



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

"Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante en el suelo limo arcilloso incorporando ceniza de cascarilla de arroz en la Av. Aija, Huarney, Ancash - 2018"

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA CIVIL**

**AUTORA**

Gissele Lisset Maguiña Sal y Rosas

**ASESORA**

Ing. Cecilia Arriola Moscoso

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA, PERÚ

2018



**ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS**

Código : F06-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 2

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (ña)

**MAGUIÑA SAL Y ROSAS GISSELE LISSET**

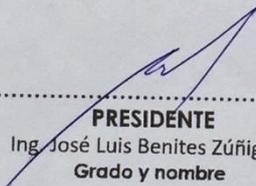
cuyo título es:

**"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN Y CAPACIDAD PORTANTE EN EL SUELO LIMO ARCILLOSO INCORPORANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ EN LA AV.AIJA, HUARMEY, ANCASH - 2018"**

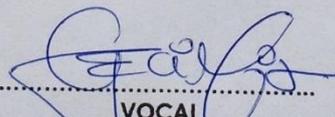
Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de:

14 (número) Catorce (letras).

Lugar y fecha Los Olivos 13-12-18

  
.....  
**PRESIDENTE**  
Ing. José Luis Benites Zúñiga  
Grado y nombre

  
.....  
**SECRETARIO**  
Ing. Omart Tello Malpartida  
Grado y nombre

  
.....  
**VOCAL**  
Ing. Cecilia Arriola Moscoso  
Grado y nombre

**NOTA:** En el caso de que haya nuevas observaciones en el informe, el estudiante debe levantar las observaciones para dar el pase a Resolución.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

### Dedicatoria

A mi madre Rosario por haberme apoyado en todo momento, por sus valores, consejos, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada por su amor incondicional.

A mi padre Carlos por los ejemplos de perseverancia, consejos, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

## Agradecimiento

En primer lugar agradezco a Dios, por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco a mis padres por la confianza y por su apoyo incondicional, por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mis profesores por todo el apoyo brindado, por su tiempo y por los conocimientos que me transmitieron.

A mis amigos por acompañarme durante este arduo camino y compartir conmigo alegrías y fracasos.

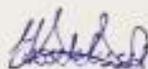
### Declaratoria de autenticidad

Yo, Gissele Lisset Maguñá Sal y Rosas, con DNI N° 72173760, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería Civil, Escuela Académico Profesional de Ingeniería, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis denominado "Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante del suelo limo arcilloso incorporando ceniza de cascarilla de arroz en la Av. Aija, Huarmey, Ancash – 2018", son auténticos y veraces.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, 13 de Diciembre del 2018



.....  
Firma

## Presentación

Señores miembros del jurado:

Cumpliendo con las indicaciones vigentes establecidas por el Reglamentos de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, someto a vuestro criterio profesional la evaluación del presente trabajo de investigación titulado: "Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante en el suelo limo arcilloso incorporando ceniza de cascarilla de arroz en la Av.Aija, Huarney, Ancash - 2018".

En el trabajo mencionado se describe la ceniza de cascarilla de arroz como una puzolana artificial, ya que contiene un gran porcentaje de sílice y esto hace que actúe como un estabilizador, para ello es muy importante que la temperatura y duración de la combustión sean controladas durante el proceso de obtención de la ceniza, con la incorporación de la ceniza se espera que se disminuya el potencial de expansión y aumente la capacidad portante. Según el planteamiento del problema el estudio se centra en buscar un tratamiento adecuado al suelo limo arcilloso, sin incurrir en costos elevados y aprovechar productos secundarios como son las cenizas de cascarilla de arroz, se realizó cinco tipos de ensayos como Contenido de Humedad, Análisis Granulométrico, Límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR, para los ensayos se describirá el procedimiento y los materiales a utilizar.

## ÍNDICE

Página del Jurado

Dedicatoria

Agradecimiento

Declaratoria de Autenticidad

Presentación

Índice

Resumen

Abstract

### **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

1.1 Realidad Problemática.....	19
1.2 Trabajos Previos.....	23
1.2.1 Antecedentes Internacionales.....	23
1.2.2 Antecedentes Nacionales.....	26
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	29
1.3.1 Ceniza de cascarilla de arroz.....	29
1.3.1.1 Cascarilla de arroz.....	31
1.3.1.2 Ceniza de cascarilla de arroz.....	33
1.3.2 Potencial de expansión y capacidad portante del suelo limo arcilloso.....	36
1.3.2.1 Potencial de expansión.....	36
1.3.2.2 Capacidad portante.....	38
1.3.2.3 Subrasante-suelo.....	38
1.3.2.4 Suelo limo arcilloso.....	43
1.3.2.5 Ensayos de laboratorio.....	44
1.4 Formulación del problema.....	48
1.4.1 Problema General.....	48
1.4.2 Problemas Específicos.....	48
1.5 Justificación del estudio.....	49
1.6 Hipótesis.....	50
1.6.1 Hipótesis General.....	50
1.6.2 Hipótesis Específicos.....	50

1.7 Objetivo.....	50
1.7.1 Objetivo General.....	50
1.7.2 Objetivos Específicos.....	51
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA</b>	
2.1 Diseño de investigación .....	53
2.1.1 Método de investigación.....	53
2.1.2 Enfoque de la investigación.....	53
2.1.3 Tipo de Investigación.....	54
2.2 Variables, operacionalización.....	55
2.2.1 Variables.....	55
2.2.1.1 Variable Independiente.....	55
2.2.1.2 Variable Dependiente.....	56
2.2.2 Operacionalización de Variables.....	56
2.3 Población, muestra y muestreo.....	58
2.3.1 Población.....	58
2.3.2 Muestra.....	58
2.3.3 Muestreo.....	59
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	59
2.4.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	59
2.4.2 Instrumento.....	59
2.4.3 Validez.....	59
2.4.4 Confiabilidad.....	60
2.5 Métodos de análisis de datos.....	60
2.6 Aspectos éticos.....	60
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS.....</b>	<b>62</b>
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN.....</b>	<b>102</b>
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.....</b>	<b>104</b>
<b>CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES.....</b>	<b>106</b>
<b>CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>108</b>

<b>ANEXO 1</b> Matriz de consistencia.....	113
<b>ANEXO 2</b> Panel fotográfico.....	115

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de peligros y plan de usos del suelo en la ciudad de Huarmey.....	21
Figura 2. Detalles del Mapa de peligros y plan de usos del suelo en la ciudad de Huarmey	22
Figura 3. Puzolanas naturales.....	29
Figura 4. Ceniza de cascarilla de arroz después de la molienda.....	30
Figura 5. Propiedades físicas de la puzolana.....	30
Figura 6. Propiedades químicas de la puzolana.....	31
Figura 7. Poder calorífico inferior de la cascarilla de arroz en función del contenido de Humedad.....	32
Figura 8. Contenido de sílice en la cascarilla de arroz.....	32
Figura 9. Composición mineral de la ceniza de cascarilla de arroz.....	34
Figura 10. Propiedades físicas de la ceniza de la cascarilla de arroz.....	35
Figura 11. Condiciones de combustión de la ceniza de cascarilla de arroz.....	35
Figura 12. Grado de expansión – Holtz y Gibbs.....	37
Figura 13. Grado de expansión – Seed, Woodward y Lungren.....	37
Figura 14. Grado de expansión – Ranganathan y Stayanarayana.....	38
Figura 15. Categorías de subrasante según CBR.....	38
Figura 16. Clasificación de suelos según índice.....	39
Figura 17. Clasificación de suelos – método AASHTO.....	40
Figura 18. Clasificación de suelos – método SUCS.....	41
Figura 19. Suelo limoso y arcilloso.....	44
Figura 20. Contenido de humedad natural.....	62
Figura 21. Ensayo 1 Límites de consistencia.....	65

Figura 22. Ensayo 2 Límites de consistencia.....	65
Figura 23. Ensayo 3 Límites de consistencia.....	66
Figura 24. Ensayo promedio del índice de plasticidad.....	67
Figura 25..Ensayo 1 – Proctor modificado.....	67
Figura 26..Ensayo 2 – Proctor modificado.....	68
Figura 27..Ensayo 3 – Proctor modificado.....	68
Figura 28. Promedio proctor modificado.....	69
Figura 29.. Promedio CBR / Densidad Seca - Contenido de humedad.....	71
Figura 30.. Variación de la expansión según el índice de plasticidad.....	72
Figura 31. Promedio de hinchamiento con 0% CCA.....	76
Figura 32. Promedio de hinchamiento con 4% CCA.....	77
Figura 33. Promedio de hinchamiento con 7% CCA.....	77
Figura 34. Promedio de hinchamiento con 10% CCA.....	78
Figura 35. Expansión molde 3 (12 golpes).....	78
Figura 36. Expansión molde 3 (56 golpes).....	79
Figura 37. Expansión molde 3 (25 golpes).....	79
Figura 38. Promedio de carga - penetración con 0% CCA.....	86
Figura 39. Promedio de carga - penetración con 4% CCA.....	87
Figura 40. Promedio de carga - penetración con 7% CCA.....	88
Figura 41. Promedio de carga - penetración con 10% CCA.....	89
Figura 42. Resultado promedio CBR a 1” .....	95

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de Operacionalización de variables independiente e dependiente.....	57
Tabla 2. Unidades de Estudio.....	58
Tabla 3. Organización de tratamientos.....	58
Tabla 4. Resultados de contenido de humedad .....	62
Tabla 5. Clasificación según AASHTO.....	63
Tabla 6. Clasificación según SUCS.....	64
Tabla 7. Resultados ensayo 1 de límites de consistencia .....	64
Tabla 8. Resultados ensayo 2 de límites de consistencia.....	65
Tabla 9. Resultados ensayo 3 de límites de consistencia.....	66
Tabla 10. Resultados promedio de límites de consistencia.....	66
Tabla 11. Resultados ensayo 1 de proctor modificado.....	67
Tabla 12. Resultados ensayo 2 de proctor modificado.....	68
Tabla 13. Resultados ensayo 3 de proctor modificado.....	68
Tabla 14. Resultados promedio de proctor modificado.....	69
Tabla 15. Resultados ensayo 1 de CBR.....	69
Tabla 16. Resultados ensayo 2 de CBR.....	70
Tabla 17. Resultados ensayo 3 de CBR.....	70
Tabla 18. Resultado promedio ensayo de CBR.....	70
Tabla 19. Resultados de expansión del suelo.....	71
Tabla 20. Resultados ensayo 1 de hinchamiento con 0% CCA.....	73
Tabla 21. Resultados ensayo 1 de hinchamiento con 4% CCA.....	73
Tabla 22. Resultados ensayo 1 de hinchamiento con 7% CCA.....	73
Tabla 23. Resultados ensayo 1 de hinchamiento con 10% CCA.....	73
Tabla 24. Resultados ensayo 2 de hinchamiento con 0% CCA.....	74

Tabla 25. Resultados ensayo 2 de hinchamiento con 4% CCA.....	74
Tabla 26. Resultados ensayo 2 de hinchamiento con 7% CCA.....	74
Tabla 27. Resultados ensayo 2 de hinchamiento con 10% CCA.....	74
Tabla 28. Resultados ensayo 3 de hinchamiento con 0% CCA.....	75
Tabla 29. Resultados ensayo 3 de hinchamiento con 4% CCA.....	75
Tabla 30. Resultados ensayo 3 de hinchamiento con 7% CCA.....	75
Tabla 31. Resultados ensayo 3 de hinchamiento con 10% CCA.....	75
Tabla 32. Resultados promedio hinchamiento con 0% CCA.....	76
Tabla 33. Resultados promedio hinchamiento con 4% CCA.....	76
Tabla 34. Resultados promedio hinchamiento con 7% CCA.....	77
Tabla 35. Resultados promedio hinchamiento con 10% CCA.....	78
Tabla 36. Resultados ensayo 1 carga – penetración con 0% CCA.....	80
Tabla 37. Resultados ensayo 1 carga – penetración con 4% CCA.....	80
Tabla 38. Resultados ensayo 1 carga – penetración con 7% CCA.....	81
Tabla 39. Resultados ensayo 1 carga – penetración con 10% CCA.....	81
Tabla 40. Resultados ensayo 2 carga – penetración con 0% CCA.....	82
Tabla 41. Resultados ensayo 2 carga – penetración con 4% CCA.....	82
Tabla 42. Resultados ensayo 2 carga – penetración con 7% CCA.....	83
Tabla 43. Resultados ensayo 2 carga – penetración con 10% CCA.....	83
Tabla 44. Resultados ensayo 3 carga – penetración con 0% CCA.....	84
Tabla 45. Resultados ensayo 3 carga – penetración con 4% CCA.....	84
Tabla 46. Resultados ensayo 3 carga – penetración con 7% CCA.....	85
Tabla 47. Resultados ensayo 3 carga – penetración con 10% CCA.....	85
Tabla 48. Resultados promedio carga – penetración con 0% CCA.....	86
Tabla 49. Resultados promedio carga – penetración con 4% CCA.....	87

Tabla 50. Resultados promedio carga – penetración con 7% CCA.....	88
Tabla 51. Resultados promedio carga – penetración con 10% CCA.....	89
Tabla 52. Resultados ensayo 1 CBR con 0% CCA.....	90
Tabla 53. Resultados ensayo 1 CBR con 4% CCA.....	90
Tabla 54. Resultados ensayo 1 CBR con 7% CCA.....	90
Tabla 55. Resultados ensayo 1 CBR con 10% CCA.....	91
Tabla 56. Resultados ensayo 2 CBR con 0% CCA.....	91
Tabla 57. Resultados ensayo 2 CBR con 4% CCA.....	91
Tabla 58. Resultados ensayo 2 CBR con 7% CCA.....	92
Tabla 59. Resultados ensayo 2 CBR con 10% CCA.....	92
Tabla 60. Resultados ensayo 3 CBR con 0% CCA.....	92
Tabla 61. Resultados ensayo 3 CBR con 4% CCA.....	93
Tabla 62. Resultados ensayo 3 CBR con 7% CCA.....	93
Tabla 63. Resultados ensayo 3 CBR con 10% CCA.....	93
Tabla 64. Resultados promedio CBR a 0.1 y 0.2 pulgadas con 0% CCA.....	94
Tabla 65. Resultados promedio CBR a 0.1 y 0.2 pulgadas con 4% CCA.....	94
Tabla 66. Resultados promedio CBR a 0.1 y 0.2 pulgadas con 7% CCA.....	94
Tabla 67. Resultados promedio CBR a 0.1 y 0.2 pulgadas con 10% CCA.....	95
Tabla 68. Resumen procesamiento - objetivo específico 1.....	96
Tabla 69. Tabla cruzada - objetivo específico 1.....	96
Tabla 70. Chi cuadrado - objetivo específico 1.....	97
Tabla 71. Resumen procesamiento - objetivo específico 2.....	97
Tabla 72. Tabla cruzada - objetivo específico 2.....	98
Tabla 73. Chi cuadrado - objetivo específico 2.....	98

Tabla 74. Resumen procesamiento - objetivo específico 3.....	99
Tabla 75. Tabla cruzada - objetivo específico 3.....	99
Tabla 76. Chi cuadrado - objetivo específico 3.....	100
Tabla 77. Matriz de consistencia.....	113

## Resumen

La presente tesis tuvo como objetivo principal dar un tratamiento adecuado al suelo limo arcilloso de la Av. Aija, sin incurrir en costos elevados y aprovechar productos secundarios como son las cenizas de cascarilla de arroz.

En el I Capítulo se desarrolla la introducción que engloba la realidad problemática que como ya sabemos la ciudad de Huarney tiene un pésimo suelo y no es el adecuado para una buena construcción, por ello se busca dar un tratamiento al suelo, también se muestran los antecedentes, teorías relacionadas al tema, formulación del problema, justificación y el objetivo principal que evaluar si la incorporación de la ceniza de cascarilla de arroz disminuye el potencial de expansión y aumenta la capacidad portante.

En el II Capítulo se explica la metodología de la investigación, el diseño de la investigación es Cuasi Experimental porque se manipula intencionalmente la variable independiente, la población que es la ciudad de Huarney y la muestra que es la cuadra 1-5 de la Av. Aija, también se muestra las técnicas e instrumentos de recolección de datos que se emplearon y a su vez la validez y confiabilidad.

En el III Capítulo se muestra los resultados obtenidos a través de los ensayos, se obtuvo que para el potencial de expansión, los porcentajes de 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz hay una reducción, sin embargo con los que mejor comportamiento se tiene en los 3 moldes, es con 7% y 10% con 2.43% y 2.90% respectivamente, para la capacidad portante los valores máximos de CBR se lograron con contenidos de 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz, el CBR incrementó de 3.70% a 16.50% con 7% y del tal forma para 10% aumentó de 3.90% a 24.30% y para el índice de plasticidad al incorporar 7% de ceniza de cascarilla se tiene el mismo índice que el suelo natural (0%), pero con 4% y 10% hay un incremento.

En el IV Capítulo se presenta la discusión de los resultados llegando a conclusiones y recomendaciones para las futuras investigaciones, esta investigación es elaborada con el propósito de obtener el título profesional de ingeniería civil.

Palabras claves: Ceniza de cascarilla de arroz, Potencial de expansión, Capacidad portante.

## Abstract

The main objective of this thesis was to give an adequate treatment to the silty clay soil of Av. Aija, without incurring high costs and taking advantage of secondary products such as rice husk ash.

In the I Chapter the introduction is developed that encompasses the problematic reality that as we already know the city of Huarmey has a lousy soil and it is not the right one for a good construction, for that reason it is sought to give a treatment to the soil, also the antecedents are shown, theories related to the topic, formulation of the problem, justification and the main objective to evaluate if the incorporation of rice husk ash decreases the expansion potential and increases the carrying capacity.

In the II Chapter the methodology of the investigation is explained, the design of the research is Quasi Experimental because it is intentionally manipulated the independent variable, the population that is the city of Huarmey and the sample that is the block 1-5 of the Av. Aija, also shows the techniques and data collection instruments that were used and in turn the validity and reliability.

In the III Chapter shows the results obtained through the tests, it was obtained that for the expansion potential, the percentages of 4%, 7% and 10% of rice husk ash there is a reduction, however with those that better behavior is in the 3 molds, is with 7% and 10% with 2.43% and 2.90% respectively, for the carrying capacity the maximum values of CBR were achieved with contents of 7% and 10% of rice husk ash, the CBR increased from 3.70% to 16.50% with 7% and in such way for 10% it increased from 3.90% to 24.30% and for the plasticity index when incorporating 7% of husk ash it has the same index as the natural soil (0%), but with 4% and 10% there is an increase.

In the IV Chapter presents the discussion of the results reaching conclusions and recommendations for future research, this research is developed with the purpose of obtaining the professional title of civil engineering.

Key words: Rice husk ash, Expansion potential, Bearing capacity.

# I. INTRODUCCIÓN

## **1.1 Realidad Problemática:**

Según el informe estado de los recursos de suelos del mundo (2015) nos dice que: “Con el transcurso del tiempo se ha podido observar que los suelos en todo el mundo se han ido deteriorando y esto se debe a la erosión del suelo, pérdida de carbono, sellado de suelo, y otras amenazas, por ello algunos países han decidido tomar iniciativa y poner en práctica el manejo sostenible y el uso de tecnologías apropiadas, los suelos son de vital importancia para la producción de cultivos y también para la construcción.”

En la actualidad, se sabe que uno de los países que no tiene buen suelo es el Perú, en su estado natural no son adecuados para su uso en la construcción, se dice que no son adecuados porque su plasticidad, granulometría o capacidad portante no cumplen con las condiciones que se espera para una buena construcción, pero si son aptos para la ganadería y la agricultura, para este problema que existe en nuestro país algunos optan por incorporar estabilizadores para que este tenga una mejor resistencia, según la norma peruana se pueden usar varias técnicas para mejorar el suelo, ya sea utilizando productos químicos no tóxicos o diferentes materiales como cal, cemento, etc., con el propósito de dar un mejor comportamiento al suelo.

Para ello es importante que al realizar una construcción se haga el estudio de suelos ya que si no se realiza, la construcción puede fallar y con el tiempo se tendría que reforzar y eso sería gastar más de lo debido.

Con el transcurso de los años, los suelos limo arcillosos han sido un problema para la construcción, más los suelos arcillosos, ya que son más finos que el limo, son inestables en presencia de la humedad, tienden a fracturarse produciendo grietas en las paredes, es impermeable. Esto produce que el suelo sea inestable y que cause problemas en las estructuras.

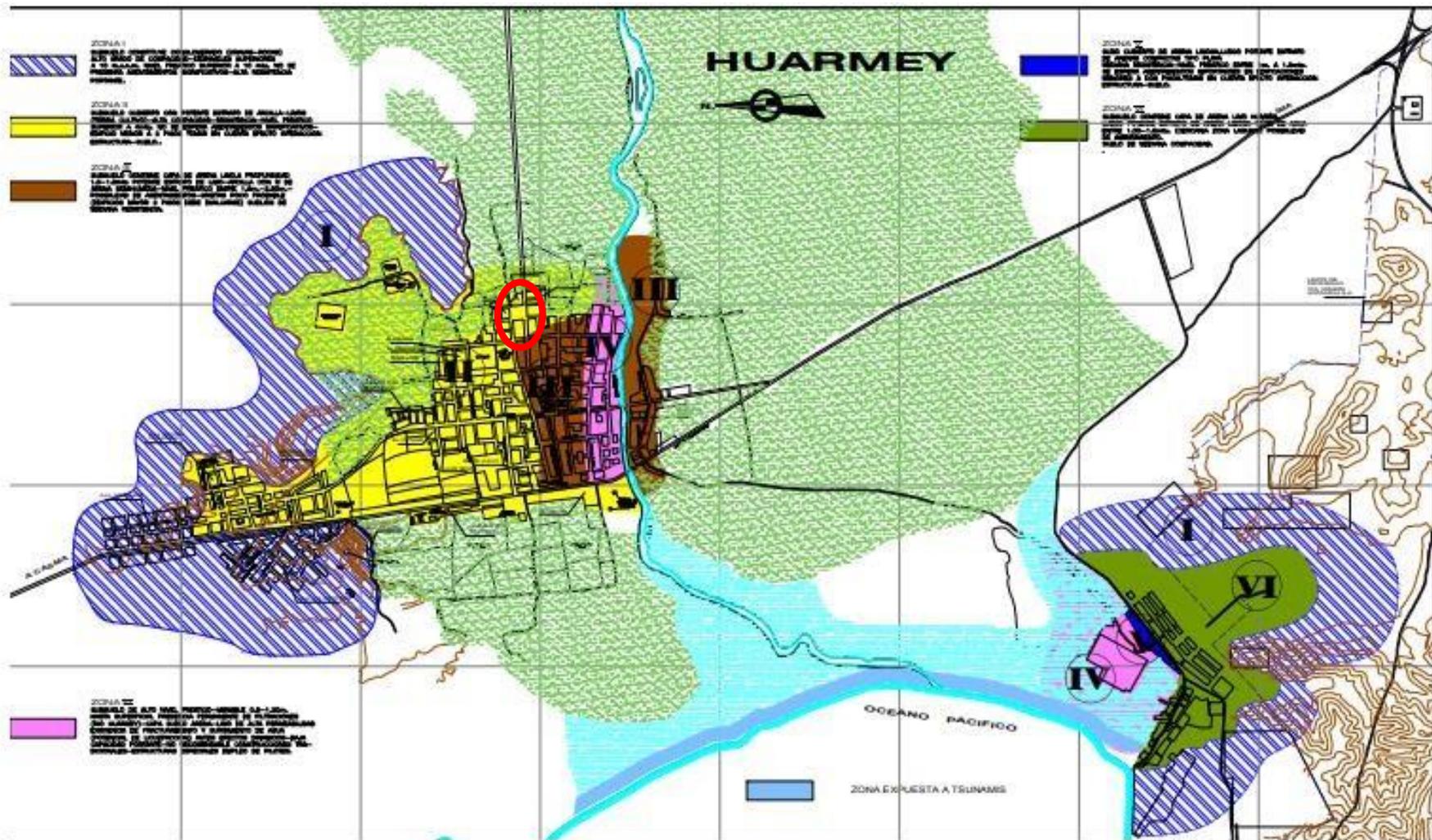
Según Morales, (2015, p.53) “La ceniza de cascarilla de arroz se utiliza como material de construcción de pavimentos, ya que se ha demostrado que posee propiedades puzolánicas y por su gran comportamiento como estabilizante influye en la capacidad de los suelos para resistir las cargas transmitidas por los vehículos”.

En la ciudad de Huarney, especialmente en la Av.Aija la problemática que existe es que el suelo es limo arcilloso y es pésimo para la construcción, en la Municipalidad me pudieron

brindar información y me dijeron que por el suelo que se tiene, hay hundimiento e inestabilidad del pavimento y que en la ciudad no se puede construir más de dos pisos una vivienda por el pésimo suelo que se tiene, pero a pesar de ello la gente construye, no se sabe si utilizan algún estabilizante u otro tipo de refuerzos, se debería tomar en cuenta esta problemática ya que al construir en el suelo existente, más adelante pueden ocurrir accidentes o fallas en la estructura.

Según el Instituto Nacional de Desarrollo Urbano (2000, p.31) menciona que “En la zona II el suelo está cubierto de arcillas limosas (tierras de cultivo), de alta compacidad y representa estratos de varios metros de profundidad, toda esta zona está en posibilidades de hundimientos, asentamientos en edificaciones, debiéndose tener en cuenta el efecto de interacción del suelo, esta zona está permitido edificaciones menores a 2 pisos, dado que la fuerza sísmica que afecta a estas edificaciones probabilísticamente pueden ser un poco más fuertes que en otras zonas”.

Por el problema mencionado, la presente tesis busca dar un tratamiento adecuado a este tipo de suelo, sin incurrir en costos elevados y aprovechar productos secundarios como son las cenizas de cascarilla de arroz que constituye productos de desecho y fuentes de contaminación para el medio ambiente, para ello se evaluará el potencial de expansión y capacidad portante en el suelo limo arcilloso incorporando ceniza de cascarilla de arroz, con cinco tipos de ensayos como contenido de humedad, análisis granulométrico, límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR, para los ensayos se describirá el procedimiento y los materiales a utilizar.



**INSTITUTO NACIONAL DE DESARROLLO URBANO**  
 INSTITUTO NACIONAL DE DESARROLLO URBANO  
 PLANIFICACION Y DESARROLLO URBANO

<p>MAPA DE PELIGROS Y PLAN DE USOS DEL SUELO EN LA CIUDAD DE HUARMHEY</p>	<p>DESCRIPCION:          GEODINAMICA INTERNA          -MICROZONIFICACION SISMICA-</p>	<p>LAMINA:  <b>14</b></p>
---	---	-------------------------------

**Figura 1.** Mapa de peligros y plan de usos del suelo en la ciudad de Huarney  
**Fuente:** Instituto Nacional de Desarrollo Urbano

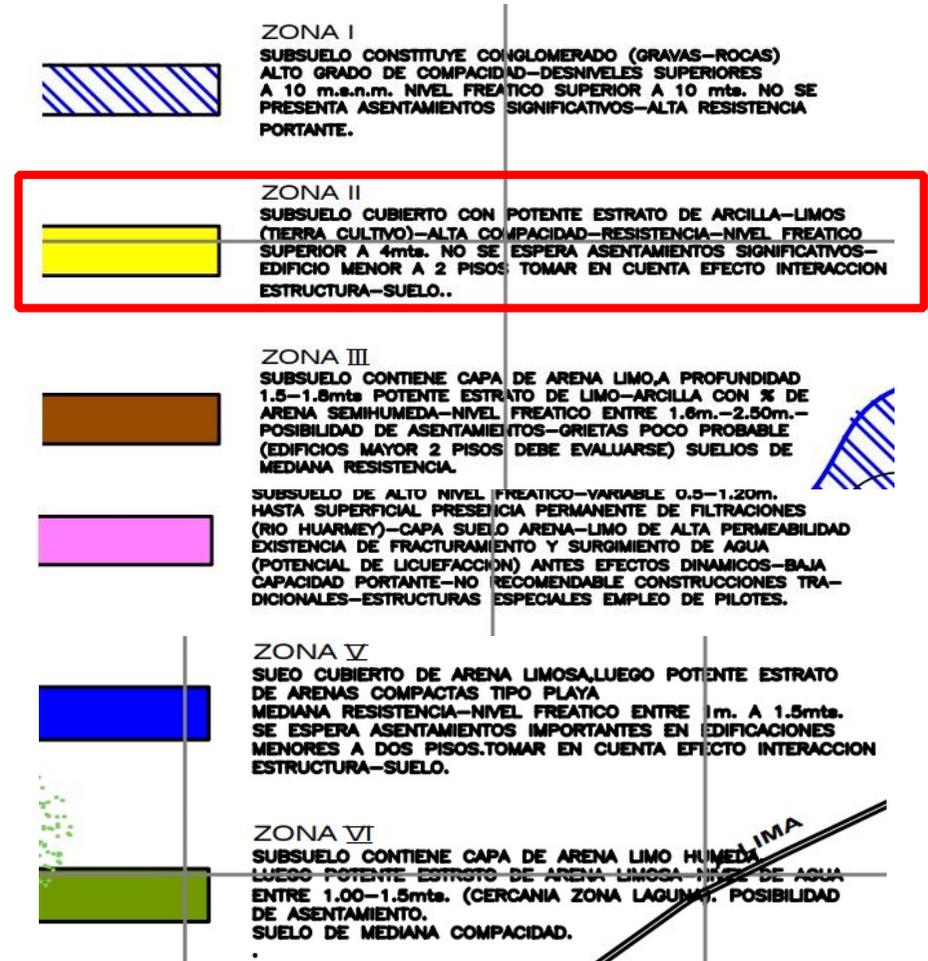
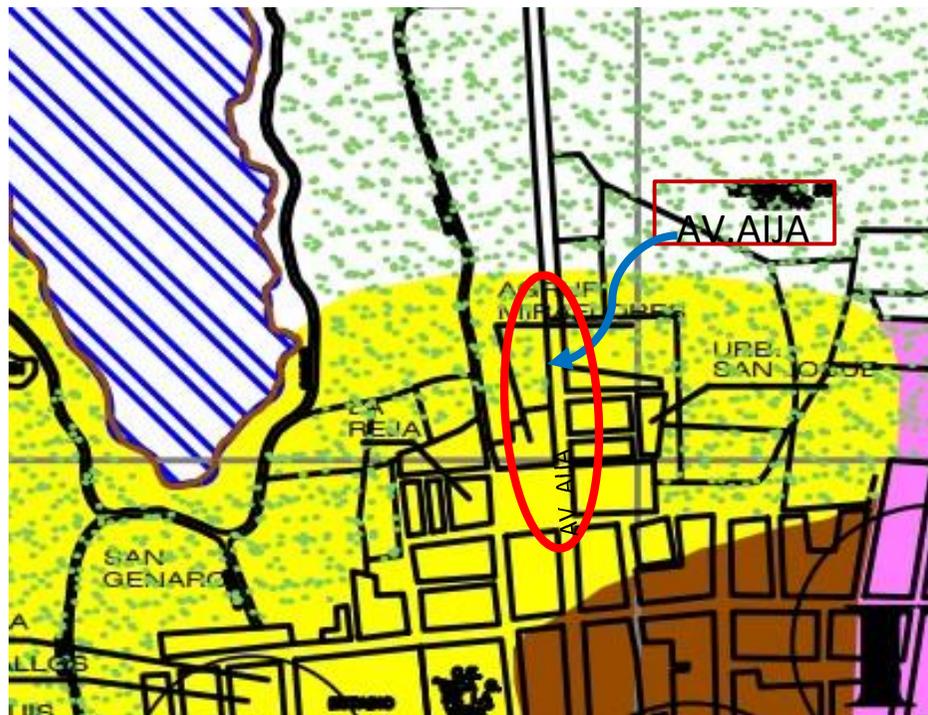


Figura 2. Detalles del Mapa de peligros y plan de usos del suelo en la ciudad de Huarmey

Fuente: Instituto Nacional de Desarrollo Urbano

## 1.2 Trabajos previos

### 1.2.2 Antecedentes Internacionales

- Chile, Montero, D. (2017) elaboró la tesis: “Uso de la ceniza de cascarilla de arroz como reemplazo parcial del cemento en la fabricación de hormigones convencionales en el Ecuador”, para optar el Título de Ingeniera Civil en la Universidad San Francisco de Quito.

El objetivo de esta tesis es determinar el porcentaje más óptimo de ceniza de cascarilla de arroz como reemplazo de cemento en la fabricación de hormigón convencional alcanzando una resistencia a la compresión mayor a 21MPa.

La metodología que corresponde a la investigación es de tipo experimental, descriptivo.

Los resultados en esta tesis fue que al incorporar 10% de cascarilla de arroz en la dosificación de un hormigón convencional obtuvo las mejores prestaciones en resistencia a los 28 días de curado puesto que generó un aumento del 16% en la resistencia a la compresión con respecto a la mezcla control, las mezclas de 15% y 20% posee un comportamiento similar aunque ambas mezclas no son muy significativas ya que se encuentra alrededor del 8% en su resistencia a la compresión, con respecto a la trabajabilidad, la sustitución de hasta un 15% de ceniza de cascarilla de arroz mantiene una mezcla de hormigón fresco más trabajable sin afectar su resistencia final.

El aporte que se tuvo con esta tesis es importante, se pudo comprobar que adicionando 10% de la ceniza de cascarilla de arroz hace que aumente su resistencia en un 16%, está comprobado que la ceniza de cascarilla de arroz trabaja muy bien en la fabricación de hormigón.

- Guayaquil, Tobar, E y Quijije, K. (2017) elaboró la tesis: “Estudio de factibilidad en la implementación de una empresa de reciclaje a base de cáscara de arroz en el cantón Daule, provincia del Guayas, con el fin de abastecer a plantas industriales de paneles solares”, para optar el Título de Ingeniería en Gestión Empresarial en la Universidad de Guayaquil. El objetivo de esta tesis es realizar el estudio de factibilidad en el desarrollo, implementación y viabilidad de una empresa de reciclaje utilizando como materia prima la cáscara de arroz, para el uso de la biomasa agrícola, con el propósito de abastecer a plantas industriales en la producción de paneles solares.

La metodología que corresponde a la investigación es de tipo no experimental, descriptivo.

Los resultados en esta tesis fue que el estudio de pre factibilidad, para el presente proyecto es viable técnica, económica y financieramente. Así mismo, esto no fuera posible sin que se tenga una respuesta favorable en el consumo del silicio de acuerdo a la investigación de mercado desarrollada.

El aporte que se tuvo con esta tesis es importante, se pudo comprobar que la ceniza de cascarilla de arroz se puede usar de diferentes maneras y nos puede traer muchos beneficios.

- Ecuador, Bastidas, P y Ortiz, G. (2016) elaboraron la tesis: “Comportamiento de la ceniza de la cascarilla de arroz en las propiedades físico-mecánicas en mezclas de hormigón estándar”, para optar el Título de Ingeniero Civil en la Universidad Central del Ecuador. El objetivo de esta tesis es analizar las propiedades físico-mecánicas entre hormigón estándar y hormigón complementado con ceniza de la cascarilla de arroz, ya que este es un material desecho y se busca la reutilización de este material por lo que se considera para el estudio en mezclas de hormigón.

La metodología que corresponde a la investigación es experimental, descriptivo y explicativo.

Los resultados en esta tesis fue a los 7 días se pudo observar que el hormigón estándar y los diseños que se reemplazó el 5% y 10% de la masa del cemento se comportan de manera similar, los tres alcanzan del 63% al 65% de la resistencia a la compresión de diseño, el hormigón con 5% de ceniza de cascarilla de arroz presenta una resistencia a los 28 días similar a la del hormigón estándar, es decir con el reemplazo del 5% de la masa del cemento se obtiene una reducción de costos en el hormigón, el incremento de la resistencia a la compresión que presenta el hormigón con 10% de ceniza de cascarilla de arroz se manifiesta en la tercera semana, ya que alcanzo el 95% de la resistencia del diseño.

El aporte que se tuvo con esta tesis es importante, se pudo comprobar que adicionando 5% de la ceniza de cascarilla de arroz hace que aumente su resistencia y también hace que reduzca el costo en el hormigón ya que no se utilizará la cantidad como en un principio, está comprobado que la ceniza de cascarilla de arroz trabaja muy bien en el hormigón.

- Ecuador, Peralta, M. (2016) elaboró la tesis: “Análisis de un bloque aligerado con cascarilla de arroz triturada para mampostería reforzada”, para optar el Título de Arquitecto con concentración en construcción en la Universidad de Especialidades

Espíritu Santo. El objetivo de esta tesis es determinar la viabilidad del bloque aligerado con cascarilla de arroz triturada para mampostería reforzada.

La metodología que corresponde a la investigación es de tipo experimental, descriptivo. Los resultados en esta tesis fue que el bloque es una forma viable de reducir gastos en responsabilidad ambiental y atraer buena imagen corporativa para los constructores, la cascarilla de arroz permite una mejor adhesión cuando es mezclada en el producto del bloque, actuando como aditivo estructurante, siendo un elemento natural, posee características propias que lo hacen un candidato viable para ser ingresado en procedimientos de construcción.

El aporte que se tuvo con esta tesis es importante, se pudo comprobar que la ceniza de cascarilla de arroz permite una mejor adhesión cuando se aplica en el bloque de la losa aligerada.

- Guayaquil, Molina, J. (2013) elaboró la tesis: “Adición de ceniza de cascarilla de arroz en hormigón compactado con rodillo”, para optar el Título de Ingeniero Civil en la Universidad de Guayaquil.

El objetivo de esta tesis es adicionar la ceniza de cascarilla de arroz en el hormigón compactado con rodillo, teniendo la finalidad de demostrar que la ceniza de cascarilla de arroz es un material cementante de adición mejora las propiedades del HCR, sin costos elevados ya que se trata de un producto de desecho agrícola.

La metodología que corresponde a la investigación es de tipo no experimental, descriptivo.

Los resultados en esta tesis fue que la mezcla elaborada con el 4% de ceniza de cascarilla de arroz utilizada como adición, presentó los mejores resultados de trabajabilidad y resistencia mecánica, manteniendo similares valores de densidad seca que los obtenidos con el hormigón patrón escogido.

El aporte que se tuvo con esta tesis es importante, se pudo comprobar que la ceniza de cascarilla de arroz se puede usar de diferentes maneras como en el hormigón y nos puede traer muchos beneficios.

### 1.2.1 Antecedentes Nacionales

- Perú, Huaroc, A. (2017), elaboró la tesis: “Influencia del porcentaje de micro sílice a partir de la ceniza de cascarilla de arroz sobre la resistencia a la compresión, asentamiento, absorción y peso unitario de un concreto mejorado”, para optar el Título de Ingeniera Civil en la Universidad Privada del Norte.

El objetivo de esta tesis es evaluar cuál es el óptimo porcentaje de adición de micro sílice obtenida a partir de la ceniza de cascarilla de arroz aplicado en el concreto en estado fresco y endurecido, para ello primero se propuso diseñar una mezcla de referencia la cual se llamó patrón, se diseñó según el comité del ACI 211.

La metodología que corresponde a la investigación es de tipo no experimental, descriptivo y explicativo.

Los resultados en esta tesis fue que se obtuvo como máxima resistencia  $376 \text{ kg/cm}^2$  al 6% al de adición de ceniza aumentando en un 27% con respecto a las probetas patrón. En cuanto asentamiento con el 6% de adición se obtuvo una mezcla buena, plástica y trabajable. En cuanto a la absorción, al 6% de adición el concreto obtuvo una baja absorción y en cuanto al peso unitario el mayor peso unitario que alcanzó el concreto fue al 6% de adición de ceniza.

El aporte que se tuvo con esta tesis es importante, se pudo comprobar que adicionando 6% de la ceniza de cascarilla de arroz hace que aumente su resistencia a  $376 \text{ kg/cm}^2$  y en cuanto a la absorción tuvo una baja absorción, está comprobado que la ceniza de cascarilla de arroz trabaja muy bien en el concreto.

- Perú, Beltrán, K y Ccama F. (2017) elaboraron la tesis: “Análisis comparativo de concretos adicionados con puzolanas artificiales de ceniza de cascarilla de arroz (CCA), fly ash y puzolana natural”, para optar el Título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

El objetivo de esta tesis es encontrar el porcentaje óptimo de sustitución de cemento por cenizas de cascarilla de arroz con porcentaje de 10%, 20% y 30% y así poder obtener propiedades físico-mecánicas en mejores condiciones para el concreto, después de ello se va a comparar con fly ash y la puzolana natural.

La metodología que corresponde a la investigación es de tipo no experimental, descriptivo y explicativo.

Los resultados en esta tesis fue que la sustitución del 20% de ceniza de cascarilla de arroz no afecta en la incrementación de la resistencia del concreto, al aumentar estos % de ceniza de cascarilla de arroz (30%) y fly ash (15% y 25%) la resistencia del concreto, así como la trabajabilidad disminuyen.

El aporte que se tuvo con esta tesis es importante, se pudo comprobar que adicionando 20% de la ceniza de cascarilla de arroz hace que el cemento tenga mejores propiedades físico-mecánicas en el concreto, y con el 10% y 30% hace que su trabajabilidad disminuya, está comprobado que la ceniza de cascarilla de arroz con el porcentaje mencionado trabaja muy bien en el concreto.

- Perú, Llamoga, L. (2017) elaboró la tesis: “Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante de suelos arcillosos usados en subrasantes al adicionar ceniza de cascarilla de arroz, Cajamarca 2016”, para optar el Título de Ingeniero Civil en la Universidad Privada del Norte.

El objetivo de esta tesis es evaluar el potencial de expansión y la capacidad portante de suelos arcillosos usados en subrasantes al adicionar ceniza de cascarilla de arroz en los porcentajes de 4%, 7% y 10%, ya que la ceniza ha demostrado poseer grandes propiedades puzolánicas, su gran comportamiento mecánico como estabilizante influye en la capacidad de los suelos y así los vehículos puedan resistir las cargas transmitidas de este.

La metodología que corresponde a la investigación es de tipo experimental, explicativo.

Los resultados en esta tesis fue que la ceniza de cascarilla de arroz tienden a disminuir el potencial de expansión e incrementar la capacidad portante con un porcentaje de 4% y 7% y con el 10% ocurre todo lo contrario, el 10% de ceniza provoca el aumento del índice de plasticidad y por ende un incremento en la expansión y el CBR disminuye el 2.85% a 2%.

El aporte que se tuvo con esta tesis es importante, se pudo comprobar que adicionando 4% y 7% de la ceniza de cascarilla de arroz hace que aumente su resistencia y disminuya el potencial de expansión, está comprobado que la ceniza de cascarilla de arroz trabaja muy bien en la subrasante y es un buen estabilizante.

- Perú, Puma, R y Pineda, T (2014) elaboró la tesis: “Evaluación de la ceniza de cascarilla de arroz, en la fabricación de cemento portland puzolánica tipo IP”, para optar el Título de Ingeniero Químico en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

El objetivo de esta tesis es ver si la ceniza de cascarilla cumple con los requisitos al incorporar en la fabricación del cemento, ver si al incorporar un porcentaje aumenta su resistencia, ya que la ceniza ha demostrado poseer grandes propiedades puzolánicas.

La metodología que corresponde a la investigación es de tipo experimental, explicativo.

Los resultados en esta tesis fue que con el 20% a más de la ceniza de cascarilla de arroz demuestra la viabilidad de la elaboración con los cementos portland se puede observar que la resistencia del cemento es mucho mejor adicionando la ceniza de cascarilla de arroz y esta podría sustituir totalmente a la puzolana.

El aporte que se tuvo con esta tesis es importante, se pudo comprobar que con más de 20% de la ceniza de cascarilla de arroz hace que aumente su resistencia, está comprobado que la ceniza de cascarilla de arroz trabaja muy bien en la subrasante y es un buen estabilizante.

- Perú, Loayza, P. (2014) elaboró la tesis: “Efecto de la ceniza de cáscara de arroz sobre la resistencia a la compresión del concreto normal”, para optar el Título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Cajamarca.

El objetivo de esta tesis es ver cuál es el porcentaje óptimo para ver si aumenta la resistencia a compresión, de la cual se elaborarán especímenes de concreto las cuales serán sometidas a ensayos de compresión a los 7,14 y 28 días de curado.

La metodología que corresponde a la investigación es de tipo experimental, explicativo.

Los resultados en esta tesis demuestra que la ceniza de cascarilla de arroz aumenta la resistencia a compresión en relación al concreto patrón a los 28 días en 96.68kg/cm cuando se adiciona 15%.

El aporte que se tuvo con esta tesis es importante se pudo comprobar que adicionando 15% de la ceniza de cascarilla de arroz hace que aumente su resistencia, está comprobado que la ceniza de cascarilla de arroz trabaja muy bien en la subrasante y es un buen estabilizante.

## 1.3 Teorías relacionadas al tema

### 1.3.1 Ceniza de cascarilla de arroz

La ceniza de cascarilla de arroz es una puzolana a continuación su definición de una puzolana.

[...] La puzolana es un material de silicio – amorfos o aluminio, hay de dos tipos naturales y artificiales, quienes poseen poco o ningún valor cementante, en presencia de agua reaccionan químicamente con el hidróxido de calcio a temperatura ambiente para formar compuestos con propiedades cementantes, como morteros hidráulicos, cuando se dividen finamente son una especie de cemento natural. Para que pueda producirse la reacción puzolánica es necesario que la sílice esté en estado amorfo. Se dice que las puzolanas pueden actuar como el cemento, ya que cuando son separados finamente o molidos y al mezclar con cal se endurece, igual que ocurre con el cemento, las puzolanas según estudios puede reemplazar un buen porcentaje de cemento sin disminuir la resistencia del concreto ya que eso es lo que se quiere, casi todos los materiales puzolánicos son producidos en grandes cantidades, este salen de los subproductos agrícolas o industriales y como se puede ver trae muchos beneficios ya que en este proyecto de investigación nos servirá como un estabilizante para la subrasante. (Según la norma ASTM (2002, p109).

#### - Tipos de puzolanas

**Puzolanas Naturales:** Las puzolanas naturales son productos minerales, su textura son finos, su estado es amorfo y eso es lo que hace que nos sirva como aditivos en la industria del cemento

Como puzolanas naturales tenemos (Según Urgiles M y Suarez Á 2010, p8)

- Rocas volcánicas: Se caracterizan por el enfriamiento rápido de la lava, esto hace que se formen cristales muy pequeños, dentro de las rocas volcánicas se tiene: la escoria, cenizas volcánicas, etc.
- Rocas o suelos: Se caracteriza porque en el silíceo contiene ópalo, dentro de esta puzolana natural se tiene a las arcillas calcinadas, la tierra de diatomeas, etc.



**Figura 3.** Puzolanas naturales

**Fuente:** Urgiles y Suarez (2010)

**Puzolanas Artificiales:** Son materiales que son el resultado de un tratamiento, dentro de las puzolanas artificiales se encuentran los subproductos como las cenizas volantes, polvos de chimeneas, arcillas activadas, cenizas de residuos agrícolas, etc. (Según Llamoga L 2017, pp24-25) como puzolanas artificiales tenemos:

- Cenizas volantes: Son aquellas que son producidas en la combustión de carbón mineral, principalmente en las plantas térmicas. .
- Arcillas activadas: Son aquellos residuos que salen de la quema de la arcilla, estas son sometidas a temperatura mayor a 700°C.
- Cenizas de residuos agrícolas: Son el resultado de la combustión de los residuos agrícolas tenemos la paja de la caña de azúcar, la cascarilla de arroz, con estos productos se obtiene grandes porcentajes de sílice cuando estos son quemados a una temperatura adecuada.



**Figura 4.** Ceniza de cascarilla de arroz después de la molienda  
**Fuente:** Llamoga L (2017)

**- Propiedades de la puzolana**

Se recomienda tener puzolanas con una composición química con sus tres principales óxidos (Dióxido de Silicio, Oxido de Aluminio y Oxido Férrico).

Ph	7
Punto de Fusión	800-900°C
Punto de Inflamabilidad	No Inflamable
Aspecto Físico	Sólido
Forma	Granulado o en Rocas
Colores	Rojizo-Rosado o Negro
Olor	Inodora
Solubilidad en Agua	Insoluble

**Figura 5.** Propiedades físicas de la puzolana  
**Fuente:** Urgiles y Suarez (2010)

Elemento	% Sobre la masa total
Dióxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> )	65%
Óxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	14%
Óxido de Calcio (Ca O)	5%
Óxido Férrico (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	4%
Óxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	3%
Otros Óxidos (**)	9%

**Figura 6.** Propiedades químicas de la puzolana

Fuente: Urgiles y Suarez (2010)

### 1.3.1.1 Cascarilla de arroz

La cascarilla de arroz proviene de los campos de cultivo, se encuentran en la parte exterior del grano de arroz maduro, se genera del proceso de quemado del grano de arroz. (Según Vargas (2013, p90) citado en la Revista Científica).

[...] La cascarilla de arroz tiene una naturaleza fuerte, leñosa y abrasiva por lo cual es resistente a factores ambientales, protegiendo al grano de arroz de sufrir deterioro durante el tiempo de desarrollo de la planta de arroz, a causa del ataque de insectos o de hongos. La cascarilla de arroz no es apta para el consumo humano debido a su alto contenido de sílice, aunque en algunos casos, se usa para la alimentación de animales de granja, casi no aporta fibra a la dieta de los animales y provoca la irritación de los tractos digestivo de los animales que la consumen por el alto contenido de sílice. Según Vargas (2013, p91) citado en la Revista Científica).

Uno de los principales productos a nivel nacional que se consume es el arroz, por ello el Minagri menciona que se espera que se alcance a nivel nacional 446.966 hectáreas, esto representa un 5.4% respecto a lo anterior. Según la Encuesta Nacional de Intenciones de Siembra (2017)

### - Propiedades

- **Propiedades físicas:** Dependerán del tipo de arroz que se utilizará.

Contenido de Humedad	Poder Calorífico Inferior (PCI) kj/kg
0	19880
10	17644
20	15412
30	13180
40	10947
50	8715
60	6413

*Figura 7.* Poder calorífico inferior de la cascarilla de arroz en función del contenido de humedad

**Fuente:** Allauca, Amen y Lung (2009)

- **Propiedades químicas:** Dependerán del tipo de arroz que se utilizará.

Componente Químico	%
SiO <sub>2</sub>	83.2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.95
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.05
CaO	1.02
MgO	1.03
K <sub>2</sub> O	1.29
Na <sub>2</sub> O	0.15
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.40
SO <sub>3</sub>	0.13
TiO <sub>2</sub>	0.08
CL	0.07
Perdida	10.6
<b>Total</b>	<b>99.97</b>

*Figura 8.* Contenido de sílice en la cascarilla de arroz

**Fuente:** Allauca, Amen y Lung (2009)

### - Ventajas y Desventajas

Según Juárez B (2012, p24) menciona las siguientes ventajas y desventajas.

#### - Ventajas:

- . Se puede encontrar en grandes cantidades en cualquier parte del mundo.
- . Cuando se lleva al proceso de calcinación produce grandes cantidades.
- . Es una excelente puzolana porque contiene hasta un 90% de sílice.
- . Disminución de emisiones de CO<sub>2</sub>

. Fuente de ingresos adicionales

**- Desventajas:**

- . El proceso de quema puede durar varios días.
- . El costo de la cascarilla no es fijo, ya que podría variar por la época (cosecha o siembra).
- . Se tiene que aplicar una técnica de calcinación donde se muestre la temperatura.
- . Ocupa gran volumen, implica gastos en transporte y almacenamiento.

**- Características**

Según Allauca, Amen y Lung (2009, pp33-34) las características de la cascarilla de arroz son las siguientes:

- El tamaño de la cascarilla de arroz varía entre 5 a 11 mm, su estructura es ondulada, tiene un volumen poroso de 54%, sus cavidades estarán cerradas hasta que se proceda con la combustión.
- Necesita un tiempo regular para la calcinación, esto influenciará en la energía.
- Tienen un alto de contenido de sílice (SiO<sub>2</sub>).

**- Aplicaciones**

Según la revista científica (2013, p91) la cascarilla de arroz se aplica en:

- En la elaboración de abonos y material para el cultivo.
- En materiales de construcción (cemento, mortero, hormigón), aumenta su resistencia, durabilidad, impermeabilidad, disminuye la necesidad de agua.
- Como combustible fósiles.
- Subrasantes

**1.3.1.2 Ceniza de cascarilla de arroz**

[...] La ceniza de cascarilla de arroz bajo condiciones de combustión controlada puede ser usada como material para obtener sílice de característica amorfa y poder ser utilizada como puzolana. En la transformación de las cascaras de arroz a ceniza, el proceso de la combustión quita la materia orgánica y deja el residuo rico en sílice, sin embargo, en la función de la temperatura a que se produce la quema se puede obtener ceniza con estructura amorfa, con alta actividad puzolánica o cristalina que presenta una baja actividad puzolánica al no reaccionar con la cal. La temperatura a la que se produce el cambio de estructura amorfa a cristalina se encuentra, de acuerdo a la literatura consultada, alrededor de los 500°C a 900°C. (Según Llamoga L 2017, p26)

Un aspecto importante de la ceniza de cascarilla de arroz es en la forma como reacciona con la cal, ya que tiene mucho que ver el gran porcentaje de sílice que va a tener y este contribuirá a la resistencia mecánicas en los concretos adicionados. (Según Juárez B, 2012, p31).

La ceniza de cascarilla de arroz se considera una opción viable para el reemplazo del cemento, ya que contiene un gran porcentaje de sílice y eso hace que tenga grandes propiedades puzolánicas, por ello es muy importante que la temperatura y duración de la combustión sean controladas durante el proceso de obtención de la ceniza. (Según Llamoga L 2017, p26).

Años atrás la cascarilla de arroz se calcinaba de forma incontrolada y eso hacía que se produzca puzolanas muy pobres, hace 45 años aparecieron técnicas para poder controlar el proceso de calcinación, logrando como resultado que no se pierda tanto porcentaje de sílice para tener ceniza altamente puzolánica.

Solo la sílice amorfa reacciona químicamente con la cal, logrando un buen material para estabilizar el suelo y este tenga un mejor comportamiento, según estudios se pudo comprobar que calcinando la cascarilla de arroz en hornos industriales hace que llegue a ser más rica en sílice por lo tanto una mejor puzolana, llega hasta un 95% de sílice, a campo abierto se podría tener sílice cristalina ya que no podría controlar el tiempo y tendríamos puzolana muy pobre. (Según Llamoga L 2017, p27).

**- Propiedades de la ceniza de cascarilla de arroz (CCA)**

**- Propiedades minerales:** Las propiedades minerales después de ser calcinadas:

Componente Químico	Ceniza de Cascarilla de Arroz
SiO <sub>2</sub>	94.1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.12
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.30
CaO	0.55
MgO	0.95
K <sub>2</sub> O	2.10
Na <sub>2</sub> O	0.11
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.41
SO <sub>3</sub>	0.06
TiO <sub>2</sub>	0.05
CL	0.05
Perdida	1.1
<b>Total</b>	<b>99.9</b>

**Figura 9.** Composición mineral de la ceniza de cascarilla de arroz

**Fuente:** Allauca, Amen y Lung (2009)

- **Propiedades físicas:** Las características principales de la ceniza de cascarilla de arroz son:

Propiedades	Valor
Densidad (SSS) Kg/m <sup>3</sup>	2265
Masa Unitaria Compacta. Kg/m <sup>3</sup>	452
Masa Unitaria Suelta. Kg/m <sup>3</sup>	181
Superficie Especifica m <sup>2</sup> /Kg	2000

**Figura 10.** Propiedades físicas de la ceniza de la cascarilla de arroz

**Fuente:** Allauca, Amen y Lung (2009)

Según el Manual de Estabilización de Suelo Tratado con Cal (2004) no dice que, para estabilizar la subrasante generalmente requiere la adición de cal de 3 a 6% en peso del suelo seco.

Según Llamoga (2017) nos dice que, en su proyecto sacó el contenido óptimo de cal y en sus resultados salió que con 7% y 8% es el que más se aproxima a un PH de 12,4 ya que ese es el óptimo para estabilizar un suelo con cal, pero en su proyecto de investigación optó por incorporar un 6% ya que es recomendado por la mayoría de investigaciones para estabilizar un suelo.

#### - Técnicas de calcinación

Según Juárez B, (2012, pp33-34) menciona que: “Según estudios experimentales se ha demostrado que se espera tener un material no cristalino ya que este no se considera un peligro para la salud y se logra tener un gran porcentaje de sílice, en cambio un material cristalina es muy pobre en sílice y se considera dañino para la salud.”

Temperatura de combustión (°C)	Tiempo de Combustión	Propiedades de entorno	Propiedades de la ceniza	
			Cristalización	Area superficial m <sup>2</sup> /s
500 – 600	1 min	moderadamente oxidante	no cristalina	122
500 – 600	30 min	moderadamente oxidante	no cristalina	97
500 – 600	2 h	moderadamente oxidante	no cristalina	76
700 – 800	15 min – 1 h	moderadamente oxidante	no cristalina	100
700 – 800	15 min – 1 h	altamente oxidante	parcialmente cristalina	6 – 10
> 800	> 1 h	altamente oxidante	cristalina	< 5

**Figura 11.** Condiciones de combustión de la ceniza de cascarilla de arroz

**Fuente:** Mettha P (1977)

La ceniza de cascara de arroz puede ser obtenidas a través de las siguientes técnicas de calcinación, (Según Juárez B, 2012, p35).

- **Calcinación a campo abierto:** Esta técnica de calcinación mayormente es realizado en recintos circulares de ladrillo con un diámetro de 16 metros, con una altura de 2.5 metros y se obtiene una ceniza de color negro o blanco, este tiene que ser extraída cada cierto tiempo. No se recomienda esta técnica porque no sabremos a que temperatura está y se perdería porcentaje de sílice y eso es lo que no se quiere, se espera tener una ceniza no cristalina.

- **Calcinación en hornos:** Mayormente esta técnica consta en poner paredes de ladrillos de tal manera que permita el acceso del aire, está elaborada con una malla fina de alambre que permitirá que el aire fluya y evite el ingreso de ceniza. (2012, pp35-36)

- **Calcinación en lecho fluido:** Esta técnica consiste en un horno con una cámara de combustión de acero inoxidable y un lecho fluidizado donde el aire es suministrado a través de un plato perforado que se ubica en la base de la cámara de combustión, se recomienda precalentar a 500°C, la temperatura tiene que ser monitoreada. (2012, p37)

Para que se obtenga una gran puzolánica es necesario controlar el tiempo de la calcinación, su temperatura no debe pasar de 700°C, sino la sílice se cristaliza y eso no se quiere. Sin embargo, solo la sílice no cristalino posee todas las propiedades es por esta razón que la temperatura y duración de la combustión son importantes en la producción de la ceniza de cascarilla de arroz.

### **1.3.2 Potencial de expansión y capacidad portante del suelo limo arcilloso**

#### **1.3.2.1 Potencial de expansión**

Existen varios criterios que permiten clasificar de forma adecuada a suelos dentro de los cuales tenemos, según Llamoga L (2017, p42):

##### **- Métodos de determinación del grado de expansión**

Se basa en el análisis de las propiedades índice de los suelos (límite líquido, límite plástico y límite de contracción volumétrica) para identificar primero y luego clasificar los suelos expansivos. La determinación del potencial expansivo mediante métodos indirectos se basa en los ensayos de Límite de Atterberg, la contracción lineal, el contenido coloidal y cambio de volumen potencial entre otros.

##### **- Método de Holtz y Gibbs**

Holtz y Gibbs demostraron que el índice plástico y el límite líquido son índices útiles para determinar las características de expansión de las arcillas. El grado de peligrosidad que ofrecen las arcillas ha sido correlacionado según el cuadro:

Partículas <1u	Lp	Lc %	Expansión probable	Grado de Expansión
<15	<18	>15%	<10	Bajo
13-23	18-28	10-16	10-30	Medio
20-31	25-41	7-12	20-30	Alto
>28	>35	<11	>30	Muy Alto

**Figura 12.** Grado de expansión – Holtz y Gibbs

Fuente: Whitlow, 2001

**- Método de Seed, Woodward y Lundgren**

Seed, Woodward y Lundgren demostraron que las características plásticas de los suelos pueden ser usados como un indicador primario de las características expansivas de las arcillas. Una relación entre el potencial de hinchamiento de las arcillas y el índice de plasticidad es como la que se presenta en la siguiente tabla, donde se puede observar que a mayor índice de plasticidad se manifiesta mayor hinchamiento.

Donde:

$$S = 60 * K * .44$$

S: Potencial de hinchamiento

IP: Índice plástico

$K = 3.6 \times 10^{-5}$  (constante)

Valor de S	Grado de potencial expansivo según "S"	Índice de plasticidad	Grado de potencial expansivo según IP
0-1.5	Bajo	0-15	Bajo
1.5-5	Medio	10-35	Medio
5-25	Alto	20-55	Alto
>25	Muy alto	>35	Muy alto

**Figura 13.** Grado de expansión – Seed, Woodward y Lungren

Fuente: Whitlow, 2001

**- Método de Ranganathan y Stayanarayana**

Ranganathan y Stayanarayana dan una tabla para reconocer la potencialidad de la expansión, dando un nuevo índice de contracción en donde este índice de contracción es obtenido como la variación del contenido de humedad correspondiente al límite líquido y al límite de contracción según la siguiente expresión:

Donde:

IC: Índice de contracción

$$IC = LL - LC$$

LL: Límite líquido

LC: Límite de contracción

Índice de Contracción	Peligro de Hinchamiento
0-20	Bajo
20-30	Medio
30-60	Alto
>60	Muy alto

**Figura 14.** Grado de expansión – Ranganathan y Stayanarayana

Fuente: Whitlow, 2001

### 1.3.2.2 Capacidad portante

Es la presión máxima que se da cuando la cimentación y el terreno están en contacto, tal que se espera que no se produzca fallas en el suelo, en otras palabras la capacidad portante es la capacidad del terreno o de una estructura para soportar las cargas aplicadas sobre el mismo terreno o la estructura.

### 1.3.2.3 Subrasante – Suelo

La subrasante es la que soporta toda la estructura del pavimento y está conformada por suelos seleccionados, se espera tener características adecuadas y compactados por capas para construir un cuerpo estable y que con el tiempo no se vea afectada por la carga que va a recibir. (Según MTC, 2013)

Categorías de subrasante	CBR
S <sub>0</sub> :Subrasante inadecuada	CBR<3%
S <sub>1</sub> :Subrasante Pobre	De CBR≥3% A CBR<6
S <sub>2</sub> :Subrasante Regular	CBR≥6 A CBR <10
S <sub>3</sub> :Subrasante Buena	CBR≥10 A CBR <20
S <sub>4</sub> :Subrasante Muy buena	CBR≥20 A CBR <30
S <sub>5</sub> :Subrasante excelente	CBR≥30

**Figura 15.** Categorías de subrasante según CBR

Fuente: MTC, 2013

## - Clasificación e identificación de suelos

### - Clasificación AASHTO

Los suelos están clasificados en siete grupos (A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-7), según su granulometría y su plasticidad. Estos siete grupos pertenecen a dos categorías: suelos granulares y suelos finos. Según Llamoga L (2017, p35):

**a) Suelos granulares:** Los suelos granulares tienen un 35% de material fino que pasa por el tamiz N°200, estos suelos forman los grupos A1(A1-a, A1-b), A2 (A2-4, A2-5, A2-6, A2-7), A3.

**b) Suelos finos:** Los suelos finos tienen más del 35% del material fino que pasa el tamiz número 200. Estos suelos constituyen los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7.

La clasificación de un suelo se basa en su límite líquido, grado de plasticidad y porcentaje de material fino que pasa el tamiz número 200.

Índice de grupo	Suelo de subrasante
IG > 9	Muy pobre
IG está entre 4 a 9	Pobre
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 a 2	Bueno
IG está entre 0 a 1	Muy bueno

**Figura 16.** Clasificación de suelos según índice

**Fuente:** MTC, 2013

Clasificación general	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz de 0,08mm							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de				
Grupo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
Símbolo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
Análisis Granulométrico % que pasa por el tamiz												
N° 10 N° 40	máx.50 máx.30	máx.50	máx.50									
N° 200	máx.15	máx.25	máx.10	máx.35	máx.35	máx.35	máx.35	min.35	min.35	min.35	min.35	min.35
Limites Atterberg				máx.40	min.40	máx.40	min.40	máx.40	máx.40	máx.40	min.40	min.40
Límite de liquidez índice de plasticidad	máx.6	máx.6		máx.10	máx.10	min.10	min.10	máx.10	máx.10	min.10	min.10 IP<LL-30	min.10 IP<LL-30
Índice de grupo	0	0	0	0	0	máx.4	máx.4	máx.8	máx.12	máx.16	máx.20	máx.20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arena Fina	Gravas y arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcilloso		
Estimación general del suelo como subrasante	De excedente a bueno							De pasable a malo				

**Figura 17.** Clasificación de suelos – Método AASHTO

Fuente: MTC, 2013

DIVISIONES MAYORES			SÍMBOLO DE GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN PARA SUELOS GRANULARES	
Suelos de grano grueso (más del 50% del material es mayor en tamaño que el tamiz n° 200)	Gravas (más de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz N° 4)	Gravas Limpias (poco o ningún fino)	GW	Gravas bien gradadas, mezclas gravosas poco o ningún fino	Cu>4 1< Cc<3	
			GP	Gravas pobremente gradadas, mezclas grava - arena, poco o ningún fino	No cumple todos los requisitos de gradación para Gw	
		Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	GM	Gravas limosas, mezcla grava - arena - limo	Límites de Atteberg por debajo de la línea A o $Ip < 4$	A los materiales sobre la línea A con $4 < Ip < 7$ se considera de frontera y se les asigna doble símbolo
			GC	Gravas arcillosas, mezcla grava - arena - arcillosas	Límites de Atteberg por encima de la línea A o $Ip > 7$	
	Arenas (más de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz N°4)	Arenas Limpias (poco o ningún fino)	SW	Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	Cu>6 1< Cc<3	
			SP	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	No cumplen todos los requisitos de gradación para SW	
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	SM	Arenas limosas mezcla de arena - limo	Límites de Atteberg por debajo de la línea A o $Ip < 4$	A los materiales sobre la línea A con $4 < Ip < 7$ se considera de frontera y se les asigna doble símbolo
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena - arcilla	Límites de Atteberg por encima de la línea A o $Ip > 7$	

DIVISIONES MAYORES	SÍMBOLO DE GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN PARA SUELOS GRANULARES
Suelos de grano fino (más del 50% del material pasa el 1 tamiz n° 200)	Limos y arcillas (Límite líquido $w_l < 50$ )	ML	Limos inorgánicos y arena muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.
		OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
	Limos y arcillas (Límite líquido $w_l > 50$ )	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos, suelos elásticos.
		CH	Arcillas orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos
Suelos Altamente orgánicos	Pt	Turba u otros suelos altamente orgánicos	CARTA DE PLASTICIDAD

**Figura 18.** Clasificación de suelos – Método SUCS

Fuente: LMS-FIC-UNI, 2006

#### 1.3.2.4 Suelo limo arcilloso

Según la página Lifeder hecho por Daniela Rodríguez, nos menciona lo siguiente:

- **Suelo limoso:** El tamaño de su sedimento no supera los 0.05 milímetros.

Están compuestos de grava, arcilla y arena, esto hace que sean fértiles y fáciles de trabajar, debe contener 80% de limo para que sea un suelo limoso.

##### a) Características:

- . Son pequeños, aunque un poco grande que la arcilla.
- . Mayormente son de color marrón, es parecido al suelo arcilloso ya que ambos son fáciles de moldear y pegajosos cuando están húmedos.
- . Son quebradizos en comparación de los suelos arcillosos que son firmes y compactos.
- . Cuando esta húmedo es suave e inestable, pero seco tiene una textura como de polvo. . Es muy fértil y son fáciles de trabajar y cultivar.

##### b) Suelo limoso para las construcciones:

- . Este tipo de suelo es muy bueno para la agricultura ya que tiene un gran nivel de fertilidad, pero no es un suelo ideal para la construcción de viviendas y obras estructuras ya que es muy frío y húmedo y eso hace que sea inestable y con el tiempo traerá muchas consecuencias ya que al retener la humedad choca con la estructura y puede debilitarla.

Según la página tendencias escrito por Marcelo nos menciona que:

- **Suelo arcilloso:** Es un suelo de textura pesada, pegajoso cuando esta húmedo y muy duro ante carencia de agua, mayormente se usa en la alfarería.

##### a) Características:

- . Es un elemento de fácil moldeado que nos recordará también a la plastilina.
- . El suelo arcilloso en sí, es impermeable, precisamente por estar compuesto por partículas de arcilla.
- . Es fácil de identificar, ya que si se puede manipular.

##### b) Suelo arcilloso para las construcciones:

El suelo arcilloso no es apto para las construcciones, ya que son inestables en presencia de humedad, tienden a fracturarse produciendo grietas.



**Figura 19.** Suelo limoso y arcilloso

Fuente: Botánica online

#### **1.3.2.5 Ensayos de laboratorio**

Para poder realizar los ensayos, primero se tuvo que proceder a la obtención de la muestra del suelo haciendo una calicata con 1.50 de profundidad, para luego poder determinar las características en su estado natural y con la adición de la ceniza de cascarilla de arroz. Después de lo mencionado se procedió a la calcinación de la cascarilla de arroz para la obtención de la ceniza que será combinada con el suelo natural en los porcentajes de 4%, 7% y 10%.

##### **1.3.2.5.1 Contenido de humedad (NTP 339.127 –1998)**

###### **. Materiales y Equipos**

- Suelo
- Balanza
- Horno a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Taras

##### **1.3.2.5.2 Análisis granulométrico (NTP 339.128 – 1999)**

###### **. Materiales y Equipos**

- Suelo
- Juego de tamices de 2" 1 ½, 1", ¾", ½", 3/8", N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N°100 y N°200.
- Balanzas con aproximación de 0.1gr.

- Horno de 110°C ±5°C

### **1.3.2.5.3 Límites de Atterberg (NTP 339.129 – 1999)**

#### **1.3.2.5.3.1 Límite líquido**

##### **. Materiales**

- Suelo seco al aire y que pasa la malla n°40

##### **. Equipos**

- Malla n°40
- Copa de casagrande y ranurador o acanalador
- Balanza
- Estufa de control de temperatura
- Espátula
- Probeta de 100ml
- Capsula de porcelana
- Taras

#### **1.3.2.5.3.2 Límite plástico**

##### **. Materiales**

- Una porción de la mezcla preparada para el límite líquido

##### **. Equipos**

- Balanza
- Estufa de control de temperatura
- Espátula
- Capsula de porcelana
- Placa de vidrio
- Taras

### **1.3.2.5.4 Proctor modificado (NTP 339.141 – 1999)**

##### **. Materiales**

- Muestra alterada seca aproximadamente 2kg por molde

##### **. Equipos**

- Equipo proctor modificado
- Pisón proctor modificado
- Balanza con precisión de 1gr
- Estufa de control de temperatura

- Espátula
- Probeta de 1000 ml
- Recipiente de 6kg de capacidad
- Taras

### 1.3.2.5.5 CBR (NTP 339.145 – 1999)

#### **.Materiales**

- Muestra alterada seca
- Papel filtro

#### **.Equipos**

- Equipo CBR
- Pisón proctor modificado
- Balanza
- Diales de expansión
- Estufa de control de temperatura
- Espátula
- Probeta de 1000 ml
- Recipiente de 6kg de capacidad
- Taras

#### **Procedimiento general:**

Luego de trasladar el material del suelo al laboratorio se empezó a realizar los respectivos ensayos, los ensayos se realizarón 3 veces para así poder tener varios datos, tener un promedio y dar un resultado más exacto.

- 1) Se determinará 3 veces el contenido de humedad del suelo según la norma NTP 339.127-1998.
- 2) Se determinará el análisis granulométrico del suelo según la norma NTP 339.128-1999.
- 3) Se determinará los límites de Attenberg 3 veces, según la norma NTP 339.129-1999.
- 4) Se realizarán las muestras de proctor del material combinado con 0% de ceniza de cascarilla de arroz del peso total de la muestra.
- 5) Se realizarán las muestras de proctor del material combinado con 4% de ceniza de cascarilla de arroz del peso total de la muestra.
- 6) Se realizarán las muestras de proctor del material combinado con 7% de ceniza de cascarilla de arroz del peso total de la muestra.

- 7) Se realizarán las muestras de proctor del material combinado con 10% de ceniza de cascarilla de arroz del peso total de la muestra.
- 8) Luego se obtendrá la curva de compactación mediante el contenido de humedad y la densidad seca de cada muestra de proctor.
- 9) Luego se obtendrá la curva de compactación mediante el contenido de humedad y la densidad seca de cada muestra de proctor.
- 10) Se determinará el contenido óptimo de humedad mediante la curva de compactación y se procederá a realizar las muestras de CBR.
- 11) Se realizarán las muestras de CBR del material combinado con el porcentaje optimo obtenido en el ensayo de proctor modificado con 3 muestras de capas cada una de 12,26 y 55 golpes por cada muestra.
- 12) Luego se obtendrá la curva de compactación mediante el contenido de humedad y la densidad seca de cada muestra de proctor.
- 13) Se determinará el contenido óptimo de humedad mediante la curva de compactación y se procederá a realizar las muestras de CBR.
- 14) Se realizarán las muestras de CBR del material combinado con el porcentaje optimo obtenido en el ensayo de proctor modificado con 3 muestras de capas cada una de 12,26 y 55 golpes por cada muestra.
- 15) Se tomarán las muestras de CBR del material combinado con 0% de ceniza de cascarilla de arroz del peso total de la muestra con el porcentaje optimo obtenido en el ensayo de proctor modificado con 3 muestras de capas cada una de 12,26 y 55 golpes por cada muestra.
- 16) Se realizarán las muestras de CBR del material combinado con 4% de ceniza de cascarilla de arroz del peso total de la muestra con el porcentaje optimo obtenido en el ensayo de proctor modificado con 3 muestras de capas cada una de 12,26 y 55 golpes por cada muestra.
- 17) Se realizarán las muestras de CBR del material combinado con 7% de ceniza de cascarilla de arroz del peso total de la muestra con el porcentaje optimo obtenido en el ensayo de proctor modificado con 3 muestras de capas cada una de 12,26 y 55 golpes por cada muestra.
- 18) Se realizarán las muestras de CBR del material combinado con 10% de ceniza de cascarilla de arroz del peso total de la muestra con el porcentaje optimo obtenido en el ensayo de proctor modificado con 3 muestras de capas cada una de 12,26 y 55 golpes por cada muestra.

- 19) Una vez realizado cada muestra de CBR se procederá a sumergirlos en agua por un periodo de 96 horas (4 días) tomando lectura de la deformación de hinchamiento que esta sufre cada 24 horas (1 día). Al cuarto día se retirará la muestra y se ensayará para hallar la carga de penetración de la muestra y se tomará lectura de las deformaciones. Este proceso se repetirá para cada muestra de CBR que se tenga que realizar.

La información obtenida mediante los diferentes ensayos que se realizarán, se llevarán a la computadora para realizar el trabajo en gabinete, en donde se ordenará y analizarán los datos mediante hojas de cálculo y gráficos comparativos para analizar los resultados obtenidos. Estos resultados se analizarán teniendo en cuenta las normas técnicas peruanas de suelos y de los agregados.

#### **1.4 Formulación del problema**

Como ya se mencionó en la problemática, todo parte de la ciudad de Huarney la problemática que existe es que el suelo es limo arcilloso y es pésimo para la construcción, pero a pesar de ello la gente construye pero no se sabe si utilizan algún estabilizante u otro tipo de refuerzos, se debería tomar en cuenta esta problemática que hay ya que al construir en el suelo existente más adelante pueden ocurrir accidentes, o fallas en la estructura, para ello se evaluará el potencial de expansión y capacidad portante en el suelo limo arcilloso incorporando ceniza de cascarilla de arroz, con 5 tipos de ensayos como contenido de humedad, análisis granulométrico, límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR, para cada tipo de ensayo se describirá el procedimiento y los materiales a utilizar.

##### **1.4.7 Problema General**

- ¿Qué relación tiene la variación de porcentajes de la ceniza de cascarilla de arroz con el potencial de expansión y capacidad portante en el suelo limo arcilloso de la Av. Aija, Huarney, Ancash – 2018?

##### **1.4.8 Problemas Específicos**

- ¿Cómo influyen los porcentajes de 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz en el potencial de expansión en el suelo limo arcilloso de la Av. Aija, Huarney, Ancash – 2018?
- ¿Cómo influyen los porcentajes de 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz en la capacidad portante en el suelo limo arcilloso de la Av. Aija, Huarney, Ancash – 2018?

- ¿Cómo influyen los porcentajes de 4%,7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz en el índice de plasticidad en el suelo limo arcilloso de la Av. Aija, Huarmey, Ancash - 2018?

### **1.5 Justificación del estudio:**

La presente investigación se reforzará con otros estudios realizados anteriormente, para poder realizar un adecuado proyecto de investigación. A continuación se justificará la investigación con los siguientes puntos:

. Justificación social: Los que se van a beneficiar a un futuro serán los que opten por utilizar esta técnica, que es la incorporación de la ceniza de cascarilla de arroz en la subrasante, que permitirá aumentar la capacidad portante y disminuir el potencial de expansión.

. Justificación económica: Se busca darle un tratamiento adecuado a este tipo de suelo, sin incurrir en costos elevados y aprovechar productos secundarios como son las cenizas de cascarilla de arroz que constituye productos de desecho y fuentes de contaminación para el medio ambiente, para ello se evaluará el potencial de expansión y capacidad portante en el suelo limo arcilloso incorporando ceniza de cascarilla de arroz, utilizando cinco tipos de ensayos para tener resultados confiables, de aquí es donde nace esta investigación, presentándose como una alternativa viable para evaluar el potencial de expansión y la capacidad portante.

. Justificación teórico: La evaluación del potencial de expansión y capacidad portante nos va a ayudar a realizar buenas construcciones, siguiendo los procedimientos y recomendaciones respectivas.

. Justificación metodológica: Se busca dar un tratamiento adecuado a este tipo de suelo, sin incurrir en costos elevados y aprovechar productos secundarios como son las cenizas de cascarilla de arroz que constituye productos de desecho y fuentes de contaminación para el medio ambiente, para ello se evaluará el potencial de expansión y capacidad portante en el suelo limo arcilloso incorporando ceniza de cascarilla de arroz, con cinco tipos de ensayos como contenido de humedad, análisis granulométrico, límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR, para los ensayos se describirá el procedimiento y los materiales a utilizar.

## **1.6 Hipótesis:**

Con respecto a hipótesis, Kerlinger (1996, pag35) menciona que: “Permite a los científicos percibir el mundo desde otro punto de vista, orienta al investigador en todo el proceso de la investigación, son instrumentos de trabajo de la teoría, se demuestra en cuanto a su falsedad o veracidad.” Si se elabora una buena hipótesis, se podrá observar la relación que hay entre las variables y al comprobar se podrá tener el problema general resuelto.

### **1.6.1. Hipótesis general:**

- La incorporación de porcentajes de ceniza de cascarilla de arroz, disminuye el potencial de expansión y aumenta su capacidad portante en el suelo limo arcilloso de la Av.Aija, Huarmey, Ancash – 2018.

### **1.6.2. Hipótesis específicas:**

- La incorporación de los porcentajes de 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz influye en el potencial de expansión en el suelo limo arcilloso de la Av.Aija, Huarmey – 2018.
- La incorporación de los porcentajes de 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz influye en la capacidad portante en el suelo limo arcilloso de la Av.Aija, Huarmey, Ancash – 2018.
- La incorporación de los porcentajes de 4%,7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz influye en el índice de plasticidad en el suelo limo arcilloso de la Av. Aija, Huarmey, Ancash – 2018.

## **1.7. Objetivos:**

Los objetivos para este proyecto de tesis, con respecto al tema, Grau, Correa y Rojas (1999) mencionan que: “Con los objetivos se pretende expresar de manera muy sintética la investigación, es la guía del estudio y guarda relación con las actividades, los objetivos deben comenzar con un verbo infinitivo o señalando la intención de algún aspecto de interés en particular.

Los objetivos que se plantean tienen que ser entendibles, ellos indican a donde se quiere llegar.

### **1.7.1. Objetivo general:**

- Evaluar la incidencia de la variación de porcentajes de la ceniza de cascarilla de arroz en el potencial de expansión y capacidad portante en el suelo limo arcilloso de la Av.Aija, Huarmey, Ancash – 2018.

### **1.7.2. Objetivos específicos:**

- Determinar la influencia de la incorporación de los porcentajes de 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz en el potencial de expansión en el suelo limo arcilloso de la Av.Aija, Huarmey, Ancash – 2018.
- Determinar la influencia de la incorporación de los porcentajes de 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz en la capacidad portante en el suelo limo arcilloso de la Av.Aija, Huarmey, Ancash – 2018.
- Determinar la influencia de los porcentajes de 4%,7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz en el índice de plasticidad en el suelo limo arcilloso de la Av. Aija, Huarmey, Ancash – 2018.

## II. MÉTODO

## **2.1. Diseño de investigación**

Es la planificación que se hace para así poder lograr los objetivos del proyecto, para poder determinar la calidad del proyecto es fundamental un diseño del estudio. Según Hernández S. (2010) con respecto a la investigación cuasi experimental menciona que:

“El diseño cuasi experimental como su nombre lo dice es un casi experimento, se diferencia de un experimento puro por la carencia de confianza de la semejanza ya que los grupos a estudiar no son designados aleatoriamente, estos hacen alusión al grupo a vigilar el cual sirve de comparación ya que no percibe tratamiento.”

Por lo tanto la presente investigación es **cuasi experimental**, en la cual se manipula de manera intencional la variable independiente para establecer el posible efecto de la causa que se manipula, además su grado de control es mínimo y se va a comparar con otro grupo que ya está establecido.

### **2.1.1. Método de Investigación**

Como método en general la investigación se define como método científico debido a que está orientada a lograr los objetivos según el problema encontrado.

Según Efi G. (1981): “El método científico es una abstracción de las actividades que los investigadores realizan, concentrando su atención en el proceso de adquisición del conocimiento, el método es un camino, un orden, conectado, directamente a la objetividad de lo que se desea estudiar.”

### **2.1.2 Enfoque**

Según Hernández, Fernández y Baptista (2006, pag13) nos dicen que: “Hay dos enfoques, cuantitativo y cualitativo, el enfoque cuantitativo básicamente conduce en ambientes naturales, su análisis es causa-efecto, utiliza estadísticas”

El enfoque de esta investigación es cuantitativo, porque se busca comprobar una hipótesis mediante la recolección de datos y la realización de los ensayos.

### 2.1.3 Tipo de investigación:

- De acuerdo a la orientación:

Según Abarza (2007, pag106) nos dice que: “Existen 2 tipos, investigación básica, aplicada y, la investigación básica nos dice que se centra en las teorías y principios fundamentales, no es práctico y no está dirigido específicamente en un set de circunstancias, la investigación aplicada se concentra en la solución de un problema inmediato, ofrece elementos para aplicaciones tecnológicas o para tomar de decisiones.”

Es **aplicada**, porque se busca resolver un problema real, el cual es conocer si la incorporación de 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz influye en el potencial de expansión y capacidad portante en el suelo limo arcilloso de la Av.Aija.

- De acuerdo a la técnica de contrastación

Según Tamayo (2012) nos dice que: “Se caracterizan por la intervención intencionada y programada en la que se manipulan una o más variables independientes, con el fin de analizar las consecuencias que esta manipulación ejerce sobre otra u otras variables.”

Es **experimental** porque se manipula la variable independiente para establecer el posible efecto de la causa que se manipula.

- De acuerdo con la direccionalidad

Según Medina J. y Ortegón E. (2006): “Son aquellos en los cuales la información se va registrando en la medida que va ocurriendo el fenómeno o los hechos programados para observar”

Es **prospectiva** porque al realizar los ensayos veremos el comportamiento del suelo con los diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de arroz, se quiere lograr el objetivo de que disminuya el potencial de expansión y aumente la capacidad portante.

- De acuerdo con el tipo de fuente de recolección de datos

Según Pineda, Alvarado y Canales (1994): “Son aquellos en los cuales se indaga sobre hechos ocurridos en el pasado”

Es **retrolectiva** porque se recurrió a fuentes de información existentes, es decir que fue recogida por otros autores e investigadores, pero también se usó otros criterios propios.

- De acuerdo con la evolución del fenómeno estudiado

Según Pineda, Alvarado y Canales (1994): “Son aquellos en los que se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único, su propósito se centra en describir variables y analizar su comportamiento dado”

Es **transversal** porque se medirá una sola vez las variables e inmediatamente se procederá a analizar los diferentes ensayos realizados y ordenar los resultados.

- De acuerdo a la comparación de las poblaciones

Según Arias (2012, 13p) nos dice que “La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un fenómeno, hecho e individuo con el de ver el comportamiento y estructura.”

Es **descriptiva** porque solo cuenta con una sola población, la cual se pretende describir en función de las variables.

## **2.2. Variables, operacionalización**

### **2.2.1 Variables**

Según Hernández (2010) nos dice que la variable es una propiedad que puede variar y la variación puede medirse u observarse.

Se tendrán dos variables en la presente investigación, **una dependiente y otra independiente.**

#### **2.2.1.1 Variable Independiente**

Según Pino (2010) la variable independiente define como: “Aquella variable que el experimentador modifica a voluntad para averiguar si provoca cambios en otras variables, ejerce influencia o causan efecto en las variables dependientes.

En la presente investigación, la variable independiente es ceniza de cascarilla de arroz, es manipulada intencionalmente con **porcentajes de 4%, 7% y 10%**, se utiliza estos porcentajes por antecedentes de otras investigaciones donde se ve el mejor comportamiento para el análisis de los resultados, con estos porcentajes se ve de manera objetiva el comportamiento que tiene la ceniza de cascarilla de arroz en el suelo, la finalidad es ver si aumenta la capacidad portante y disminuye el potencial de expansión, se utiliza 4% como un límite base, 10% es el límite máximo y 7% que es la iteración, son porcentajes por literatura revisada y antecedentes de investigación.

### **2.2.1.2 Variable Dependiente**

Según Pino (2010) la variable dependiente define como: “Es aquella que va en función de las modificaciones que tendrá la variable independiente, se explican los efectos y resultados en la cuales se busca un motivo o razón”.

En la presente investigación, la variable dependiente es **potencial de expansión y capacidad portante del suelo limo arcilloso**.

### **2.2.2 Operacionalización de Variables**

Según Carrasco (2009) operacionalización de variables define como: “Descomposición de las variables del problema general y específicos, con el propósito de convertir una definición abstracta a uno empírico.”

La variable estudiada será la independiente adicionada a la variable dependiente y la influencia en el potencial de expansión y la capacidad portante.

**Tabla 1. Matriz de Operacionalización de variables independiente e dependiente**

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL
<b>INDEPENDIENTE:</b> Ceniza de cascarilla de arroz	Porcentajes de 4%, 7% y 10% del suelo	Porcentajes de ceniza de cascarilla de arroz	Formato de laboratorio	Según Gaitán Oscar menciona que: El porcentaje de cenizas indica la cantidad de materia solida no combustible del material (2004, p257)	Para la comprensión de la variable independiente se puede calcular a través de su dimensión: Porcentajes de 4%, 7% y 10% de la ceniza de cascarilla de arroz
<b>DEPENDIENTE:</b> Potencial de expansión y capacidad portante del suelo limo arcilloso	Estabilidad volumétrica	. Contenido de humedad . Análisis granulométrico	Formato de laboratorio	Según Naranjo Víctor menciona que: Cambio de volumen que sufre el suelo por la presencia de agua (2011, p13)	Para la comprensión de la variable dependiente se puede calcular a través de sus indicadores: contenido de humedad, análisis granulométrico y límites de consistencia proctor modificado y ensayo de CBR
	Resistencia	. Límites Atterberg . Proctor modificado . CBR	Formato de laboratorio	Según Naranjo Víctor menciona que: Es la capacidad de resistir las cargas de tráfico y medio ambiente, conservando su estabilidad volumétrica sin deformarse (2011, p9)	Para la comprensión de la variable dependiente se puede calcular a través de sus indicadores: contenido de humedad, análisis granulométrico y límites de consistencia proctor modificado y ensayo de CBR
	Índice de plasticidad	. Límites Atterberg	Formato de laboratorio	Según Naranjo Víctor menciona que: El índice de plasticidad define el campo plástico de un suelo y representa el porcentaje de humedad que deben tener las arcillas para conservarse en estado plástico.(2012,p14)	Para la comprensión de la variable dependiente se puede calcular a través de su indicador: límites de consistencia

Fuente: Elaboración propia

## 2.3 Población, muestra y muestreo

### 2.3.1 Población

Según Tamayo (2012) define la población como: “Es un estudio que participaran N cantidades en una determinada característica, es un conjunto de individuos medidas y objetivos que tienen características en un momento y lugar.”

La población para la presente investigación es el suelo limo arcilloso de la ciudad de Huarmey.

### 2.3.2 Muestra

Según Tamayo (1997) define la muestra como: “Conjunto de individuos que se toma de la población, se puede determinar la problemática con la muestra, ya que nos puede mostrar los datos y con ellos se podrá identificar las fallas dentro del proceso.”

La muestra representa la población, en la presente investigación, la muestra es probabilística por lo tanto vendría a ser el suelo limo arcilloso de la cuadra 1-5 de la Av. Aija, se realizará una calicata con 1.50m de profundidad según el MTC.

**Tabla 2.** *Unidades de Estudio*

Tratamientos	Características
T1	Suelo + 0% de CCA
T2	Suelo + 4% de CCA
T3	Suelo + 7% de CCA
T4	Suelo + 10% de CCA

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.** *Organización de tratamientos*

Cantidad	Descripción	Porcentaje de CCA
3	Contenido de humedad	0%
1	Análisis granulométrico	0%
15	Límites de consistencia	0%
15	Límites de consistencia	4%
15	Límites de consistencia	7%
15	Límites de consistencia	10%
12	Proctor modificado	0%
12	Proctor modificado	4%
12	Proctor modificado	7%
12	Proctor modificado	10%
9	CBR	0%
9	CBR	4%
9	CBR	7%
9	CBR	10%

Fuente: Elaboración propia

### **2.3.3 Muestreo**

Según Malhotra (2004) define el muestreo como: “Es una parte de la población que se va a representar, con el interés de saber cuál es la necesidad y gustos, con esto será posible conocer a proporción las respuestas a las cuestiones plantadas.”

El muestreo para esta investigación es probabilística es decir, cualquier parte del suelo limo arcilloso de la cuadra 1-5 de la Av. Aija tiene la misma probabilidad de ser elegido para formar parte de la muestra.

## **2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

Se realizará a través de observación directa, experimentación y ensayos.

### **2.4.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Según Rodríguez (2008) define las técnicas e instrumentos de recolección de datos como: “Medios empleados para recolectar la información de la investigación, se destaca la observación, cuestionario, entrevistas y encuestas, permitirá al investigador acercarse a los hechos y acceder a su conocimiento.”

Por lo tanto, para la presente investigación se usó la técnica de observación, quiere decir ir a campo y ver el suelo limo arcilloso en su estado natural y su comportamiento frente a la incorporación de la ceniza de cascarilla de arroz.

### **2.4.2 Instrumento**

Según Arias (1999) define instrumento como: “Material que se emplea para almacenar y recoger la información relevantes, son los medios o procedimientos que nos permitirá a alcanzar los objetivos de la investigación.”

El instrumento que se utilizó para las variables son las fichas de laboratorio para cada ensayo, se elaboró gráficos y comparaciones de los ensayos en el estado natural del suelo e incorporando la ceniza de cascarilla de arroz, todo que demuestre la incidencia de mis variables y dimensiones.

### **2.4.3 Validez**

Según Rusque M (2003) la validez define como: “Se refiere al grado que se medirá la variable que se pretende medir con el instrumento”.

Para comprobar la validez de este proyecto, las fichas de laboratorio que se utilizó son validadas por la norma ASTM y los técnicos se encargaron de certificar los estudios y ensayos que se realizaron.

#### **2.4.4 Confiabilidad**

Para Ander (2002) define la confiabilidad como: “La exactitud que un instrumento mide lo que pretender medir, es decir es equivalente a estabilidad y predictibilidad.

Para tal fin, se presentan los certificados del laboratorio y las especificaciones técnicas de calibración actualizada de los equipos que se utilizó en los ensayos.

#### **2.5 Métodos de análisis de datos**

Según León, O y Montero, I (2003, p13): “Se busca recaudar información sobre lo que se está estudiando y no estructurar cuando se recoja los datos independientemente de la técnica que se haya empleado.”

Para poder validar la hipótesis, se realizó estadísticas descriptivas, que constan de barras, cuadros y también el programa SPSS. Para los resultados se tomó el promedio de las diferentes muestras que se realizaron.

#### **2.6 Aspectos éticos**

Según Camps, V (2011) nos dice que: “La ética es estudiar el bien, el comportamiento humano, tener buenas costumbres, normas, tener valores, se busca que el ser humano tenga un perfeccionamiento personal ser siempre más persona y aceptar lo que otros piensen, digan o hablen.”

Para realizar esta investigación, debemos tener en cuenta que como futuros ingenieros tenemos que tener una buena conducta ética, por ello este proyecto está desarrollado bajo las normas correspondientes y transparencia, siendo autentico el estudio y la cita de la data bibliográfica correspondiente a los autores.

# III. RESULTADOS

En este capítulo se muestra los resultados obtenidos de los ensayos realizados en el laboratorio de suelos.

### Potencial de expansión y capacidad portante del suelo limo arcilloso

#### Dimensiones

- Estabilidad volumétrica
- Resistencia
- Índice de plasticidad

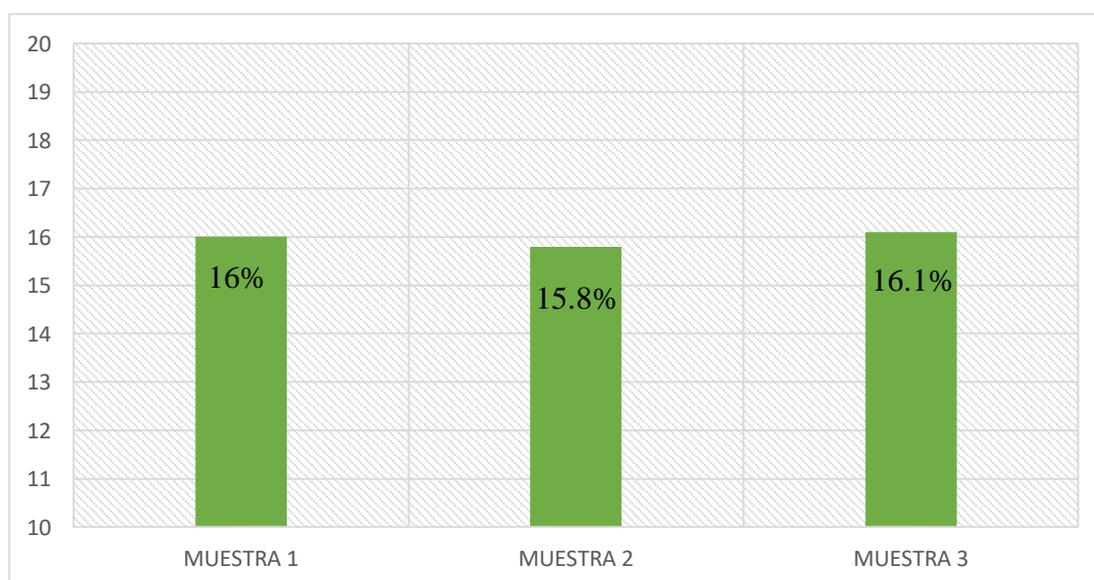
#### - Contenido de humedad

Los resultados del contenido de humedad se muestran en la tabla 4, donde las muestras arrojaron un promedio de contenido de humedad de 16.00%

**Tabla 4.** Resultados de contenido de humedad natural

DENOMINACIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Peso cápsula + suelo húmedo	g	395.7	376.5	399.4
Peso cápsula + suelo seco	g	359.8	342.3	363.2
Peso del agua	g	35.9	34.2	36.2
Peso de la cápsula	g	135.6	125.3	138.5
Peso del suelo seco	g	224.2	217	224.7
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	16.0	15.8	16.1
PROMEDIO	%	16.00		

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 20.** Contenido de humedad natural

**Fuente:** Elaboración propia

- **Análisis granulométrico**

Los resultados del análisis granulométrico se muestran en la tabla 5 y 6 el análisis se realizó por los métodos AASHTO y SUCS, de los cuales, el método AASHTO clasificó al suelo en la categoría de suelo arcilla limo-arenosa perteneciente al grupo A-4. Cuyo índice de grupo es 7 y por lo tanto está dentro de la categoría de sub-rasante pobre según el MTC. Por su parte el método SUCS clasificó al suelo, está en la categoría ML-CL perteneciente a las arcillas de plasticidad baja a media y limos y arena muy finas.

**Tabla 5. Clasificación según AASHTO**

<b>CLASIFICACIÓN AASHTO</b>			
Parámetros usados		Determinación del Índice de Grupo IG	
% Que pasa la malla N°200	68.7		
% Que pasa la malla N°40	97		
% Que pasa la malla N°10	100	a= 34	IG= 7
Límite líquido	LL= 24	b= 54	
Límite plástico	LP= 19	c= 0	
Límite de plasticidad	IP= 5	d= 0	
Tipo de Suelo: Arcilla Limo-Arenosa			
Clasificación de Suelos: A-4			
Suelo: A-4 (7)			
Tipo de Material: Limo arcilloso			
Terreno de Fundación: Regular-malo			

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 6. Clasificación según SUCS**

<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SUCS</b>		
Parámetros usados		
% Que pasa la malla N°200	68.7	
Límite líquido	LL= 24	
Límite plástico	LP= 19	
Límite de plasticidad	IP= 5	
Tipo de suelo según su granulometría: Suelo fino / Baja plasticidad		
Suelo: ML-CL		
Características del Suelo:	ML-CL	Limos orgánicos y arena muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas o limos arcillosos con poca plasticidad / Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.

**Fuente:** Elaboración propia

**- Límites de consistencia**

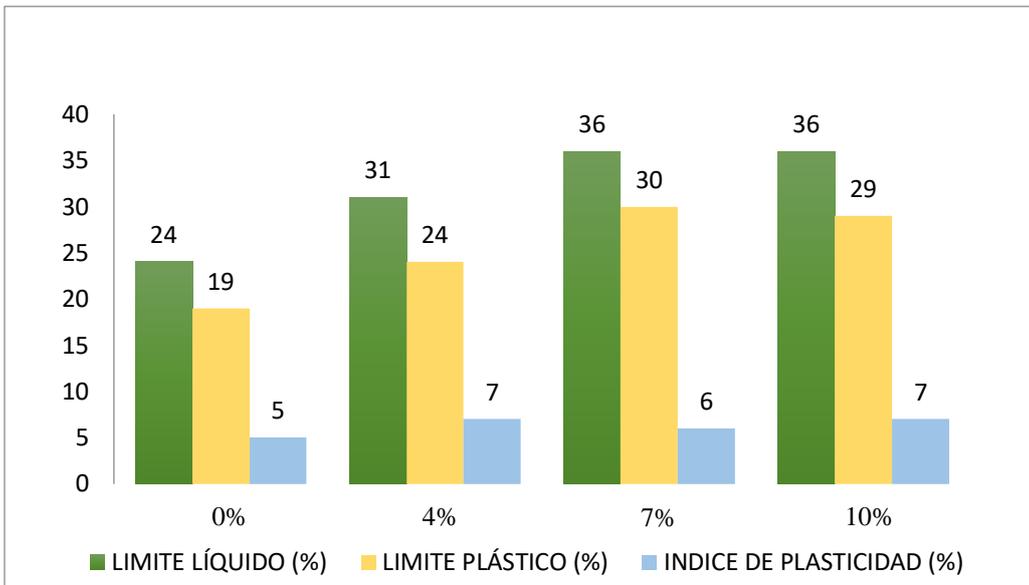
Los resultados de los Límites de Atterberg se presentan en la tabla 7, 8, 9, donde se puede apreciar los diferentes comportamientos en los límites, los cuales en la tabla 10 se puede mostrar que con 4% y 10% aumenta el índice de plasticidad.

**- ENSAYO N°1**

**Tabla 7. Resultados ensayo 1 de límites de consistencia**

<b>RESULTADOS DE ENSAYO N°1</b>			
<b>PORCENTAJES</b>	<b>LIMITE LÍQUIDO (%)</b>	<b>LIMITE PLÁSTICO (%)</b>	<b>INDICE DE PLASTICIDAD (%)</b>
0%	24	19	5
4%	31	24	7
7%	36	30	6
10%	36	29	7

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 21.** Ensayo 1 Límites de consistencia

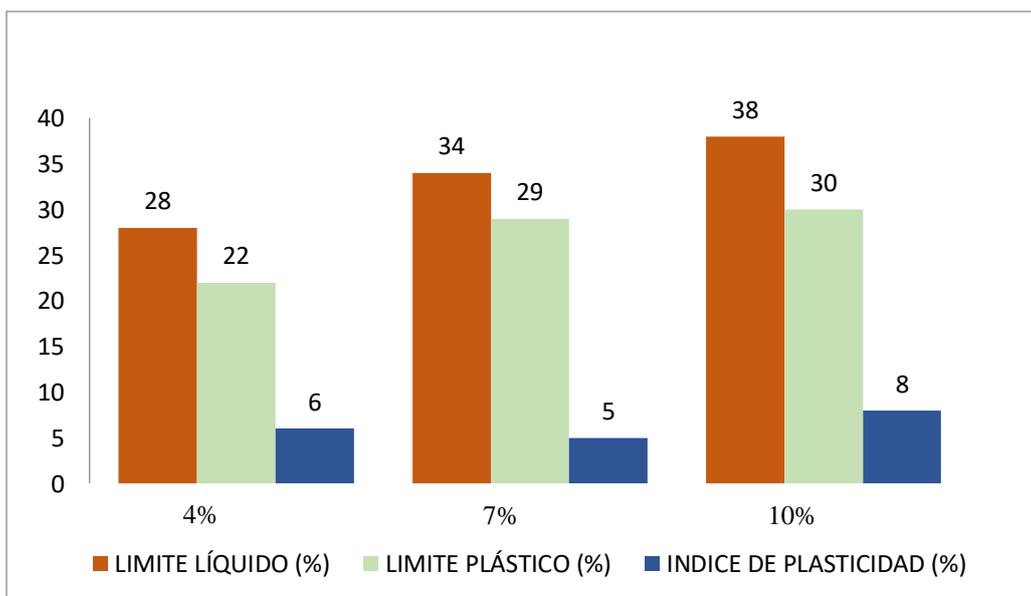
Fuente: Elaboración propia

- **ENSAYO N°2**

**Tabla 8.** Resultados ensayo 2 de límites de consistencia

RESULTADO DE ENSAYO N°2			
PORCENTAJES	LIMITE LÍQUIDO (%)	LIMITE PLÁSTICO (%)	INDICE DE PLASTICIDAD (%)
4%	28	22	6
7%	34	29	5
10%	38	30	8

Fuente: Elaboración propia



**Figura 22.** Ensayo 2 Límites de consistencia

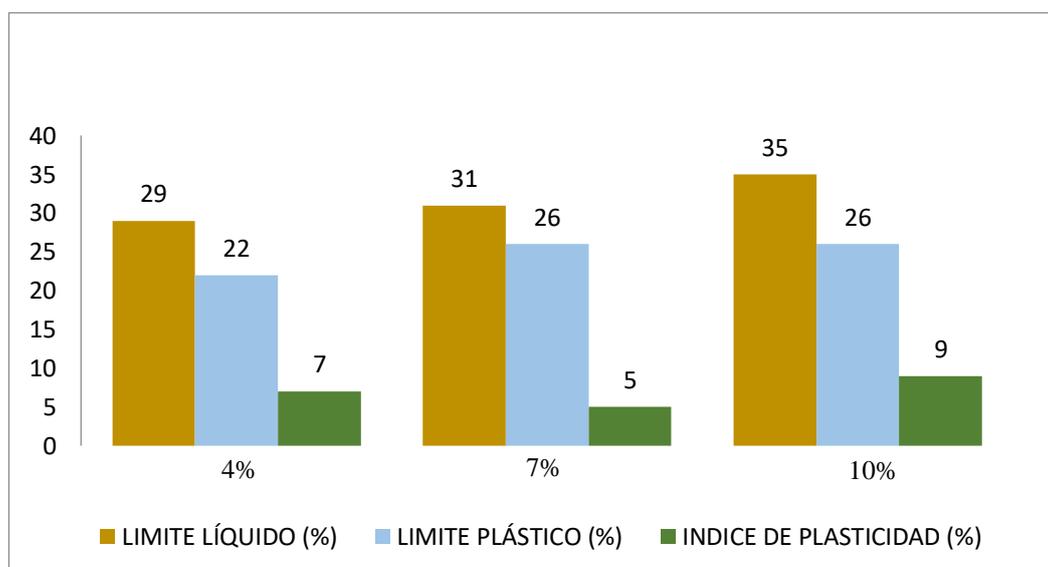
Fuente: Elaboración propia

- **ENSAYO N°3**

**Tabla 9.** Resultados ensayo 3 de límites de consistencia

RESULTADOS DE ENSAYO N°3			
PORCENTAJES	LIMITE LÍQUIDO (%)	LIMITE PLÁSTICO (%)	INDICE DE PLASTICIDAD (%)
4%	29	22	7
7%	31	26	5
10%	35	26	9

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 23.** Ensayo 3 Límites de consistencia

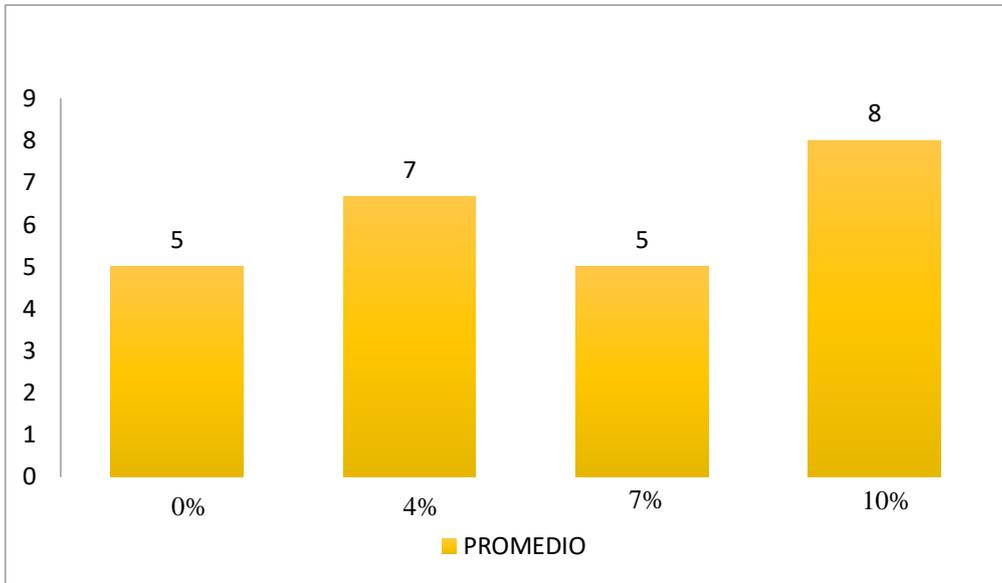
**Fuente:** Elaboración propia

- **RESULTADO-PROMEDIO**

**Tabla 10.** Resultado promedio del índice de plasticidad

RESULTADO PROMEDIO DE INDICE DE PLASTICIDAD				
PORCENTAJES	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
0%	5	-	-	5
4%	7	6	7	7
7%	6	5	5	5
10%	7	8	9	8

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 24.** Resultado promedio del índice de plasticidad

Fuente: Elaboración propia

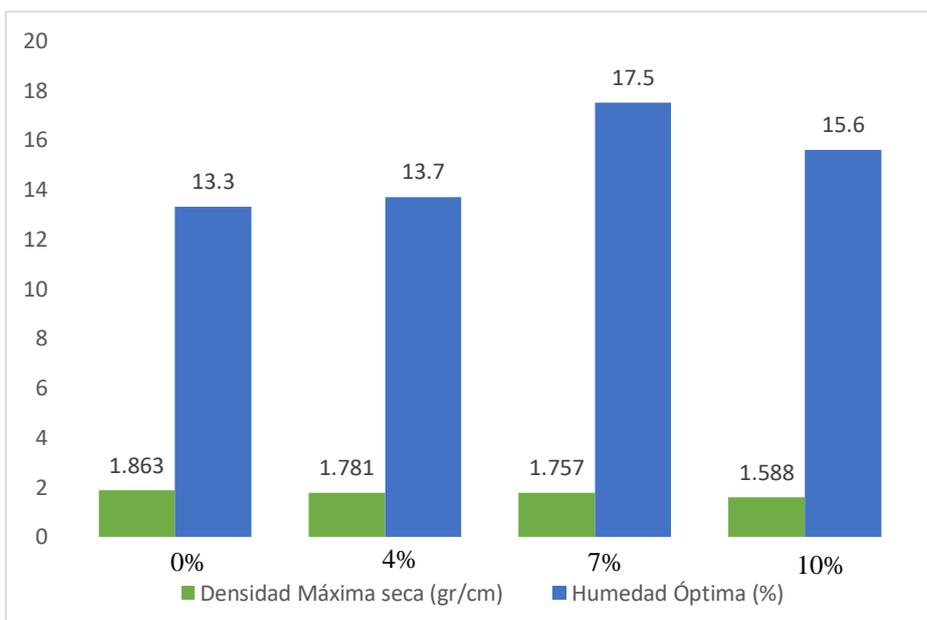
- **Ensayo de proctor**

- **ENSAYO N°1**

**Tabla 11.** Resultados ensayo 1 de proctor modificado

RESULTADOS ENSAYO N°1 DE PROCTOR MODIFICADO		
Porcentajes	Densidad Máxima Seca (gr/cm)	Humedad Óptima (%)
0%	1.863	13.3
4%	1.781	13.7
7%	1.757	17.5
10%	1.588	15.6

Fuente: Elaboración propia



**Figura 25.** Ensayo 1 – Proctor modificado

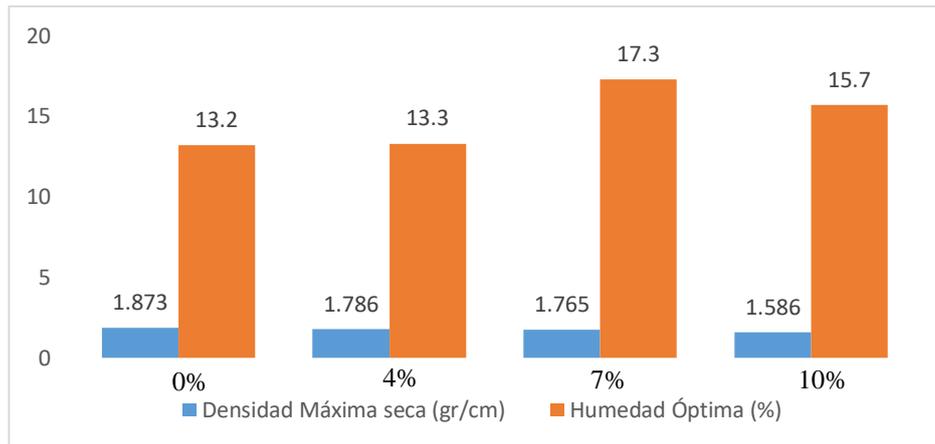
Fuente: Elaboración propia

- **ENSAYO N°2**

**Tabla 12. Resultado ensayo 2 de proctor modificado**

<b>RESULTADOS ENSAYO N°2 DE PROCTOR MODIFICADO</b>		
Porcentajes	Densidad Máxima Seca (gr/cm)	Humedad Óptima (%)
0%	1.873	13.2
4%	1.786	13.3
7%	1.765	17.3
10%	1.586	15.7

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 26. Ensayo 2 – Proctor modificado**

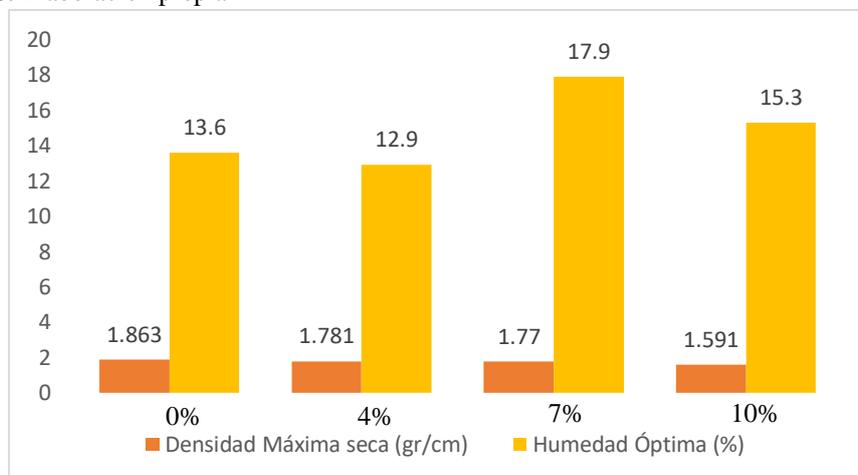
**Fuente:** Elaboración propia

- **ENSAYO N°3**

**Tabla 13. Resultado ensayo 3 de proctor modificado**

<b>RESULTADOS ENSAYO N°3 DE PROCTOR MODIFICADO</b>		
Porcentajes	Densidad Máxima Seca (gr/cm)	Humedad Óptima (%)
0%	1.863	13.6
4%	1.781	12.9
7%	1.770	17.9
10%	1.591	15.3

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 27. Ensayo 3 – Proctor modificado**

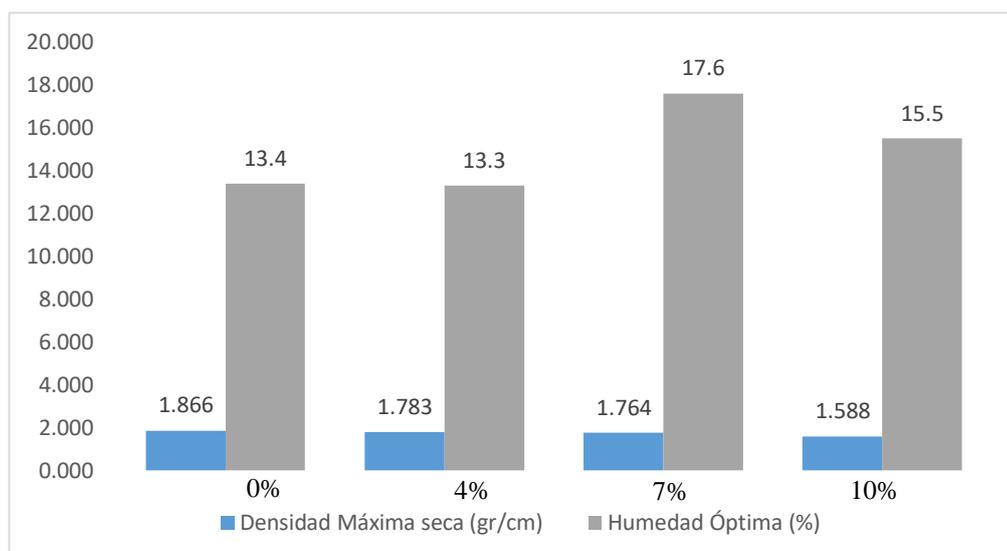
**Fuente:** Elaboración propia

- **RESULTADO-PROMEDIO**

**Tabla 14.** Resultado promedio de proctor modificado

PROMEDIO DE PROCTOR MODIFICADO		
Porcentajes	Densidad Máxima Seca (gr/cm)	Humedad Óptima (%)
0%	1.866	13.4
4%	1.783	13.3
7%	1.764	17.6
10%	1.588	15.5

Fuente: Elaboración propia



**Figura 28.** Promedio Proctor modificado

Fuente: Elaboración propia

- **Ensayo CBR**

- **ENSAYO N°1**

**Tabla 15.** Resultado ensayo 1 de CBR

RESULTADO ENSAYO N° 1 DE CBR						
Porcentajes	MOLDE 1(56)		MOLDE 2(25)		MOLDE 3(12)	
	Densidad seca (gr/cm)	Contenido de humedad (%)	Densidad seca (gr/cm)	Contenido de humedad (%)	Densidad seca (gr/cm)	Contenido de humedad (%)
0%	1.858	13.1	1.767	13.4	1.674	13.2
4%	1.780	13.6	1.689	13.8	1.601	13.7
7%	1.756	17.4	1.667	17.6	1.580	17.3
10%	1.586	15.6	1.508	15.7	1.427	15.4

Fuente: Elaboración propia

- **ENSAYO N°2**

**Tabla 16. Resultado ensayo 2 de CBR**

RESULTADO ENSAYO N° 2 DE CBR						
Porcentajes	MOLDE 1(56)		MOLDE 2(25)		MOLDE 3(12)	
	Densidad seca (gr/cm)	Contenido de humedad (%)	Densidad seca (gr/cm)	Contenido de humedad (%)	Densidad seca (gr/cm)	Contenido de humedad (%)
0%	1.870	13.1	1.776	13.6	1.684	13.4
4%	1.785	13.8	1.695	13.5	1.606	13.6
7%	1.763	17.2	1.674	17.6	1.586	17.5
10%	1.590	15.1	1.510	15.6	1.430	15.4

Fuente: Elaboración propia

- **ENSAYO N°3**

**Tabla 17. Resultado ensayo 3 de CBR**

RESULTADOS ENSAYO N° 3 DE CBR						
Porcentajes	MOLDE 1(56)		MOLDE 2(25)		MOLDE 3(12)	
	Densidad seca (gr/cm)	Contenido de humedad (%)	Densidad seca (gr/cm)	Contenido de humedad (%)	Densidad seca (gr/cm)	Contenido de humedad (%)
0%	1.864	13.4	1.767	13.8	1.674	13.5
4%	1.779	13.0	1.690	12.7	1.600	12.9
7%	1.768	17.7	1.680	18.1	1.591	17.9
10%	1.584	15.5	1.504	15.9	1.425	15.6

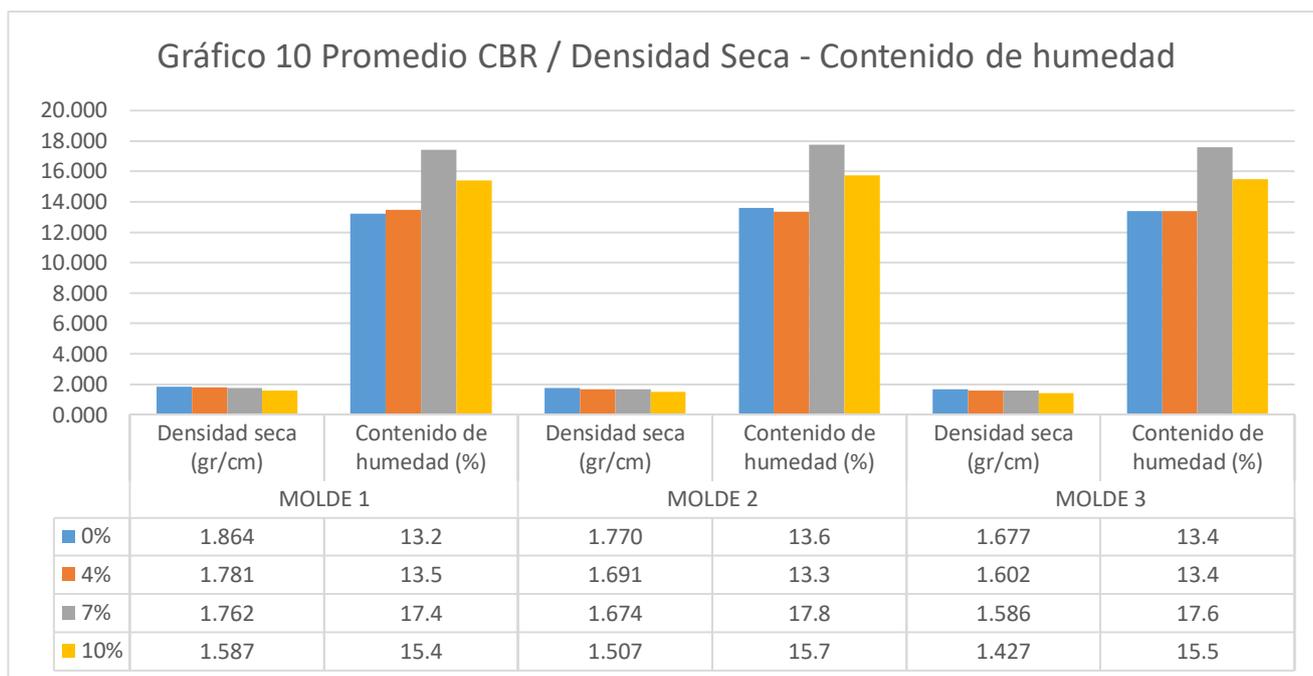
Fuente: Elaboración propia

- **RESULTADO-PROMEDIO**

**Tabla 18. Resultados promedio ensayo de CBR**

RESULTADO PROMEDIO CBR						
Porcentajes	MOLDE 1(56)		MOLDE 2(25)		MOLDE 3(12)	
	Densidad seca (gr/cm)	Contenido de humedad (%)	Densidad seca (gr/cm)	Contenido de humedad (%)	Densidad seca (gr/cm)	Contenido de humedad (%)
0%	1.864	13.2	1.770	13.6	1.677	13.4
4%	1.781	13.5	1.691	13.3	1.602	13.4
7%	1.762	17.4	1.674	17.8	1.586	17.6
10%	1.587	15.4	1.507	15.7	1.427	15.5

Fuente: Elaboración propia



**Figura 29.** Promedio CBR / Densidad Seca - Contenido de humedad  
Fuente: Elaboración propia

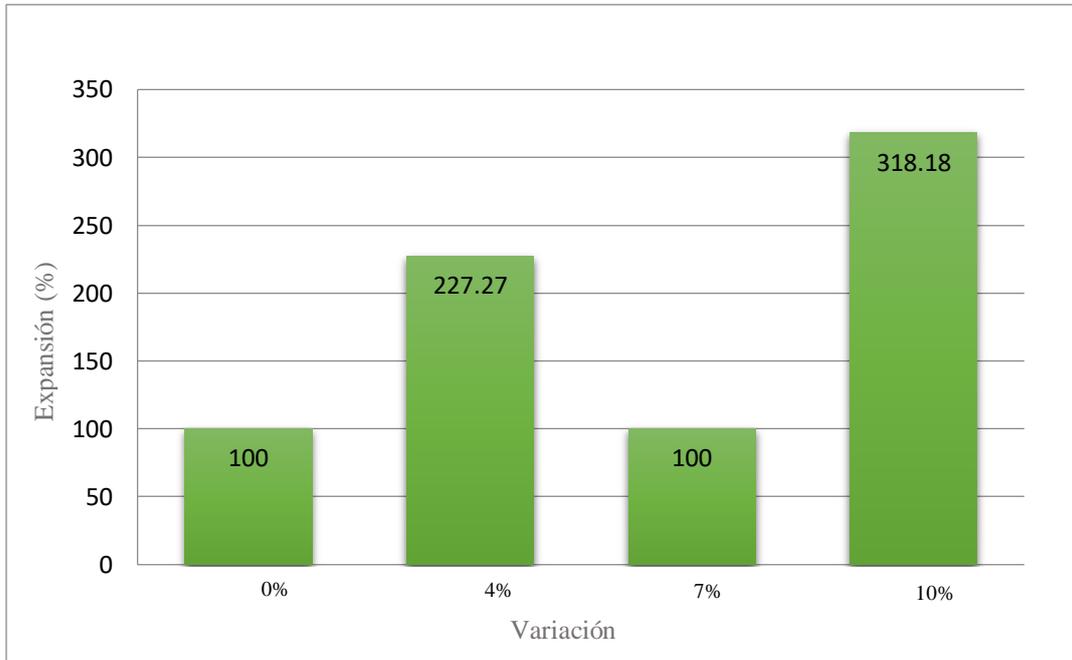
### ➤ EXPANSIÓN

Para esta investigación para los resultados del análisis de la expansión se realizó en base a dos consideraciones, la primera consistió en analizar el índice de plasticidad como resultado de los límites de consistencia y la segunda en analizar los registros de expansión del equipo de CBR. A continuación se muestra los resultados aplicando la siguiente ecuación, el grado de expansión del suelo corresponde al nivel bajo es decir es un suelo de bajo expansión.

**Tabla 19.** Resultados de expansión del suelo según el índice de plasticidad

% de CCA	IP	$S = 60 * K * IP^{2.44}$
0%	5	0.11%
4%	7	0.25%
7%	5	0.11%
10%	8	0.35%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 30.** Variación de la expansión según el índice de plasticidad

**Fuente:** Elaboración propia

Los resultados de expansión de la figura 30 muestran una que con 7% de ceniza de cascarilla de arroz se tiene el mismo resultado del suelo natural.

Para contenido de ceniza de 4% y 10% aumenta 127.27% y 218.18% respectivamente. El incremento de la expansión es provocado por el aumento de la ceniza, este fenómeno se explica por incremento proporcional del agua respecto del incremento de la ceniza lo que provocaría la formación de grandes vacíos con agua atrapada que impedirían una mezcla uniforme entre la ceniza y el suelo razón por la cual se incrementan los límites de consistencia y por ende la expansión

- **ENSAYO 1**

**Tabla 20.** Resultados ensayo 1 de hinchamiento con 0% CCA

TIEMPO		MOLDE 1(56)	MOLDE 2(25)	MOLDE 3(12)
(Hs)	(Días)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)
0	0	0	0	0
24	1	2.15	2.17	2.19
48	2	2.19	2.45	2.72
72	3	2.36	2.72	2.89
96	4	2.43	2.85	3.02

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 21.** Resultados ensayo 1 de hinchamiento con 4% CCA

TIEMPO		MOLDE 1(56)	MOLDE 2(25)	MOLDE 3(12)
(Hs)	(Días)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)
0	0	0	0	0
24	1	0.72	0.94	1.42
48	2	0.55	1.03	1.49
72	3	0.79	1.16	1.6
96	4	0.81	1.23	1.62

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 22.** Resultados ensayo 1 de hinchamiento con 7% CCA

TIEMPO		MOLDE 1(56)	MOLDE 2(25)	MOLDE 3(12)
(Hs)	(Días)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)
0	0	0	0	0
24	1	0.26	0.33	0.37
48	2	0.33	0.39	0.44
72	3	0.35	0.42	0.48
96	4	0.37	0.44	0.50

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 23.** Resultados ensayo 1 de hinchamiento con 10% CCA

TIEMPO		MOLDE 1(56)	MOLDE 2(25)	MOLDE 3(12)
(Hs)	(Días)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)
0	0	0	0	0
24	1	0	0	0
48	2	0.01	0.01	0.02
72	3	0.01	0.01	0.02
96	4	0.02	0.02	0.02

**Fuente:** Elaboración propia

- **ENSAYO 2**

**Tabla 24.** Resultados ensayo 2 de hinchamiento con 0% CCA

TIEMPO		MOLDE 1(56)	MOLDE 2(25)	MOLDE 3(12)
(Hs)	(Días)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)
0	0	0	0	0
24	1	2.12	2.19	2.23
48	2	2.23	2.41	2.76
72	3	2.39	2.74	2.85
96	4	2.47	2.80	2.93

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 25.** Resultados ensayo 2 de hinchamiento con 4% CCA

TIEMPO		MOLDE 1(56)	MOLDE 2(25)	MOLDE 3(12)
(Hs)	(Días)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)
0	0	0	0	0
24	1	0.50	0.81	1.29
48	2	0.61	0.92	1.40
72	3	0.70	1.05	1.49
96	4	0.77	1.18	1.53

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 26.** Resultados ensayo 2 de hinchamiento con 7% CCA

TIEMPO		MOLDE 1(56)	MOLDE 2(25)	MOLDE 3(12)
(Hs)	(Días)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)
0	0	0	0	0
24	1	0.22	0.26	0.31
48	2	0.24	0.28	0.37
72	3	0.28	0.35	0.44
96	4	0.33	0.39	0.48

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 27.** Resultados ensayo 2 de hinchamiento con 10% CCA

TIEMPO		MOLDE 1(56)	MOLDE 2(25)	MOLDE 3(12)
(Hs)	(Días)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)
0	0	0	0	0
24	1	0	0	0
48	2	0.01	0.01	0.02
72	3	0.02	0.02	0.02
96	4	0.02	0.02	0.03

**Fuente:** Elaboración propia

- **ENSAYO 3**

**Tabla 28.** Resultados ensayo 3 de hinchamiento con 0%

TIEMPO		MOLDE 1(56)	MOLDE 2(25)	MOLDE 3(12)
(Hs)	(Días)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)
0	0	0	0	0
24	1	2.10	2.15	2.21
48	2	2.19	2.47	2.67
72	3	2.41	2.63	2.76
96	4	2.45	2.72	2.85

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 29.** Resultados ensayo 3 de hinchamiento con 4% CCA

TIEMPO		MOLDE 1(56)	MOLDE 2(25)	MOLDE 3(12)
(Hs)	(Días)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)
0	0	0	0	0
24	1	0.55	0.77	1.36
48	2	0.59	0.99	1.47
72	3	0.66	1.09	1.58
96	4	0.83	1.18	1.66

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 30.** Resultados ensayo 3 de hinchamiento con 7% CCA

TIEMPO		MOLDE 1(56)	MOLDE 2(25)	MOLDE 3(12)
(Hs)	(Días)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)
0	0	0	0	0
24	1	0.24	0.31	0.35
48	2	0.28	0.37	0.42
72	3	0.35	0,44	0.53
96	4	0.42	0.50	0.57

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 31.** Resultados ensayo 3 de hinchamiento con 10% CCA

TIEMPO		MOLDE 1(56)	MOLDE 2(25)	MOLDE 3(12)
(Hs)	(Días)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)
0	0	0	0	0
24	1	0	0	0
48	2	0.01	0.02	0.02
72	3	0.01	0.02	0.02
96	4	0.02	0.02	0.03

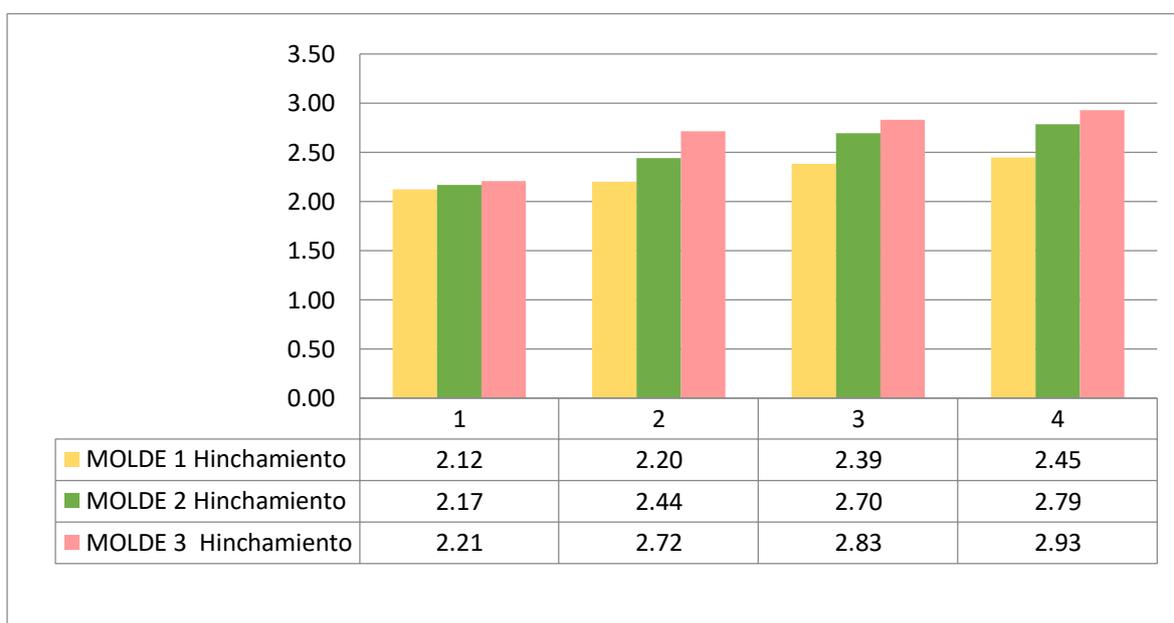
Fuente: Elaboración propia

- **PROMEDIO – HINCHAMIENTO**

**Tabla 32. Resultados promedio hinchamiento con 0% CCA**

TIEMPO		MOLDE 1(56)	MOLDE 2(25)	MOLDE 3(12)
(Hs)	(Días)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)
0	0	0	0	0
24	1	2.12	2.17	2.21
48	2	2.20	2.44	2.72
72	3	2.39	2.70	2.83
96	4	2.45	2.79	2.93

**Fuente:** Elaboración propia



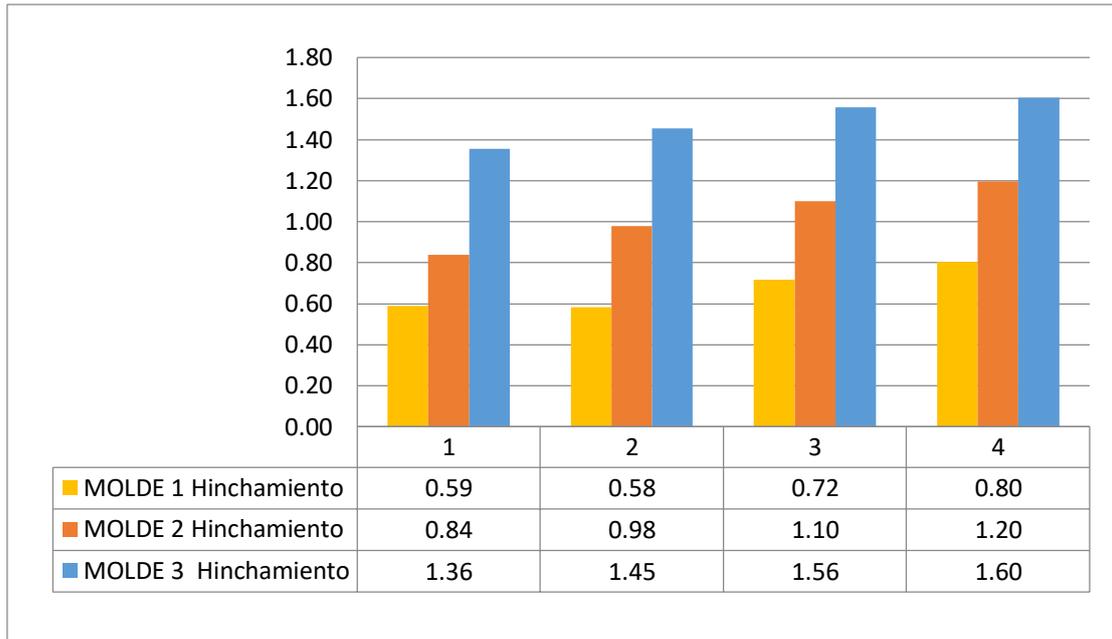
**Figura 31. Promedio de hinchamiento con 0% CCA**

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 33. Resultados promedio hinchamiento con 4% CCA**

TIEMPO		MOLDE 1(56)	MOLDE 2(25)	MOLDE 3(12)
(Hs)	(Días)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)
0	0	0	0	0
24	1	0.59	0.84	1.36
48	2	0.58	0.98	1.45
72	3	0.72	1.10	1.56
96	4	0.80	1.20	1.60

**Fuente:** Elaboración propia

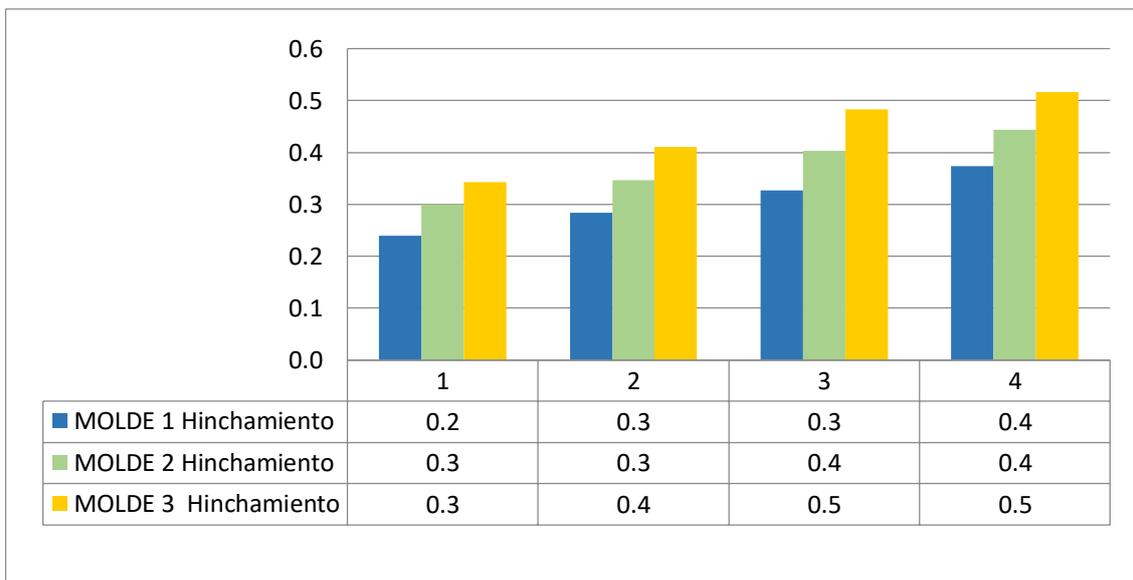


**Figura 32.** Promedio de hinchamiento con 4% CCA  
**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 34.** Resultados promedio hinchamiento con 7% CCA

TIEMPO		MOLDE 1(56)	MOLDE 2(25)	MOLDE 3(12)
(Hs)	(Días)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)
0	0	0	0	0
24	1	0.2	0.3	0.3
48	2	0.3	0.3	0.4
72	3	0.3	0.4	0.5
96	4	0.4	0.4	0.5

**Fuente:** Elaboración propia

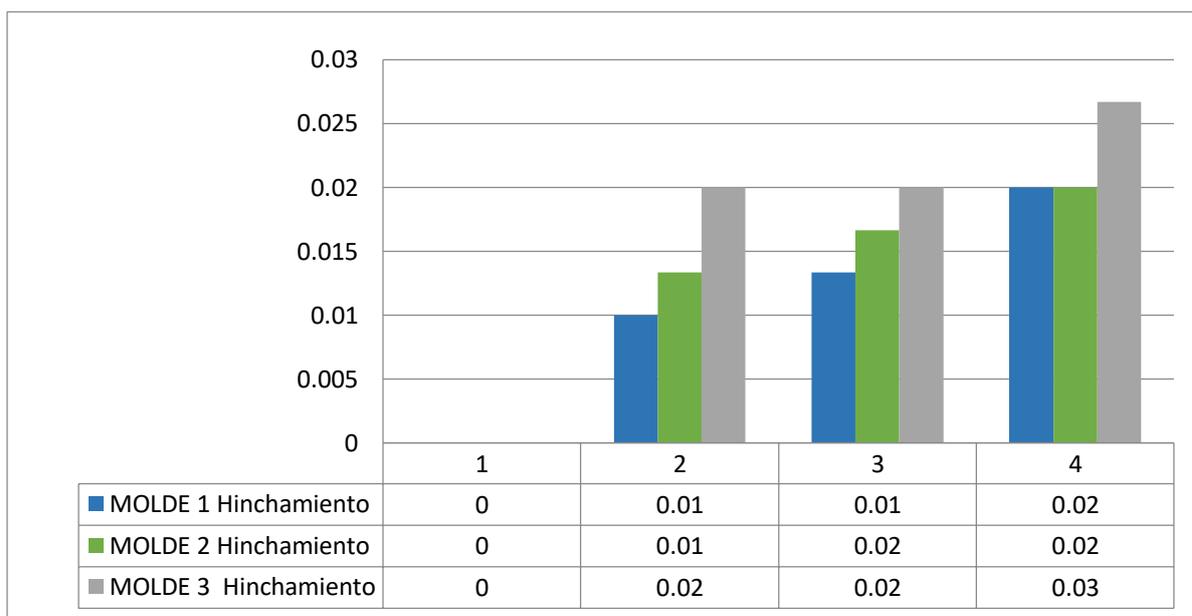


**Figura 33.** Promedio de hinchamiento con 7% CCA  
**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 35. Resultados promedio hinchamiento con 10% CCA**

TIEMPO		MOLDE 1(56)	MOLDE 2(25)	MOLDE 3(12)
(Hs)	(Días)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)	Hinchamiento (%)
0	0	0	0	0
24	1	0	0	0
48	2	0.01	0.01	0.02
72	3	0.01	0.02	0.02
96	4	0.02	0.02	0.03

Fuente: Elaboración propia

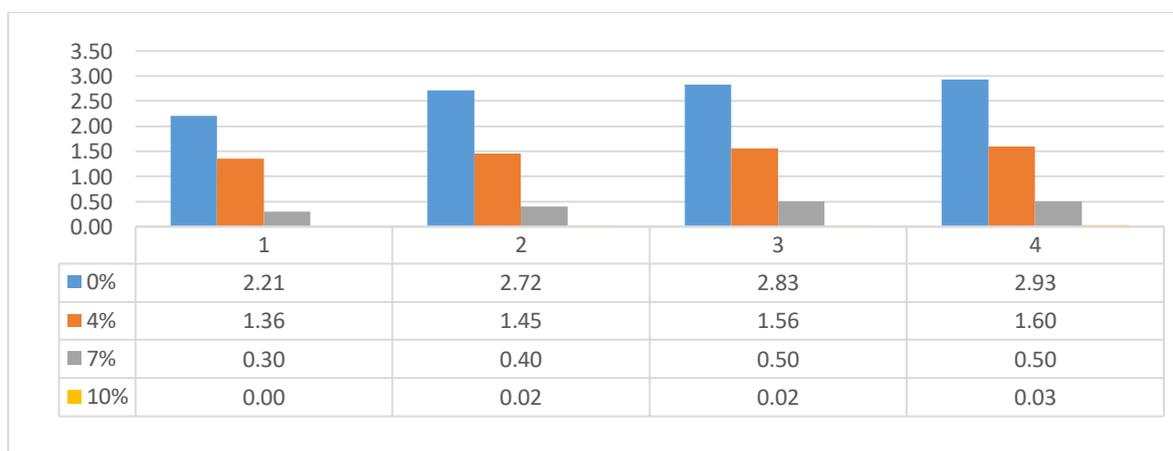


**Figura 34. Promedio de hinchamiento con 10% CCA**

Fuente: Elaboración propia

**Registro de expansión:**

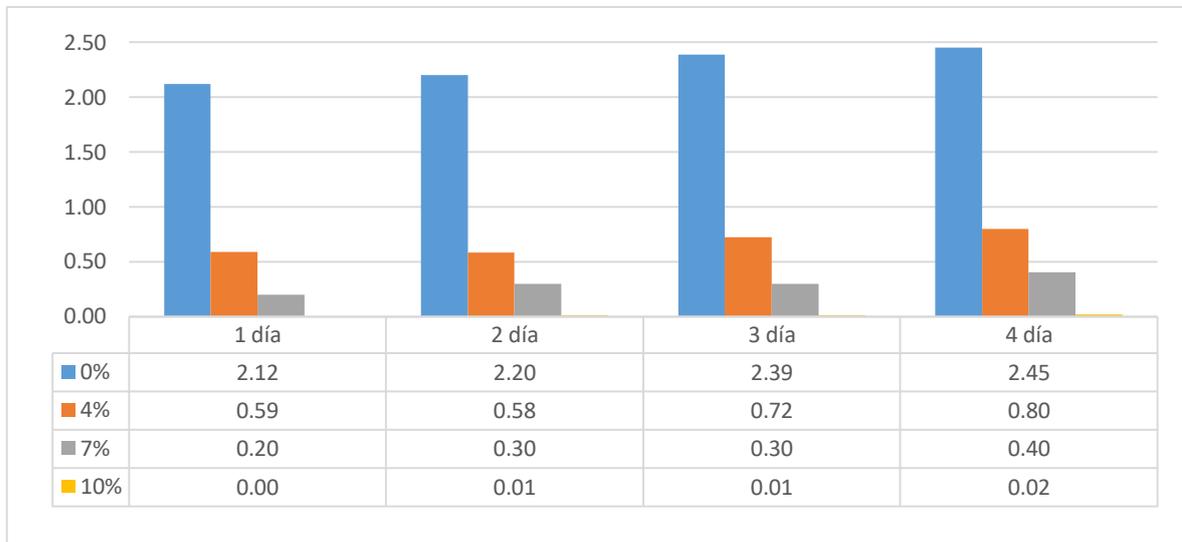
Los resultados de los registros de expansión se muestran en la figura 35, 36 y 37, la mayor expansión se registró con los moldes de 12 golpes llegando a 2.93% al final del sumergido para la muestra patrón. Las muestras que más disminuyen es de 7% CCA y 10% CCA estos reportan una reducción de 2.43% y 2.90% respectivamente.



**Figura 35. Expansión molde 3 (12 golpes)**

Fuente: Elaboración propia

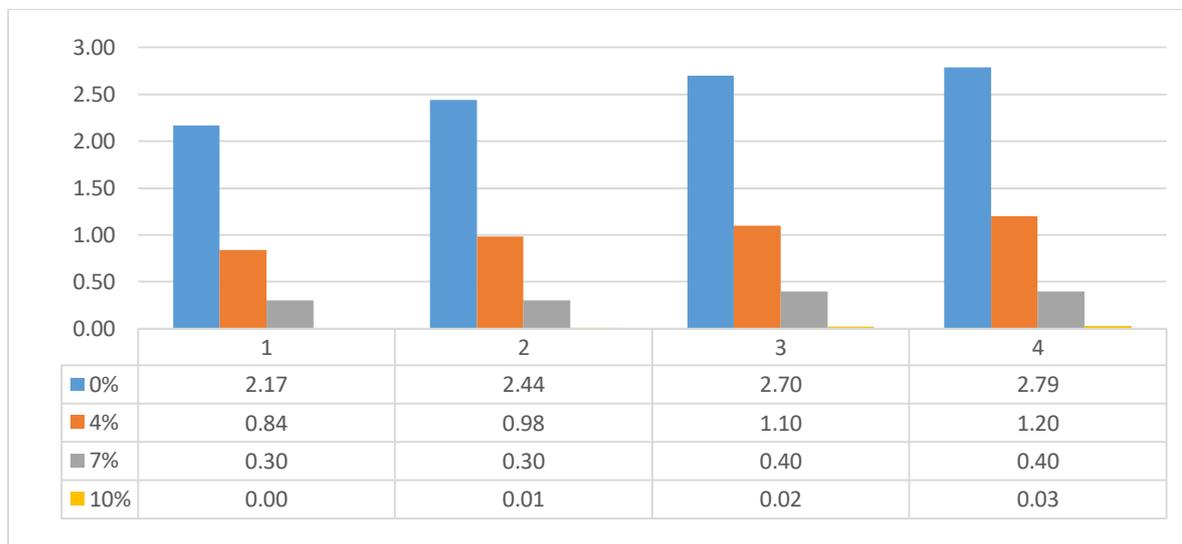
Para los moldes de 56 golpes con 0% CCA, la expansión llega a 2.45% al final del sumergido, las muestras con 7% CCA y 10% CCA reportan una reducción de 2.05% y 2.43% respectivamente, sin embargo con el incremento del 4% disminuye 1.65%.



**Figura 36.** Expansión molde 1 (56 golpes)

**Fuente:** Elaboración propia

Para los moldes de 25 golpes con 0% CCA, la expansión llega a 2.79% al final del sumergido, las muestras con 7% CCA y 10% CCA reportan una reducción de 2.39% y 2.76% respectivamente, sin embargo con el incremento del 4% disminuye 1.59%.



**Figura 37.** Expansión molde 2 (25 golpes)

**Fuente:** Elaboración propia

En conclusión, las muestras que mejor se comportan con la expansión son las de 7% y 10% pertenecientes a los moldes de 56 golpes y 25 golpes, a diferencia del análisis de la expansión por índice de plasticidad con 7% hay una reducción, pero con 10% hay un incremento de expansión.

➤ **CARGA-PENETRACIÓN**

- **ENSAYO 1**

**Tabla 36.** Resultados ensayo 1 de carga - penetración con 0% CCA

Penetración (mm)	MOLDE 1 (56)	MOLDE 2 (25)	MOLDE 3 (12)
	Carga (kg)	Carga (kg)	Carga (kg)
0.000	0	0	0
0.635	15.5	11.9	9.5
1.27	34.3	25.5	19.2
1.905	53.8	39.2	29.0
2.540	74.2	54.2	39.9
3.810	114.9	83.6	61.0
5.080	156.9	113.8	82.5
6.350	196.0	141.7	102.6
7.620	231.5	166.4	120.3
10.160	271.6	196.2	141.8

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 37.** Resultados ensayo 1 de carga - penetración con 4% CCA

Penetración (mm)	MOLDE 1 (56)	MOLDE 2 (25)	MOLDE 3 (12)
	Carga (kg)	Carga (kg)	Carga (kg)
0.000	0	0	0
0.635	20.2	17.3	12.1
1.27	58.1	48.4	33.1
1.905	114.9	85.8	61.0
2.540	181.7	131.7	95.5
3.810	331.2	239.3	172.6
5.080	486.6	351.2	252.9
6.350	633.1	456.6	328.7
7.620	766.7	552.8	397.6
10.160	907.2	654.0	470.2

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 38.** Resultados ensayo 1 de carga - penetración con 7% CCA

Penetración (mm)	MOLDE 1 (56)	MOLDE 2 (25)	MOLDE 3 (12)
	Carga (kg)	Carga (kg)	Carga (kg)
0.000	0	0	0
0.635	34.2	27.4	21.3
1.27	105.1	82.9	63.3
1.905	209.6	151.8	109.8
2.540	333.5	240.6	173.7
3.810	606.5	431.9	316.3
5.080	896.2	646.1	464.5
6.350	1167.4	841.2	607.4
7.620	1413.5	1018.4	733.4
10.160	1672.8	1205.0	865.5

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 39.** Resultados ensayo 1 de carga - penetración con 10% CCA

Penetración (mm)	MOLDE 1 (56)	MOLDE 2 (25)	MOLDE 3 (12)
	Carga (kg)	Carga (kg)	Carga (kg)
0.000	0	0	0
0.635	55.4	39.4	27.0
1.27	165.9	117.4	84.2
1.905	309.4	223.5	161.32
2.540	492.7	344.9	256.0
3.810	887.6	638.2	465.0
5.080	1325.8	950.2	686.5
6.350	1737.0	1250.3	894.3
7.620	2093.4	1514	1082.8
10.160	2476.8	1783.9	1261.0

**Fuente:** Elaboración propia

- **ENSAYO 2**

**Tabla 40.** Resultados ensayo 2 de carga - penetración con 0% CCA

Penetración (mm)	MOLDE 1 (56)	MOLDE 2 (25)	MOLDE 3 (12)
	Carga (kg)	Carga (kg)	Carga (kg)
0.000	0	0	0
0.635	14.6	11.5	9.2
1.27	31.9	23.9	18
1.905	49.9	36.9	27.4
2.540	68.8	50.4	37.1
3.810	106.3	77.4	56.5
5.080	145.0	105.3	76.5
6.350	181.2	131.3	95.2
7.620	214.0	155.0	112.1
10.160	250.9	181.6	131.2

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 41.** Resultados ensayo 2 de carga - penetración con 4% CCA

Penetración (mm)	MOLDE 1 (56)	MOLDE 2 (25)	MOLDE 3 (12)
	Carga (kg)	Carga (kg)	Carga (kg)
0.000	0	0	0
0.635	21.2	16.2	12.6
1.27	61.1	44.9	33.2
1.905	121.1	87.9	64.1
2.540	191.6	138.9	100.6
3.810	349.2	252.2	181.9
5.080	513.6	370.6	266.9
6.350	668.0	481.8	346.6
7.620	808.8	582.9	419.3
10.160	957.0	689.8	495.9

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 42.** Resultados ensayo 2 de carga - penetración con 7% CCA

Penetración (mm)	MOLDE 1 (56)	MOLDE 2 (25)	MOLDE 3 (12)
	Carga (kg)	Carga (kg)	Carga (kg)
0.000	0	0	0
0.635	33.2	24.8	18.7
1.27	101.1	73.5	53.7
1.905	202.6	146.8	106.2
2.540	322.3	232.9	168.0
3.810	586.4	423.0	304.5
5.080	866.3	624.6	449.1
6.350	1127.6	812.5	584.0
7.620	1364.6	983.2	706.5
10.160	1615.9	1164.0	836.2

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 43.** Resultados ensayo 2 de carga - penetración con 10% CCA

Penetración (mm)	MOLDE 1 (56)	MOLDE 2 (25)	MOLDE 3 (12)
	Carga (kg)	Carga (kg)	Carga (kg)
0.000	0	0	0
0.635	54.1	39.9	29.5
1.27	161.9	117.4	85.1
1.905	302.3	218.5	157.8
2.540	481.9	347.6	250.3
3.810	866.4	624.6	449.1
5.080	1294.9	933.0	670.4
6.350	1696.6	1222.1	877.9
7.620	2044.3	1472.6	1057.6
10.160	2419.3	1742.3	1251.1

**Fuente:** Elaboración propia

- **ENSAYO 3**

**Tabla 44.** Resultados ensayo 3 de carga - penetración con 0% CCA

Penetración (mm)	MOLDE 1 (56)	MOLDE 2 (25)	MOLDE 3 (12)
	Carga (kg)	Carga (kg)	Carga (kg)
0.000	0	0	0
0.635	15.1	11.9	9.4
1.27	33.1	24.7	18.6
1.905	51.9	38.3	28.4
2.540	71.5	52.3	38.5
3.810	110.6	80.5	58.7
5.080	150.9	109.5	79.5
6.350	188.6	136.6	99.0
7.620	222.7	161.2	116.6
10.160	261.3	189.0	136.5

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 45.** Resultados ensayo 3 de carga - penetración con 4% CCA

Penetración (mm)	MOLDE 1 (56)	MOLDE 2 (25)	MOLDE 3 (12)
	Carga (kg)	Carga (kg)	Carga (kg)
0.000	0	0	0
0.635	21.2	16.2	12.6
1.27	59.1	43.4	32.1
1.905	116.9	86.1	62.0
2.540	184.7	133.8	97.0
3.810	340.1	245.8	177.3
5.080	498.6	359.9	259.1
6.350	648.1	467.4	336.3
7.620	784.6	565.8	406.9
10.160	928.1	669.0	481.1

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 46.** Resultados ensayo 3 de carga - penetración con 7% CCA

Penetración (mm)	MOLDE 1 (56)	MOLDE 2 (25)	MOLDE 3 (12)
	Carga (kg)	Carga (kg)	Carga (kg)
0.000	0	0	0
0.635	33.2	24.8	18.7
1.27	104.1	75.7	55.3
1.905	206.6	149.7	108.3
2.540	328.3	237.2	171.1
3.810	596.3	430.1	309.5
5.080	882.6	636.0	457.3
6.350	1147.5	826.9	594.3
7.620	1388.6	1000.5	718.8
10.160	1645	1184.9	851.2

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 47.** Resultados ensayo 3 de carga - penetración con 10% CCA

Penetración (mm)	MOLDE 1 (56)	MOLDE 2 (25)	MOLDE 3 (12)
	Carga (kg)	Carga (kg)	Carga (kg)
0.000	0	0	0
0.635	55.3	40.6	30.1
1.27	164.7	119.5	86.7
1.905	307.3	222.1	160.2
2.540	490.6	354.1	255.0
3.810	882.6	636.0	457.3
5.080	1318.8	950.3	682.8
6.350	1727.5	1244.3	893.8
7.620	2081.2	1499.1	1076.6
10.160	2463.1	1773.8	1273.7

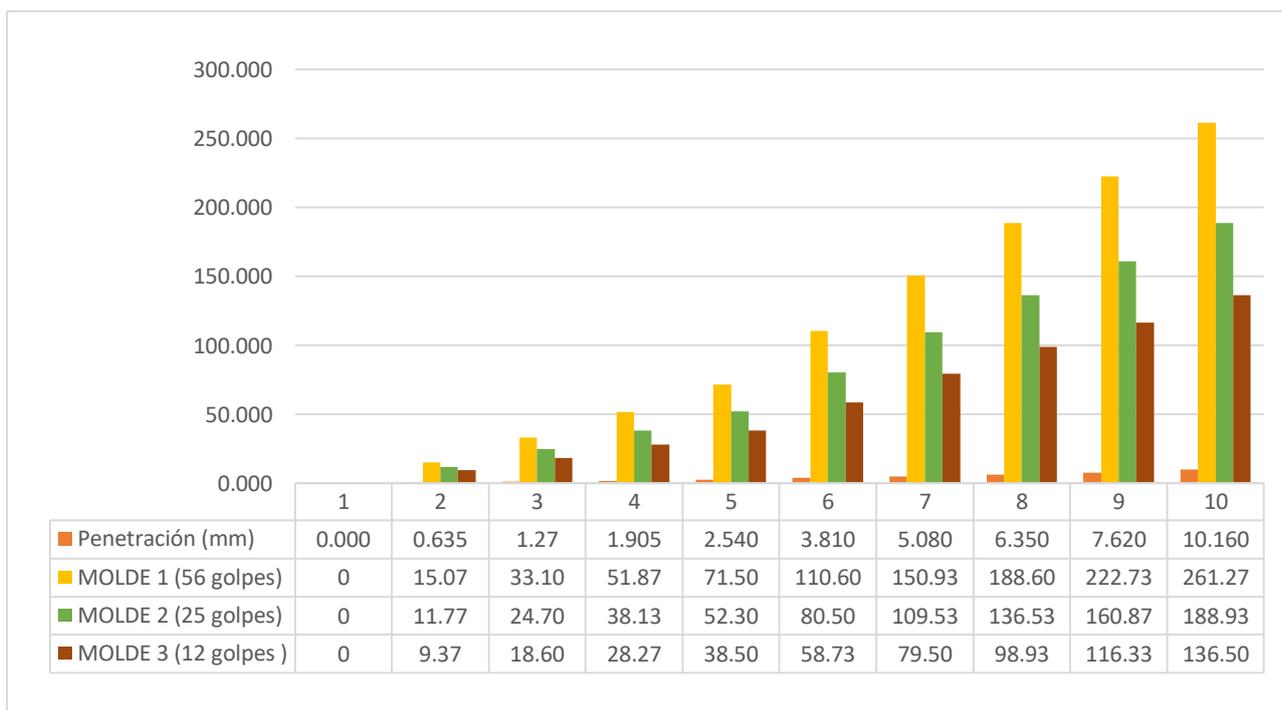
**Fuente:** Elaboración propia

- **PROMEDIO CARGA – PENETRACIÓN**

**Tabla 48.** Resultado promedio de carga - penetración con 0% CCA

Penetración (mm)	MOLDE 1 (56)	MOLDE 2 (25)	MOLDE 3 (12)
	Carga (kg)	Carga (kg)	Carga (kg)
0.000	0	0	0
0.635	15.07	11.77	9.37
1.27	33.10	24.70	18.60
1.905	51.87	38.13	28.27
2.540	71.50	52.30	38.50
3.810	110.60	80.50	58.73
5.080	150.93	109.53	79.50
6.350	188.60	136.53	98.93
7.620	222.73	160.87	116.33
10.160	261.27	188.93	136.50

Fuente: Elaboración propia



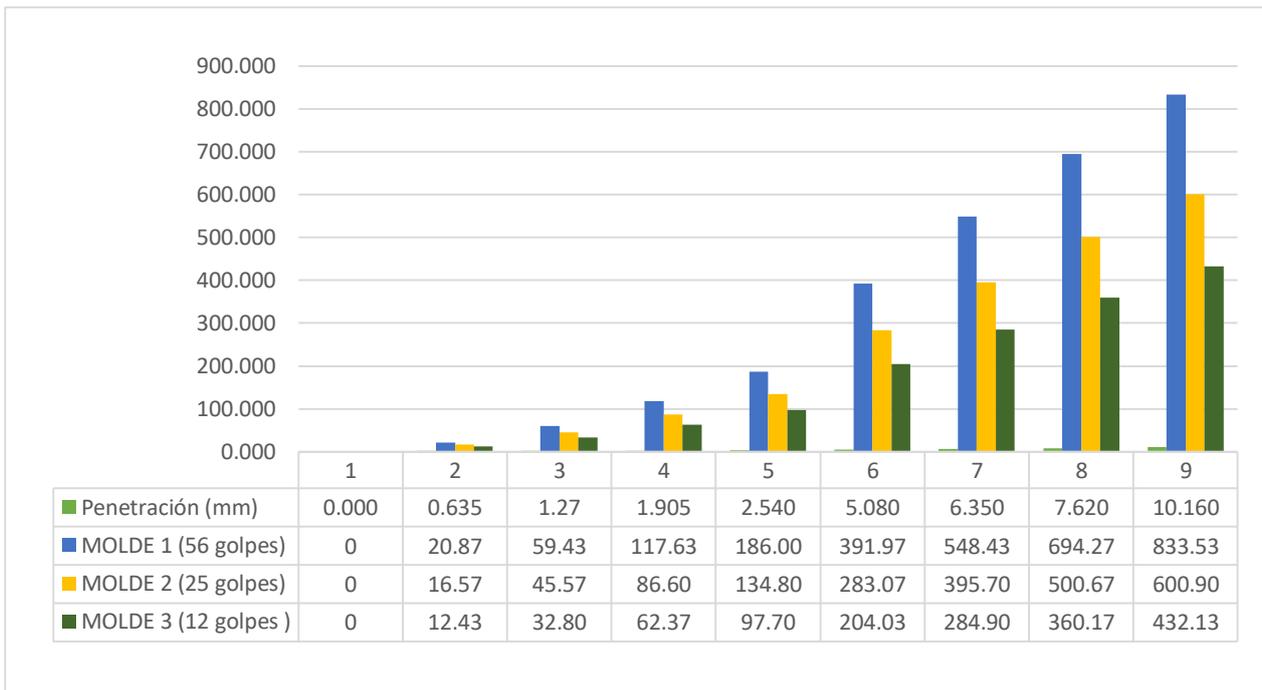
**Figura 38.** Promedio de carga - penetración con 0%

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 49.** Resultados promedio de carga - penetración con 4% CCA

Penetración (mm)	MOLDE 1 (56)	MOLDE 2 (25)	MOLDE 3 (12)
	Carga (kg)	Carga (kg)	Carga (kg)
0.000	0	0	0
0.635	20.87	16.57	12.43
1.27	59.43	45.57	32.80
1.905	117.63	86.60	62.37
2.540	186.00	134.80	97.70
3.810	391.97	283.07	204.03
5.080	548.43	395.70	284.90
6.350	694.27	500.67	360.17
7.620	833.53	600.90	432.13
10.160	20.87	16.57	12.43

Fuente: Elaboración propia



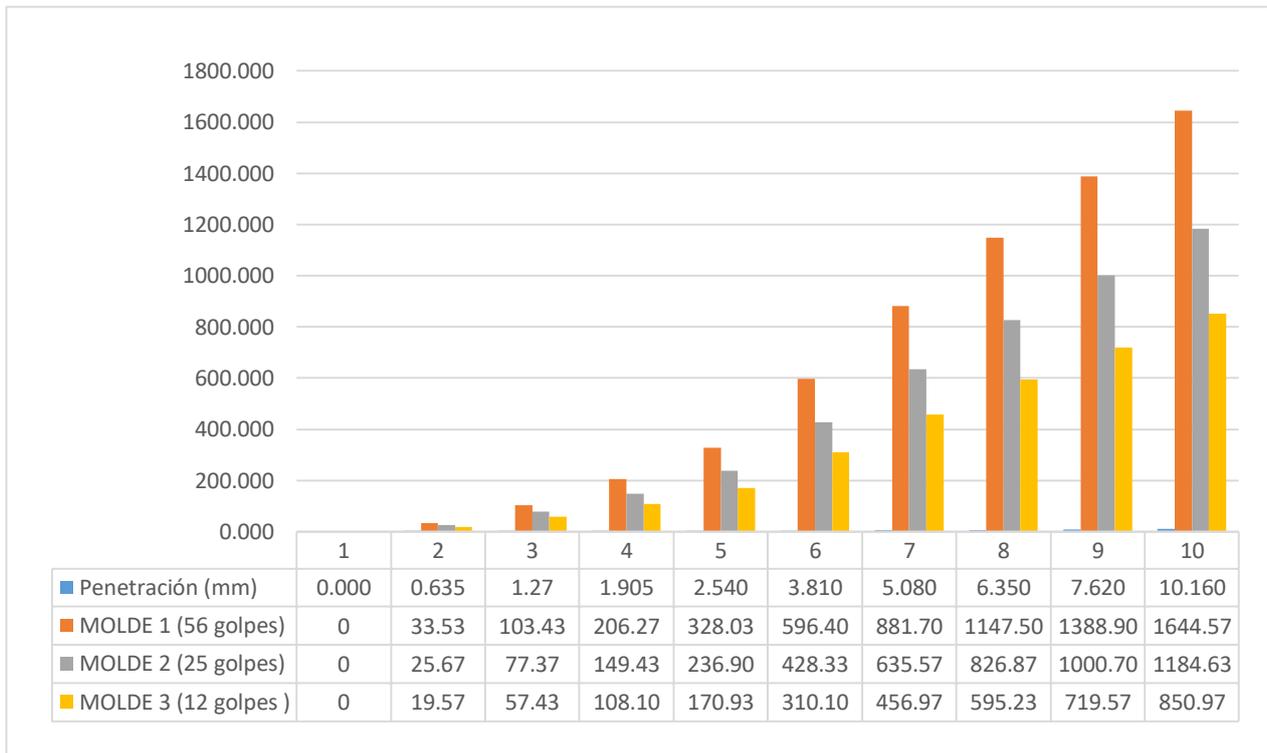
**Figura 39.** Promedio de carga - penetración con 4% CCA

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 50.** Resultados promedio de carga - penetración con 7% CCA

Penetración (mm)	MOLDE 1 (56)	MOLDE 2 (25)	MOLDE 3 (12)
	Carga (kg)	Carga (kg)	Carga (kg)
0.000	0	0	0
0.635	33.53	25.67	19.57
1.27	103.43	77.37	57.43
1.905	206.27	149.43	108.10
2.540	328.03	236.90	170.93
3.810	596.40	428.33	310.10
5.080	881.70	635.57	456.97
6.350	1147.50	826.87	595.23
7.620	1388.90	1000.70	719.57
10.160	1644.57	1184.63	850.97

Fuente: Elaboración propia



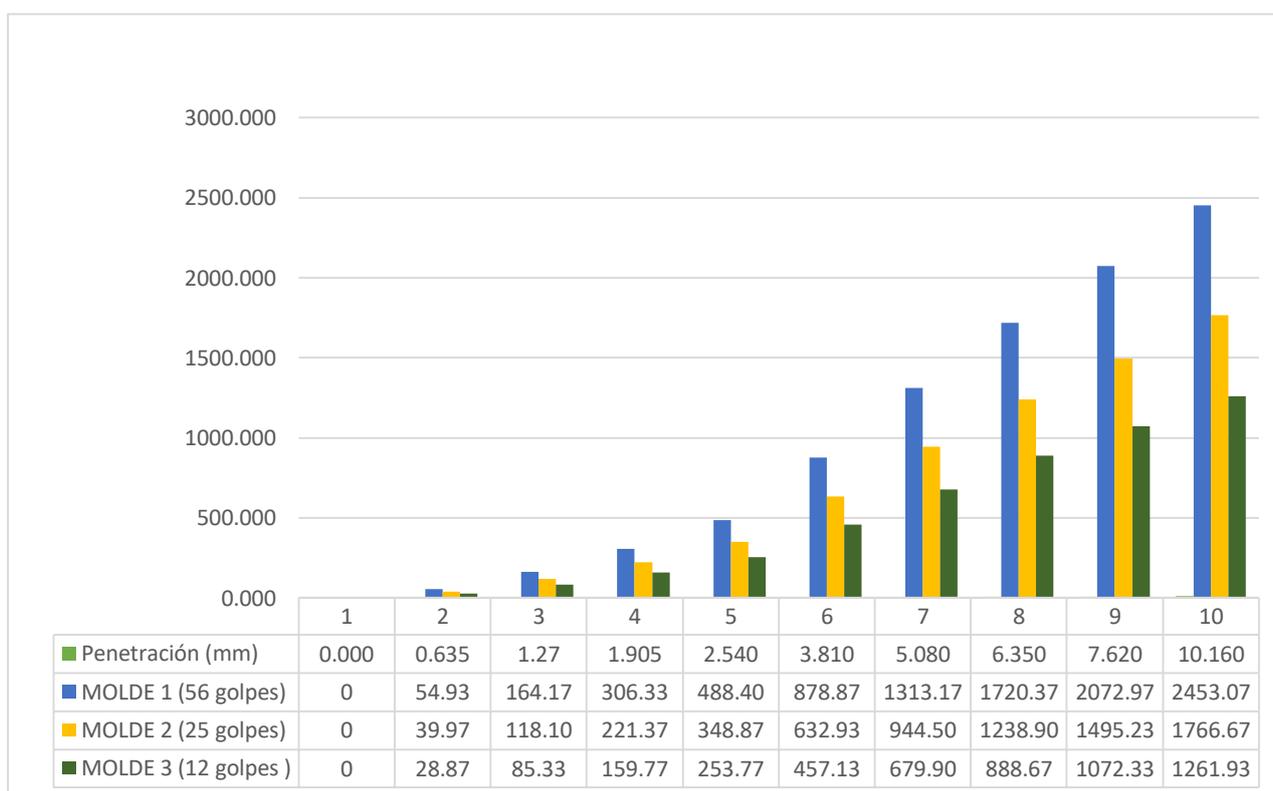
**Figura 40.** Promedio de carga - penetración con 7% CCA

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 51.** Resultados promedio de carga - penetración con 10%

Penetración (mm)	MOLDE 1 (56)	MOLDE 2 (25)	MOLDE 3 (12)
	Carga (kg)	Carga (kg)	Carga (kg)
0.000	0	0	0
0.635	54.93	39.97	28.87
1.27	164.17	118.10	85.33
1.905	306.33	221.37	159.77
2.540	488.40	348.87	253.77
3.810	878.87	632.93	457.13
5.080	1313.17	944.50	679.90
6.350	1720.37	1238.90	888.67
7.620	2072.97	1495.23	1072.33
10.160	2453.07	1766.67	1261.93

Fuente: Elaboración propia



**Figura 41.** Promedio de carga - penetración con 10% CCA

Fuente: Elaboración propia

➤ **RESULTADOS DE CBR A 0.1 Y 0.2 PULGADAS**

- **ENSAYO 1**

**Tabla 52.** *Resultados ensayo 1 CBR con 0% CCA*

	MOLDE 1 (56)		MOLDE 2 (25)		MOLDE3 (12)	
	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	5.2	7.4	3.8	5.3	2.8	3.9
MDS	1.863	1.863	1.770	1.770	1.674	1.674

Resultados CBR a 1"	
Valor CBR al 95% de la M.D.S.	3.8%

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 53.** *Resultados ensayo 1 CBR con 4% CCA*

	MOLDE 1 (56)		MOLDE 2 (25)		MOLDE3 (12)	
	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	12.7	22.6	9.3	16.4	6.7	11.8
MDS	1.781	1.781	1.691	1.691	1.601	1.601

Resultados CBR a 1"	
Valor CBR al 95% de la M.D.S.	9.3%

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 54.** *Resultados ensayo 1 CBR con 7% CCA*

	MOLDE 1 (56)		MOLDE 2 (25)		MOLDE3 (12)	
	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	23.2	41.7	16.7	30.0	12.2	21.7
MDS	1.757	1.757	1.669	1.669	1.580	1.580

Resultados CBR a 1"	
Valor CBR al 95% de la M.D.S.	16.7%

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 55. Resultados ensayo 1 CBR con 10% CCA**

	MOLDE 1 (56)		MOLDE 2 (25)		MOLDE3 (12)	
	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	34.2	61.7	24.3	44.4	17.8	31.9
MDS	1.588	1.588	1.509	1.509	1.427	1.427

Resultados CBR a 1"	
Valor CBR al 95% de la M.D.S.	24.3%

Fuente: Elaboración propia

## ENSAYO 2

**Tabla 56. Resultados ensayo 2 CBR con 0% CCA**

	MOLDE 1 (56)		MOLDE 2 (25)		MOLDE3 (12)	
	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	4.8	6.8	3.5	5.0	2.6	3.6
MDS	1.873	1.873	1.779	1.779	1.736	1.736

Resultados CBR a 1"	
Valor CBR al 95% de la M.D.S.	3.5%

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 57. Resultados ensayo 2 CBR con 4% CCA**

	MOLDE 1 (56)		MOLDE 2 (25)		MOLDE3 (12)	
	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	13.4	23.9	9.7	17.2	7.0	12.4
MDS	1.786	1.786	1.697	1.697	1.685	1.685

Resultados CBR a 1"	
Valor CBR al 95% de la M.D.S.	9.7%

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 58. Resultados ensayo 2 CBR con 7% CCA**

	MOLDE 1 (56)		MOLDE 2 (25)		MOLDE3 (12)	
	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	22.4	40.3	16.2	29.0	11.7	20.9
MDS	1.765	1.765	1.676	1.676	1.555	1.555

Resultados CBR a 1"	
Valor CBR al 95% de la M.D.S.	16.2%

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 59. Resultados ensayo 2 CBR con 10% CCA**

	MOLDE 1 (56)		MOLDE 2 (25)		MOLDE3 (12)	
	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	33.5	60.2	24.1	43.4	17.4	31.2
MDS	1.591	1.591	1.511	1.511	1.443	1.443

Resultados CBR a 1"	
Valor CBR al 95% de la M.D.S.	24.1%

**Fuente:** Elaboración propia

### ENSAYO 3

**Tabla 60. Resultados ensayo 3 CBR con 0% CCA**

	MOLDE 1 (56)		MOLDE 2 (25)		MOLDE3 (12)	
	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	5.0	7.1	3.7	5.2	2.7	3.7
MDS	1.863	1.863	1.769	1.769	1.742	1.742

Resultados CBR a 1"	
Valor CBR al 95% de la M.D.S.	3.7%

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 61. Resultados ensayo 3 CBR con 4% CCA**

	MOLDE 1 (56)		MOLDE 2 (25)		MOLDE3 (12)	
	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	13.0	23.2	9.4	16.7	6.8	12.1
MDS	1.781	1.781	1.692	1.692	1.626	1.626

Resultados CBR a 1"	
Valor CBR al 95% de la M.D.S.	9.4%

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 62. Resultados ensayo 3 CBR con 7% CCA**

	MOLDE 1 (56)		MOLDE 2 (25)		MOLDE3 (12)	
	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	22.8	41.0	16.5	29.5	11.9	21.2
MDS	1.770	1.770	1.682	1.682	1.601	1.601

Resultados CBR a 1"	
Valor CBR al 95% de la M.D.S.	16.5%

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 63. Resultados ensayo 3 CBR con 10% CCA**

	MOLDE 1 (56)		MOLDE 2 (25)		MOLDE3 (12)	
	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	34.1	61.3	24.6	44.2	17.7	31.8
MDS	1.586	1.586	1.506	1.506	1.428	1.428

Resultados CBR a 1"	
Valor CBR al 95% de la M.D.S.	24.6%

**Fuente:** Elaboración propia

**PROMEDIO CBR A 0.1 Y 0.2 PULGADAS**

**Tabla 64.** Resultados promedio CBR a 0.1 y 0.2 pulgadas con 0%

	MOLDE 1 (56)		MOLDE 2 (25)		MOLDE3 (12)	
	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	5.2	7.6	3.9	6.0	2.6	4.1
MDS	1.866	1.866	1.773	1.773	1.717	1.717

Resultados CBR a 1"	
Valor CBR al 95% de la M.D.S.	3.7%

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 65.** Resultados promedio CBR a 0.1 y 0.2 pulgadas con 4%

	MOLDE 1 (56)		MOLDE 2 (25)		MOLDE3 (12)	
	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	12.5	22.5	9.7	16.4	6.5	12.0
MDS	1.783	1.783	1.693	1.693	1.637	1.637

Resultados CBR a 1"	
Valor CBR al 95% de la M.D.S.	9.5%

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 66.** Resultados promedio CBR a 0.1 y 0.2 pulgadas con 7%

	MOLDE 1 (56)		MOLDE 2 (25)		MOLDE3 (12)	
	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	23.4	41.8	16.5	29.9	12.4	21.7
MDS	1.764	1.764	1.676	1.676	1.579	1.579

Resultados CBR a 1"	
Valor CBR al 95% de la M.D.S.	16.5%

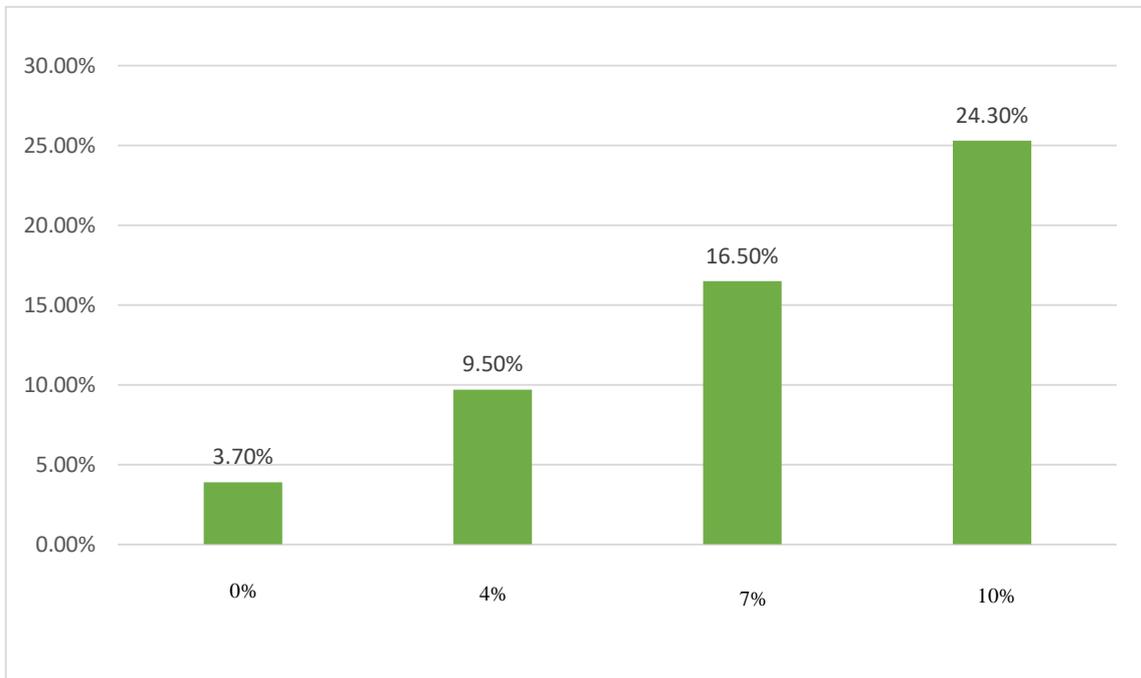
**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 67.** Resultados promedio CBR a 0.1 y 0.2 pulgadas con 10%

	MOLDE 1 (56)		MOLDE 2 (25)		MOLDE3 (12)	
	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	34.3	61.4	25.3	44.5	18.1	31.8
MDS	1.588	1.588	1.509	1.509	1.433	1.433

Resultados CBR a 1"	
Valor CBR al 95% de la M.D.S.	24.3%

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 42.** Resultado promedio CBR a 1"

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Para realizar el contraste entre variables se utilizó el estadístico Chi Cuadrado, cuyo cálculo permitió afirmar con un nivel de confianza en este caso del 95% si los niveles de una variable influyen en los niveles de la otra variable analizada. Al interpretar el contraste entre variables con el programa estadístico SPSS, se tomó en cuenta el nivel de significancia para aceptar o negar las siguientes hipótesis planteadas.

#### 3.2.1. Influencia de la incorporación de los porcentajes de 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz en el potencial de expansión en el suelo limo arcilloso

**HA:** La incorporación de los porcentajes de 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz influye en el potencial de expansión en el suelo limo arcilloso de la Av.Aija, Huarmey – 2018.

**HO:** La incorporación de los porcentajes de 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz no influye en el potencial de expansión en el suelo limo arcilloso de la Av.Aija, Huarmey – 2018.

#### Resumen de procesamiento de casos

**Tabla 68.** Resumen procesamiento - objetivo específico 1

	Válido		Perdido		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
potencial de expansion *	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
porcentajes de ceniza						

Fuente: Programa SPSS

#### Tabla cruzada potencial de expansión \*porcentajes de ceniza

**Tabla 69.** Tabla cruzada - objetivo específico 1

		porcentajes de ceniza				Total	
		0%	4%	7%	10%		
potencial de expansión	0-0.95	Recuento	0	0	3	3	6
		% dentro de porcentajes de ceniza	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%	50,0%
	0.96-1.90	Recuento	0	3	0	0	3
		% dentro de porcentajes de ceniza	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	25,0%
	1.91-2.80	Recuento	3	0	0	0	3
		% dentro de porcentajes de ceniza	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	25,0%
Total	Recuento	3	3	3	3	12	
	% dentro de porcentajes de ceniza	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	

Fuente: Programa SPSS

## Pruebas de Chi-cuadrado

**Tabla 70.** Chi cuadrado - objetivo específico 1

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	24,000 <sup>a</sup>	6	,001
Razón de verosimilitud	24,953	6	,000
Asociación lineal por lineal	9,800	1	,002
N de casos válidos	12		

a. 12 casillas (100,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,75.

**Fuente:** Programa SPSS

De la tabla en referencia se observa que el valor de chi-cuadrado es 24.000 y la significación asintótica es 0.001; al ser esta menor a 0.05 decidimos rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, en consecuencia, con un 95% de confianza podemos afirmar que la incorporación de los porcentajes de 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz influye en el potencial de expansión en el suelo limo arcilloso de la Av.Aija, Huarmey – 2018.

### 3.2.2. Influencia de la incorporación de los porcentajes de 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz en la capacidad portante en el suelo limo arcilloso de la Av.Aija, Huarmey, Ancash – 2018.

**HA:** La incorporación de los porcentajes de 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz influye en la capacidad portante en el suelo limo arcilloso de la Av.Aija, Huarmey, Ancash – 2018.

**HO:** La incorporación de los porcentajes de 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz no influye en la capacidad portante en el suelo limo arcilloso de la Av.Aija, Huarmey, Ancash – 2018

## Resumen de procesamiento de casos

**Tabla 71.** Resumen procesamiento - objetivo específico 2

	Válido		Perdido		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
capacidad portante * porcentajes de ceniza	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%

**Fuente:** Programa SPSS

### Tabla cruzada capacidad portante\*porcentajes de ceniza

**Tabla 72.** Tabla cruzada - objetivo específico 2  
porcentajes de ceniza

		porcentajes de ceniza				Total	
		0%	4%	7%	10%		
capacidad portante	0-8.20	Recuento	3	0	0	0	3
		% dentro de porcentajes de ceniza	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	25,0%
	8.21-16.45	Recuento	0	3	1	0	4
		% dentro de porcentajes de ceniza	0,0%	100,0%	33,3%	0,0%	33,3%
	16.46-24.60	Recuento	0	0	2	3	5
		% dentro de porcentajes de ceniza	0,0%	0,0%	66,7%	100,0%	41,7%
Total		Recuento	3	3	3	3	12
		% dentro de porcentajes de ceniza	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Fuente: Programa SPSS

### Pruebas de chi-cuadrado

**Tabla 73.** Chi cuadrado - objetivo específico 2

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	20,400 <sup>a</sup>	6	,002
Razón de verosimilitud	22,042	6	,001
Asociación lineal por lineal	9,565	1	,002
N de casos válidos	12		

a. 12 casillas (100,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,75.

Fuente: Programa SPSS

De la tabla en referencia se observa que el valor de chi-cuadrado es 20.400 y la significación asintótica es 0.002; al ser esta menor a 0.05 decidimos rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, en consecuencia, con un 95% de confianza podemos afirmar que la incorporación de los porcentajes de 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz influye en la capacidad portante en el suelo limo arcilloso de la Av. Aija, Huarmey, Ancash – 2018.

**3.2.3. Influencia de los porcentajes de 4%,7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz en el índice de plasticidad en el suelo limo arcilloso de la Av. Aija, Huarmey, Ancash – 2018.**

**HA:** La incorporación de los porcentajes de 4%,7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz influye en el índice de plasticidad en el suelo limo arcilloso de la Av. Aija, Huarmey, Ancash - 2018

**HO:** La incorporación de los porcentajes de 4%,7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz no influye en el índice de plasticidad en el suelo limo arcilloso de la Av. Aija, Huarmey, Ancash – 2018

**Resumen de procesamiento de casos**

**Tabla 74. Resumen procesamiento - objetivo específico 3**  
Casos

	Válido		Perdido		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
índice de plasticidad *	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
porcentajes de ceniza						

Fuente: Programa SPSS

**Tabla cruzada índice de plasticidad \*porcentajes de ceniza**

**Tabla 75. Tabla cruzada - objetivo específico 3**  
porcentajes de ceniza

		0%	4%	7%	10%	Total	
índice de plasticidad	0	Recuento	2	0	0	0	2
		% dentro de porcentajes de ceniza	66,7%	0,0%	0,0%	0,0%	16,7%
4-5	Recuento	1	0	2	1	4	
	% dentro de porcentajes de ceniza	33,3%	0,0%	66,7%	33,3%	33,3%	
6-7	Recuento	0	3	1	0	4	
	% dentro de porcentajes de ceniza	0,0%	100,0%	33,3%	0,0%	33,3%	
8-9	Recuento	0	0	0	2	2	
	% dentro de porcentajes de ceniza	0,0%	0,0%	0,0%	66,7%	16,7%	
Total	Recuento	3	3	3	3	12	
	% dentro de porcentajes de ceniza	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	

Fuente: Programa SPSS

## Pruebas de chi-cuadrado

**Tabla 76.** Chi cuadrado - objetivo específico 3

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	20,000 <sup>a</sup>	9	,018
Razón de verosimilitud	20,455	9	,015
Asociación lineal por lineal	4,267	1	,039
N de casos válidos	12		

a. 16 casillas (100,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,50.

**Fuente:** Programa SPSS

De la tabla en referencia se observa que el valor de chi-cuadrado es 20.000 y la significación asintótica es 0.018; al ser esta menor a 0.05 decidimos rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, en consecuencia, con un 95% de confianza podemos afirmar que la incorporación de los porcentajes de 4%,7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz influye en el índice de plasticidad en el suelo limo arcilloso de la Av. Aija, Huarmey, Ancash - 2018

## IV. DISCUSIÓN

### - **POTENCIAL DE EXPANSIÓN**

Según el proyecto que se realizó se tuvo como resultado que la ceniza de cascarilla de arroz influye en el potencial de expansión ya que para los porcentajes de 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz hay una reducción, sin embargo con los que mejor comportamiento se tiene en los 3 moldes, es con 7% y 10% con 2.43% y 2.90% respectivamente, sin embargo en el proyecto realizado por Llamoga (2017, pag99) se obtuvo que mejor se comportan en la reducción del potencial de expansión es con 4% y 7% con 16.84% y 21.12% respectivamente,

Los proyectos realizados son similares ya que en los dos se aplicaron los mismos porcentajes de ceniza de cascarilla de arroz pero en el primero se demostró que hay una reducción de expansión con 7% y 10% y en el segundo hay una reducción con 4% y 7%.

### - **CAPACIDAD PORTANTE**

Según el proyecto que se realizó se tuvo como resultado que la ceniza de cascarilla de arroz influye en la capacidad portante, los valores máximos de cbr se lograron con contenidos de 7% y 10%, el cbr incrementó de 3.70% a 16.50% con 7% y del tal forma para 10% aumentó de 3.90% a 24.30%, sin embargo en el proyecto realizado por Pérez, (2012, pag85) en su proyecto de investigación la muestra que mejor se comporta es con 7% de ceniza llegando a incrementarse 4.95%.

Los proyectos realizados son similares ya que en los dos se aplicó el mismo porcentaje que es 7% de ceniza de cascarilla de arroz pero se obtuvo diferentes resultados, en el primero se obtuvo que aumenta de 12.8% y en el segundo hay un incremento de 4.95%.

### - **INDICE DE PLASTICIDAD**

Según el proyecto que se realizó se tuvo como resultado que la ceniza de cascarilla de arroz influye en el índice de plasticidad ya que al incorporar 7% de ceniza de cascarilla se tiene el mismo índice que el suelo natural (0%), pero con 4% y 10% hay un incremento de índice de plasticidad, sin embargo en el proyecto realizado por Llamoga (2017, pag96) en su proyecto de investigación con 4% y 7% hay una reducción de índice de plasticidad y con 10% ocurre todo lo contrario este comportamiento podría ser que la ceniza al reaccionar con el suelo produce una disminución de los límites de consistencia.

Los proyectos realizados son similares ya que en los dos se aplicaron los mismos porcentajes de ceniza de cascarilla de arroz pero en el primero se demostró que hay un incremento de plasticidad con 4% y 10% y en el segundo hay un incremento con 10%.

## V. CONCLUSIONES

1. Del siguiente proyecto de investigación se ha evaluado que la ceniza de cascarilla de arroz si influye en el potencial de expansión y capacidad portante ya que se puede mostrar los diferentes comportamientos con los porcentajes de 4%, 7% y 10%, la hipótesis que se planteó es verdadera, en la figura 35, 36 y 37 se muestra que disminuye el potencial de expansión con 7% y 10% de CCA y en la figura 42 se muestra que con 10% de CCA aumenta la capacidad portante en un 20.60%.
2. Se ha demostrado que la ceniza de cascarilla de arroz influye en el potencial de expansión ya que para los porcentajes de 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz hay una reducción, en la figura 35, 36 y 37 se puede mostrar los tres moldes, en la figura 35 con los que mejor comportamiento se tiene es con 7% y 10% de CCA, con una reducción de 2.43% y 2.90% respectivamente.
3. Se ha demostrado que la ceniza de cascarilla de arroz influye en la capacidad portante, los valores máximos de CBR se lograron con contenidos de 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz en la figura 42 se muestra que el CBR incrementó de 3.70% a 16.50% con 7% y del tal forma para 10% aumentó de 3.90% a 24.30%
4. Se ha demostrado que la ceniza de cascarilla de arroz influye en el índice de plasticidad en la figura 24 se puede mostrar que al incorporar 7% de ceniza de cascarilla se tiene el mismo índice que el suelo natural (0%), pero con 4% y 10% hay un incremento de índice de plasticidad.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- . Se recomienda utilizar otros porcentajes de ceniza de cascarilla de arroz para ver que comportamiento se tiene y también ver el comportamiento con otro tipo de suelo, ya que se puede encontrar porcentajes mayores que nos pueden dar mejores resultados que se obtuvo en este proyecto de investigación.
- . Se recomienda hacer como mínimo tres ensayos para el potencial de expansión para así poder sacar un promedio y ser más exactos con los resultados.
- . Se recomienda hacer como mínimo tres ensayos para la capacidad portante para así poder sacar un promedio y ser más exactos con los resultados.
- . Se recomienda ser coherentes con los porcentajes que se van a incorporar, se tiene varios antecedentes para poder tenerlos en cuenta, ya que va a influir bastante para el índice de plasticidad, también se recomienda continuar con la investigación de este tema, haciendo otras pruebas de laboratorio para verificar los resultados.

# VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLAUCA, L., AMEN, H y LUNG, J. *Uso de sílice en hormigones de alto desempeño*. Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2009, pp. 33-34.
- ARCOS, C., MACÍAZ, D y RODRIGUEZ, J. La cascarilla de arroz como fuente de SiO<sub>2</sub>. En: *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*. 2007, no. 41, pp 7-20. ISSN: 0120-6230
- ABARZA, F. *Investigación Aplicada*, 2007, p106
- ARIAS, J. Validez y confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos. En: *Enciclopedia virtual*, 1999, p53
- ANDER, E. Validez y Confiabilidad. En: *Tesis de investigación*, 2002
- BELTRAN, K Y CCAMA, F. *Análisis comparativo de concretos adicionados con puzolanas artificiales de ceniza de cascarilla de arroz, fly ash y puzolana natural*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2017.
- BASTIDAS, P Y ORTIZ, G. *Comportamiento de la ceniza de la cascarilla de arroz en las propiedades físico-mecánicas en mezclas de hormigón estándar*. Quito: Universidad Central del Ecuador, 2016.
- BENITES, C y otros. *Las Puzolanas y su aplicación en la ingeniería civil*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2005.
- BECERRA, C. Campaña agrícola 2017-2018 incorporará casi 200.000 nuevas hectáreas. En: *Agencia Peruana de Noticias*. 2017.
- CAMPS, V. *Concepciones de la ética*. Ed. San Trotta. Madrid. 2011, p27
- CARRASCO, D. Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación. En: *Metodología de investigación científica*. Ed. San Marcos, Lima, 2009, p226
- FERRARI, R. *Mapa de Peligros y Plan de Usos del Suelo de la ciudad de Huarmey*. Lima: Instituto Nacional de Desarrollo Urbano, 2000.
- GRAU, A., CORREA, V y ROJAS, B. *Metodología de la investigación*, 1999
- GREVISSE, M. Suelos arcillosos. Características y cuidados. En: *Tendencias*. 2016
- HUAROC, A. *Influencia del Porcentaje de micro sílice a partir de la ceniza de*

*cascarilla de arroz sobre la resistencia a la compresión, asentamiento, absorción y peso unitario de un concreto mejorado*. Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2017.

HERNANDEZ, R., FERNANDEZ, C. *Metodología de la Investigación*. 5ta edición. México: Ed. Mac Graw Hill, 2010, p126

HERNANDEZ, R. FERNANDEZ, C y BAPTISTA, L. *Metodología de la investigación*. 4to edición. México: Ed. Mac Graw Hill, 2006, p13

HURTADO, I y TORO, J. *Paradigmas y métodos de investigación en tiempos de cambio*. Venezuela, 2007. p80

JUÁREZ, B. *La utilización de cascara de arroz bajo el proceso de calcinación controlada como puzolana artificial en el diseño de morteros para acabados*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012.

KERLINGER, F. *Investigación del comportamiento*. 3ra edición. México: Ed. Mc Graw Hill, 1996, p35

LLAMOGA, L. *Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante de suelos arcillosos usados en subrasantes al adicionar ceniza de cascarilla de arroz, Cajamarca 2016*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2017, pp. 24-27.

LEON, O., MONTERO, I. *Métodos de investigación en psicología y educación*. Caracas: Ed. Mac Graw Hill, 2003, p13

LOAYZA, P. *Efecto de la ceniza de cáscara de arroz sobre la resistencia a la compresión del concreto normal*, Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2014

Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos. En: *Ministerio de Transportes y Comunicaciones*, 2013

Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito. En: *Ministerio de Transportes y Comunicaciones*, 2005

METTHA, P. *Properties of blended cements made from rice husk ash*. Tomo 9. vol. 74, 1977, pp 440-442.

Metodología de la investigación, [consulta: 15 mayo 2018]. Disponible en:

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lni/sanchez\\_m\\_im/capitulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lni/sanchez_m_im/capitulo3.pdf)

MOLINA, J. *Adición de ceniza de cascarilla de arroz en hormigón compactado con rodillo* Guayaquil: Universidad de Guayaquil, 2013

MONTERO, D. *Uso de la ceniza de cascarilla de arroz como reemplazo parcial del cemento en la fabricación de hormigones convencionales en el Ecuador*. Quito: Universidad San Francisco de Quito, 2017.

MORALES, Z.D. *Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante la activación alcalina u su uso en vías no pavimentadas*. Colombia: Universidad de Medellín Colombia, 2015.

PIN, S. Estado de los Recursos de Suelos del Mundo. En: *Sustentar Tecnología y Ambiente*. 2018, no. 1, pp. 1-3

PERALTA, M. *Análisis de un bloque aligerado con cascarilla de arroz triturada para mampostería reforzada*. Samborondón: Universidad de Especialidades Espíritu Santo, 2016.

PUMA, R Y PINEDA, T. *Evaluación de la ceniza de cascarilla de arroz, en la fabricación de cemento portland puzolánica tipo IP*, Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 2014.

RODRIGUEZ, P. Técnicas e instrumentos de investigación. En: *Enciclopedia virtual*, 2008

RODRIGUEZ, D. Suelo Limoso: Características, Localización y Usos. En: *Lifeder*. 2017

ROJAS, R. Intenciones de siembra campaña 2017-2018 con 184.000 hectáreas adicionales. En: *Agro Negocios Perú*, 2017.

SANDOVAL, L. *Efecto de la Utilización de la Cascarilla de arroz y Almidón como Ligante en la Resistencia de Paneles Aglomerados de Uso en la Construcción*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2015.

SUÁREZ, A Y URGILES, M. *Caracterización de la ceniza volcánica del Tungurahua para la fabricación de un aglomerante Cal-Puzolana*. Ecuador: Universidad de Cuenca, 2010.

Suelo limoso, 2015 [consulta: 12 Mayo 2018]. Disponible en: <https://www.botanicalonline.com/suelo-limoso.htm>

Taller básico de mecánica de suelos. Laboratorio de mecánica de suelos – Facultad de Ingeniería Civil. En: *Universidad Nacional de Ingeniería (LMS-FIC-UNI)*, 2006

- TAMAYO, M. Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación. En: *Metodología de investigación científica*. Ed. San Marcos, Lima, 2012
- TAMAYO y TAMAYO, M. *El proceso de la investigación científica*. Ed. Limusa S.A, México, 1997
- TOBAR, E y QUIJIJE, K. *Estudio de factibilidad en la implementación de una empresa de reciclaje a base de cáscara de arroz en el cantón Daule, provincia del Guayas, con el fin de abastecer a plantas industriales de paneles solares*, Guayaquil: Universidad de Guayaquil, 2017
- VARGAS, J. Revista Científica. En: *Caracterización del subproducto cascarillas de arroz en búsqueda de posibles aplicaciones como materia prima en procesos*, Guatemala 2013. Vol. 23, no. 1 [consulta: 14 Mayo 2018]. Disponible en: <file:///D:/BIBLIOTECA/Descargas/Dialnet-CaracterizacionDelSubproductoCascarillaDeArrozEnBu-5069938.pdf>
- VASQUEZ, L. Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante de suelos arcillosos usados en subsantes al adicionar ceniza de cascarilla de arroz, Cajamarca 2016. En: Withlow, R. *Mecánica de suelos*. Inglaterra, 2017
- VEGA, A. *Actividad Puzolánica de la ceniza de cascarilla de arroz*. Cuba: Universidad de Cuenca, 2006

# ANEXO 1

**Tabla 77. Matriz de consistencia**

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
TEMA	PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	OBJETIVOS DEL ESTUDIO	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	VARIABLES	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
Título:	1. Problema General	1. Objetivo General	1. Hipótesis General		1. Diseño de investigación
"Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante del suelo limo arcilloso incorporando ceniza de cascarilla de arroz en la Av. Aija, Huarmey, Ancash – 2018"	¿Qué relación tiene la variación de porcentajes de la ceniza de cascarilla de arroz con el potencial de expansión y capacidad portante en el suelo limo arcilloso de la Av.Aija, Huarmey, Ancash – 2018?	Evaluar la incidencia de la variación de porcentajes de la ceniza de cascarilla de arroz en el potencial de expansión y capacidad portante en el suelo limo arcilloso de la Av.Aija, Huarmey, Ancash – 2018.	La incorporación de porcentajes de ceniza de cascarilla de arroz, disminuye el potencial de expansión y aumenta su capacidad portante en el suelo limo arcilloso de la Av.Aija, Huarmey, Ancash – 2018.	INDEPENDIENTE: Ceniza de cascarilla de arroz	La presente investigación es cuasi experimental en la cual se manipula de manera intencional la variable independiente para establecer el posible efecto de la causa que se manipula, además su grado de control es mínimo y se va a comparar con otro grupo que ya está establecido.
	2. Problemas específicos	2. Objetivos específicos	2. Hipótesis específicos		2. Tipo de investigación
	¿Cómo influyen los porcentajes de 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz en el potencial de expansión en el suelo limo arcilloso de la Av.Aija, Huarmey, Ancash – 2018?	Determinar la influencia de la incorporación de los porcentajes de 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz en el potencial de expansión en el suelo limo arcilloso de la Av.Aija, Huarmey, Ancash – 2018.	La incorporación de los porcentajes de 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz influye en el potencial de expansión en el suelo limo arcilloso de la Av.Aija, Huarmey – 2018.	DEPENDIENTE: Potencial de expansión y capacidad portante del suelo limo arcilloso	De acuerdo a la orientación: Es aplicada De acuerdo a la técnica de contrastación: Es experimental De acuerdo con la direccionalidad: Es prospectiva De acuerdo con el tipo de fuente de recolección de datos: Es retrolectiva De acuerdo con la evolución del fenómeno estudiado: Es transversal De acuerdo a la comparación de las poblaciones: Es descriptiva
	¿Cómo influyen los porcentajes de 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz en la capacidad portante en el suelo limo arcilloso de la Av.Aija, Huarmey, Ancash – 2018?	Determinar la influencia de la incorporación de los porcentajes de 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz en la capacidad portante en el suelo limo arcilloso de la Av.Aija, Huarmey, Ancash – 2018.	La incorporación de los porcentajes de 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz influye en la capacidad portante en el suelo limo arcilloso de la Av.Aija, Huarmey, Ancash – 2018.		
¿Cómo influyen los porcentajes de 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz en el índice de plasticidad en el suelo limo arcilloso de la Av. Aija, Huarmey, Ancash - 2018?	Determinar la influencia de los porcentajes de 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz en el índice de plasticidad en el suelo limo arcilloso de la Av. Aija, Huarmey, Ancash – 2018.	La incorporación de los porcentajes de 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz influye en el índice de plasticidad en el suelo limo arcilloso de la Av. Aija, Huarmey, Ancash - 2018			

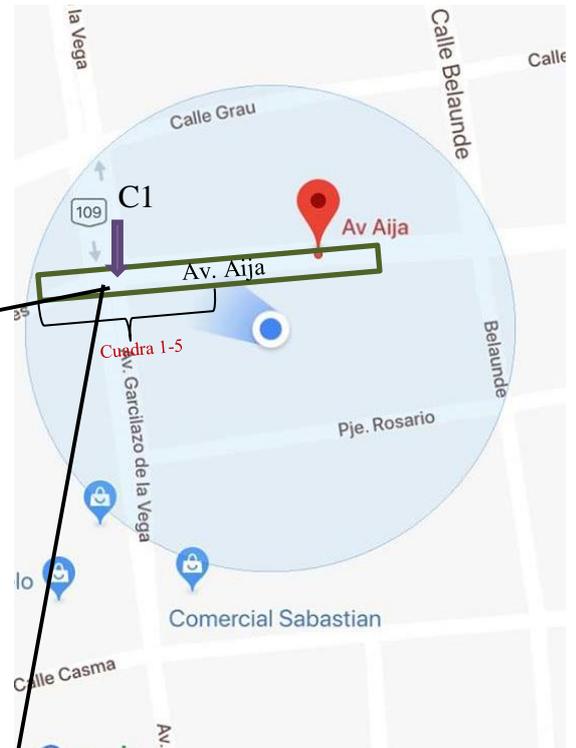
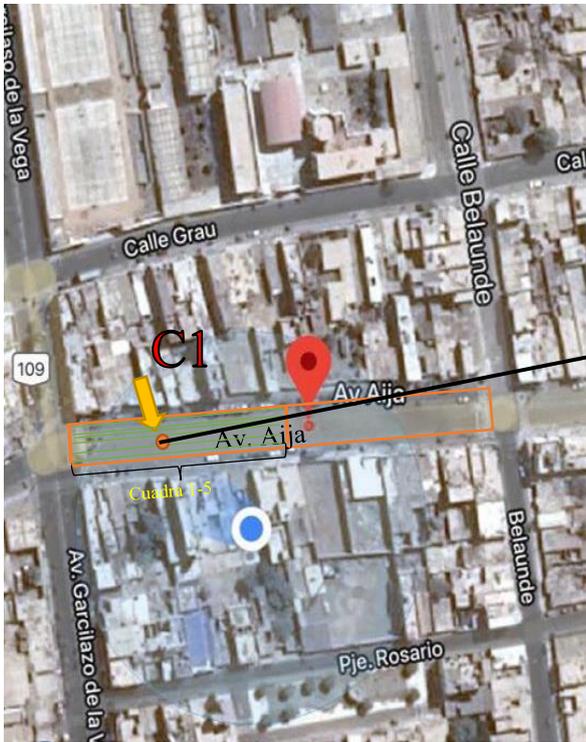
Fuente: Elaboración propia

# ANEXO 2

# PANEL FOTOGRÁFICO

## 1. UBICACIÓN DEL SUELO

El material limo arcilloso que se utilizó para este proyecto, se obtuvo del suelo de la cuadra 1-5 de la Av., Aija, Provincia de Huarney, Departamento de Ancash.





Trazo del área de la calicata que se realizó



Realizando la calicata de 1.50m



Primer estrato encontrado a 0.50m de profundidad.



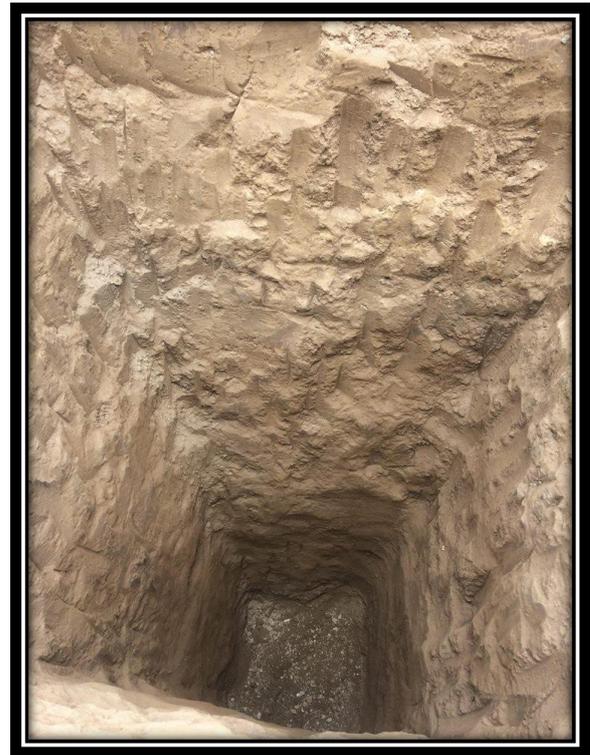
Segundo estrato encontrado a 1.00m de profundidad.



Tercer estrato encontrado a 1.50m de profundidad.



Sacando la muestra más desfavorable para el proyecto de investigación



Calicata realizada a 1.50m de profundidad

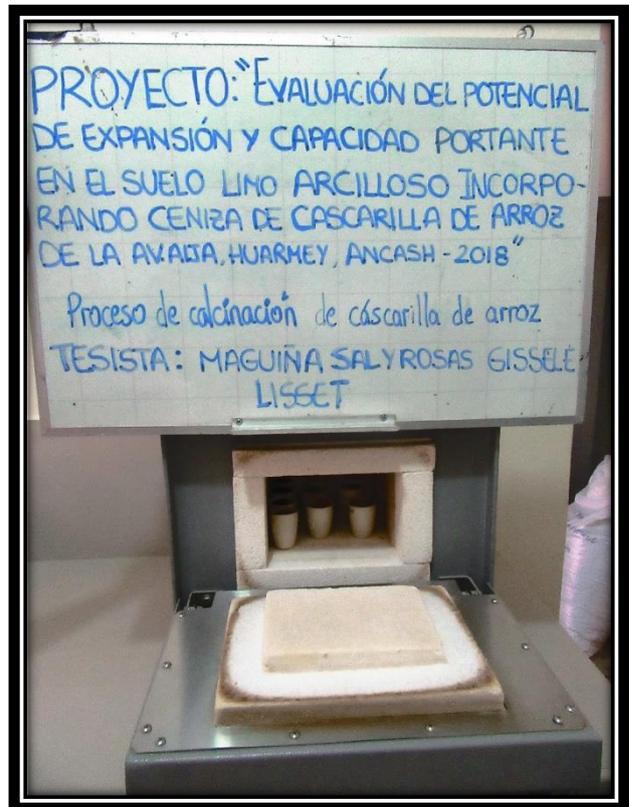


Muestras que fueron llevados al laboratorio



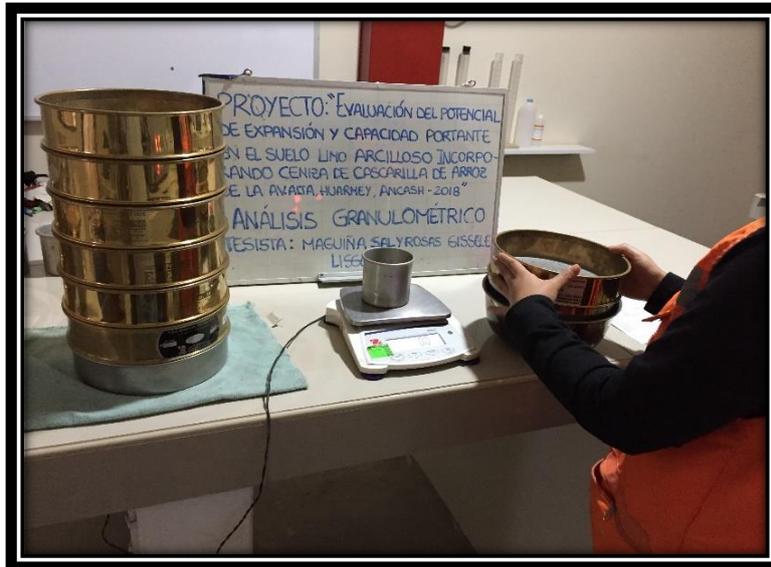
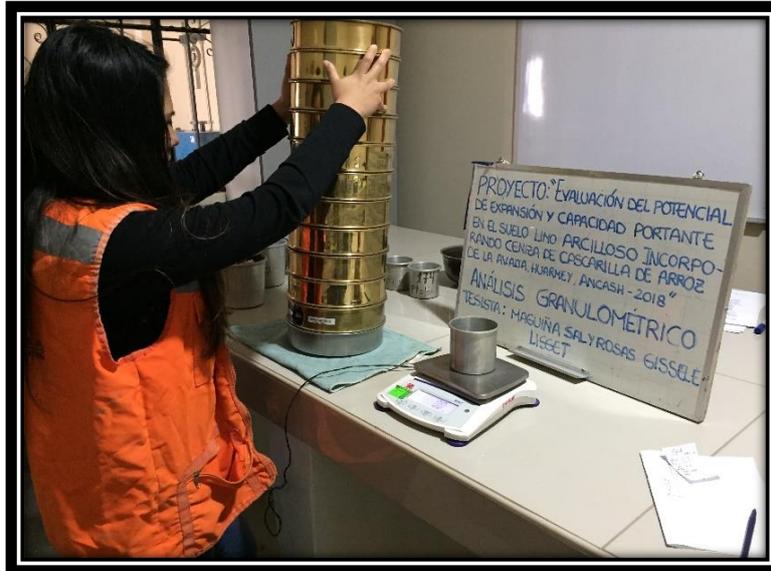
Horno donde se hizo el proceso de calcinación de la cascarilla de arroz

Proceso de calcinación de la cascarilla de arroz a 700°C para activar sus propiedades

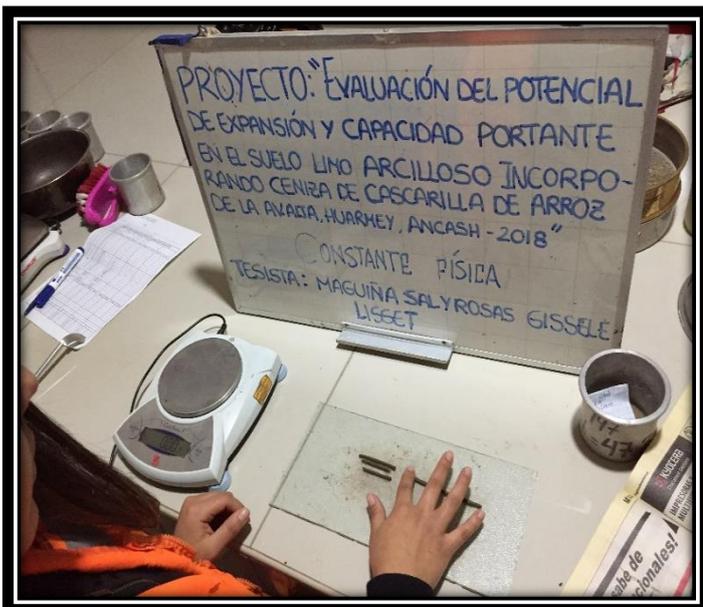
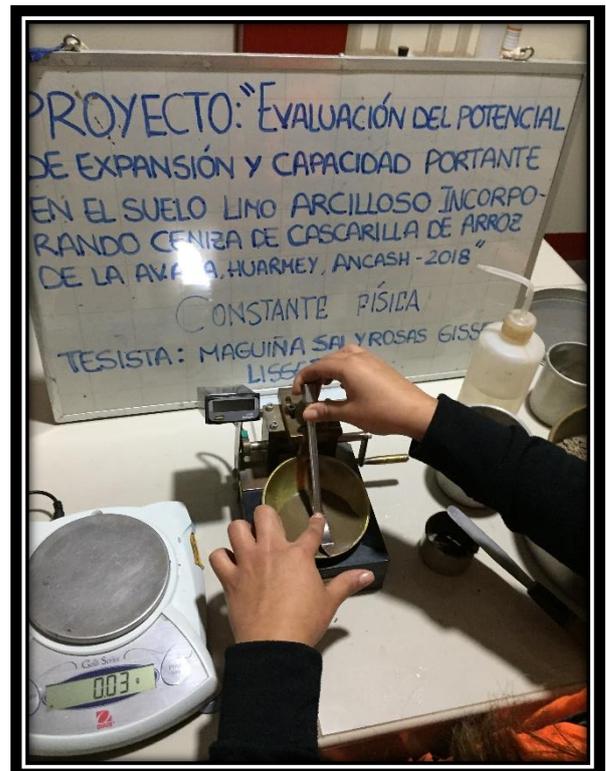
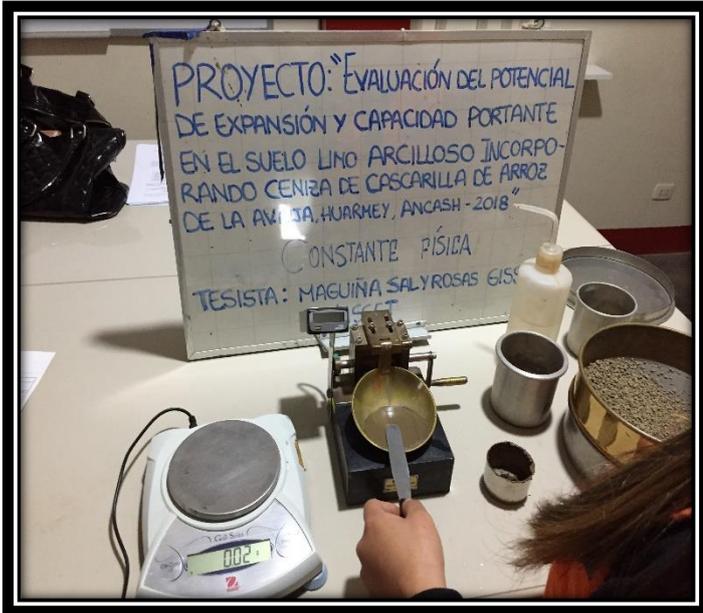


Ceniza de cascarilla de arroz después del proceso

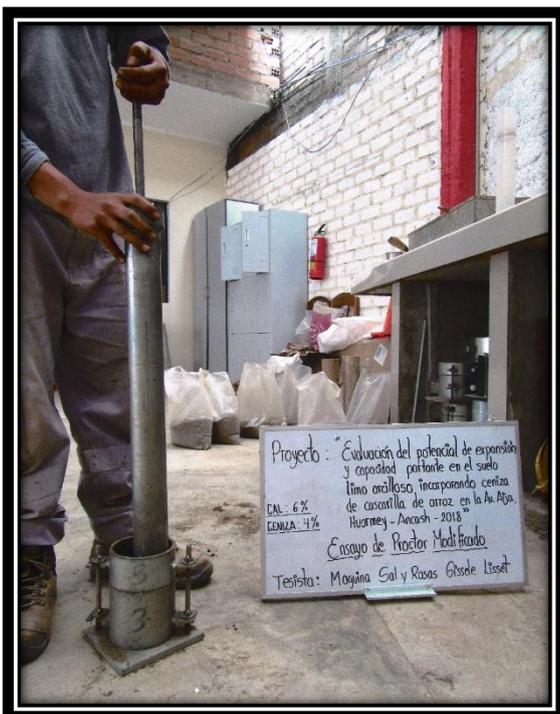
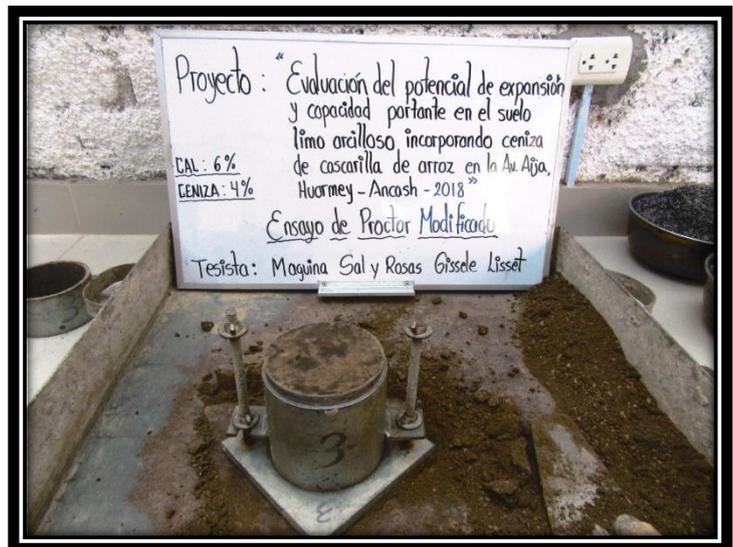
## Ensayo de Análisis Granulométrico para la clasificación del suelo



Preparación de muestras para límites de Atterberg con 0%, 4%, 7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz



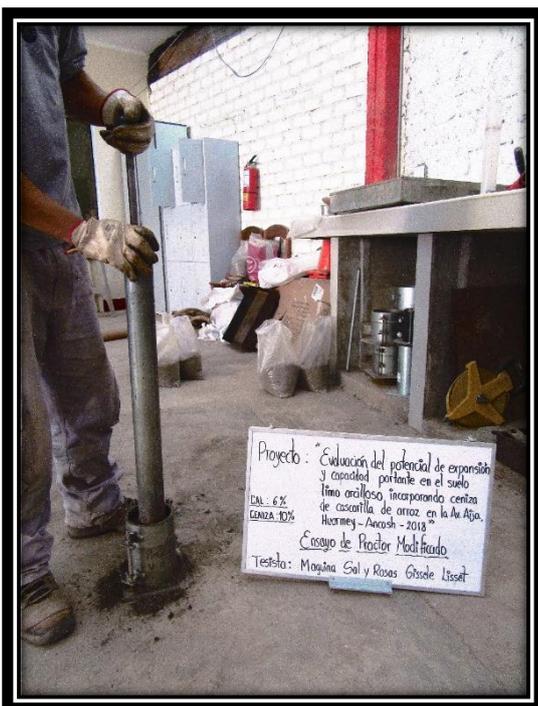
Preparación de suelo para ensayo de proctor modificado con 4% de ceniza de cascarilla de arroz



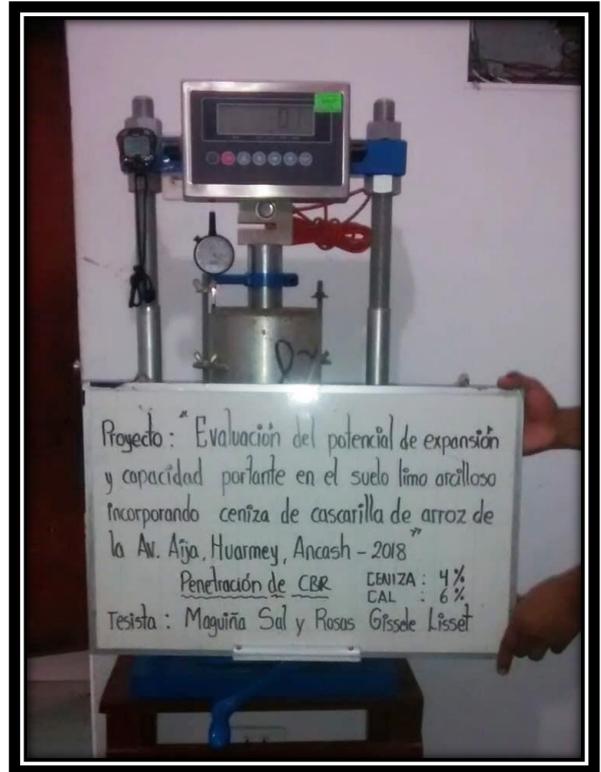
Preparación de suelo para ensayo de proctor modificado  
con 7% de ceniza de cascarilla de arroz



Preparación de suelo para ensayo de proctor modificado  
con 10% de ceniza de cascarilla de arroz



Ensayo de carga- penetración para las muestras de 0% 4%  
7% y 10% de ceniza de cascarilla de arroz





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE  
*La Escuela de Ingeniería Civil*

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

*MAGUIÑA JAL Y ROSAS, GISELE LISSET*

INFORME TITULADO:

*EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN Y CAPACIDAD ROTANTE  
EN EL SUJETO 21MO ACICUOSO INCORPORANDO CENIZA DE COFEDRILLA  
DE ARAUCO F.M/A AU. AJO, HUAYANAY, DUCASH - 2018*

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

*Ingeniero Civil*

SUSTENTADO EN FECHA:

*13/12/2018*

NOTA O MENCIÓN :

*14 (CATORCES)*

  
Firma del Coordinador de Investigación de  
Ingeniería Civil

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE          ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---	---

Yo, ARRIOLA MOSCOSO CECILIA docente de la Facultad INGENIERIA y Escuela Profesional de INGENIERIA CIVIL de la Universidad César Vallejo LIMA NORTE, revisor(a) de la tesis titulada

“EVALUACION DEL POTENCIAL DE EXPANSION Y CAPACIDAD PORTANTE EN EL SUELO LIMO ARCILLOO INCORPORANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ EN LA AV. AIJA HUARMEY, ANCASH - 2018”

De la estudiante MAGUIÑA SAL Y ROSAS GISSELE LISSET constato que la investigación tiene un índice de similitud de 25 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lima, 26 de Junio del 2019

  
 .....  
 Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente:

.....Cecilia Arriola Moscoso.....

DNI: .....43851809.....

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE  
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL  
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 1

Yo **MAGUIÑA SAL Y ROSAS GISSELE LISSET** identificada con DNI N° **72173760**

Egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo (  ), No autorizo (  ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

**"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN Y CAPACIDAD PORTANTE EN EL SUELO LIMO ARCILLOSO INCORPORANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ EN LA AV. AIJA, HUARMEY, ANCASH - 2018"**

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

FIRMA  
DNI: 72173760

FECHA: 13 de Diciembre del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

"Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante en el suelo limo arcilloso incorporando ceniza de cascavilla de arroz en la Av. Aija, Huamey, Ancash - 2018"

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL**

**AUTORA**

Giselle Lisset Magniña Sol y Rosas

**ASESORA**

Ing. Cecilia Ariola Mosecos

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA, PERÚ

2018



**Resumen de coincidencias**

**25 %**

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en Google Books

**Coincidencias**

- |    |                             |      |
|----|-----------------------------|------|
| 1  | Entregado a Universidad...  | 9 %  |
| 2  | Entregado a Universidad...  | 2 %  |
| 3  | Entregado a Universidad...  | 2 %  |
| 4  | Entregado a Universidad...  | 1 %  |
| 5  | Entregado a Universidad...  | 1 %  |
| 6  | de estado con...            | 1 %  |
| 7  | repositorio una.edu.pe...   | 1 %  |
| 8  | biblioteca.unsco.edu.pe...  | 1 %  |
| 9  | repositorio una.edu.pe...   | 1 %  |
| 10 | repositorio unice.edu.pe... | 1 %  |
| 11 | de poco tiempo la ec...     | 1 %  |
| 12 | J. M. Mejía, B. López de... | <1 % |
| 13 | Entregado a Universidad...  | <1 % |