECIPIENTE	287.00	286.00	300.00	437.00	PESO RECIPIENTE	125.00	125.00	125.00	215.00	PESO DE AGUA	13.00	14.00	22.00	35.00	PESO DE SUELO SECO	162.00	161.00	175.00	222.00	CONTENIDO DE HUMEDAD	8.00	8.70	12.60	15.80	DENSIDAD SECA	1.56	1.64	1.75	1.68
RECIPIENTE N°	A20	26-C	B12	16B																																								
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	300.00	300.00	322.00	472.00																																								
SUELO SECO + RECIPIENTE	287.00	286.00	300.00	437.00																																								
PESO RECIPIENTE	125.00	125.00	125.00	215.00																																								
PESO DE AGUA	13.00	14.00	22.00	35.00																																								
PESO DE SUELO SECO	162.00	161.00	175.00	222.00																																								
CONTENIDO DE HUMEDAD	8.00	8.70	12.60	15.80																																								
DENSIDAD SECA	1.56	1.64	1.75	1.68																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td>Max. densidad seca</td> <td>1.75</td> <td>gr/cm3</td> </tr> <tr> <td>Conten. humedad óptima</td> <td>12.60</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>					Max. densidad seca	1.75	gr/cm3	Conten. humedad óptima	12.60	%																																		
Max. densidad seca	1.75	gr/cm3																																										
Conten. humedad óptima	12.60	%																																										
<p>GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO</p>																																												
																																												
<p>HAZ GROUP - LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</p>																																												
<p>JEFE LEM</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>ZACARIAS HUARCAYA ANTEZANA INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 99110</p>			<p>D: _____</p> <p>M: _____</p> <p>A: _____</p>																																									

PROYECTO : Incorporación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la estabilización del material de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022

SOLICITA : Felix Jesus Millaruel Motta / Yacson Delfin Aybar Cardenas

LUGAR : Pueblo Nuevo

FECHA : Noviembre del 2021

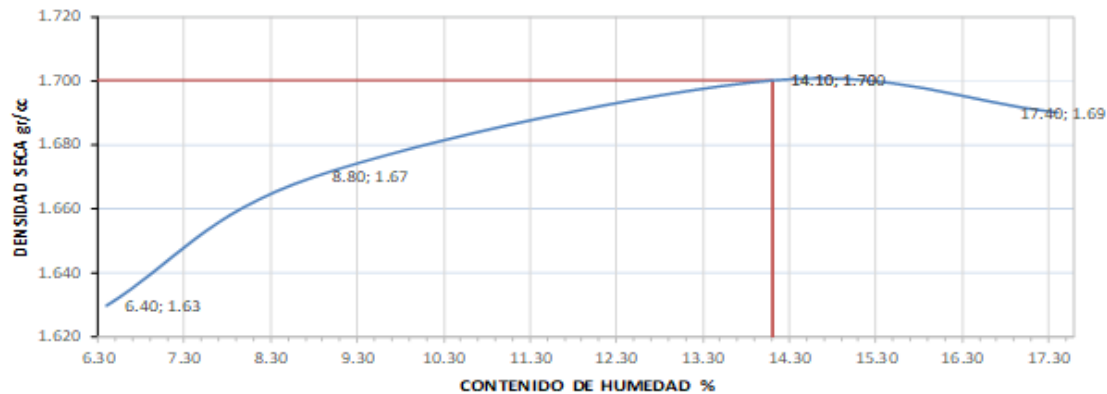
MUESTRA : MATERIAL NATURAL + ADICIÓN DEL 4% DE CENIZADE CASCARA DE ARROZ

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO
NTP 339.141 (ASTM D-1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	
Cantidad de agua	75	175	275	375	
Capa N°	5	5	5	5	
Golpes por capa N°	25	25	25	25	
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO COMPAC.	5,525	5,599	5,710	5,751	22,585
PESO MOLDE	3,959	3,959	3,959	3,959	
PESO SUELO COMPACTADO	1,566	1,840	1,751	1,792	6,749
VOLUMEN DEL MOLDE	903	903	903	903	
DENSIDAD HUMEDA	1.73	1.82	1.94	1.98	
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	b12	26c	a20	e25	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	307.00	323.00	335.00	354.00	
SUELO SECO + RECIPIENTE	298.00	307.00	309.00	320.00	
PESO RECIPIENTE	124.00	125.00	125.00	125.00	
PESO DE AGUA	11.00	16.00	26.00	34.00	
PESO DE SUELO SECO	172.00	182.00	184.00	195.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD	6.40	8.80	14.10	17.40	
DENSIDAD SECA	1.63	1.67	1.70	1.69	

Max. densidad seca : 1.70 gr/cm3
Conten. humedad óptima : 14.10 %


GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO



HAZ GROUP - LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

JEFE LEM

Nombre y firma:



ZACARIAS A. HUARCAYA ANTEZANA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 59110

D: _____
M: _____
A: _____

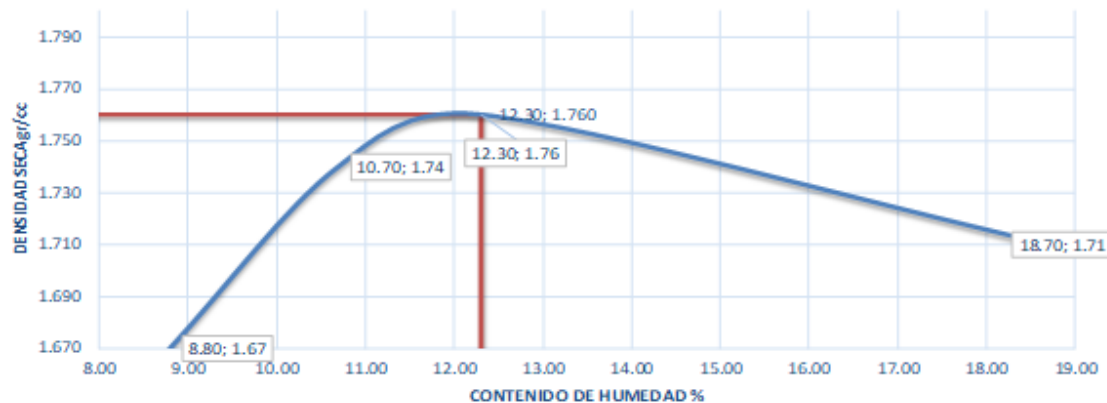
PROYECTO : Incorporación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la estabilización del material de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022
 SOLICITA : Felix Jesus Villarreal Motta / Yacson Delfin Aybar Cardenas
 LUGAR : Pueblo Nuevo MUESTRA : MATERIAL NATURAL + ADICIÓN DEL 7% DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ
 FECHA : No viembre del 2021

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO
NTP 339.141 (ASTM D-1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	
Cantidad de agua	175	275	375	475	
Capa N°	5	5	5	5	
Golpes por capa N°	25	25	25	25	
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO COMPAC.	5,599	5,880	5,751	5,790	22,800
PESO MOLDE	3,959	3,959	3,959	3,959	
PESO SUELO COMPACTADO	1,640	1,701	1,792	1,831	6,964
VOLUMEN DEL MOLDE	903	903	903	903	
DENSIDAD HUMEDA	1.82	1.88	1.98	2.03	
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	26c	a20	e25	b12	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	323.00	311.00	354.00	309.00	
SUELO SECO + RECIPIENTE	307.00	293.00	329.00	280.00	
PESO RECIPIENTE	125.00	125.00	125.00	125.00	
PESO DE AGUA	18.00	18.00	25.00	29.00	
PESO DE SUELO SECO	182.00	188.00	204.00	155.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD	8.80	10.70	12.30	18.70	
DENSIDAD SECA	1.67	1.74	1.76	1.71	

Max. densidad seca : 1.76 gr/cm³
 Contén. humedad óptima : 12.30 %

GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO



HAZ GROUP - LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

JEFE LEM
 Nombre y firma:

 ZACARIAS HUARCAYA ANTEZANA
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 50110
 D:
 M:
 A:

PROYECTO : Incorporación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la estabilización del material de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022

SOLICITA : Felix Jesus Villarroel Motta / Yacson Delfin Aybar Cardenas

LUGAR : Pueblo Nuevo **MUESTRA :** MATERIAL NATURAL + ADICIÓN DEL 10% DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ

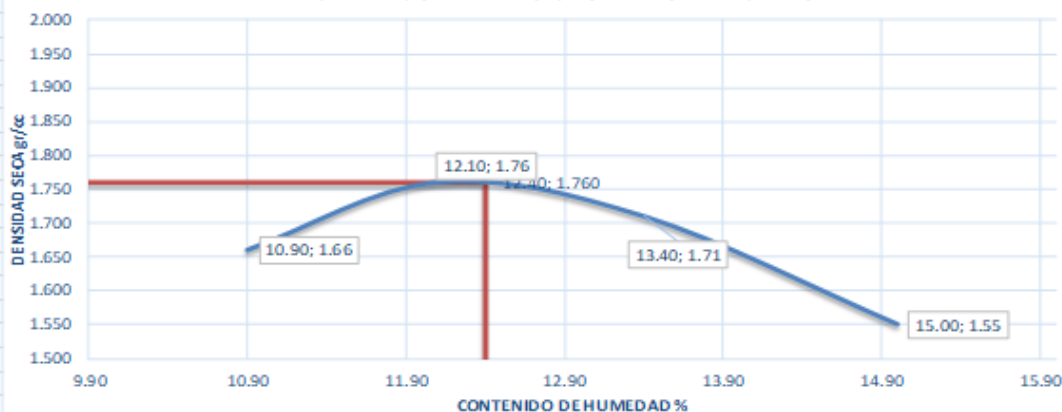
FECHA : Febrero del 2022

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO
NTP 339.141 (ASTM D-1557)

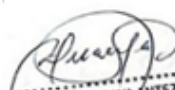
ENSAYO N°	1	2	3	4	
Cantidad de agua	190	300	415	525	
Capa N°	5	5	5	5	
Golpes por capa N°	25	25	25	25	
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO COMPAC.	5,621	5,740	5,700	6,015	23,076
PESO MOLDE	3,959	3,959	3,950	3,959	
PESO SUELO COMPACTADO	1,662	1,781	1,750	2,056	7,249
VOLUMEN DEL MOLDE	903	903	903	903	
DENSIDAD HUMEDA	1.84	1.97	1.94	2.28	
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	e25	B12	26C	a20	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	300.00	310.00	311.00	320.00	
SUELO SECO + RECIPIENTE	290.00	290.00	289.00	296.00	
PESO RECIPIENTE	125.00	125.00	125.00	125.00	
PESO DE AGUA	10.00	20.00	22.00	24.00	
PESO DE SUELO SECO	165.00	165.00	164.00	171.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD	10.90	12.10	13.40	15.00	
DENSIDAD SECA	1.66	1.76	1.71	1.55	

Max. densidad seca : 1.76 gr/cm³
Conten. humedad óptima : 12.40 %

GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO



HAZ GROUP - LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:
 ZACARIAS A. HUARCAYA ANTEZANA INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 59110	A:

ANEXO 07. CBR

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



PROYECTO	: ANALISIS DE PROPIEDADES FISICAS - MECANICAS DEL AGREGADO GRUESO	MUESTRA	: MATERIAL PROPIO
SOLICITA	: YACSON DELFIN AYBAR CARDENAS / FELIX JESUS VILLARROEL MOTTA		
LUGAR	: Material de Pueblo Nuevo		
FECHA	: Febrero del 2021		

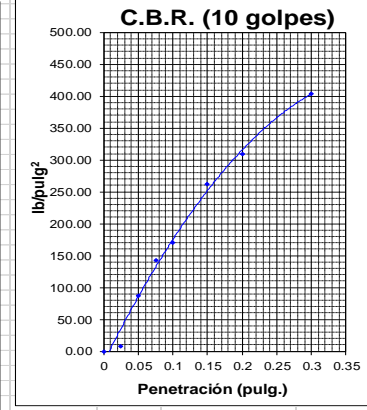
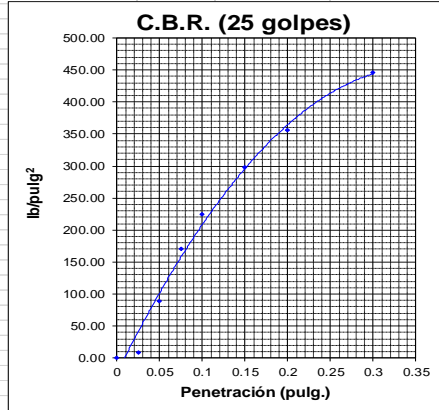
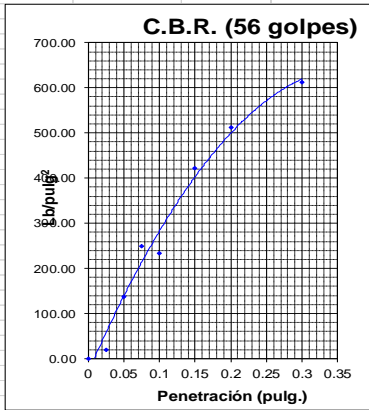
ENSAYO DE CBR (ASTM D-1883/AASHTO T-193/MTC E 132-2000)

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MOLDE	NUMERO GOLPES	HUMEDAD %		PESOS(Gr.)			VOLUMEN MOLDE (cm.3)	DENSIDADES (Gr./cm3)	
		APARENTE	REAL	MOLDE + MATERIAL	MOLDE	MATERIAL		HUMEDA	SECA
3	56		6	9520	4710	4810	2151	2.236	2.110
2	25		6	9480	4710	4770	2151	2.218	2.041
1	12		6	9040	4710	4330	2151	2.013	1.853

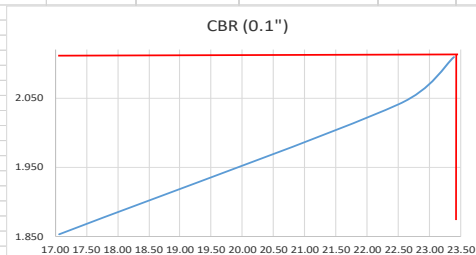
ENSAYO DE PENETRACION

PENETRACION Pulgadas	CONSTANTE (lbs/pulg2)	MOLDE 56 GOLPES (MOLDE 3)		MOLDE 25 GOLPES (MOLDE 2)		MOLDE 10 GOLPES (MOLDE 1)				
		Kg/cm2	CARGA (Lbs/pulg2)	% C.B.R.	Kg/cm2	CARGA (Lbs/pulg2)	% C.B.R.	Kg/cm2	CARGA (Lbs/pulg2)	% C.B.R.
0		0.13	0.00		0.00		0.00		0.00	
0.025		0.13	19.05		0.06		8.46		0.05	7.11
0.050		0.96	137.13		0.63		89.17		0.61	86.74
0.075		1.75	248.96		1.20		170.87		1.00	142.20
0.100	1000	1.64	233.85		1.58		224.98		1.20	170.64
0.150		2.96	421.07		2.09		297.32		1.84	261.65
0.200	1500	3.61	513.03		2.51		356.36		2.18	310.00
0.300		4.31	612.88		3.13		445.37		2.84	403.85



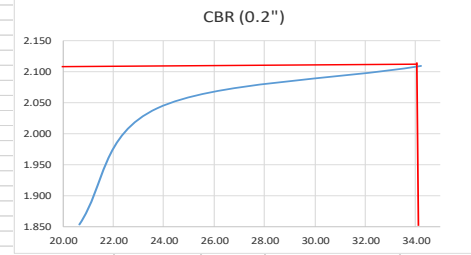
	1	2	3
0.1"	17.06	22.50	23.39
0.2"	20.67	23.76	34.20

MOLDE	MDS	CBR	
		0.1"	0.2"
1 (10 GOLPES)	1.853	17.06	20.67
2 (25 GOLPES)	2.041	22.50	23.76
3 (56 GOLPES)	2.110	23.39	34.20



cbi (0.1'') = 23.39%

CBR (100%)= 23.39%
MDS= 2.110



CBR(0.2'') = 34.20%

MATERIAL PROPIO PARA BASE

Zacarias A. Huarcaya Antezana
ZACARIAS A. HUARCAYA ANTEZANA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 59110

Contáctanos:
931 626 853
lab.ingenieria@hazgroup.pro

Planta Lima:
Urb. San Antonio Mz B Lt.1 - Puente Piedra
Planta Ica:
Av. Prolongación Arenales N°1995 - Ref. Cruce de San Joaquín - ICA

PROYECTO : ANALISIS DE PROPIEDADES FISICAS - MECANICAS DEL AGREGADO GRUESO
 SOLICITA : YACSON DELFIN ARSBR CARDENAS / FELIX JE SUS MILLAR DEL MOTA
 LUGAR : Miraflores de Pueblo Nuevo MUESTRA : MATERIAL PROPIO
 FECHA : Febrero del 2021

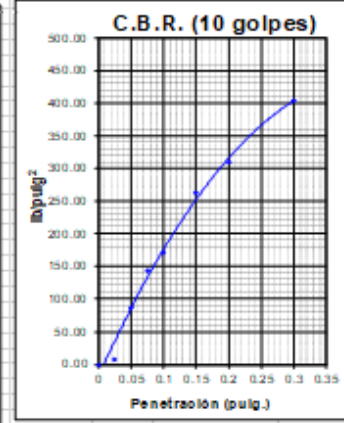
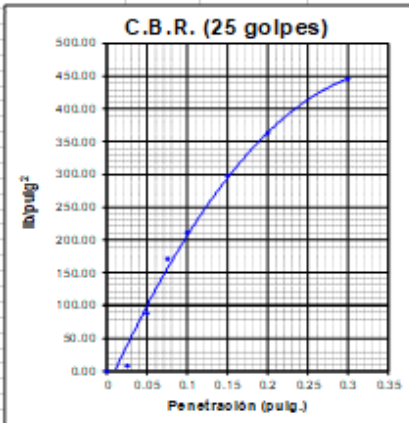
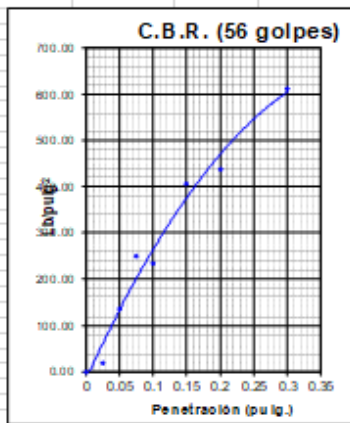
ENSAYO DE CBR (ASTM D-1883/AASHTO T-193/MTC E 132-2000)

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

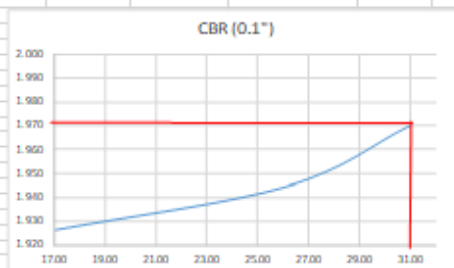
MOLDE	NUMERO GOLPES	HUMEDAD %		PESOS (Gr.)			VOLUMEN MOLDE (cm.3)	DENSIDADES (Gr./cm3)	
		APARENTE	REAL	MOLDE + MATERIAL	MOLDE	MATERIAL		HUMEDA	SECA
3	56		10.2	9360	4710	4670	2151	2.171	1.970
2	25		10.2	9320	4710	4610	2151	2.143	1.945
1	12		10.4	9285	4710	4575	2151	2.127	1.927

ENSAYO DE PENETRACION

PENETRACION Pulgadas	CONSTANTE (lb/pulg2)	MOLDE 36 GOLPES (MOLDE 3)		MOLDE 25 GOLPES (MOLDE 2)		MOLDE 10 GOLPES (MOLDE 1)					
		Kg/cm2	CARGA (Lb/pulg2)	% C.B.R.	Kg/cm2	CARGA (Lb/pulg2)	% C.B.R.	Kg/cm2	CARGA (Lb/pulg2)	% C.B.R.	
0			0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
0.025		0.13	19.05		0.06	8.48		0.05	7.11		0.00
0.050		0.36	53.71		0.63	25.17		0.81	26.74		0.00
0.075		1.75	248.96		1.20	170.87		1.00	142.20		0.00
0.100	1000	1.64	233.85		1.48	210.76		1.20	170.84		0.00
0.150		2.86	406.69		2.09	297.32		1.84	267.85		0.00
0.200	1500	3.07	436.67		2.56	363.47		2.16	310.00		0.00
0.300		4.31	612.88		3.13	445.37		2.84	403.85		0.00

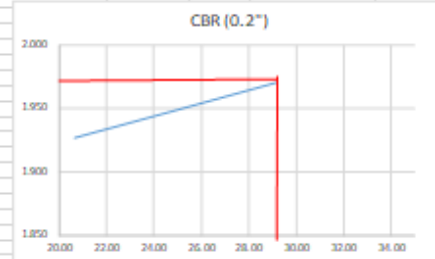


	1	2	3	CBR			
				MOLDE	MDS	0.1"	0.2"
0.1"	17.06	26.76	31.00	1 (10 GOLPES)	1.927	17.06	20.67
0.2"	20.67	24.23	29.11	2 (25 GOLPES)	1.945	26.76	24.23
				3 (56 GOLPES)	1.970	31.00	29.11



cb(0.1") = 31.00%

CBR (100%) = 31.00%
MDS = 1.970



CBR(0.2") = 29.11%

MATERIAL PROPIO PARA BASE

Zacarias A. Huaracaya Antezana
 ZACARIAS A. HUARCAYA ANTEZANA
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 99110

PROYECTO : ANALISIS DE PROPIEDADES FISICAS - MECANICAS DEL AGREGADO GRUESO
 SOLICITA : YACSON DELFIN AYSAI CARDENAS / FELIX JESUS MILLARDO L. MOTTA
 LUGAR : Material de Pueblo Nuevo
 FECHA : Febrero del 2021
 MUESTRA : MATERIAL PROPIO

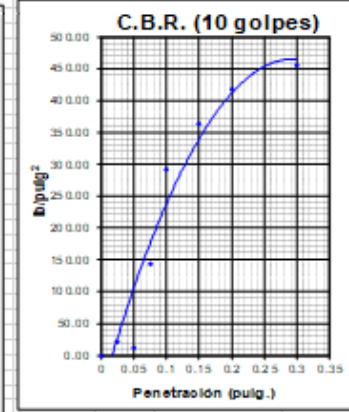
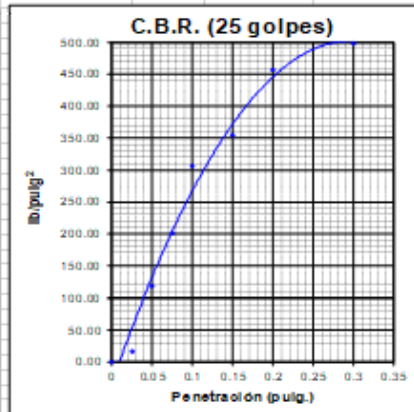
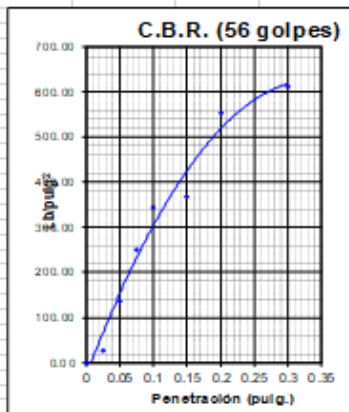
ENSAYO DE CBR (ASTM D-1883/AA SHTO T-193/MTC E 132-2000)

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

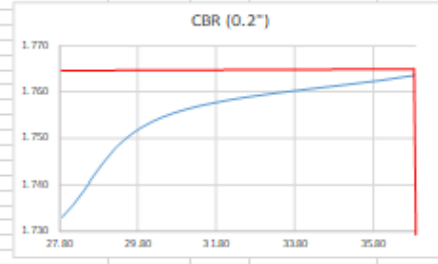
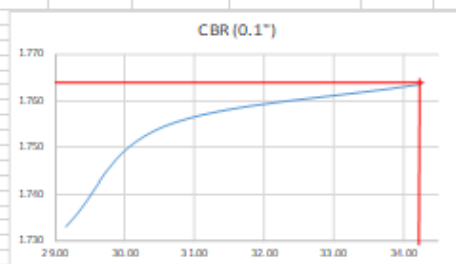
MOLDE	NUMERO GOLPES	HUMEDAD %		PESOS (Gr.)			VOLUMEN MOLDE (cm ³)	DENSIDADES (Gr./cm ³)	
		APARENTE	REAL	MOLDE + MATERIAL	MOLDE	MATERIAL		HUMEDA	SECA
3	56		12.3	8970	4710	4260	2151	1.980	1.764
2	25		12	8810	4710	4100	2151	1.906	1.755
1	12		11.8	8780	4710	4050	2151	1.883	1.733

ENSAYO DE PENETRACION

PENETRACION Rapido	CONSTANTE (lb/pulg ²)	MOLDE 56 GOLPES (MOLDE 3)			MOLDE 25 GOLPES (MOLDE 2)			MOLDE 10 GOLPES (MOLDE 1)		
		Rg/cm ²	CARGA (Lb/pulg ²)	% C.B.R.	Rg/cm ²	CARGA (Lb/pulg ²)	% C.B.R.	Rg/cm ²	CARGA (Lb/pulg ²)	% C.B.R.
0			0.00				0.00			
0.025		0.20	28.44		0.12	17.06		0.15	21.33	
0.050		0.96	136.51		0.30	118.03		0.08	11.32	
0.075		1.75	246.85		1.41	200.50		1.00	142.20	
0.100	1000	2.41	342.70		2.15	305.73		2.05	291.91	
0.150		2.56	366.66		2.40	354.09		2.56	364.03	
0.200	1500	3.86	553.76		3.21	456.46		2.94	418.07	
0.300		4.31	612.66		3.51	499.12		3.20	455.04	



	1	2	3	CBR	
				0.1"	0.2"
0.1"	29.15	30.57	34.27	29.15	27.67
0.2"	27.87	30.43	36.86	30.57	30.43
				34.27	36.86



cbt(0.1") = 34.27%

CBR(0.2") = 36.86%

CBR (100%) = 34.27%
MDS = 1.760

MATERIAL PROPIO PARA BEE


 ZACARIAS HUARCAYA ANTEZANA
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 59110

Contactanos: Planta Lima:
 931 826 833 Urb. San Antonio Mz. B L11 - Puente Medio
lab_tecnologia@hazgroup.com PRIMA E.S.
Av. Promoción Amigos N° 1005 - Ref. Unidad de San Joaquín - LA

PROYECTO	: ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS - MECANICAS DEL AGREGADO GRUESO		
SOLICITA	: YACSON DELFIN AYBAR CARDENAS / FELIX JESUS MILLARDO DEL MORTA		
LUGAR	: Miraflores de Pueblo Nuevo	MUESTRA	: MATERIAL PROPIO
FECHA	: Febrero del 2021		

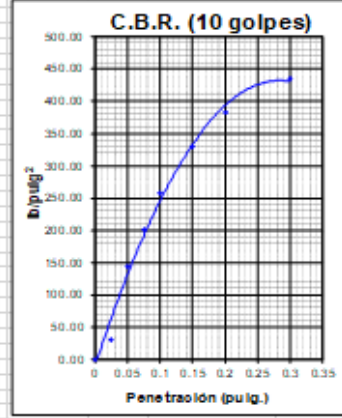
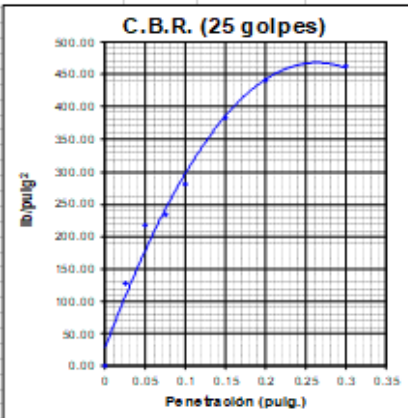
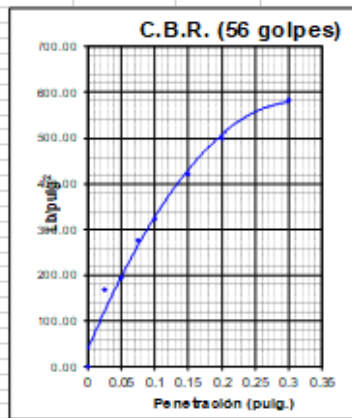
EN SAYO DE CBR (A STM D-1883/AA SHTO T-193/MTC E 132-2000)

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

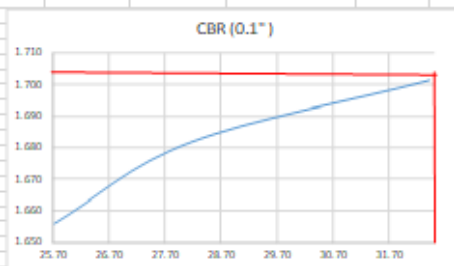
MOLDE	NUMERO GOLFES	HUMEDAD %		PESOS(Gr.)			VOLUMEN MOLDE (cm ³)	DENSIDADES (Gr/cm ³)	
		APARENTE	REAL	MOLDE + MATERIAL	MOLDE	MATERIAL		HUMEDA	SECA
3	36		13.4	8580	4710	4150	2151	1.925	1.701
2	25		13.2	8640	4710	3930	2151	1.827	1.662
1	12		13.1	8580	4710	3970	2151	1.756	1.656

ENSAYO DE PENETRACION

PENETRACION (pulg.)	CONSTANTE (lb/pulg ²)	MOLDE 18 GOLFES (MOLDE 3)		MOLDE 25 GOLFES (MOLDE 2)		MOLDE 10 GOLFES (MOLDE 1)	
		Kg/cm ²	CARGA (lb/pulg ²)	% C.B.R.	Kg/cm ²	CARGA (lb/pulg ²)	% C.B.R.
0			0.00		0.00		0.00
0.025		1.16	167.80	0.90	127.38	0.21	28.06
0.050		1.36	193.39	1.53	217.57	1.01	143.62
0.075		1.95	277.29	1.85	254.83	1.41	200.50
0.100	1000	2.28	324.22	1.98	281.96	1.81	257.38
0.150		2.96	421.07	2.89	392.52	2.32	329.90
0.200	1500	3.52	500.54	3.10	440.82	2.88	381.10
0.300		4.10	563.02	3.25	462.15	3.05	433.71

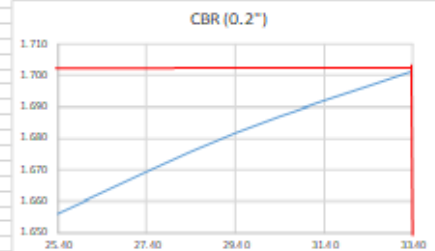


	CBR			MOLDE	MDS	0.1"	0.2"
	1	2	3				
0.1"	25.74	28.16	32.42	1 (10 GOLFES)	1.836	25.74	23.41
0.2"	25.41	29.39	33.37	2 (25 GOLFES)	1.652	28.16	29.39
				3 (56 GOLFES)	1.701	32.42	33.37



cb(0.1'') = 23.39%

CBR (100%) = 32.42%
MDS = 1.701





CBR(0.2'') = 33.37%

MATERIAL PROPIO PARA BASE



ZACARIAS HUARCAYA ANTEZANA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP Nº 59110

Contáctanos:	Planta Lima:
931 626 853	Urb. San Antonio Mz. B L11 - Fuente Piedra
lab_ingenieria@hazgroup.com	Planta Ica:
	Av. Promoción Arequipa N°1995 - Ref. Cruce de San Joaquín - I.A.

ANEXO 05. Perfil Estratigráfico

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS								
PROYECTO : ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN PARA VIVIENDA MULTIFAMILIAR								
SOLICITA : LK PROYECTOS EIRL								
LUGAR : URB FUNDO LA CHALACA		MUESTRA : C-1 M(3)						
FECHA : Abril del 2022								
PERFIL ESTRATIGRAFICO DE CALICATAS (ASTM D 2488)								
PROF.	M.	GRAFICO	ESTRATO	CARACTERISTICAS GEOTECNICAS	CLASIF.		NIVEL DEL AGUA	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO
			Espesor (CM.)		AASHTO	SUCS		
0.00			0-3 M	ARENAS LIMOSAS	A-2-6 (0)	SM	NSP	ARENAS LIMOSAS, Presenta grava fina que representa el 6.6% el suelo; Arena fina de mediana plasticidad, húmeda de consistencia firme que representa el 69.9% del suelo; Finos de mediana resistencia seca, dilatancia lenta, con tenacidad media, que representa el 23.6% del suelo.
0.20								
0.40								
0.60								
0.80								
1.00								
1.20								
1.40								
1.60								
1.80								
2.00								
2.20								
2.40								
2.60								
2.80								
3.00								

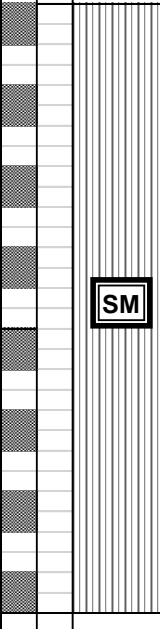
HAZ GROUP - LABORATORIO DE SUELOS , CONCRETO Y PAVIMENTO

JEFE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS <hr style="width: 20%; margin: 0 auto;"/>	 ZACARIAS A. HUARCAYA ANTEZANA INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 59110
---	--

Contáctanos:	Planta Lima: 931 626 853 Urb. San Antonio Mz. B Lt.1 - Puente Piedra
	Planta Ica: Av. Prolongación Arenales N°1995 - Ref. Cruce de San Joaquín - ICA

PROYECTO : ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN PARA VIVIENDA MULTIFAMILIAR
 SOLICITA : LK PROYECTOS EIRL
 LUGAR : URB FUNDO LA CHALACA MUESTRA : C-2 M(3)
 FECHA : Abril del 2022

PERFIL ESTRATIGRAFICO DE CALICATAS (ASTM D 2488)

PROF.	M.	GRAFICO	ESTRATO	CARACTERISTICAS GEOTECNICAS	CLASIF.		NIVEL DEL AGUA	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO
			Espesor (CM.)		AASHTO	SUCS		
0.00			0-3 M	ARENAS LIMOSAS	A-2-7 (0)	SM	NSP	ARENAS LIMOSAS, Presenta grava fina que representa el 13.6% el suelo; Arena fina de mediana plasticidad, húmeda de consistencia firme que representa el 71.8% del suelo; Finos de mediana resistencia seca, dilatación lenta, con tenacidad media, que representa el 14.5% del suelo.
0.20								
0.40								
0.60								
0.80								
1.00								
1.20								
1.40								
1.60								
1.80								
2.00								
2.20								
2.40								
2.60								
2.80								
3.00								

HAZ GROUP - LABORATORIO DE SUELOS , CONCRETO Y PAVIMENTO

JEFE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



ZACARIAS A. HUARCAYA ANTEZANA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 59110

Contáctanos: Planta Lima:

931 626 853 Urb. San Antonio Mz. B Lt.1 - Puente Piedra

Planta Ica:

Av. Prolongación Arenales N°1995 - Ref. Cruce de San Joaquín - ICA

PROYECTO : Incorporación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la estabilización del material de la subrasante, Pueblo Nuevo, Ica 2022
SOLICITA : Felix Jesus Villarroel Motta / Yacson Delfin Aybar Cardenas
LUGAR : Pueblo Nuevo **MUESTRA :** C-1 M(1)
FECHA : Marzo del 2022

PERFIL ESTRATIGRAFICO DE CALICATAS (ASTM D 2488)

PROF.	M.	GRAFICO	ESTRATO	CARACTERISTICAS GEOTECNICAS	CLASIF.		NIVEL DEL AGUA	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO
			Espesor (CM.)		AASHTO	SUCS		
0.00								
0.10								
0.20								
0.30								
0.40								
0.50		SP						
0.60								
0.70								
0.80								
0.90								
1.00								
1.10								
1.20		SC						
1.30								
1.40								
1.50								

HAZ GROUP - LABORATORIO DE SUELOS , CONCRETO Y PAVIMENTO

JEFE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



ZACARIAS HUARCAYA ANTEZANA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 59110

Contáctanos: Planta Lima:
931 626 853 Urb. San Antonio Mz. B Lt.1 - Puente Piedra

Planta Ica:
Av. Prolongación Arenales N°1995 - Ref. Cruce de San Joaquín - ICA

ANEXO 06. Panel Fotográfico



Reconocimiento de campo - Tramo de la vía IC 688



Reconocimiento de campo -Tramo de la vía IC 688



Reconocimiento de campo - Tramo de la vía IC 688



Reconocimiento de campo -Tramo de la vía IC 688



Reconocimiento de campo - Tramo de la vía IC - 686



Extracción de muestra profundidad de 1.50m- calicata N° 01



Herramientas para el desarrollo del ensayo de consistencia



Preparación de la muestra para poder realizar los ensayos de limite liquido



Colocación de muestra en la cuchara Casagrande



Amasando la muestra en el esmerilado de vidrio para el ensayo plástico



Formación de rollitos 3mm de diámetro



Pesando la muestra de la ceniza



Eliminando restos de las cenizas



Muestra de la Calicata N° 01



Cuardeo de material calcita N° 01



Análisis granulométrico de Muestra N° 01



El ensayo de Proctor modificado



Peso del molde cilíndrico



Colocación de la tercera capa de material natural



25 golpes en la tercera capa con el pistón



Peso de la muestra natural + peso del molde



Peso de la muestra extraída en el Proctor



Colocación de la muestra natural al horno



Colocación de la muestra natural al horno



Peso del porcentaje de arroz a incorporar



Incorporación de la ceniza de cáscara de arroz a la muestra natural



Moldes para la realización de CBR



Peso del molde + peso de la muestra natural más adición de 7% de CCA



Moldes con mezcla de 7% de CCA sumergidos en la piscina de agua



Registro de lectura de expansión cada 24 horas



Realización del ensayo de carga – penetración en la prensa



En la prensa se aplica una penetración con el pisón a una velocidad de 0.05 pulgadas/min, se toma dato de lectura de cada muestra