

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“INFLUENCIA EN EL PH, INDICE DE PLASTICIDAD, MAXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD DE SOPORTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Rene Herencia Aguilar

Asesor:

Mg. Paula Rojas Julián

<https://orcid.org/0000-0003-3649-7728>

Lima - Perú

2023

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Christian Marlon Araujo Choque	44759840
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Jorge Luis Canta Honores	10743048
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Alejandro Vildoso Flores	10712728
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

INFORME DE SIMILITUD

INFORME DE ORIGINALIDAD

0%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Exclude assignment
template Activo

Excluir coincidencias Apagado

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

DEDICATORIA

A Nelly, gracias por compartir tu vida junto a mí.

A Vanessa, Paola, Mikaela y Julieta, mis pequeñas, mis amores.

A mi padre Juan Herencia, que durante muchos años me guio en este apasionado mundo de la ingeniería y la construcción

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

AGRADECIMIENTO

Con mucha gratitud agradecer al Ing. Alberto Ponce Moza sin él, nada de esto
podría ser posible.

A mi familia por su apoyo y comprensión para lograr un objetivo más de mi vida.

A cada uno de mis compañeros de la UPN, porque los retos se cumplen con la
ayuda de todos.

A la Universidad Privada del Norte y sus docentes, por sus enseñanzas y
experiencias compartidas.

A los profesionales de Cumbra Ingeniería, que han compartido sus experiencias de
cada proyecto en los últimos 26 años.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	12
ÍNDICE DE ECUACIONES	14
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	17
1.1. Realidad problemática	17
1.2. Formulación del problema	48
1.3. Objetivos	49
1.3.1. Objetivos generales	49
1.3.2. Objetivos específicos.	49
1.4. Justificación del problema	49
1.5. Hipótesis	51
1.5.1. Hipotesis General	51
1.5.2. Hipótesis específicas	51
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	53

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

CAPÍTULO III: RESULTADOS	118
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	147
REFERENCIAS	156
ANEXOS	159

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Relación entre Ph y pOH y la actividad de ambos iones en solución.	32
Tabla 2 Penetración del ensayo de CBR en mm y pulgadas.	40
Tabla 3 Numero de muestras.	54
Tabla 4 Prueba de Normalidad.	57
Tabla 5 Ubicación de los puntos de muestreo.	59
Tabla 6 Composición Química del PCH calcinado a 900°C.	64
Tabla 7 Resultado de la Fluorescencia de rayos X de la ceniza de cáscara de huevo.	65
Tabla 8 Composición elemental de cenizas de cascara de huevo en % de masa.	65
Tabla 9 Determinación de muestras para ensayos de laboratorio.	67
Tabla 10 Dosificación para el ensayo de pH de suelos.	70
Tabla 11 Dosificación para el ensayo de límites de consistencia de suelos.	71
Tabla 12 Dosificación para el ensayo de Proctor modificado de suelos.	72
Tabla 13 Dosificación para el ensayo de CBR de suelos.	73
Tabla 14 Clasificación de los suelos en estado natural.	74
Tabla 15 Resultado de Ensayos de pH de suelos.....	76
Tabla 16 Distribución Granulométrica del suelo en su estado natural de la perforación P-1.	78
Tabla 17 Distribución Granulométrica del suelo en su estado natural de la perforación P-2.	79
Tabla 18 Distribución Granulométrica del suelo en su estado natural de la perforación P-3.	79
Tabla 19 Distribución Granulométrica del suelo en su estado natural de la perforación P-4.	80
Tabla 20 Ensayo Limite Liquido del suelo en estado natural muestra P-1 M-1.	85
Tabla 21 Ensayo Limite Plástico del suelo en estado natural muestra P-1 M-1.	85
Tabla 22 Ensayo Limite Liquido del suelo con adición del 2%, muestra P-1 M-2.....	85
Tabla 23 Ensayo Limite Plástico del suelo con adición del 2%, muestra P-1 M-2.....	86

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Tabla 24 Ensayo Limite Liquido del suelo con adición del 4%, muestra P-1 M-3.....	86
Tabla 25 Ensayo Limite Plástico del suelo con adición del 4%, muestra P-1 M-3.....	86
Tabla 26 Ensayo Limite Liquido del suelo con adición del 6%, muestra P-1 M-4.....	87
Tabla 27 Ensayo Limite Plástico del suelo con adición del 6%, muestra P-1 M-4.....	87
Tabla 28 Ensayo Limite Liquido del suelo en estado natural, muestra P-2 M-5.	87
Tabla 29 Ensayo Limite Plástico del suelo en estado natural, muestra P-2 M-5.	88
Tabla 30 Ensayo Limite Liquido del suelo con adición del 2%, muestra P-2 M-6.....	88
Tabla 31 Ensayo Limite Plástico del suelo con adición del 2%, muestra P-2 M-6.....	88
Tabla 32 Ensayo Limite Liquido del suelo con adición del 4%, muestra P-2 M-7.....	89
Tabla 33 Ensayo Limite Plástico del suelo con adición del 4%, muestra P-2 M-7.....	89
Tabla 34 Ensayo Limite Liquido del suelo con adición del 6%, muestra P-2 M-8.....	89
Tabla 35 Ensayo Limite Plástico del suelo con adición del 6%, muestra P-2 M-8.....	90
Tabla 36 Ensayo Limite Liquido del suelo en estado natural, muestra P-3 M-9.	90
Tabla 37 Ensayo Limite Plástico del suelo en estado natural, muestra P-3 M-9.	90
Tabla 38 Ensayo Limite Liquido del suelo con adición del 2%, muestra P-3 M-10.....	91
Tabla 39 Ensayo Limite Plástico del suelo con adición del 2%, muestra P-3 M-10.....	91
Tabla 40 Ensayo Limite Liquido del suelo con adición del 4%, muestra P-3 M-11.....	91
Tabla 41 Ensayo Limite Plástico del suelo con adición del 4%, muestra P-3 M-11.....	92
Tabla 42 Ensayo Limite Liquido del suelo con adición del 6%, muestra P-3 M-12.....	92
Tabla 43 Ensayo Limite Plástico del suelo con adición del 6%, muestra P-3 M-12.....	92
Tabla 44 Ensayo Limite Liquido del suelo en estado natural, muestra P-4 M-13.	93
Tabla 45 Ensayo Limite Plástico del suelo en estado natural, muestra P-4 M-13.	93
Tabla 46 Ensayo Limite Liquido del suelo con adición del 2%, muestra P-4 M-14.....	93
Tabla 47 Ensayo Limite Plástico del suelo con adición del 2%, muestra P-4 M-14.....	94
Tabla 48 Ensayo Limite Liquido del suelo con adición del 4%, muestra P-4 M-15.....	94
Tabla 49 Ensayo Limite Plástico del suelo con adición del 4%, muestra P-4 M-15.....	94
Tabla 50 Ensayo Limite Liquido del suelo con adición del 6%, muestra P-4 M-16.....	95
Tabla 51 Ensayo Limite Plástico del suelo con adición del 6%, muestra P-4 M-16.....	95
Tabla 52 Resultados Limite líquido (LL), Límite plástico (LP) e Índice de Plasticidad (IP)	95
Tabla 53 Resultado del ensayo Proctor; de la muestra P-1 M-1.	100

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Tabla 54 Resultado del ensayo Proctor; muestra	P-1 M-2.	100
Tabla 55 Resultado del ensayo Proctor; muestra	P-1 M-3.	101
Tabla 56 Resultado del ensayo Proctor; muestra	P-1 M-4.	101
Tabla 57 Resultado del ensayo Proctor; muestra	P-2 M-5.	102
Tabla 58 Resultado del ensayo Proctor; muestra	P-2 M-6.	102
Tabla 59 Resultado del ensayo Proctor; muestra	P-2 M-7.	103
Tabla 60 Resultado del ensayo Proctor; muestra	P-2 M-8.	104
Tabla 61 Resultado del ensayo Proctor; muestra	P-3 M-9.	104
Tabla 62 Resultado del ensayo Proctor; muestra	P-3 M-10.	105
Tabla 63 Resultado del ensayo Proctor; muestra	P-3 M-11.	105
Tabla 64 Resultado del ensayo Proctor; muestra	P-3 M-12.	106
Tabla 65 Resultado del ensayo Proctor; muestra	P-4 M-13.	106
Tabla 66 Resultado del ensayo Proctor; muestra	P-4 M-14.	107
Tabla 67 Resultado del ensayo Proctor; muestra	P-4 M-15.	107
Tabla 68 Resultado del ensayo Proctor; muestra	P-4 M-16.	108
Tabla 69 Resultado de ensayo de pH de suelos	.....	118
Tabla 70 Análisis estadístico de los resultados del ensayo Ph	.....	121
Tabla 72 Prueba de hipótesis para la variación del pH.	.....	121
Tabla 73 Comparaciones múltiples de Tukey para la variación del pH.	.....	122
Tabla 74 Subconjuntos homogéneos del pH de la prueba de Tukey	.....	123
Tabla 75 Resultados de laboratorio ensayo Limite Liquido.	.....	124
Tabla 76 Análisis estadístico de los resultados del ensayo de limite líquido.	.....	126
Tabla 77 Prueba de hipótesis para la variación del límite liquido.	.....	126
Tabla 78 Comparaciones múltiples de Tukey Limite Liquido.	.....	126
Tabla 79 Subconjuntos homogéneos del límite liquido de la prueba de Tukey.	.....	127
Tabla 80 Resultados de laboratorio ensayo Limite Plástico.	.....	128
Tabla 81 Análisis estadístico de los resultados del ensayo de limite plástico.	.....	129
Tabla 82 Prueba de hipótesis para la variación del límite plástico.	.....	130
Tabla 83 Comparaciones múltiples de Tukey Limite plástico.	.....	130
Tabla 84 Subconjuntos homogéneos del límite plástico de la prueba de Tukey.	.....	131
Tabla 85 Resultados del Índice de Plasticidad.	.....	132

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Tabla 86 Análisis estadístico de los resultados del índice de plasticidad.....	133
Tabla 87 Prueba de hipótesis para la variación del índice de plasticidad.....	133
Tabla 88 Comparaciones múltiples de Tukey del Índice de Plasticidad.	134
Tabla 89 Subconjuntos homogéneos del Índice de plasticidad de la prueba de Tukey.....	134
Tabla 90 Resultados de la máxima densidad seca.	135
Tabla 91 Análisis estadístico de los resultados de la máxima densidad seca (MDS).	137
Tabla 92 Prueba de hipótesis para la variación de la máxima densidad seca.....	138
Tabla 93 Comparaciones múltiples de Tukey de la máxima densidad seca.....	138
Tabla 94 Subconjuntos homogéneos de la máxima densidad seca de la prueba de Tukey.	139
Tabla 95 Análisis estadístico de los resultados del CBR al 95% MDS (al 0.1").	141
Tabla 96 Prueba de hipótesis para la variación de la Capacidad de soporte CBR al 95% MDS (penetración al 0.1").	142
Tabla 97 Comparaciones múltiples de Tukey de la capacidad de soporte CBR al 95% MDS (Penetración al 0.1").	143
Tabla 98 Subconjuntos homogéneos de la capacidad de soporte CBR al 95% MDS (Penetración al 0.1") de la prueba de Tukey.....	143
Tabla 99 Análisis estadístico de los resultados del CBR al 95% MDS (al 0.2").	144
Tabla 100 Prueba de hipótesis para la variación de la Capacidad de soporte CBR al 95% MDS (penetración al 0.2").....	145
Tabla 101 Comparaciones múltiples de Tukey de la capacidad de soporte CBR al 95% MDS (Penetración al 0.2").	145
Tabla 102 Subconjuntos homogéneos de la capacidad de soporte CBR al 95% MDS (Penetración al 0.2") de la prueba de Tukey.....	146

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Formación de suelos.....	28
Figura 2 Límites de los estados del suelo.	33
Figura 3 Equipo Casagrande para ensayo de limite liquido.	34
Figura 4 Gráfico para determinar el límite liquido.....	34
Figura 5 Equipo Proctor.	38
Figura 6 Curvas típicas de suelos.	38
Figura 7 Curvas de penetración del ensayo CBR.	41
Figura 8 Determinación del CBR corregido.....	41
Figura 9 Composición del huevo.....	42
Figura 10 Producción de huevo de gallina para consumo enero 2021 - enero 2022.	44
Figura 11 Producción de huevo para consumo según mes enero 2021 – enero 2022.	44
Figura 12 Ubicación de los puntos de muestreo.....	59
Figura 13 Zona de muestreo.	59
Figura 14 Puntos de muestreo	60
Figura 15 Almacenamiento de cáscara de huevo.	61
Figura 16 Proceso de trituración de la cascara de huevo.....	61
Figura 17 Proceso de Calcinación de Cáscara de Huevo.	62
Figura 18 Proceso de pulverización de la ceniza de cáscara de huevo.....	63
Figura 19 Esquema del procesamiento para obtener ceniza de cáscara de huevo.....	63
Figura 20 Selección del optimo porcentaje de hidróxido de calcio (Eades y Grim).	68
Figura 21 Prueba Eades & Grim.	69
Figura 22 Proceso para determinar el pH.	76
Figura 23 Proceso del ensayo límite líquido.	83
Figura 24 Proceso de ensayo Límite plástico.	84
Figura 25 Proceso de preparación del suelo y la ceniza de cascara de huevo.	99
Figura 26 Proceso de mezcla y homogenización del suelo, ceniza de cascara de huevo y agua.....	99

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Figura 27 Proceso de preparación y curado de ensayo CBR.....	112
Figura 28 Proceso de compactación y curado de las muestras del ensayo CBR.....	113
Figura 29 Procedimiento de penetración, Ensayo de CBR.	113
Figura 30 Gráficos CBR, Calicata P1.....	114
Figura 31 Gráfico CBR, calicata P2.	115
Figura 32 Gráfico CBR, calicata P3.	116
Figura 33 Gráfico CBR, calicata P4.	117
Figura 34 Evolución del valor pH.	118
Figura 35 Escala del pH.....	119
Figura 36 Contenido óptimo de ceniza de cascara de huevo para la estabilización del suelo.	120
Figura 37 Variación del límite líquido con respecto al % de ceniza de cascara de huevo.	125
Figura 38 Variación del límite plástico con respecto al % de ceniza de cáscara de huevo.	128
Figura 39 Variación del Índice de plasticidad con respecto al % de ceniza.....	132
Figura 40 Variación de la máxima densidad seca.	136
Figura 41 Variacion Graficas Proctor.....	136
Figura 42 Variación del CBR al 95% MDS (Penetración al 0.1" y al 0.2")	141

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Determinación del Limite Plástico.	35
Ecuación 2 Calculo del Contenido de Humedad.	82
Ecuación 3 Calculo Límite plástico.	84
Ecuación 4 Índice de plasticidad.	84
Ecuación 5 Calculo Densidad Húmeda.	98
Ecuación 6 Calculo Densidad seca.	98
Ecuación 7 Calculo del contenido de humedad.	99
Ecuación 8 Calculo del CBR al 0.1" de penetración.	112
Ecuación 9 Calculo del CBR al 0.2" de penetración.	112

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

RESUMEN

La presente investigación ha consistido en evaluar la influencia que tiene la ceniza de la cáscara de huevo sobre las características de pH, límites de consistencia, máxima densidad y CBR de un suelo arcilloso de subrasante; dentro de las consideraciones relevantes de la presente investigación ha consistido en incinerar la cáscara de huevo a temperatura constante de 800°C durante cuatro horas; asimismo para el ensayo de CBR se ha aplicado un proceso de “curado” del suelo adicionado con ceniza que consiste en mantener húmeda y protegida herméticamente la muestra por un periodo de 72 horas (tres días).

En cuanto a los resultados se ha evidenciado que al incrementar ceniza de cascara de huevo, los valores de pH fueron incrementando, los valores de limite liquido fueron descendiendo, los valores de limite plástico se incrementaron por ende el valor de plasticidad fueron descendiendo; por otro lado los valores de máxima densidad fueron descendiendo mientras que el valor de contenido óptimo de humedad se elevó, sin embargo una de las consideraciones más relevantes fue el incremento en el valor de CBR con un 2% de cenizas de cascara de huevo se elevaron hasta 3 veces su valor en estado natural, con el 4% se obtuvieron hasta 7 veces y con el 6% hasta 12 veces su valor en estado natural.

PALABRAS CLAVES: Influencia, curado, pH, límites de consistencia, CBR.

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ABSTRACT

The present investigation consisted in the evaluation of the influence that eggshell ash has on the characteristics of pH, consistency limits, maximum density and CBR of a clayey subgrade soil; within the relevant considerations of the present investigation, it consisted of incinerate the eggshell at a constant temperature of 800°C for four hours; measured by the CBR test, a process of “curing” the added with ash has been applied, which consists of keeping the sample moist and hermetically protected for a period of 72 hours (three days).

The results show that by increasing eggshell ash, the PH values were increasing, the liquid limit values decreased, the plastic limit values, therefore the plasticity value decreased; on the other hand, the maximum density values decreased while the optimum moisture content value increased; however, one of the most relevant considerations was the increase in the CBR value with 2% eggshell ash, increased up to 3 times its value in the natural state, with 4% it was obtained up to 7 times and with 6% up to 12 times its value in the natural state.

Keywords: Influence, curing, PH, consistency limits, CBR.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Camacho, J., Reyes, O.J. & Mayorga, C. (2008). Señala que los suelos expansivos (suelos arcillosos), presentan un comportamiento nocivo cuando estas se presentan como terreno fundación sobre cualquier tipo de estructura que se proyecta construir, ya que ante las propiedades de expansión y contracción por la presencia y pérdida de agua. La actividad eléctrica de los cationes que los componen y que crean un enlace electroquímico arcilla agua, estas forman una capa de agua en el entorno de cada partícula del material, lo que ocasiona cambios volumétricos que pueden generar sobre esfuerzos a las estructuras construidas sobre este tipo de suelos.

Rodriguez & Fernandez (2010). Señalan que los países industrializados, al tener un índice elevado de crecimiento y desarrollo, mantienen la idea de que los recursos naturales son ilimitados, asimismo el elevado crecimiento demográfico viene generando impactos al entorno que no son apreciados directamente sino por el contrario los efectos serán a largo plazo los que afectarán a las futuras generaciones. Indubitablemente los recursos naturales son limitados que nos sitúan toques en la producción de materias y servicios, así como límites en la absorción de los residuos.

“Las exigencias para los suelos de subrasante requieren en ocasiones, motivado por las elevadas cargas del tránsito, que los ingenieros desperdicien materiales del sitio de construcción que no cumplen la calidad requerida y se ven obligados a introducir en los proyectos costos de transporte de suelos desde canteras, lo que

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

siempre resulta una opción complicada. Esta problemática se resuelve con el mejoramiento de los suelos, mediante diferentes formas de estabilización, al no disponer de nuevas canteras de préstamo; vista por muchos expertos como una solución económica, además amigables con el medio ambiente”. (Junco & Tejada, 2011)

Bauza (2015); Nos señala que entre los años 1940, se dio comienzo a la etapa moderna de los tratamientos de los suelos con cal, es así que para 1947 el estado de Texas tenía construido 74 millas de calzada tratadas con cal, considerándose como pioneros en el desarrollo de esta técnica, esta innovación generó la circulación de la bibliografía técnica. Se manifiesta además que países como Francia aporta una historia de mas de 50 años en la técnica de estabilización de suelos con volúmenes entre 15 a 25 millones de metros cúbicos en promedio anual. Por otro parte el Reino Unido para el año 1995 alcanzó un volumen de un millón de metros cúbicos de suelo estabilizado con cal, mientras que España para inicios del presente siglo reportó un consumo de 100,000 toneladas de cal, lo que equivale a 3 millones de metros cúbicos de suelo estabilizado.

Burga (2018) Nos señala que, ante el incremento de la población los hábitos de consumo y el auge de la industria, ha generado diversos tipos de residuo. Esta generación de residuos viene siendo incrementada en un aspecto de derroche, en el enfoque de producir, consumir y descartar, ello por una falta de cultura ambiental. Uno de los ejes que presenta mayor influencia para la agroindustria, está en el sector de ovoproductos y que en los últimos años ha incrementado su producción de manera significativa, no obstante, este crecimiento no ha contemplado una adecuada gestión

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

de los residuos que se generan, para el presente año se vienen generando miles de toneladas de cáscara de huevo que no son aprovechados lo que genera múltiples problemas. Es importante recalcar que los residuos de cáscara de huevo contienen un alto contenido de carbonato de calcio y proteínas, lo que convierte a la cáscara de huevo en una opción importante de aprovechamiento.

1.1.1. Antecedentes de la Investigación

Higuera, Gomez, & Pardo (2012) En su investigación “Caracterización de un suelo arcilloso tratado con hidróxido de calcio”; plantea una técnica para el tratamiento de suelos susceptibles (suelos arcillosos) mediante la incorporación de hidróxido de calcio como agente estabilizante, con el propósito de mejorar las características físicas, mecánicas y químicas de un suelo clasificado como arcilla inorgánica de baja a mediana plasticidad, con bajo potencial de expansión. La metodología empleada para la caracterización del suelo consistió en la elaboración de una serie de ensayos de laboratorio. Además, se efectuaron mezclas de suelo e hidróxido de calcio empleando porcentajes de aditivo de 2%, 4%, 6%, 8%, 10% y el 12%, con la finalidad de observar las tendencias de las características de cada mezcla, con el propósito de seleccionar el porcentaje óptimo de hidróxido de calcio, que proporcionará mejores condiciones de trabajabilidad, al respecto se han aplicado 2 métodos de los que nos basamos en el método Eades y Grim evaluado por el valor del pH de la mezcla de suelo mas el hidróxido de calcio, en el que considera que para obtener un valor pH de 12.4 es necesario un 6% de aditivo. Con respecto al ensayo de CBR, señala que los mejores resultados del comportamiento mecánico fueron los suelos con mezcla del 2%, 4% y 6% del hidróxido de calcio, así mismo la

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

investigación concluye que la adición del 4% en peso del suelo seco proporciona las condiciones adecuadas para mejorar las características químicas y físico-mecánicas del material, Con respecto a las características físicas y mecánicas concluyeron que la adición de hidróxido de calcio en un 4% logra modificar las características originales del suelo siendo que, el límite plástico se elevó, mientras que el límite líquido se disminuyó, ello conllevó a la disminución del índice de plasticidad y este fenómeno se debe a que los iones de Ca^{++} presentes en el hidróxido de calcio genera la remoción de los iones de Mg^{++} presentes en la arcilla que son los encargados de la atracción del agua. Con respecto a la máxima densidad concluyeron que el efecto del aditivo con el agua genera el esponjamiento en las mezclas, por tanto, a medida que se incrementa el aditivo en las mezclas, el valor de máxima densidad seca fue disminuyendo, mientras que el valor de CBR se incremento de 2% al 92% debido a la formación de silicatos y aluminatos de calcio que aporta agentes cementantes al material.

Amaya, Botero, & Ovando (2018) en su investigación “Oxido de Calcio en la estabilización de suelos arcillosos”; señalan que, ante la necesidad de construir la infraestructura civil del proyecto del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, ubicado dentro de los terrenos del Ex Lago de Texcoco, donde las condiciones geotécnicas del subsuelo son difíciles debido a las características naturales de los materiales predominados por suelos arcillosos de génesis lacustre, que presentan una baja resistencia y una alta compresibilidad. Ante ello planteó la estabilización química de los suelos superficiales con oxido de calcio (CaO). Las pruebas que se realizaron en el laboratorio son: Limites de Atterberg, pruebas de

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

compactación Proctor Estándar, resistencia a la compresión simple (UCS), valor de soporte California (CBR) y pruebas químicas como las de Eades y Grim. Los resultados de la investigación demostraron una disminución del límite líquido y en menor medida el incremento del límite plástico y por consecuencia una disminución de la densidad de los sólidos (Gs). En caso del CBR, los valores se incrementaron de 2.8% a 10.1% luego de un curado de 5 a 7 días: para un periodo de 69 días de curado el CBR continuó incrementándose a un valor de 29%. La investigación concluye que la adición del CaO en cantidades óptimas logra la estabilización de los suelos arcillosos y se crea un nuevo material con características adecuadas para las terracerías, caminos de accesos, plataforma de trabajo y otros tipos de estructuras civiles. Es importante mencionar que la investigación señala que a mediano y largo plazo que el principal cambio que presentan los suelos arcillosos estabilizados con CaO es sin duda por la reacción química que se genera con el agua, la sílice y la alúmina presentes en el suelo investigado, formando silicatos, cálcicos hidratados (CSH) y aluminatos cálcicos hidratados (CAH).

Santos & Sarmiento (2018); en su investigación de tesis, “Incidencia de la adición de ceniza de cascarilla de arroz en la estabilización de suelo arcilloso, propuesto como material de subrasante de la vía Fundo Molleray San Sebastián – Cusco.” Estudiaron muestras de suelos arcillosos en estado natural y suelos con la adición en 5%, 10% y 15% de ceniza de cascarilla de arroz (CCA) con la finalidad de obtener la estabilización del suelo presente en la vía del Fundo Molleray ubicado en el distrito de San Sebastián Provincia del Cusco a nivel de Subrasante. Para ello se realizaron ensayos de caracterización de los materiales tales como: granulometría,

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

límite líquido, límite plástico, proctor modificado y CBR en laboratorio siguiendo las normas del MTC, ASTM y AASHTO. La investigación permitió determinar que la dosificación óptima de CCA es de 5% respecto al peso del suelo, permitiendo obtener un valor de CBR promedio de 32% mejorando el valor de 8.3% del suelo en estado natural. Finalmente concluyeron que, el incremento del CBR se presentó por la formación de compuestos cementantes de la reacción entre el dióxido de silicio (SiO_2) contenido en la CCA y los componentes químicos del suelo arcilloso, se pudo observar además que porcentajes superiores al 5% de adición de CCA generó la disminución del valor del CBR debido a que el exceso del material estabilizante crea partículas más grandes con mayores vacíos alterando la naturaleza del suelo.

Saldaña (2018); en su investigación de tesis “Resistencia a compresión y permeabilidad de mortero sustituyendo el cemento en 10% y 20% por polvo de cáscara de huevo y ceniza de cáscara de arroz”; donde desarrolló el análisis y evaluación de nuevos materiales de origen natural y a la vez reciclados, favoreciendo así al medio ambiente y a la sociedad, el Polvo de Cáscara de Huevo (PCH) y la Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA), estos se emplearon como sustituto del cemento. Determinando la resistencia a la compresión y permeabilidad de mortero, la investigación sustituyó el cemento en 10 y 20% por PCH y CCA. La investigación demostró que la CCA calcinada a 640°C por un periodo de 2 horas, obtiene un 90.43% de SiO_2 y el PCH calcinado a 900°C por un periodo de 3 horas, obtiene un 91.88% de óxido de calcio (CaO). Ambos materiales fueron combinados en 75% de PCH y 25% de CCA, obteniendo un 29.002% de SiO_2 y 66.401% de CaO . Se concluyó que la temperatura de calcinación del polvo de cáscara de huevo (PCH) es

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

de 900°C para lograr la transformación en óxidos y con pérdida de masa de 45%; con respecto a la Ceniza de cáscara de arroz (CCA) la temperatura de calcinación es de 640°C, con una pérdida de masa del 29%, además concluye que el PCH contiene 91.875% de CaO. Obteniendo una profundidad de penetración media del mortero estándar de 7.95 mm; en el mortero experimental se utilizó 10% y 20% de cemento con un resultado de 7.15 mm y 7.05 mm respectivamente. La resistencia a la compresión a los 28 días del mortero estándar resultó 385 kg/cm²; mientras que en el mortero experimental con 10% y 20% de reemplazo de cemento fueron 388 kg/cm² y 403 kg/cm², con 0,77% y 4,47% superiores al mortero estándar, respectivamente.

Reyes (2019); en su investigación de tesis “Resistencia a compresión de un concreto $f'c=210$ Kg/cm² al sustituir al cemento 4%, 6% y 8% por cascara de huevo”; Nos señala que el estudio de investigación tuvo como objetivo obtener la resistencia a compresión de un concreto $f'c=210$ kg/cm² al sustituir al cemento en 4%,6% y 8% por cenizas de cascara de huevo, dicho estudio se realizó en la ciudad de Huaraz en el año 2018, la finalidad de la investigación fue encontrar alternativas de materiales para ser aplicados en el campo de la ingeniería civil. Para el estudio se elaboró 36 probetas de concreto para los ensayos de resistencia a compresión.

Así mismo determinó que las concentraciones óptimas de la ceniza de cascara de huevo que sustituyó al cemento en la mezcla de concreto. Se obtuvo la ceniza de cascara de huevo mediante la calcinación en un horno de mufla a una temperatura uniforme de 700°C por un tiempo de permanencia de 2 horas, generando así contenidos altos de óxido de calcio.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Se concluyó que, la ceniza de cáscara de huevo se activó térmicamente a 700°C y que es una temperatura optima debido al cambio de fase donde se producen los óxidos deseados. De la composición química de la ceniza de cáscara de huevo indicó su potencial como puzolana, al contener un 98.47% de componentes puzolánicos en concordancia con la norma ASTM C-618. Así también concluye que las muestras son extremadamente alcalinas, para la ceniza de la cáscara de huevo se obtuvo un valor de pH de 12.03. En la combinación de los aglomerantes con cemento más 8% de ceniza de cáscara de huevo se obtuvo un valor de pH de 12.23; para cemento más 6% de ceniza de cáscara de huevo se obtuvo 12.25 y cemento más 4% de ceniza de cáscara de huevo un pH de 12.27. Finalmente señaló que la resistencia lograda al reemplazar el 8% del concreto experimental con ceniza de cáscara de huevo fue $f'c = 214,96$ kg/cm², y el concreto estándar fue $f'c = 212,24$ kg/cm², lo que superó al concreto estándar en 2,72%.

Marcelo (2020); en su investigación de tesis “Estabilización de suelos arcillosos aplicando cáscara de huevo y cal, carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca, 2019”; obtuvo como resultado que el suelo sin aditivo califica en la categoría de subrasante pobre, al adicionar 6% y 9% de pulverización de cáscara de huevo sube a la categoría de subrasante regular; cuando se le adiciona 6% y 9% de cal sube a la categoría de subrasante buena. En su investigación concluyo que, la adición de cáscara de huevo (6% y 9% del peso seco del suelo) no influye de manera significativa en la estabilización de suelos arcillosos, sin embargo la adición de cal sobre suelos arcillosos influye de manera significativa puesto que las propiedades del suelo mejoran en gran magnitud. Con respecto a la máxima densidad seca demostró

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

que al adicionar cáscara de huevo pulverizada actúa de manera positiva, pues el valor incrementó de 1.891 a 1.902 g/cm³; en cuanto al valor de CBR concluyó que a la adición de cáscara de huevo pulverizada tuvo una tendencia a mejorar la resistencia del suelo ya que al adicionar la pulverización de cáscara de huevo en 6% y 9% del peso seco del suelo, se observa que el CBR pasa de 4.1% a 6.4% y 7.1% respectivamente.

Vidal (2021), en su investigación de tesis, “Mejoramiento de las propiedades de la Subrasante de un suelo arcilloso adicionando ceniza de cáscara de huevo”, consideró emplear un nuevo material alternativo al material tradicional; para el estudio empleó ceniza de cáscara de huevo (CCH) en porcentajes de mezcla de 5%, 10% y 15%, en combinaciones con el suelo con la finalidad de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso. Señala además que desde la introducción de la ceniza de cáscara de huevo, el suelo mejoró su comportamiento, por tanto el trabajo expone las cualidades y aplicaciones que hace la ceniza de cáscara de huevo como un buen reemplazo de lo tradicional, en el proceso de mejoramiento del suelo arcilloso y con un enfoque más económico. De los resultados de la investigación podemos señalar que para la obtención de la ceniza de cascara de huevo, realizó la quema en un horno cilíndrico a una temperatura de 350 a 440 °C durante cuatro horas hasta obtener la ceniza; para la prueba 1 los valores del límite líquido fueron incrementando de un valor de 53% en su estado natural y al adicionar 5%, 10% y 15% de CCH obtuvo los valores de 56.4%, 57.3% y 58.6% respectivamente; para la prueba 2 los valores del límite líquido fueron incrementando de un valor de 55% en su estado natural y al adicionar 5%, 10% y 15% de CCH

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

obtuvo los valores de 56%, 57% y 59% respectivamente; y en la prueba 3 los valores del límite líquido fueron incrementando de un valor de 55% en su estado natural y al adicionar 5%, 10% y 15% de CCH obtuvo valores de 56%, 57% y 59%. Con respecto a los valores de límite plástico, en la prueba 1 los valores del límite plástico fueron incrementando de un valor de 25% en su estado natural, al adicionar 5%, 10% y 15% de CCH se obtuvo los valores de 28.1%, 30.1% y 32.3% respectivamente; en la prueba 2, los valores del límite plástico fueron incrementando de un valor de 26% en su estado natural, al adicionar 5%, 10% y 15% de CCH obtuvo los valores de 28%, 30% y 32% respectivamente, para la prueba 3, los valores del límite plástico fueron incrementando de un valor de 26% en su estado natural, al adicionar 5%, 10% y 15% de CCH obtuvo los valores de 28%, 30% y 32% respectivamente. Con respecto a los valores de máxima densidad seca la prueba 1 ha demostrado una disminución de su valor que en su estado natural fue de 1.771 g/cm³, y con adición del 5%, 10% y 15% se obtuvo 1.694 g/cm³, 1.649 g/cm³ y 1.592 g/cm³. respectivamente; para la prueba 2 demostró también una disminución que en estado natural se obtuvo 1.769 g/cm³, y a la adición del 5%, 10% y 15% obtuvo los valores de 1.694 g/cm³, 1.649 g/cm³ y 1.592 g/cm³ finalmente en la prueba 3 demostró una disminución que en estado natural se obtuvo 1.769 g/cm³ y con adición del 5%, 10% y 15% obtuvo los valores de 1.694 g/cm³, 1.649 g/cm³ y 1.592 g/cm³. Con respecto al valor de CBR el investigador ha obtenido un incremento en los valores siendo así que para la prueba 1 el CBR en estado natural fue de 3.7%, a la adición del 5% se obtuvo un valor de 6.8%.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

1.1.2. Bases Teóricas

1.1.2.1. Formación de los Suelos

Gonzales, Ferrer, Ortuño, & Oteo (2002), Señala que los suelos tienen su origen en los macizos rocosos que constituye la roca madre, esta a su vez siendo sometida a las acciones ambientales disgregadora de la erosión en tres aspectos:

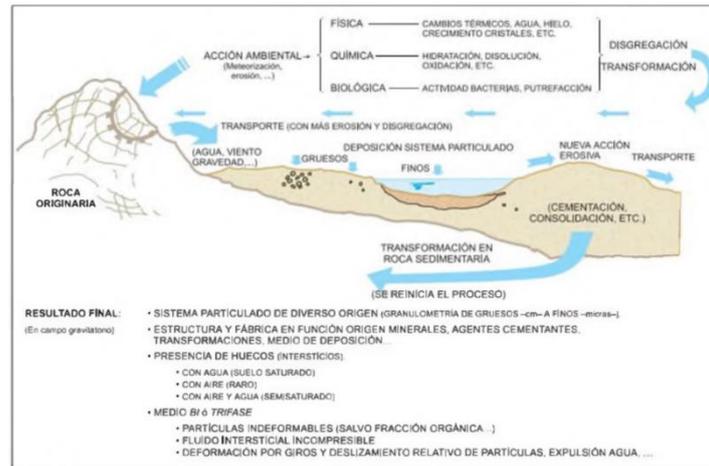
Aspectos Físicos: Los cambios térmicos, originan que las rocas presenten fisuras internas y ante la presencia de aguas y ante posibles acciones de congelación, estas producen tensiones internas los que tienden a romper la roca inicial y dividirlas en fragmentos cada vez mas pequeños, estas a su vez son trasladados a otro puntos por agentes activos como el agua el viento y la propia gravedad, en los que continua las acciones erosivas con las que se tienden a crear las partículas componentes de los suelos.

Aspectos Químicos: Los fenómenos de hidratación, disolución, oxidación, cementación, etc. tienden a disgregar o cementar las partículas, por cuanto ante los aspectos físicos puede ayudar a la formación de suelos.

Aspectos Biológicos: la actividad bacteriana presente el medio ambiente genera la putrefacción de materiales orgánicos, actuando de elemento catalizador en la mezcla con otros productos de origen físico-mecánico.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Figura 1
Formación de suelos



Fuente: Ingeniería Geológica; Gonzales, Ferrer, Ortuño, & Oteo (2002).

1.1.2.2. Tipos de Suelos

Considera que los suelos pueden ser los siguientes tipos:

Suelos Aluviales: Comprendido por sedimentos de rocas erosionados y transportados por el agua, y que se encuentran acumulados en los lechos de los ríos y arroyos.

Suelos Calcáreos: Son aquellos que contienen carbonato de calcio y presenta efervescencia cuando se aplica ácido clorhídrico.

Caliche: Son suelos que están compuestos de grava, arena y arcilla las que son unidas por carbonato de calcio.

Suelos Coluviales: Son aquellos suelos que se encuentran en la base de las montañas, erosionados por agua y la propia gravedad.

Suelos Eólicos: Son suelos depositados por el viento del tamaño de la arena, con un solo tamaño predominante.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Suelos Expansivos: Son suelos arcillosos que tienen grandes cambios de volumen debido a los ciclos de humedad y secado.

Suelos Glaciares: Son aquellos suelos mixtos comprendido por escombros de rocas, arena, limo, arcillas y cantos rodados.

Arcillas Glaciales: Son aquellos suelos que se depositaron en antiguos lagos y que posteriormente se congelaron. Estos se manifiestan con perfiles estratificados, manifestados con capas de limos de color claro, depositados en la estación de verano, mientras que los estratos mas delgados son de color oscuro que corresponde a las arcillas que fueron depositados en la estación de invierno.

1.1.2.3. Arcilla

Según Higuera, Gomez, & Pardo (2012); La arcilla está constituida por sustancias de silicatos de aluminio hidratado, que proceden de la descomposición de minerales de aluminio. Presenta diversas coloraciones según los porcentajes impurezas que pueda contener, las arcillas blancas demuestran ser puras. Además, surge de la descomposición de las rocas que contienen feldespato, originada en un proceso natural que dura decenas de miles de años. Físicamente se considera un coloide, de partículas extremadamente pequeñas y superficie lisa. El diámetro de las partículas de la arcilla es inferior a 0.002 milímetros. Las arcillas se pueden clasificar en primarias y secundarias, según como se encuentran en la naturaleza. Con respecto a las arcillas primarias son las que se encuentran en el mismo lugar en donde se formaron, es decir, no han sido

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

transportadas por el agua o el viento. La única arcilla primaria conocida a la fecha es el caolín, que presenta granos más gruesos y es menos plástico. Las arcillas secundarias son las que han sido transportadas del lugar en que se originaron; el agua viene a ser el agente más común que las transporta, otros agentes naturales pueden ser también el viento y los glaciares; estos tipos de arcillas son mucho más comunes y presentan adicionalmente otros elementos como la mica, hierro, cuarzo y otros minerales procedentes de diferentes fuentes.

1.1.2.4. Composición Química de las Arcillas

Señala que las arcillas proceden de una roca sedimentaria la que está compuesta por varios minerales rica en silicatos hidratados de aluminio, hierro, magnesio, alúmina hidratada u óxido férrico con predominio en sus partículas de tamaño coloidal o casi coloidal, con presencia de plasticidad cuando se encuentra pulverizada y húmeda, mientras que en estado seco es dura.

Mamani (2015), Define que la arcilla, en su estado natural, está compuesta de uno o de varios minerales arcillosos. En esencia los minerales de arcilla son silicatos de aluminio, pero también hay presente productos hidratados de la descomposición de las rocas aluminosas y silicatadas, y otras sustancias como fragmentos de rocas, de óxidos hidratados, álcalis y materiales coloidales.

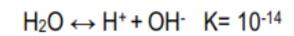
“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

1.1.2.5. Ph de los suelos

Osorio (2012); Describe que el pH es una propiedad química que mide el grado de acidez o alcalinidad de las soluciones acuosas. Por definición podemos señalar que el pH es el logaritmo negativo de la actividad de los protones (H^+) en una solución acuosa.

$$pH = -\log (H^+)$$

En los suelos el pH es una propiedad química de mucha importancia porque indica que tan ácida o alcalina es la solución del suelo, para su medición usa una escala con un rango de 0 a 14. Se basa en el principio de que la constante de equilibrio de la disociación del agua es 10^{-14} .



$$K = 10^{-14} = (H^+) (OH^-) \div (H_2O)$$

Como la actividad del agua se considera igual a 1m entonces el producto de las actividades de iones H^+ y OH^- en el agua es de 10^{-14} .

$$10^{-14} = (H^+) (OH^-)$$

De esta manera, si la concentración molar de H^+ en una solución acuosa es 10^{-5} M (0.00001 M), la concentración de molar de los iones OH^- será de 10^{-9} (0.000000001 M). Como estos números son tan pequeños se prefiere expresarlos en forma logarítmica; el logaritmo negativo (-log) permite obtener números positivos que facilitan la presentación del valor.

$$-\log (10^{-14}) = -\log(H^+)(OH^-)$$

El logaritmo de una multiplicación es la suma de los logaritmos:

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

$$14 = -\log(H^+) + -\log(OH^-)$$

Por convención el término “-log” se reemplaza por “p” (p:

potencial); de esta manera la formula queda así:

$$14 = pH + pOH$$

En el ejemplo anterior, con una actividad de 0.00001 M de H+ se tiene un pH de 5; el valor correspondiente al pOH (0.000000001) es de 9.

Para simplificar solo se usa el valor de pH.

Tabla 1

Relación entre Ph y pOH y la actividad de ambos iones en solución.

pH	Actividad de H ⁺ (M)	pOH	Actividad de OH ⁻ (M)
0	1	14	0.00000000000001
1	0.1	13	0.0000000000001
2	0.01	12	0.000000000001
3	0.001	11	0.00000000001
4	0.0001	10	0.0000000001
5	0.00001	9	0.000000001
6	0.000001	8	0.00000001
7	0.0000001	7	0.0000001
8	0.00000001	6	0.000001
9	0.000000001	5	0.00001
10	0.0000000001	4	0.0001
11	0.00000000001	3	0.001
12	0.000000000001	2	0.01
13	0.0000000000001	1	0.1
14	0.00000000000001	0	1

Fuente: pH del Suelo y disponibilidad de nutrientes (Osorio, 2012).

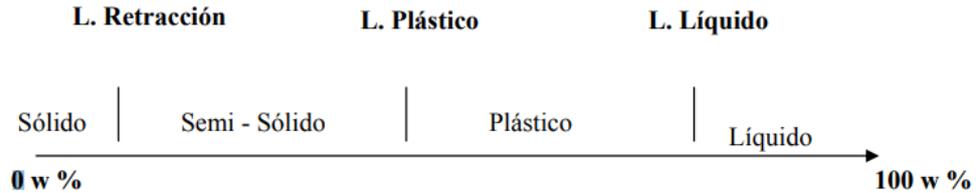
1.1.2.6. Límites de Consistencia

Los límites de consistencia o conocidos también como límites de Atterberg en honor al científico sueco Albert Mauritz Atterberg quien considero que los suelos de grano fino, se pueden encontrar en diferentes estados, dependiendo de su propia naturaleza y de la cantidad de agua

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

que puedan contener; y logro definir que, un suelo se puede encontrar en cuatro estados (sólido, semisólido, plástico y líquido).

Figura 2
Límites de los estados del suelo.



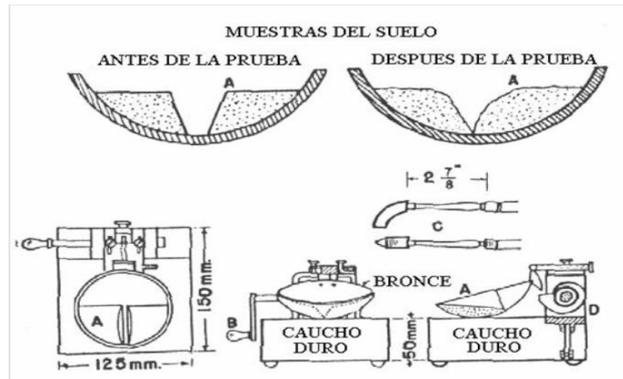
Fuente propia

Limite Liquido (LL): Se define como el contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto a la muestra seca en base seca, en la que el suelo cambia su estado de un estado plástico a un estado líquido. En base a esta definición, los suelos plásticos presentan en el límite líquido una resistencia muy pequeña al esfuerzo de corte y según Atterberg es de 25g/cm². Por lo que, en el límite líquido, la cohesión de un suelo es prácticamente nula. Para determinar el límite liquido se emplea la cuchara o aparato de Casagrande, donde se coloca la muestra de suelo donde se procede a efectuar una ranura en el centro de la cuchara, el límite liquido es definido como el porcentaje de humedad requerido para cerrar una distancia de 12.5 mm a lo largo del fondo de la ranura mediante la aplicación de 25 golpes del aparato Casagrande, sin embargo es difícil ajustar el contenido de humedad para que el suelo logre cerrar 12.5 mm con 25 golpes, por lo que se realizan al menos tres

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ensayos con diferentes porcentajes de humedades con un “N” número de golpes, que varían entre 15 a 35.

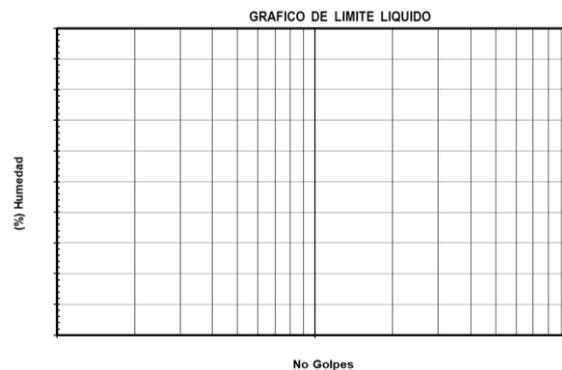
Figura 3
Equipo Casagrande para ensayo de limite liquido.



Fuente: <https://geotecniaymecanicasuelosabc.com/limites-atterberg/>.

Como ya se ha mencionado, el límite líquido es definido como el porcentaje de humedad que se obtiene a los 25 golpes por tanto bajo el apoyo de grafico de escala semilogarítmica se ingresan los valores de humedad obtenidos a “N” golpes, se traza una línea recta que pase o aproxime a los puntos insertados en la gráfica.

Figura 4
Grafico para determinar el límite líquido.



Nota: El grafico se efectúa en una escala semilogarítmica
Fuente propia.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Limite Plástico (LP): Se define como el contenido de humedad en el porcentaje con respecto al peso seco de la muestra, en las cuales un suelo pasa de un estado semisólido a un estado plástico, La determinación del ensayo se ejecuta normalmente con el material que ha sobrado del ensayo de límite líquido, al cual se le reduce la cantidad de humedad (agua) por evaporación hasta obtener una mezcla plástica y moldeable; el ensayo inicia con la formación de una pequeña bola el que se deberá rodillar con la palma de la mano sobre una placa de vidrio esmerilado formando filamentos con un diámetro de 3.17 mm (1/8”), el proceso del ensayo continua hasta que se produzca rompimientos; aquellos suelos que no se logran rodillar con ningún contenido de humedad son considerados como no plásticos (NP); los filamentos son colocados en un recipiente y se toma el peso para luego ser secados y proceder a la toma del peso, se determina el contenido de humedad que le corresponde al límite plástico con la siguiente ecuación:

Ecuación 1

Determinación del Limite Plástico.

$$LP = \frac{P_h}{P_s} \times 100$$

Donde:

LP : Limite plástico, expresado en porcentaje.

P_h : Peso de muestra en estado húmedo.

P_s : Peso de la muestra en estado seco.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Índice de Plasticidad (IP): El valor de índice de plasticidad, se puede definir como el rango de humedad en el cual suelo conserva sus propiedades plásticas, obteniéndose de la diferencia numerica entre el límite líquido y el límite plastico de un suelo determinado.

$$IP = LL - LP$$

Crespo, (2008) Señala que Según Atterberg si un suelo tiene un índice de plasticidad (IP) igual a cero se considera que el suelo es no plástico (NP); si el IP es menor a 7 entonces el suelo presenta una baja plasticidad; si el IP está comprendido entre 7 y 17 se considera que el suelo tiene una mediana plasticidad y cuando el suelo tiene un IP mayor a 17 señala que el suelo es altamente plástico.

1.1.2.7. Compactación de suelos y la Máxima Densidad Seca de los suelos (Proctor modificado)

Una de las condiciones más importantes que determinan el comportamiento de un suelo es su compactación, pues dependerá del grado de compactación la capacidad de soporte que el suelo pueda adquirir, asimismo las condiciones de permeabilidad, capacidad al esfuerzo cortante y otras características que están vinculados al grado de compactación, es por tanto muy importante el conocimiento de la máxima densidad que el suelo pueda adquirir mediante un óptimo contenido de humedad, uno de los métodos para conocer estas características es mediante el ensayo Proctor Modificado.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Beneficios de la Compactación de los Suelos

Budhu (2010); Nos menciona que la compactación se puede considerar como la técnica más popular y económica para mejorar las características de los suelos, mediante la expulsión del aire efectuado por un esfuerzo mecánico con la ayuda de un adecuado porcentaje de humedad. Los beneficios de compactación son:

- ✓ Mayor resistencia del suelo
- ✓ Mayor capacidad de carga
- ✓ Reducción de asentamientos (menor compresibilidad).
- ✓ Reducción de la filtración de aguas (Permeabilidad reducida)
- ✓ Reducción de la expansión y el colapso (contracción) del suelo.
- ✓ Mayor estabilidad de los suelos.

La compactación inadecuada de los suelos puede conducir a:

- ✓ Dificultades estructurales por asentamientos diferenciales excesivos o totales.
- ✓ Agrietamientos de pavimentos, pisos, etc.
- ✓ Erosión del suelo.

Proctor Modificado

Ante la necesidad de conocer las condiciones adecuadas para lograr la mejor compactación, se desarrolló una prueba de laboratorio denominado ensayo Proctor (en referencia al ingeniero Ralph R. Proctor), cuyo propósito es obtener la máxima densidad seca y la humedad optima

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

necesaria para alcanzar dicha densidad. El ensayo consta en mezclar el suelo con cierta cantidad de humedad para ser compactado mediante un pisón con una maza de 4.54 Kg que se deja caer libremente desde una altura de 45.7 cm en un molde de 2123 cm³.

Figura 5
Equipo Proctor.

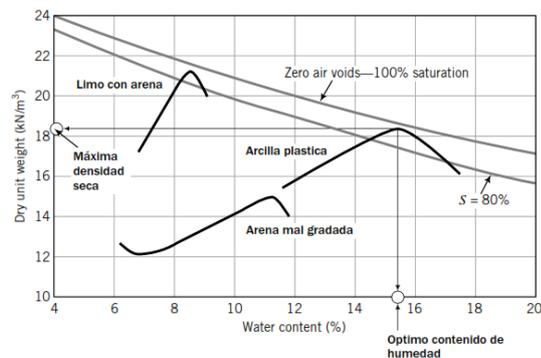


Nota: El equipo consta de molde con base y collarín así como el pisón para la compactación.

Fuente: Budhu (2010).

Se realizan cuatro o más pruebas con diferentes contenidos de humedad. Los resultados se representan como peso unitario seco (ordenadas) versus el contenido de humedad (abscisas). La figura a continuación representa las curvas típicas para suelos limosos, arcillosos y arenosos.

Figura 6
Curvas típicas de suelos.



Fuente: (Budhu, 2010)

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Del gráfico anterior podemos determinar los valores de máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad. Por tanto, podemos señalar que la máxima densidad seca, es el peso unitario que un suelo puede alcanzar aplicando medios de compactación, y el óptimo contenido de humedad es aquel contenido de agua que permite que un suelo alcance su máxima densidad.

1.1.2.8. Capacidad de soporte CBR de los suelos

El ensayo CBR fue propuesto en el año 1929 por los ingenieros del departamento de carreteras del estado de California de Estados Unidos, la cual establece una relación entre la resistencia a la penetración de un suelo y su capacidad de soporte como terreno de fundación para los pavimentos. Desde su incorporación el ensayo ha experimentado varias modificaciones, actualmente el ensayo CBR comprende 3 propiedades:

- Determinación de la densidad y humedad
- Determinación de las propiedades expansivas y
- Determinación de la resistencia a la penetración.

La resistencia a la penetración comprende la propiedad que estima el valor CBR de un suelo bajo condiciones de densidad y humedad controlada, la obtención del valor resulta de la relación de carga unitaria en Kg/cm² necesaria para lograr una profundidad de penetración de un pistón con un área patrón de 3 pulg², (19.4 cm²); hasta de 0.1” (2.54 mm) y 0.2” (5.08 mm) a las que se les asignan una carga patrón de

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

70.31 Kg/cm² y 105.45 Kg/cm² respectivamente, con la aplicación de la siguiente ecuación:

$$CBR = \frac{\text{Carga unitaria de ensayo}}{\text{Carga unitaria patrón}} \times 100\%$$

Con la finalidad de conocer el comportamiento de la muestra al aplicar carga se toma el registro de carga a distintas penetraciones las cuales servirán para el evaluar la forma de la curva, las lecturas se toman las penetraciones que señalan en la siguiente tabla:

Tabla 2
Penetración del ensayo de CBR en mm y pulgadas.

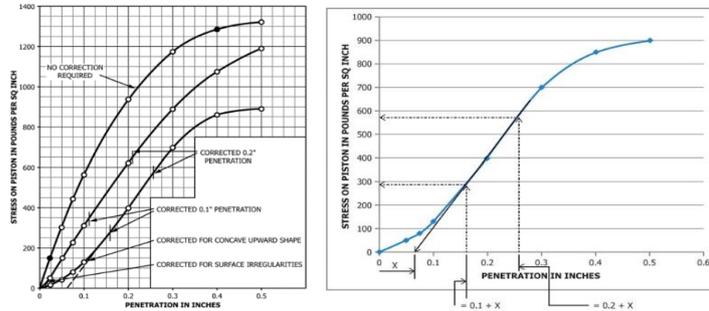
Milímetros	Pulgadas
0,63	0,025
1,27	0,050
1,90	0,075
2,54	0,100
3,17	0,125
3,81	0,150
5,08	0,200
7,62	0,300
10,16	0,400
12,70	0,500

Fuente: Manual de ensayos de materiales MTC

Conociendo el comportamiento de la curva penetración vs carga se evalúa la forma de la curva, de formar una curva cóncava que se pueden presentar por irregularidades en el contacto entre el pistón y el suelo u otras condiciones, por tanto, se requiere efectuar correcciones que modifican el valor de carga por tanto se genera un valor de CBR corregido; en la figura siguiente se aprecia las correcciones que se consideran.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

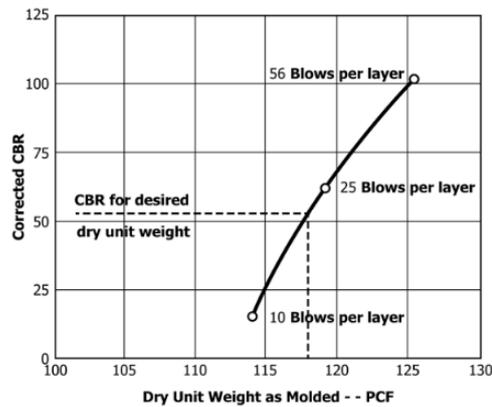
Figura 7
Curvas de penetración del ensayo CBR.



Fuente: ASTM D1883-16 “Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils”.

Una vez se haya efectuado las correcciones se trazan los valores corregidos vs los pesos unitarios, para luego evaluar el CBR a la densidad que se requiera conocer.

Figura 8
Determinación del CBR corregido



Fuente: “Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils”.

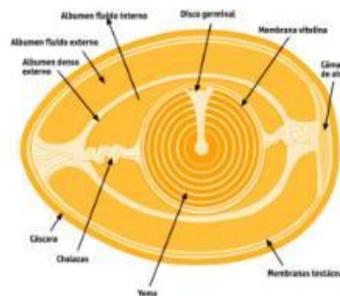
1.1.2.9. Huevo de Gallina

ILH (2020) señala que, un huevo de gallina puede pesar entre 45 y 70 g, con un peso usual entre 58 - 60 g. La cáscara puede representar el

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

11% del peso total del huevo, mientras que la clara y la yema representan el 53% y 31%, respectivamente. En la figura 1 podemos observar un esquema de corte transversal del huevo con sus distintas partes. El compuesto más abundante del huevo es el agua, que representa el 65.5% del peso del huevo. A ello le siguen las proteínas y los lípidos, representando el 12% y 11% del peso del huevo respectivamente. El contenido de carbohidratos es prácticamente insignificante (0.5%). El mayor componente de la cáscara son los nutrientes inorgánicos (96%), mientras que tanto en la clara como en la yema es el agua. Después del agua el mayor componente son las proteínas en la clara, y los lípidos en la yema.

Figura 9
Composición del huevo



Fuente: ILH.

1.1.2.10. Cáscara de huevo

León (2019) define que la cascara de huevo, son materiales de desecho baratos y abundantes, que se les da usos tradicionales como por ejemplo para alimento de animales, cal sustituida o fertilizante. Sin embargo, a la separación de este residuo en sus constituyentes minerales (cascara) y proteicos (membranas), permite el desarrollo de diferentes

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

aplicaciones para cada material, dando lugar a productos de mayor agregado. Monteiro, (2011). Así mismo señala que la cáscara del huevo es un tipo de residuo altamente vulnerable a la contaminación por la presencia de microorganismos. Beraldo & Nagumo (2014) Dado su aspecto, es bastante lógico especular que la cáscara contiene un elevado porcentaje de calcio. Y así es, ya que contiene un 95% de carbonato cálcico, además de proteínas y minerales. Sánchez (2018).

Por otro lado, el instituto de estudios del huevo señala que, la cáscara de huevo constituye aproximadamente un 9% del peso total del huevo, la que está compuesta por carbonato de calcio en un 94%, así como de carbonato magnésico en 1% y materias orgánicas en un 4% de proteínas.

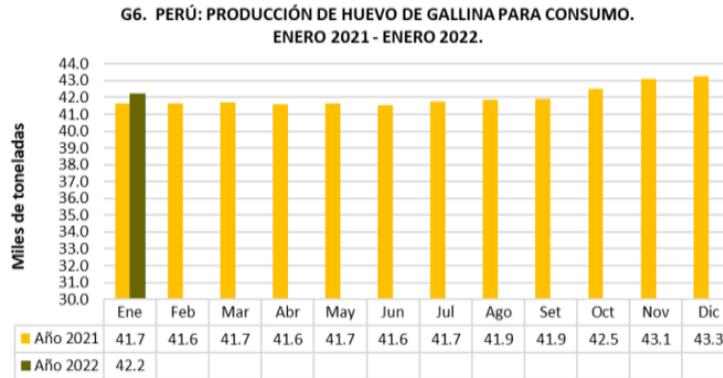
1.1.2.11. Producción de huevo en el Perú

Inonán & León (2022) Según el boletín estadístico de la producción y comercialización de productos avícolas del MINAGRI del mes de enero 2022), la producción de huevo al mes de Enero 2022 viene superando a la producción del año 2021, con una producción promedio de 42,2 mil toneladas. Las regiones de mayor participación en la participación de huevos de gallina son: Ica(39.7%), Lima(28.6%), La Libertad (16.8%) y Arequipa (3.6%).

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Figura 10

Producción de huevo de gallina para consumo enero 2021 - enero 2022.



Fuente: SIEA

Según los datos de producción señalados en la figura 11, durante el año 2021 se ha producido un total 504,3 mil toneladas, asumiendo que el 11% del peso corresponde a la cáscara del huevo, se estima un total de 55.47 mil toneladas de cáscara de huevo, que fueron desechados durante el 2021.

Figura 11

Producción de huevo para consumo según mes enero 2021 – enero 2022.

Mes	Gallinas en producción (Miles de unidades)			Producción de huevo (Miles de toneladas)		
	2021 ^P	2022 ^P	Var. %	2021 ^P	2022 ^P	Var. %
Ene	28,891	29,475	2.0	41.7	42.2	1.4
Feb	28,939			41.6		
Mar	28,961			41.7		
Abr	28,780			41.6		
May	28,669			41.7		
Jun	28,633			41.6		
Jul	28,721			41.7		
Ago	29,068			41.9		
Set	29,008			41.9		
Oct	29,165			42.5		
Nov	29,115			43.1		
Dic	29,114			43.3		

Fuente: SIEA.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

El consumo de huevo de gallina, alcanzó un consumo promedio de 242 unidades por año, por cuanto es importante señalar que las cantidades de desecho de la cáscara de huevo considera un volumen considerable.

1.1.2.12. Reutilización de Residuos

Como se ha mencionado, la energía juega un papel crucial en el crecimiento de los países en desarrollo. Teniendo en cuenta la baja disponibilidad de recursos energéticos no renovables junto con el requerimiento de grandes cantidades de energía para materiales de construcción como el cemento, no se puede subestimar la importancia de utilizar residuos industriales. Por otra parte, en países desarrollados, la preocupación por el medio ambiente lleva a buscar otro tipo de combustibles. Durante la fabricación de una tonelada de Cemento Portland Ordinario, necesitamos aproximadamente 1 toneladas de combustibles fósiles y se libera en la atmósfera una tonelada de CO₂ (Gowsika, et al.2014). Estas emisiones de dióxido de carbono resultan gravemente perjudiciales para el medio ambiente alterándolo de diversas formas. En este contexto, la búsqueda de un sustituto más barato es necesaria. Nace por tanto la idea de utilizar residuos industriales, grandes volúmenes de desechos sólidos que pueden terminar en ríos, lagos y aguas costeras. La eliminación de estos desechos es un problema muy importante, que puede causar riesgos para la salud pública, la

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

contaminación de los recursos hídricos y la contaminación del medio ambiente. Un gran número de plantas que emplean huevos en sus procesos, acumulan constantemente cantidades sustanciales de residuos industriales. Pradas (2019). Ante lo indicado consideramos de suma importancia la utilización de desechos que se generan por el consumo de huevo.

1.1.2.13. Definiciones

- **ANOVA:** Prueba estadística que permite analizar las diferencias entre las hipótesis específicas planteadas en la presente investigación.
- **Calicata:** Excavaciones efectuadas para el reconocimiento de los suelos que conforman en terreno de fundación, las profundidades pueden ser hasta 3 m, estas se realizan manualmente o con equipo mecánico.
- **Calcinación:** Proceso de calentar una sustancia a una temperatura elevada, para provocar la descomposición térmica o un cambio de estado en su constitución física o química.
- **CaO:** Oxido de calcio.
- **Capsula:** Recipientes o contenedores que se emplean para colocar las muestras húmedas y someterlos a secado en un horno eléctrico para la determinación del contenido de humedad.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

- **CBR:** “California Bearing Ratio”, siglas que definen al ensayo que evalúa la capacidad de soporte de la subrasante, terraplenes, y/o capas del pavimento, expresado en %.
- **Humedad higroscópica:** Contenido de humedad del suelo que se mantiene por condiciones atmosféricas.
- **IP:** Índice de plasticidad expresado en %.
- **LL:** Limite liquido expresado en %.
- **LP:** Limite plástico expresado en %.
- **MDS:** Máxima densidad seca expresado en g/cm^3 , obtenido por el ensayo de Proctor estándar o modificado.
- **MINAGRI:** Ministerio de agricultura y riego, entidad correspondiente al estado peruano.
- **Muestra:** Extracción de una porción de suelo que representa sus características físicas y mecánicas.
- **Mufla:** Equipo que funciona a altas temperaturas, compuesto de una cámara cerrada, la cual está cubierta por material refractario, que permite una entrega de calor uniforme al interior, alcanzando temperaturas de hasta 1.700°C .
- **NTP:** Normas Técnicas Peruanas.
- **OCH:** Optimo contenido de humedad expresado en %
- **pH:** Potencial de hidrogeno.
- **Saturación:** Condición de una muestra con presencia de agua que cubre el total de vacíos presentes en el suelo.

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

- **Subrasante:** Suelo que sirve de terreno de fundación para la colocación del paquete estructural de un pavimento.
- **Tamiz:** Equipo con abertura cuadrada y de dimensiones establecidas, que se emplea para separar los tamaños de las partículas del suelo.

1.2. Formulación del problema

Problema General

¿Cuál es la influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar ceniza de cáscara de huevo en porcentajes del 2%, 4% y 6%?

Problemas específicos

- ¿De qué manera influye la ceniza de cascara de huevo en porcentajes del 2%, 4% y 6% en el pH de un suelo arcilloso de subrasante?
- ¿De qué manera influye la ceniza de cascara de huevo en porcentajes del 2%, 4% y 6% en los límites de consistencia de un suelo arcilloso de subrasante?
- ¿De qué manera influye la ceniza de cascara de huevo en porcentajes del 2%, 4% y 6% en la máxima densidad seca de un suelo arcilloso de subrasante?
- ¿De qué manera influye la ceniza de cascara de huevo en porcentajes del 2%, 4% y 6% en la capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante?

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivos generales

Determinar la influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar ceniza de cáscara de huevo en porcentajes del 2%, 4% y 6%.

1.3.2. Objetivos específicos.

OE1: Determinar la variación del pH de un suelo natural y al adicionar ceniza de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%.

OE2: Determinar la variación de los límites de consistencia (límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad) de un suelo natural y al adicionar ceniza de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%

OE3: Determinar la variación de la máxima densidad seca de un suelo natural y al adicionar ceniza de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%.

OE4: Determinar la variación de la capacidad portante CBR de un suelo natural y al adicionar ceniza de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%.

1.4. Justificación del problema

Bapiraju & Prasad (2020); Nos señala que la aplicación de cáscara de huevo es una innovación tecnológica única, rentable y respetuosa con el medio ambiente al aplicarse en el mejoramiento de suelos, ya que es un agente estabilizador altamente eficiente y ecológico, destacando el uso de materiales reciclados. Así mismo García & Morales (2021), consideran que, las cáscaras de huevo que son

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

desechos pueden ser aprovechados en la aplicación de problemas en la ingeniería, por ejemplo, en el mejoramiento de las propiedades de suelos expansivos.

Debemos resaltar que la Organización de Naciones Unidas (ONU) ha planteado objetivos para un desarrollo sostenible, es así que la meta 12.5 señala que, al 2030 se debe reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización. Por cuanto, la importancia de la presente investigación se justifica en emplear residuos orgánicos, ya que al adicionar ceniza de cáscara de huevo, el que contiene un elevado porcentaje de óxido de calcio permitirá que los suelos arcillosos logren características apropiadas, en especial una capacidad de soporte CBR óptima a los requerimientos de la subrasante de un pavimento, evitando que los suelos arcillosos sean retirados y a su vez remplazados con materiales de préstamo (Canteras); otorgando un beneficio económico y medio-ambiental al sustituir materiales de alto costo. Este puede evitar la generación de materiales excedentes lo que representa disminución en los gastos operativos para el traslado de desechos, así como el costo en el transporte de material de préstamo desde una cantera.

En cuanto a la justificación de utilidad metodológica, podemos señalar que, no existe evidencia científica de estudios ni información detallada sobre las variables estudiadas en la calle Inmaculada Concepción del distrito de San Jerónimo – Cusco, por tanto este estudio servirá como base teórica y científica para futuras investigaciones donde se estudien diferentes tipos de suelos arcillosos, para el mejoramiento de las características de suelos arcillosos de una subrasante.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipotesis General

Hipótesis Nula (Ho): La adición de cenizas de cascara de huevo en 2%, 4% y 6%, no influye en las propiedades de pH, límites de consistencia, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcillosos de subrasante.

Hipótesis Alterna (Ha): La adición de cenizas de cascara de huevo en 2%, 4% y 6%, influye en las propiedades de pH, límites de consistencia, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcillosos de subrasante.

1.5.2. Hipótesis específicas

1.5.2.1. Hipótesis especifica 1

Hipótesis Nula (Ho): La adición de ceniza de cascara de huevo en 2%, 4% y 6% no influye, sobre el valor de pH de un suelo arcilloso de una subrasante.

Hipótesis Alterna (Ha): La adición de ceniza de cascara de huevo en 2%, 4% y 6%, influye sobre el valor de pH de un suelo arcilloso de una subrasante.

1.5.2.2. Hipótesis especifica 2

Hipótesis Nula (Ho): La adición de ceniza de cascara de huevo en 2%, 4% y 6% no influye, sobre el valor de límite de consistencia de un suelo arcilloso de subrasante.

Hipótesis Alterna (Ha): La adición de ceniza de cascara de huevo en 2%, 4% y 6% influye sobre el valor de límite de consistencia de un suelo arcilloso de subrasante.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

1.5.2.3. Hipótesis específica 3

Hipótesis Nula (Ho): La adición de ceniza de cascara de huevo en 2%, 4% y 6% no influye, sobre el valor de la máxima densidad seca de un suelo arcilloso de subrasante.

Hipótesis Alterna (Ha): La adición de ceniza de cascara de huevo en 2%, 4% y 6% influye sobre el valor de la máxima densidad seca de un suelo arcilloso de subrasante.

1.5.2.4. Hipótesis específica 4

Hipótesis Nula (Ho): La adición de ceniza de cascara de huevo en 2%, 4% y 6% no influye, sobre el valor de la capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante.

Hipótesis Alterna (Ha): La adición de ceniza de cascara de huevo en 2%, 4% y 6% influye sobre el valor de la capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1.. Tipo de investigación

La presente investigación es de diseño “Experimental”, debido a que se manipula de manera intencional una o más variables independientes (causas) con el que nos permita analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables (efectos) Hernández, S., Fernández, C. y Baptista, M. (2014)

Para la presente investigación las variables independientes fueron el suelo en su estado natural y los suelos con adición de ceniza de cáscara de huevo en 2%, 4% y 6% con lo que permitió apreciar las consecuencias sobre las variables dependientes pH, límites de consistencia, máxima densidad seca y CBR.

Según lo antes mencionado, podemos indicar que la presente investigación es de enfoque “Cuantitativo”, para Hernández, S., Fernández, C. y Baptista, M. (2014) el proceso cuantitativo es secuencial y probatorio; con una secuencia de eventos respetando el orden, puesto que una cosa lleva a otra, no obstante permite redefinir alguna fase del estudio.

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.2.1. Población

Para la presente investigación se considera la población a los suelos arcillosos de la subrasante de la pavimentación de la calle Inmaculada Concepción del distrito de San Jerónimo - Cusco.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

2.2.2. Muestra

Para la obtención de la muestra se aplicará el muestreo no probabilístico por conveniencia, por tanto, se ha considerado 4 muestras de estado natural y 12 muestras con adición de ceniza de cáscara de huevo en porcentajes de 2%, 4%, y 6%., con un total de 16 muestras, descritas en la siguiente tabla.

Tabla 3
Numero de muestras.

Perforación	Muestra	Descripción
P-1	M-1	Suelo de Subrasante en estado natural
P-1	M-2	Suelo adicionado con 2% de Ceniza de cáscara de huevo
P-1	M-3	Suelo adicionado con 4% de Ceniza de cáscara de huevo
P-1	M-4	Suelo adicionado con 6% de Ceniza de cáscara de huevo
P-2	M-5	Suelo de Subrasante en estado natural
P-2	M-6	Suelo adicionado con 2% de Ceniza de cáscara de huevo
P-2	M-7	Suelo adicionado con 4% de Ceniza de cáscara de huevo
P-2	M-8	Suelo adicionado con 6% de Ceniza de cáscara de huevo
P-3	M-9	Suelo de Subrasante en estado natural
P-3	M-10	Suelo adicionado con 2% de Ceniza de cáscara de huevo
P-3	M-11	Suelo adicionado con 4% de Ceniza de cáscara de huevo
P-3	M-12	Suelo adicionado con 6% de Ceniza de cáscara de huevo
P-4	M-13	Suelo de Subrasante en estado natural
P-4	M-14	Suelo adicionado con 2% de Ceniza de cáscara de huevo
P-4	M-15	Suelo adicionado con 4% de Ceniza de cáscara de huevo
P-4	M-16	Suelo adicionado con 6% de Ceniza de cáscara de huevo

Fuente propia.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnicas de Recolección de Datos

Según Hernández, S., Fernández, C. y Baptista, M. (2014) , la Observación, es un método de recolección de datos el cual consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables, a través de un conjunto de categorías y sub categorías. Bajo este concepto en la

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

presente investigación se observa, registra y analiza el comportamiento de las propiedades químicas, físicas y mecánicas (pH, Límites de consistencia, máxima densidad seca y CBR) del suelo arcilloso al adicionar cenizas de cáscara de huevo en porcentajes del 2%, 4% y 6%.

2.3.2. Instrumentos de recolección de datos.

Los instrumentos de recolección de los datos fueron los formatos de ensayos de laboratorio según se detalla a continuación:

- Determinación del valor pH en suelos NTP 339.176.
- Ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos NTP 339.129.
- Ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado) NTP 339.141.
- Relación de Soporte California CBR de suelos compactados en laboratorio NTP 339.145.

Para la ejecución de los ensayos mencionados se empleó el laboratorio de mecánica de suelos y agregados de la empresa Cumbra Ingeniería SA.

2.3.3. Análisis de Datos

Para el análisis de datos, los registros de los ensayos de laboratorio elaborados en la presente investigación se procesan en hojas de cálculo de Microsoft Excel mediante formatos establecidos y adecuados a la metodología de las normas técnicas peruanas “NTP” vigentes, que nos permite analizar los datos obtenidos en el laboratorio.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

2.3.4. Análisis Estadístico

2.3.4.1. Prueba de Normalidad

El análisis estadístico se iniciará con la prueba de normalidad a fin de determinar el tipo de prueba estadística que debemos aplicar en la presente investigación. Apoyados en el software IBM SPSS V25, podemos utilizar los siguientes métodos que están sujetos a la cantidad de muestras que se analizarán:

- Si $n < 50$, se aplica método Shapiro – Wilk.
- Si $n \geq 50$, se aplica método Kolmorov Smirnov.

Donde n = número de muestras.

Debido a que la cantidad de muestra considerada para la presente investigación es de 04 muestras por grupo evaluado, utilizaremos el método Shapiro-Wilk. Por tanto, se consideran las siguientes hipótesis.

- Hipótesis nula (H_0), nos señala que los datos analizados provienen de una distribución normal, con P-valor ≥ 0.05 , se acepta la H_0 ; por tanto, se aplica pruebas estadísticas paramétricas.
- Hipótesis alterna (H_a), nos señala que los datos analizados no provienen de una distribución normal, con P-valor < 0.05 , y se acepta la H_a . Aplicando a estas pruebas estadísticas no paramétricas.

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

En la siguiente tabla se presenta la evaluación efectuada a las muestras definidas para la presente investigación.

Tabla 4
Prueba de Normalidad.

Ensayos	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	P-valor
pH 0% CCH	0.963	4	0.797
pH 2% CCH	0.989	4	0.950
pH 4% CCH	0.770	4	0.058
pH 6% CCH	0.840	4	0.195
IP 0% CCH	0.971	4	0.850
IP 2% CCH	0.981	4	0.909
IP 4% CCH	0.931	4	0.599
IP 6% CCH	0.898	4	0.420
MDS 0% CCH	0.833	4	0.177
MDS 2% CCH	0.849	4	0.224
MDS 4% CCH	0.987	4	0.944
MDS 6% CCH	0.943	4	0.671
CBR 0.1" 0% CCH	0.849	4	0.224
CBR 0.1" 2% CCH	0.922	4	0.548
CBR 0.1" 4% CCH	0.985	4	0.929
CBR 0.1" 6% CCH	0.779	4	0.070
CBR 0.2" 0% CCH	0.773	4	0.062
CBR 0.2" 2% CCH	0.929	4	0.586
CBR 0.2" 4% CCH	0.810	4	0.122
CBR 0.2" 6% CCH	0.970	4	0.840

Fuente propia.

Debemos señalar que, debido a la aceptación de la hipótesis nula se procederá a aplicar pruebas estadísticas paramétricas, específicamente el método ANOVA.

2.3.4.2. Análisis de Varianza

El método ANOVA (**A**nalysis of **v**ariance), es un análisis estadístico paramétrico, que consiste en evaluar si dos o más grupos difieren de

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

manera significativa entre sí en cuanto a sus medias y varianzas; con este método podemos probar si el valor objetivo varía entre las combinaciones de categorías de las dos entradas siendo:

- ✓ Si la probabilidad obtenida $P_{\text{valor}} \geq 0.05$, se acepta la hipótesis nula (H_0).
- ✓ Si la probabilidad obtenida $P_{\text{valor}} < 0.05$, se acepta la hipótesis alterna (H_a).

2.3.4.3. Prueba de Tukey

Este método tiene como finalidad comparar las diferencias de las medias individuales que provienen del análisis de varianza (ANOVA) de varias muestras sometidas a distintos tratamientos, que en el caso de la presente investigación evalúa la influencia que produce la adición de cáscara de huevo al 2%, 4% y 6% de ceniza de cáscara de huevo.

2.4. Procedimiento

2.4.1. Muestreo de Suelo.

La presente investigación, ha considerado el muestreo de los suelos de la sub rasante de la pavimentación de la calle Inmaculada Concepción del distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco, considerando un total de 4 puntos de muestreo distribuidas a lo largo de la vía.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Figura 12

Ubicación de los puntos de muestreo.



Fuente propia.

La ubicación de los puntos de muestreo fue georreferenciada en el sistema

UTM WGS 84, y se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5

Ubicación de los puntos de muestreo.

Punto de muestreo	Zona	Este	Norte
P-1	19L	188405	8500369
P-2	19L	188453	8500370
P-3	19L	188494	8500368
P-4	19L	188524	8500359

Fuente propia.

Figura 13

Zona de muestreo.



Vista fotográfica de la calle Inmaculada Concepción – San Jerónimo - Cusco.

Fuente propia.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Para la obtención se efectuaron calicatas a cielo abierto a una profundidad de 1.5 m por debajo de la subrasante, se tomaron muestras en suficiente cantidad que permita efectuar los ensayos establecidos para la presente investigación. La distribución de las calicatas ha considerado evaluar la totalidad del proyecto, considerando las posibles variaciones del suelo.

Figura 14
Puntos de muestreo



Vista fotográfica de los puntos de muestro en la calle Inmaculada Concepción – San Jerónimo - Cusco

Fuente propia.

2.4.2. Recolección de Cáscara de Huevo

El requerimiento de cáscara de huevo necesario para cumplir con la presente investigación se ha logrado mediante la recolección de residuos de la preparación de venta de desayunos carretilleros de la asociación de comerciantes de emolientes y quinua Los Olivos “ACEQUITOS”, con puestos ubicados en la esquina de las avenidas Santa Elvira y Universitaria, y en la esquina de las avenidas Central y Huandoy del distrito de Los Olivos - Lima. La recolección fue realizada dos veces por semana (días martes y sábado) entre los meses de agosto a octubre del 2020; obteniendo un total de 36 Kg. de cáscara de huevo de residuo.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Figura 15
Almacenamiento de cáscara de huevo.



Fuente propia.

2.4.3. Calcinación de la Cáscara de Huevo.

El proceso, inició con el lavado de los residuos impregnados en la cascara de huevo, inmediatamente se procedió al secado a temperatura de ambiente, para luego aplicar el secado en un horno a temperatura constante de 60°C por un periodo de 15 horas, posteriormente se procedió a la trituración de la cáscara de huevo mediante una comba de goma hasta reducir a un tamaño menor de 4.76 mm (tamiz N° 4).

Figura 16
Proceso de trituración de la cascara de huevo.



(1) Trituración de la cáscara de huevo mediante una comba de goma. (2) acomodo de partículas con espátula que permita una adecuada trituración. (3) Reducción del tamaño hasta obtener un tamaño máximo de 4.76 mm. (4) Cáscara de huevo tamizado por la malla N° 4 (4.76 mm), preparada para su calcinación.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Fuente propia.

Seguidamente se efectuó el proceso de calcinación, mediante el empleo de una mufla eléctrica construida con materiales refractarios y crisoles de porcelana especiales para soportar altas temperaturas; la calcinación inicio con el ascenso de la temperatura hasta lograr una temperatura constante de $800^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ y mantener esta temperatura por un periodo de 4 horas.

Figura 17

Proceso de Calcinación de Cáscara de Huevo.



(1) Temperatura asumida para la calcinación de la cáscara de huevo 800°C ; (2) Periodo asumido para la calcinación de la cáscara de huevo (4:00 horas); (3) Crisoles con la ceniza de cáscara de huevo luego de ser sometido a 4 horas con temperatura de 800°C ; (4) Retiro del crisol de la mufla.

Fuente propia.

Una vez logrado el enfriamiento de la ceniza se procedió a la pulverización, con el apoyo de un recipiente y mortero de porcelana, hasta lograr que la muestra pase el 100% por el tamiz N° 200, la finalidad de la pulverización tiene por objetivo que la ceniza logre una mezcla homogénea con el suelo.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Figura 18

Proceso de pulverización de la ceniza de cáscara de huevo.



(1) Acumulación de la ceniza obtenida por la calcinación en la mufla; (2) Mortero empleado para la pulverización de la ceniza; (3) y (4) Proceso de pulverizado.

Fuente propia.

El proceso de calcinación ha sido posible debido a la disponibilidad de los equipos, en especial la mufla puesto que su capacidad es muy limitada y para obtener la cantidad necesaria de ceniza de cáscara de huevo fue necesario efectuar este proceso en un plazo de 20 días, con un proceso de calcinación para obtener un aproximado de 800 g de ceniza por día.

Figura 19

Esquema del procesamiento para obtener ceniza de cáscara de huevo.



Nota: El proceso para obtener el producto, desde la trituración de la cáscara, hasta la pulverización de la ceniza, aplicado en la presente investigación

Fuente propia.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

2.4.4. Composición química de la ceniza de cáscara de huevo y su importancia para la estabilización de suelos arcillosos.

Saldaña (2018) En su investigación de tesis “Resistencia a la compresión permeabilidad de mortero sustituyendo el cemento en 10% y 20% por polvo de cáscara de huevo y ceniza de cáscara de arroz.”, efectúa el ensayo de fluorescencia de rayos X dispersiva en energía (FRXDE) con la finalidad de conocer la composición química del PCH (Polvo de cascara de huevo) calcinado a 900°C por 3 horas obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 6
Composición Química del PCH calcinado a 900°C.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	12.305	11.614
SiO ₂	1.436	1.355
K ₂ O	0.061	0.057
CaO	91.875	86.710
Cr ₂ O ₃	0.017	0.007
Fe ₂ O ₃	0.008	0.008
CuO	0.006	0.006
SrO	0.240	0.226
ZrO ₂	0.012	0.011
BaO	0.089	0.101
Total	105.857	100.000

Fuente: Saldaña (2018).

Por otro lado, Reyes (2019) en su investigación de tesis “Resistencia a compresión y permeabilidad de un concreto $f'c=210$ kg/cm² al sustituir al cemento en 4%, 6% y 8% por cáscara de huevo.”, señala la ejecución del ensayo de fluorescencia de rayos X de la ceniza de cascara de huevo, calcinado a una temperatura de 700°C por un tiempo de 2 horas, y los valores obtenidos se detallan en la siguiente tabla:

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Tabla 7
Resultado de la Fluorescencia de rayos X de la ceniza de cáscara de huevo.

Composición química	Resultados (%)	Metodo utilizado
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	7.545	
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	1.016	
Dióxido de Azufre (SO ₂)	0.440	
Dióxido de Cloro (ClO ₂)	0.479	
Óxido de Potasio (K ₂ O)	4.723	
Óxido de Calcio (CaO)	89.879	Fluorescencia de Rayos X
Óxido de Titanio (TiO)	0.009	Dispersiva en energía
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	0.037	
Trióxido de Níquel (Ni ₂ O ₃)	0.002	
Óxido de Cobre (CuO)	0.003	
Óxido de Zinc (ZnO)	0.008	
Óxido de Estroncio (SrO)	0.218	
Dióxido de Zirconio (ZrO ₂)	0.006	
Óxido de Cadmio (SrO)	0.218	

Fuente: Reyes (2019).

Además, Leon (2019) en su investigación de tesis “Resistencia a la compresión en adobe, estabilizado en 2% y 3% con cenizas de cascara de huevo y cascara de arroz.”, presenta el resultado del ensayo de fluorescencia de rayos X de la ceniza de cascara de huevo, calcinado a una temperatura de 910°C por un tiempo de 2 horas, y los valores obtenidos se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 8
Composición elemental de cenizas de cascara de huevo en % de masa.

Oxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	10.034	9.970
SiO ₂	0.093	0.092
SO ₂	0.069	0.068
ClO ₂	0.148	0.0147
K ₂ O	0.068	0.068
CaO	89.847	89.275
Fe ₂ O ₃	0.006	0.006
CuO	0.005	0.005
ZnO	0.003	0.003
SrO	0.229	0.228
ZrO	0.002	0.002
Total	100.635	100.00

Fuente: Leon (2019).

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

En relación a las investigaciones efectuadas, se puede considerar que la ceniza de cáscara de huevo presenta oxido de calcio (CaO) entre 89.847% al 91.875% de concentración por masa. Este componente químico tiene un rol fundamental en la estabilización de suelos, es así que Amaya, Botero, & Ovando (2018) en su investigación “Oxido de Calcio en la estabilización de suelos arcillosos”, menciona que la estabilización con oxido de calcio (CaO) modifica a los suelos químicamente y los transforma en materiales considerados como aptos para su uso en la construcción a corto y mediano plazo, ya que incrementa su resistencia y reduce los efectos de cambios volumétricos. Asimismo, Cuadros (2017) nos señala que el uso de la cal en la estabilización de suelos tiene el propósito de mejorar las características naturales del suelo, de tal manera que al ser aplicados se obtiene un incremento en su capacidad para resistir los efectos ocasionados por el tránsito vehicular y por los cambios volumétricos en distintas condiciones climatológicas.

2.4.5. Asignación de muestras para los ensayos de laboratorio

Las muestras y ensayos a efectuar fueron considerados en base a las 4 perforaciones (calicatas) efectuadas, además se ha estimado las combinaciones con ceniza de cáscara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%, por cuanto, se han considerado un total de 16 muestras; en la siguiente tabla se definen las muestras y los ensayos a efectuar:

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Tabla 9
Determinación de muestras para ensayos de laboratorio.

Muestra	Descripción	ENSAYOS DE LABORATORIO				
		Granulometría	pH	Límites de consistencia	Proctor modificado	CBR
P-1 M-1	Suelo de Subrasante en estado natural	✓	✓	✓	✓	✓
P-1 M-2	Suelo adicionado con 2% de Ceniza de cáscara de huevo		✓	✓	✓	✓
P-1 M-3	Suelo adicionado con 4% de Ceniza de cáscara de huevo		✓	✓	✓	✓
P-1 M-4	Suelo adicionado con 6% de Ceniza de cáscara de huevo		✓	✓	✓	✓
P-2 M-5	Suelo de Subrasante en estado natural	✓	✓	✓	✓	✓
P-2 M-6	Suelo adicionado con 2% de Ceniza de cáscara de huevo		✓	✓	✓	✓
P-2 M-7	Suelo adicionado con 4% de Ceniza de cáscara de huevo		✓	✓	✓	✓
P-2 M-8	Suelo adicionado con 6% de Ceniza de cáscara de huevo		✓	✓	✓	✓
P-3 M-9	Suelo de Subrasante en estado natural	✓	✓	✓	✓	✓
P-3 M-10	Suelo adicionado con 2% de Ceniza de cáscara de huevo		✓	✓	✓	✓
P-3 M-11	Suelo adicionado con 4% de Ceniza de cáscara de huevo		✓	✓	✓	✓
P-3 M-12	Suelo adicionado con 6% de Ceniza de cáscara de huevo		✓	✓	✓	✓
P-4 M-13	Suelo de Subrasante en estado natural	✓	✓	✓	✓	✓
P-4 M-14	Suelo adicionado con 2% de Ceniza de cáscara de huevo		✓	✓	✓	✓
P-4 M-15	Suelo adicionado con 4% de Ceniza de cáscara de huevo		✓	✓	✓	✓
P-4 M-16	Suelo adicionado con 6% de Ceniza de cáscara de huevo		✓	✓	✓	✓

Fuente propia.

2.4.6. Consideraciones para los porcentajes de ceniza de cascara de huevo.

Higuera, Gomez, & Pardo (2012), en su investigación ha considerado que para evaluar el comportamiento del suelo tratado con hidróxido de calcio, es necesario efectuar la mezcla con diferentes porcentajes (2%, 4%, 6%, 8%, 10% y

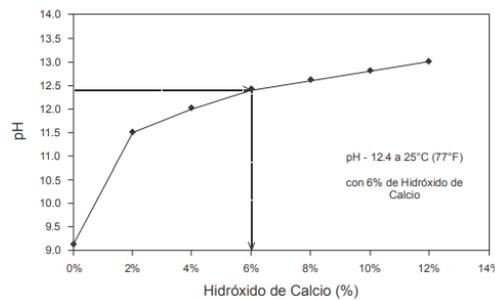
“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

12%), con la finalidad de obtener el optimo porcentaje de hidroxido de calcio.

Aplicando el metodo del pH, y establece que para lograr estabilizar el suelo con hidroxido de calcio sera aquella adicon que obtenga un valor pH de 12.4. En tal sentido la investigación concluye que el porcentaje optimo de hidroxido de calcio es de 6%. (Ver figura 20), señala ademas que, el mejor comportamiento en la capacidad de soporte CBR se presentó en porcentajes de hidroxido de calcio en mezclas con 2%, 4% y 6%

Figura 20

Selección del optimo porcentaje de hidróxido de calcio (Eades y Grim).

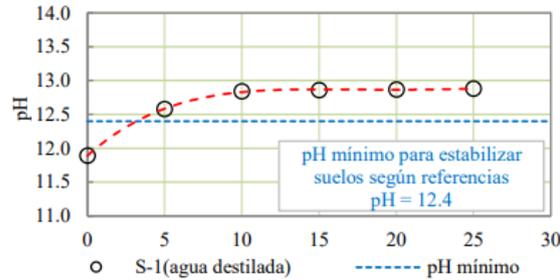


Fuente: Higuera, Gomez, & Pardo (2012)

Similares condiciones plantea Amaya, Botero & Ovando (2018); que para la determinación del contenido optimo de oxido de calcio (CaO), efectua la prueba de eades y grim considerando fundamental la permanencia de las reacciones puzolanicas entre los minerales de las arcillas y el oxido de calcio, para tal efecto considera que se debe determinar el optimo contenido de oxido de calcio que permita obtener un valor de pH de 12.4; es asi que según los analisis efectuados considera que entre las concentraciones de 3% y 5% se logra una estabilización.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Figura 21
Prueba Eades & Grim.



Fuente: Amaya, Botero & Ovando (2018).

Según el Manual de estabilización de suelo tratado con cal de la Nacional Lime Association, señala que, La cal puede lograr estabilizar los suelos finos de la subrasante de manera permanente, creando una capa de material con un valor estructural significativo, generalmente requiere la adición de cal entre el 3% al 6% en peso del suelo seco.

Ante lo expuesto, se ha considerado evaluar el comportamiento de las propiedades de ph, índice de consistencia, máxima densidad y CBR al adicionar ceniza de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%, bajo la evidencia de la presencia de óxido de calcio dentro de su composición química.

2.4.7. Proceso de dosificación y mezcla Suelo-Ceniza de cáscara de huevo

Una vez obtenido los materiales para la presente investigación se ha procedido a dosificar la ceniza de cáscara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6% con respecto a la muestra de suelo seco.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Debido al procedimiento que cada ensayo exige que estos se han secados a una temperatura máxima de 60 °C por tanto para la dosificación se ha considerado evaluar la humedad higroscópica presente en cada muestra preparada.

2.4.7.1. Dosificación y mezcla para determinar pH de suelos.

Para las muestras del pH, se ha iniciado con el cuarteo de las muestras de suelo pasante el tamiz N° 10, seguido a ello se ha procedido a dosificar según se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 10

Dosificación para el ensayo de pH de suelos.

Muestra N°	Peso suelo húmedo (g)	Humedad Higroscópica (%)	Peso Suelo Seco (g)	% Ceniza Cáscara de huevo.	Peso de la ceniza de cascara de huevo (g)	Peso total de muestra + ceniza de cascara de huevo (g)
P-1 M-1	30.00	3.15	29.08	0%	0.00	30.00
P-1 M-2	30.00	3.15	29.08	2%	0.58	30.58
P-1 M-3	30.00	3.15	29.08	4%	1.16	31.16
P-1 M-4	30.00	3.15	29.08	6%	1.74	31.74
P-2 M-5	30.00	3.25	29.06	0%	0.00	30.00
P-2 M-6	30.00	3.25	29.06	2%	0.58	30.58
P-2 M-7	30.00	3.25	29.06	4%	1.16	31.16
P-2 M-8	30.00	3.25	29.06	6%	1.74	31.74
P-3 M-9	30.00	3.56	28.97	0%	0.00	30.00
P-3 M-10	30.00	3.56	28.97	2%	0.58	30.58
P-3 M-11	30.00	3.56	28.97	4%	1.16	31.16
P-3 M-12	30.00	3.56	28.97	6%	1.74	31.74
P-4 M-13	30.00	3.46	29.08	0%	0.00	30.00
P-4 M-14	30.00	3.46	29.08	2%	0.58	30.67
P-4 M-15	30.00	3.46	29.08	4%	1.16	31.25
P-4 M-16	30.00	3.46	29.08	6%	1.74	31.83

Fuente propia.

Una vez dosificada se ha procedido a mezclar para su posterior proceso de saturación por un periodo de 24 horas según el procedimiento establecido en el método de ensayo normado según la NTP 339.176.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

2.4.7.2. Dosificación y mezcla para determinar los límites de consistencia de los suelos.

Para las muestras de los ensayos para determinar los límites de consistencia (límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad), se ha iniciado con el cuarteo de las muestras de suelo seco pasante el tamiz N° 40, seguido a ello se ha procedido a dosificar según se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 11

Dosificación para el ensayo de límites de consistencia de suelos.

Muestra N°	Peso suelo húmedo (g)	Humedad Higroscópica (%)	Peso Suelo Seco (g)	% Ceniza Cáscara de huevo.	Peso de la ceniza de cascara de huevo (g)	Peso total de muestra + ceniza de cascara de huevo (g)
P-1 M-1	200.00	3.55	193.14	0%	0.00	200.00
P-1 M-2	200.00	3.55	193.14	2%	3.86	203.86
P-1 M-3	200.00	3.55	193.14	4%	7.73	207.73
P-1 M-4	200.00	3.55	193.14	6%	11.59	211.59
P-2 M-5	200.00	3.79	192.70	0%	0.00	200.00
P-2 M-6	200.00	3.79	192.70	2%	3.85	203.85
P-2 M-7	200.00	3.79	192.70	4%	7.71	207.71
P-2 M-8	200.00	3.79	192.70	6%	11.56	211.56
P-3 M-9	200.00	3.48	193.27	0%	0.00	200.00
P-3 M-10	200.00	3.48	193.27	2%	3.87	203.87
P-3 M-11	200.00	3.48	193.27	4%	7.73	207.73
P-3 M-12	200.00	3.48	193.27	6%	11.60	211.60
P-4 M-13	200.00	3.15	193.89	0%	0.00	200.00
P-4 M-14	200.00	3.15	193.89	2%	3.88	203.88
P-4 M-15	200.00	3.15	193.89	4%	7.76	207.76
P-4 M-16	200.00	3.15	193.89	6%	11.63	211.63

Fuente propia.

Una vez dosificada se ha procedido a mezclar para su posterior proceso de saturación por un periodo de 24 horas, según el procedimiento establecido en el método de ensayo normado según la NTP 339.129.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

2.4.7.3. Dosificación y mezcla para determinar el Proctor modificado de los suelos.

Para las muestras de los ensayos de Proctor modificado para obtener la máxima densidad seca, se ha iniciado con el cuarteo de las muestras de suelo seco a 60°C pasante el tamiz N° 4, seguido a ello se ha procedido a dosificar según se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 12

Dosificación para el ensayo de Proctor modificado de suelos.

Muestra N°	Peso suelo húmedo (g)	Humedad Higroscópica (%)	Peso Suelo Seco (g)	% Ceniza Cáscara de huevo.	Peso de la ceniza de cascara de huevo (g)	Peso total de muestra + ceniza de cascara de huevo (g)
P-1 M-1	3000.00	3.41	2901.07	0%	0.00	3000.00
P-1 M-2	3000.00	3.41	2901.07	2%	58.02	3058.02
P-1 M-3	3000.00	3.41	2901.07	4%	116.04	3116.04
P-1 M-4	3000.00	3.41	2901.07	6%	174.06	3174.06
P-2 M-5	3000.00	3.71	2892.68	0%	0.00	3000.00
P-2 M-6	3000.00	3.71	2892.68	2%	57.85	3057.85
P-2 M-7	3000.00	3.71	2892.68	4%	115.71	3115.71
P-2 M-8	3000.00	3.71	2892.68	6%	173.56	3173.56
P-3 M-9	3000.00	3.68	2893.52	0%	0.00	3000.00
P-3 M-10	3000.00	3.68	2893.52	2%	57.87	3057.87
P-3 M-11	3000.00	3.68	2893.52	4%	115.74	3115.74
P-3 M-12	3000.00	3.68	2893.52	6%	173.61	3173.61
P-4 M-13	3000.00	3.49	2898.83	0%	0.00	3000.00
P-4 M-14	3000.00	3.49	2898.83	2%	57.98	3057.98
P-4 M-15	3000.00	3.49	2898.83	4%	115.95	3115.95
P-4 M-16	3000.00	3.49	2898.83	6%	173.93	3173.93

Fuente propia.

Con la dosificación establecida se ha procedido a la mezcla y posterior embolsado para aplicar el procedimiento que establece la norma del ensayo NTP 339.141, se debe señalar que para cada muestra se han procedido a preparar 4 muestras que permitan obtener la máxima densidad seca.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

2.4.7.4. Mezcla para determinar el CBR de los suelos en laboratorio.

Para las muestras de los ensayos de CBR en laboratorio, se ha iniciado con el cuarteo de las muestras de suelo seco pasante el tamiz N° 4, seguido a ello se ha procedido a dosificar según se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 13

Dosificación para el ensayo de CBR de suelos.

Muestra N°	Peso suelo húmedo (g)	Humedad Higroscópica (%)	Peso Suelo Seco (g)	% Ceniza Cáscara de huevo.	Peso de la ceniza de cascara de huevo (g)	Peso total de muestra + ceniza de cascara de huevo (g)
P-1 M-1	6000.00	3.25	5811.14	0%	0.00	6000.00
P-1 M-2	6000.00	3.25	5811.14	2%	116.22	6116.22
P-1 M-3	6000.00	3.25	5811.14	4%	232.45	6232.45
P-1 M-4	6000.00	3.25	5811.14	6%	348.67	6348.67
P-2 M-5	6000.00	3.48	5798.22	0%	0.00	6000.00
P-2 M-6	6000.00	3.48	5798.22	2%	115.96	6115.96
P-2 M-7	6000.00	3.48	5798.22	4%	231.93	6231.93
P-2 M-8	6000.00	3.48	5798.22	6%	347.89	6347.89
P-3 M-9	6000.00	3.69	5786.48	0%	0.00	6000.00
P-3 M-10	6000.00	3.69	5786.48	2%	115.73	6115.73
P-3 M-11	6000.00	3.69	5786.48	4%	231.46	6231.46
P-3 M-12	6000.00	3.69	5786.48	6%	347.19	6347.19
P-4 M-13	6000.00	3.51	5796.54	0%	0.00	6000.00
P-4 M-14	6000.00	3.51	5796.54	2%	115.93	6115.93
P-4 M-15	6000.00	3.51	5796.54	4%	231.86	6231.86
P-4 M-16	6000.00	3.51	5796.54	6%	347.79	6347.79

Fuente propia.

2.4.8. Clasificación del suelo en estado natural

Para afirmar que los suelos obtenidos para la presente investigación son clasificados como suelos arcillosos, se ha efectuado ensayos de laboratorio a las 4 muestras obtenidas y que presentan los siguientes resultados:

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Tabla 14
Clasificación de los suelos en estado natural.

Muestra N°	% Pasa				LL (%)	IP (%)	CLASIFICACION		DENOMINACION
	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200			SUCS	AASHTO	
P-1 M-1	100.0	99.5	98.0	81.4	36.4	16.7	CL	A-6(13)	Arcilla de baja plasticidad arenoso
P-2 M-5	99.0	98.1	95.5	80.4	37.6	16.4	CL	A-6(13)	Arcilla de baja plasticidad arenoso
P-3 M-9	99.2	98.6	96.1	80.2	36.7	15.3	CL	A-6(12)	Arcilla de baja plasticidad arenoso
P-4 M-13	100.0	99.0	97.3	80.0	39.3	17.4	CL	A-6(14)	Arcilla de baja plasticidad arenoso

Fuente propia

2.4.9. Ensayos de Laboratorio

La investigación comprende en efectuar ensayos de laboratorio que permitirán evaluar las características químicas, físicas, mecánicas indicados en los objetivos de la presente investigación, para cumplir con la ejecución de los ensayos se contó con el apoyo del laboratorio de mecánica de suelos de la empresa CUMBRA Ingeniería SA; a continuación, se procede a describir los procedimientos de cada ensayo efectuado.

2.4.9.1. Ensayo normalizado para la determinación de valor pH (NTP 339.176.)

Equipos y Materiales:

- Equipo pH metro o medidor de pH.
- Balanza analítica de capacidad de 200 g con aproximación al 0.0001 g
- Tamiz N° 10 (2mm)
- 02 Vasos de precipitación de 500 ml, de capacidad
- 03 vasos de vidrio de 100 ml, de capacidad
- Agua destilada
- Solución buffer pH 4 y 9.2.

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Procedimiento:

- Secar la muestra al aire esparciéndola en una bandeja, a temperatura ambiente.
- Desmenuzar los grumos del suelo mediante una comba de goma hasta reducir a un tamaño uniforme menor a 2 mm.
- Pasar la muestra por un tamiz de 2mm de abertura (malla N° 10), aquellos terrones de suelo deberán ser triturados y volver a pasar por el tamiz de 2 mm de abertura (malla N° 10).
- En caso las muestras presenten partículas de grava, deben ser retiradas previamente debe asegurarse que no tengan material fino adherido a ellas, por ejemplo, por cepillado, sin producir pérdidas de finos.
- De la muestra obtenida, tomar 30,0 g de suelo y colocarlo en un vaso de precipitación de 100 ml.
- Adicionar 75 ml de agua destilada al vaso de precipitación, agitar la suspensión por unos minutos, tapar con luna de reloj y dejar reposando por 24 horas.
- Agitar la suspensión inmediatamente antes del ensayo.
- Calibrar el medidor de pH usando las soluciones buffer pH 4 y 9.2.
- Lavar el electrodo con agua destilada y sumergido en la suspensión de suelo. Tomar dos o tres lecturas de pH de la suspensión con breves

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

agitaciones entre cada lectura. Estas lecturas estarán en un rango de 0,05 unidades de pH antes de ser aceptado.

- Retirar los electrodos de la suspensión y lavarlos con agua destilada.

Verificar nuevamente la calibración del medidor de pH comparando con una de las soluciones buffer estándar.

Figura 22

Proceso para determinar el pH.



(1) Dosificación y mezcla de la muestra de suelo con el porcentaje de la ceniza de cáscara de huevo; (2) Adición de agua destilada según lo establecido por el método de ensayo; (3) Saturación de la mezcla efectuado por 24 horas; (4) Medición del valor de pH de la mezcla suelo/ceniza de cáscara de huevo.

Fuente propia

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 15

Resultado de Ensayos de pH de suelos.

MUESTRA	LECTURA				PROMEDIO
	1	2	3	4	
P-1 M-1	6.5	6.51	6.49	6.51	6.5
P-1 M-2	10.47	10.49	10.58	10.51	10.5
P-1 M-3	11.62	11.6	11.59	11.58	11.6
P-1 M-4	12.59	12.6	12.61	12.61	12.6
P-2 M-5	6.8	6.76	6.78	6.79	6.78
P-2 M-6	10.95	11	10.91	10.91	10.94
P-2 M-7	12.05	12.11	12.14	12.1	12.1

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

MUESTRA	LECTURA				PROMEDIO
	1	2	3	4	
P-2 M-8	13.09	13.14	13.08	13.07	13.1
P-3 M-9	6.65	6.69	6.62	6.7	6.67
P-3 M-10	10.75	10.79	10.74	10.68	10.74
P-3 M-11	12.14	12.15	12.16	12.09	12.14
P-3 M-12	13.07	13.08	13.1	13.05	13.08
P-4 M-13	6.65	6.69	6.64	6.71	6.67
P-4 M-14	10.71	10.72	10.69	10.68	10.7
P-4 M-15	12.21	12.23	12.18	12.17	12.2
P-4 M-16	13.24	13.21	13.18	13.16	13.2

Fuente propia.

2.4.9.2. Análisis Granulométrico por tamizado.

El ensayo de análisis granulométrico ha sido efectuado con la finalidad de conocer la distribución de las partículas del suelo, así como verificar la clasificación de los suelos, que para nuestro caso hemos estimado como suelos arcillosos.

Equipos:

- Tamices de malla cuadrada. (N°4, N°8, N°10, N°16, N°20, N°30, N°40, N°50, N°60, N°80, N°100, N°140, N°200)
- Balanza de capacidad 6000 g con sensibilidad al 0.1 g.
- Horno de secado con temperatura constante de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
- Bandejas, tazones, escobillas, brochas.

Procedimiento:

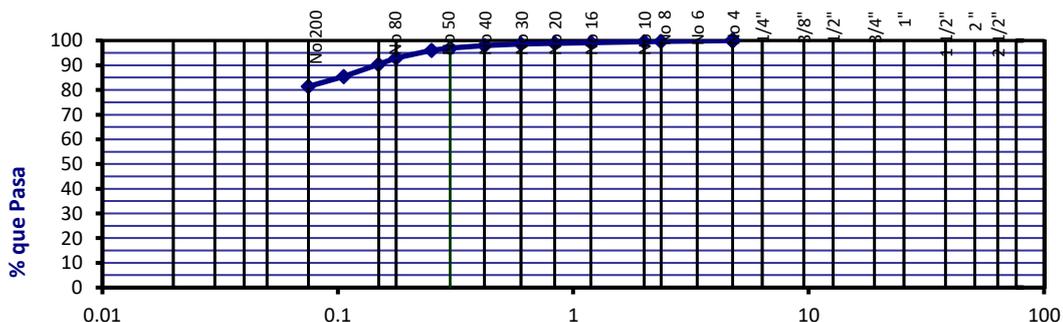
- Se separa la muestra mediante cuarteo, como un peso mínimo de 200 g pesados con una exactitud de 0.1 g.
- Humedad higroscópica. Pesar una porción de 10 a 15 g del cuarteo efectuado y se seca en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ($230 \pm$

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

9 °F) hasta obtener un peso constante, una vez se enfría la muestra se procede a pesar nuevamente y se anotan los pesos.

- Colocar la muestra en un recipiente apropiado, cubriéndola con agua y se deja en remojo hasta que todos los terrones se ablanden, de preferencia se debe remojar por un periodo de 12 horas
- Se lava a continuación la muestra sobre el tamiz de 0,074 mm (N° 200) con abundante agua, evitando frotarla contra el tamiz y teniendo mucho cuidado de que no se pierda ninguna partícula de las retenidas en él.
- Se recoge lo retenido en un recipiente, se seca en el horno a una temperatura constante de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) para posteriormente dejar enfriar y pesar.
- Una vez se tenga la muestra con el peso constante, se procede a tamizar por los tamices seleccionados, mediante agitado hasta lograr que suelo pase en su totalidad.
- Pesarse el retenido de cada tamiz, en la balanza con aproximación de 0.1 g.
- Los datos obtenidos son procesados mediante el cálculo aplicado en la siguiente ecuación:

Tabla 16
Distribución Granulométrica del suelo en su estado natural de la perforación P-1.



“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

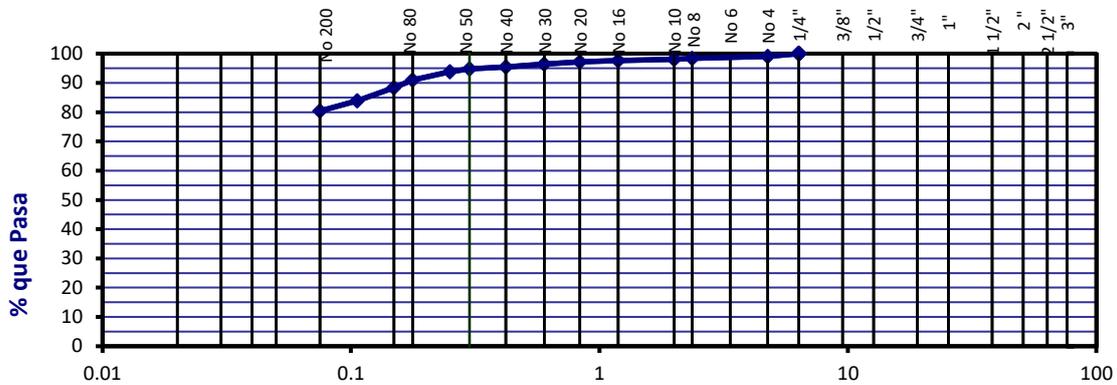
Tamiz ASTM	No. 4	No. 8	No. 10	No. 16	No. 20	No. 30	No. 40	No. 50	No. 60	No. 80	No. 100	No. 140	No. 200
Abertura (mm)	4.76	2.36	2	1.19	0.834	0.6	0.42	0.3	0.25	0.177	0.149	0.106	0.075
% que Pasa	100	99.6	99.5	99.1	98.9	98.6	98	96.9	96	93	90.3	85.4	81.4

Fuente propia.

Tabla 17

Distribución Granulométrica del suelo en su estado natural de la perforación P-2.

Tamiz ASTM	1/4"	No. 4	No. 8	No. 10	No. 16	No. 20	No. 30	No. 40	No. 50	No. 60	No. 80	No. 100	No. 140	No. 200
Abertura (mm)	6.35	4.76	2.36	2.00	1.19	0.834	0.6	0.42	0.3	0.25	0.177	0.149	0.106	0.075
% que Pasa	100	99	98.4	98.1	97.6	97.2	96.4	95.5	94.8	93.8	91	88.4	83.9	80.4

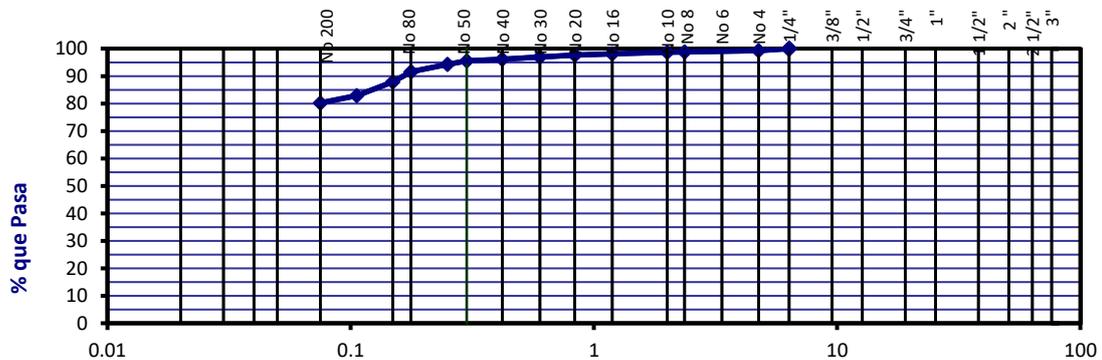


Fuente propia.

Tabla 18

Distribución Granulométrica del suelo en su estado natural de la perforación P-3.

Tamiz ASTM	1/4"	No. 4	No. 8	No. 10	No. 16	No. 20	No. 30	No. 40	No. 50	No. 60	No. 80	No. 100	No. 140	No. 200
Abertura (mm)	6.35	4.76	2.36	2.00	1.19	0.834	0.6	0.42	0.3	0.25	0.177	0.149	0.106	0.075



“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

% que Pasa 100.0 99.2 98.8 98.6 98.1 97.6 96.9 96.1 95.5 94.2 91.6 87.8 82.8 80.2

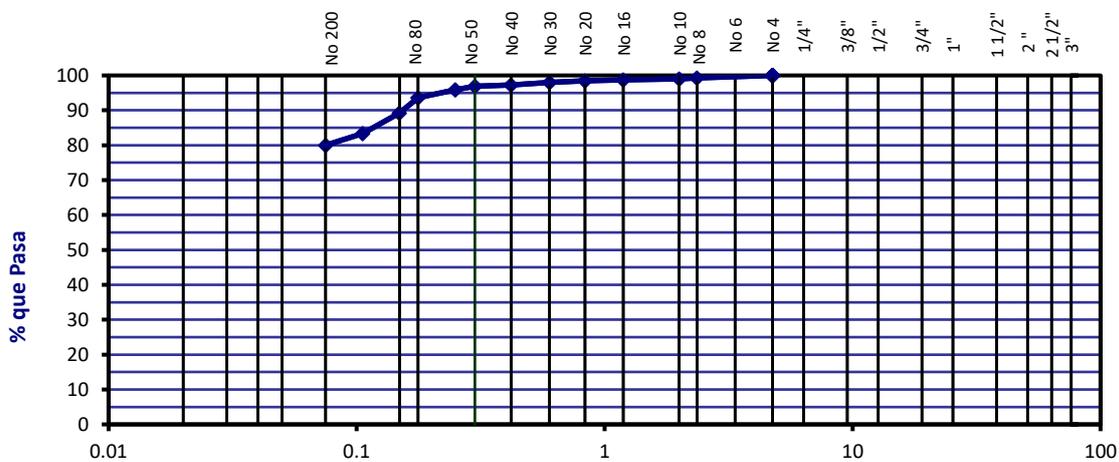
Fuente propia.

Tabla 19

Distribución Granulométrica del suelo en su estado natural de la perforación P-4.

Tamiz ASTM	No. 4	No. 8	No. 10	No. 16	No. 20	No. 30	No. 40	No. 50	No. 60	No. 80	No. 100	No. 140	No. 200
Abertura (mm)	4.76	2.36	2.00	1.19	0.834	0.6	0.42	0.3	0.25	0.177	0.149	0.106	0.075
% que Pasa	100.0	99.3	99	98.7	98.5	98	97.3	96.9	95.9	93.6	89.2	83.4	80.0

Fuente propia.



Fuente propia.

2.4.9.3. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos NTP 339.129

Equipos:

- Aparato Casagrande.
- Balanza de capacidad 600 g. con aproximación al 0.01 g.
- Horno de secado con temperatura constante de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
- Placa esmerilada.
- Recipiente de porcelana.
- Espátula.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

- Acanalador (Ranurador)
- Capsulas.

Procedimiento:

Limite Líquido:

- Previo a la ejecución de los ensayos se debe preparar el suelo secado al horno a una temperatura constante de 60°C hasta lograr que los terrones se puedan pulverizar; posteriormente tamizar el suelo por la malla N° 40.
- Para el presente ensayo se ha procedido a
- Obtener una cantidad de suelo de por lo menos 200 g, para luego ser colocado en un recipiente y agregar agua destilada debiendo saturar el material de manera homogénea.
- Colocar una porción del suelo en la copa Casagrande debiendo esparcirla presionándola hasta una profundidad de 10 mm en su punto más profundo, debiendo formar una superficie horizontal
- Mediante el acanalador separar la muestra de la copa debiendo verificar el cumplimiento del espesor de la muestra (10 mm). Alternativamente se puede apoyar cortando la muestra con la espátula y luego usar el acanalador.
- Iniciar con el ensayo moviendo el manubrio que levante la copa y permita su caída a una velocidad de 2 golpes por segundo hasta que las mitades se junten en una longitud de ½” (13 mm).
- Registrar el número de golpes que fueron necesarios para cerrar la ranura, tomar una muestra representativa del sector donde las mitades se

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

desplazaron, colocarlo en un recipiente y proceder a tomar el peso de la muestra.

- Retornar el excedente de muestra de la copa al recipiente de mezclado, agregar agua destilada para incrementar la humedad del suelo y disminuir el numero de golpes necesarios para cerrar la ranura; este paso debe ser repetido de tal manera que se obtengan una muestra que cierre entre 25 a 35 golpes, otra entre 20 y 30 golpes y una tercera entre 15 a 25 golpes.
- Determinar el contenido de humedad de cada espécimen de acuerdo a la siguiente fórmula.

Ecuación 2

Calculo del Contenido de Humedad.

$$W^n = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado al horno}} \times 100$$

Donde:

W^n = Contenido de humedad del número de golpes

- El cálculo para determinar el límite liquido consta en conocer el contenido de humedad de cada punto obtenido, esta será tabulada en una escala semi logarítmica considerando el límite liquido el valor de humedad que corresponde a 25 golpes.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Figura 23
Proceso del ensayo límite líquido.



(1) Saturación de la muestra para efectuar el ensayo, (2) Ejecución del ensayo con velocidad de 2 golpes por segundo, (3) Muestra luego del ensayo, se aprecia unión de las partes separadas (4) Muestra colocada en recipiente y registro de la masa del suelo húmedo.

Fuente propia.

Límite Plástico:

- Seleccionar una porción de 20g del suelo preparado para el ensayo de límite líquido, tomar una cantidad necesaria y formar una masa de forma elipsoidal con el espécimen de ensayo, enrollar la masa entre la palma o los dedos y la placa de vidrio con la presión necesaria para enrollar la masa en un hilo de diámetro de 3,2mm (1/8”) en no más de 2 minutos.
- Se continúa este enrollamiento cuantas veces sea necesario, hasta que el suelo se desmenuce o presente signos de fisuras cuando es llevado a hilos de 3,2mm de diámetro.
- Reunir las porciones del hilo agrietado y colocarlas en un recipiente de peso conocido, repetir las operaciones hasta que el recipiente tenga no menos de 6g, tener dos recipientes como mínimo. Determinar el contenido de

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

humedad del suelo contenido en los recipientes. El cálculo del límite plástico se obtiene promediando dos contenidos de humedad.

Ecuación 3

Calculo Límite plástico.

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado al horno}} \times 100$$

Figura 24

Proceso de ensayo Límite plástico.



(1) Procesamiento del ensayo según el procedimiento establecido, (2) Se aprecia las muestras procesadas con un diámetro de 1/8”, (3) Acumulación de la muestra para tomar la masa.

Fuente propia.

Índice de Plasticidad El índice de plasticidad consiste en la diferencia entre los valores de límite líquido y límite plástico.

Ecuación 4

Índice de plasticidad.

$$IP = LL - LP$$

Donde:

IP: Índice de plasticidad

LL: Límite Líquido

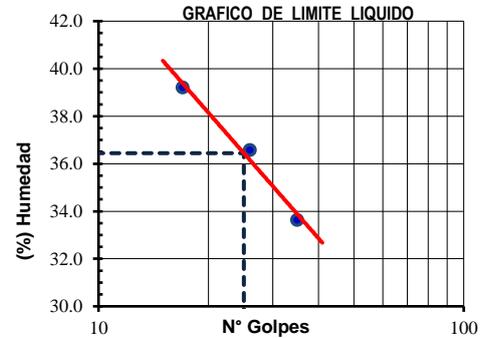
LP: Límite plástico

A continuación, se presenta los ensayos efectuados a las 16 muestras

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Tabla 20
Ensayo Limite Liquido del suelo en estado natural muestra P-1 M-1.

Ensayo Limite Líquido			
Cápsula No	54	40	39
Peso de la Cápsula (g)	28.64	29.66	29.59
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)	46.52	46.95	46.42
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	42.02	42.32	41.68
Numero de Golpes	35	26	17
Peso del agua (g)	4.5	4.63	4.74
Peso del Suelo Seco (g)	13.38	12.66	12.09
Contenido de Humedad (%)	33.63	36.57	39.21
LIMITE LIQUIDO: 36.44			



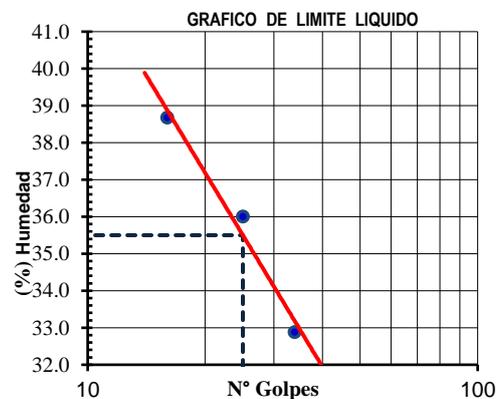
Fuente propia.

Tabla 21
Ensayo Limite Plástico del suelo en estado natural muestra P-1 M-1.

Ensayo Limite Plástico		
Capsula Nro	8	1
Peso de la Capsula (g)	15.43	15.7
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (g)	20.86	21.36
Peso de la Capsula + Suelo Seco (g)	19.97	20.42
Peso del Agua (g)	0.89	0.94
Peso del Suelo Seco (g)	4.54	4.72
Contenido de Humedad (%)	19.6	19.92
PROMEDIO	19.76	

Tabla 22
Ensayo Limite Liquido del suelo con adición del 2%, muestra P-1 M-2.

Ensayo Limite Liquido			
Cápsula No	29	26	18
Peso de la Cápsula (g)	36.55	23.8	36.28
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)	46.25	47.26	45.89
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	43.85	41.05	43.21
Numero de Golpes	34	25	16
Peso del agua (g)	2.4	6.21	2.68
Peso del Suelo Seco (g)	7.3	17.25	6.93
Contenido de Humedad (%)	32.88	36	38.67
LIMITE LIQUIDO: 35.5			



Fuente propia.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Tabla 23

Ensayo Limite Plástico del suelo con adición del 2%, muestra P-1 M-2.

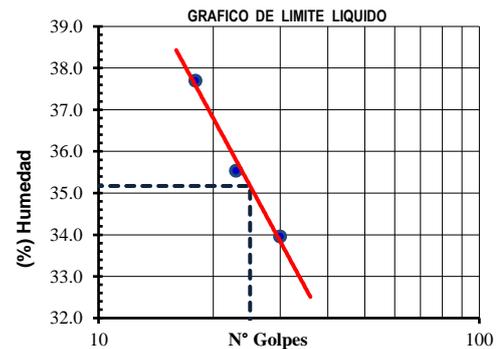
Ensayo Limite Plástico		
Capsula Nro	8	11
Peso de la Capsula (g)	15.43	16.36
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (g)	26.65	25.84
Peso de la Capsula + Suelo Seco (g)	24.65	24.15
Peso del Agua (g)	2	1.69
Peso del Suelo Seco (g)	9.22	7.79
Contenido de Humedad (%)	21.69	21.69
PROMEDIO	21.69	

Fuente propia.

Tabla 24

Ensayo Limite Liquido del suelo con adición del 4%, muestra P-1 M-3.

Ensayo Limite Liquido			
Cápsula No	37	53	34
Peso de la Cápsula (g)	28.56	28.5	26.49
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)	46.47	46.54	42.27
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	41.93	41.81	37.95
Numero de Golpes	30	23	18
Peso del agua (g)	4.54	4.73	4.32
Peso del Suelo Seco (g)	13.37	13.31	11.46
Contenido de Humedad (%)	33.96	35.54	37.7
LIMITE LIQUIDO:	35.2		



Fuente propia.

Tabla 25

Ensayo Limite Plástico del suelo con adición del 4%, muestra P-1 M-3

Ensayo Limite Plástico		
Capsula Nro	11	27
Peso de la Capsula (g)	16.36	16.4
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (g)	21.88	21.94
Peso de la Capsula + Suelo Seco (g)	20.85	20.93
Peso del Agua (g)	1.03	1.01
Peso del Suelo Seco (g)	4.49	4.53
Contenido de Humedad (%)	22.94	22.3
PROMEDIO	22.62	

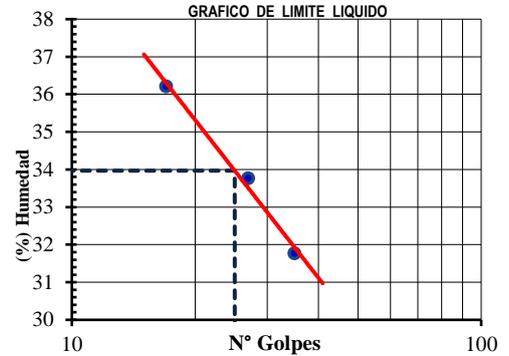
Fuente propia.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Tabla 26

Ensayo Limite Liquido del suelo con adición del 6%, muestra P-1 M-4.

Ensayo Limite Liquido			
Cápsula No	38	32	50
Peso de la Cápsula (g)	27.71	29.04	27.81
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)	51.48	54.04	57.64
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	45.75	47.73	49.71
Numero de Golpes	35	27	17
Peso del agua (g)	5.73	6.31	7.93
Peso del Suelo Seco (g)	18.04	18.69	21.9
Contenido de Humedad (%)	31.76	33.76	36.21
LIMITE LIQUIDO: 34			



Fuente propia.

Tabla 27

Ensayo Limite Plástico del suelo con adición del 6%, muestra P-1 M-4

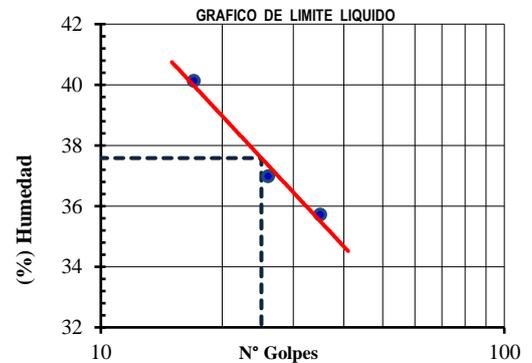
Ensayo Limite Plástico		
Capsula Nro	28	18
Peso de la Capsula (g)	15.57	17.69
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (g)	21.72	23.26
Peso de la Capsula + Suelo Seco (g)	20.56	22.17
Peso del Agua (g)	1.16	1.09
Peso del Suelo Seco (g)	4.99	4.48
Contenido de Humedad (%)	23.25	24.33
PROMEDIO		23.8

Fuente propia.

Tabla 28

Ensayo Limite Liquido del suelo en estado natural, muestra P-2 M-5.

Ensayo Limite Liquido			
Cápsula No	32	25	19
Peso de la Cápsula (g)	29.04	36.98	23.15
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)	45.95	47.02	45.99
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	41.5	44.31	39.45
Numero de Golpes	35	26	17
Peso del agua (g)	4.45	2.71	6.54
Peso del Suelo Seco (g)	12.46	7.33	16.3
Contenido de Humedad (%)	35.71	36.97	40.12
LIMITE LIQUIDO: 37.58			



Fuente propia.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Tabla 29

Ensayo Limite Plástico del suelo en estado natural, muestra P-2 M-5.

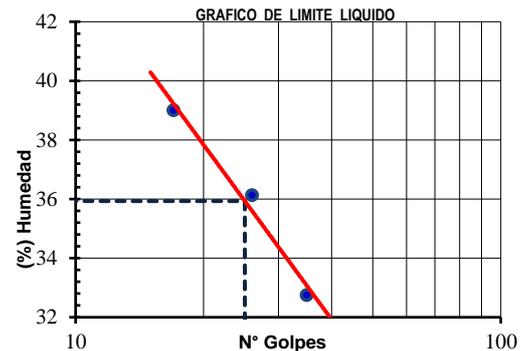
Ensayo Limite Plástico		
Capsula No	2	9
Peso de la Capsula (g)	16.42	16.63
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (g)	25.78	25.25
Peso de la Capsula + Suelo Seco (g)	24.15	23.74
Peso del Agua (g)	1.63	1.51
Peso del Suelo Seco (g)	7.73	7.11
Contenido de Humedad (%)	21.09	21.24
PROMEDIO	21.16	

Fuente propia.

Tabla 30

Ensayo Limite Liquido del suelo con adición del 2%, muestra P-2 M-6.

Ensayo Limite Liquido			
Cápsula No	14	7	23
Peso de la Cápsula (g)	37.37	23.04	24.21
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)	44.95	46.25	47.02
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	43.08	40.09	40.62
Numero de Golpes	35	26	17
Peso del agua (g)	1.87	6.16	6.4
Peso del Suelo Seco (g)	5.71	17.05	16.41
Contenido de Humedad (%)	32.75	36.13	39
LIMITE LIQUIDO:	35.93		



Fuente propia.

Tabla 31

Ensayo Limite Plástico del suelo con adición del 2%, muestra P-2 M-6.

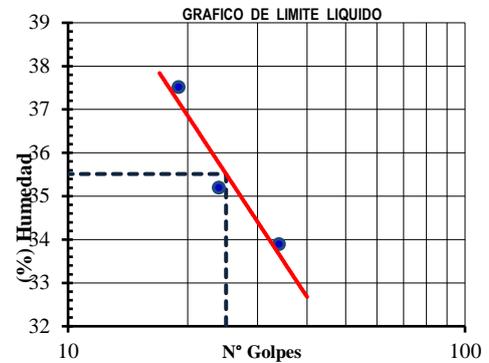
Ensayo Limite Plástico		
Capsula No	10	9
Peso de la Capsula (g)	15.77	14
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (g)	26.02	25.84
Peso de la Capsula + Suelo Seco (g)	24.17	23.71
Peso del Agua (g)	1.85	2.13
Peso del Suelo Seco (g)	8.4	9.71
Contenido de Humedad (%)	22.02	21.94
PROMEDIO	21.98	

Fuente propia.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Tabla 32
Ensayo Limite Liquido del suelo con adición del 4%, muestra P-2 M-7.

Ensayo Limite Liquido			
Cápsula No	9	12	17
Peso de la Cápsula (g)	22.14	23.09	22.5
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)	48.02	51.25	46.55
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	41.47	43.92	39.99
Numero de Golpes	34	24	19
Peso del agua (g)	6.55	7.33	6.56
Peso del Suelo Seco (g)	19.33	20.83	17.49
Contenido de Humedad (%)	33.89	35.19	37.51
LIMITE LIQUIDO: 35.51			



Fuente propia.

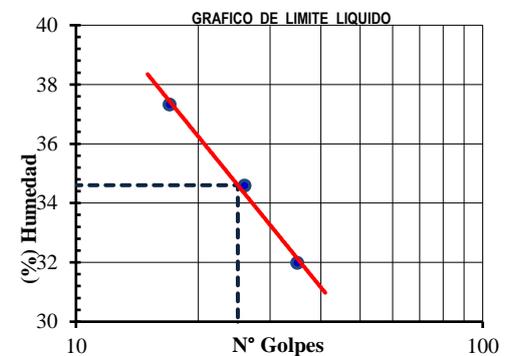
Tabla 33
Ensayo Limite Plástico del suelo con adición del 4%, muestra P-2 M-7.

Ensayo Limite Plástico		
Capsula No	4	8
Peso de la Capsula (g)	19.92	14
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (g)	27.33	26.58
Peso de la Capsula + Suelo Seco (g)	25.95	24.23
Peso del Agua (g)	1.38	2.35
Peso del Suelo Seco (g)	6.03	10.23
Contenido de Humedad (%)	22.89	22.97
PROMEDIO	22.93	

Fuente propia.

Tabla 34
Ensayo Limite Liquido del suelo con adición del 6%, muestra P-2 M-8.

Ensayo Limite Liquido			
Cápsula No	15	20	18
Peso de la Cápsula (g)	22.74	22.63	36.28
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)	49.03	47.77	48.68
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	42.66	41.31	45.31
Numero de Golpes	35	26	17
Peso del agua (g)	6.37	6.46	3.37
Peso del Suelo Seco (g)	19.92	18.68	9.03
Contenido de Humedad (%)	31.98	34.58	37.32
LIMITE LIQUIDO: 34.6			



Fuente propia.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Tabla 35

Ensayo Limite Plástico del suelo con adición del 6%, muestra P-2 M-8.

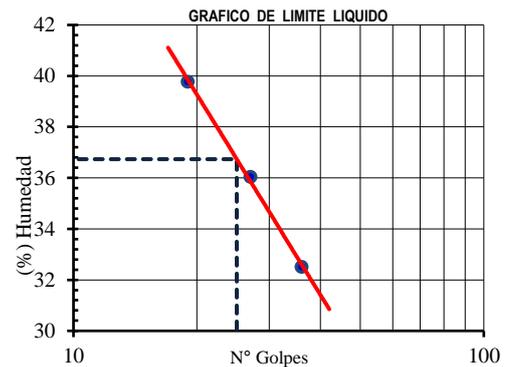
Ensayo Limite Plástico		
Capsula Nro	14	26
Peso de la Capsula (g)	16.35	14
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (g)	29.02	27.85
Peso de la Capsula + Suelo Seco (g)	26.48	25.08
Peso del Agua (g)	2.54	2.77
Peso del Suelo Seco (g)	10.13	11.08
Contenido de Humedad (%)	25.07	25
PROMEDIO	25.04	

Fuente propia.

Tabla 36

Ensayo Limite Liquido del suelo en estado natural, muestra P-3 M-9.

Ensayo Limite Liquido			
Cápsula No	10	17	21
Peso de la Cápsula (g)	23.92	22.5	23.45
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)	46.26	48.02	47.77
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	40.78	41.26	40.85
Numero de Golpes	36	27	19
Peso del agua (g)	5.48	6.76	6.92
Peso del Suelo Seco (g)	16.86	18.76	17.4
Contenido de Humedad (%)	32.5	36.03	39.77
LIMITE LIQUIDO:	36.73		



Fuente propia.

Tabla 37

Ensayo Limite Plástico del suelo en estado natural, muestra P-3 M-9.

Ensayo Limite Plástico		
Capsula Nro	4	7
Peso de la Capsula (g)	19.92	15.7
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (g)	25.78	25.25
Peso de la Capsula + Suelo Seco (g)	24.75	23.56
Peso del Agua (g)	1.03	1.69
Peso del Suelo Seco (g)	4.83	7.86
Contenido de Humedad (%)	21.33	21.5
PROMEDIO	21.41	

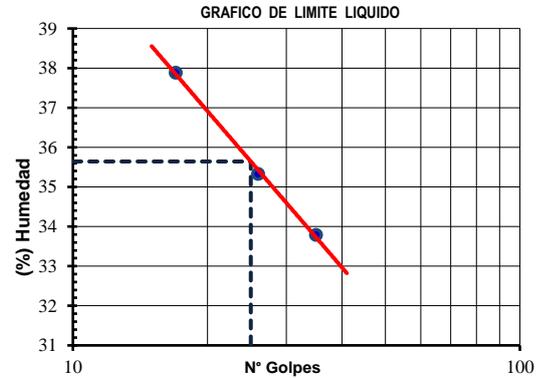
Fuente propia.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Tabla 38

Ensayo Limite Liquido del suelo con adición del 2%, muestra P-3 M-10.

Ensayo Limite Liquido			
Cápsula No	9	17	22
Peso de la Cápsula (g)	22.14	22.5	23.2
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)	48.95	46.33	47.26
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	42.18	40.11	40.65
Numero de Golpes	35	26	17
Peso del agua (g)	6.77	6.22	6.61
Peso del Suelo Seco (g)	20.04	17.61	17.45
Contenido de Humedad (%)	33.78	35.32	37.88
LIMITE LIQUIDO: 35.64			



Fuente propia.

Tabla 39

Ensayo Limite Plástico del suelo con adición del 2%, muestra P-3 M-10.

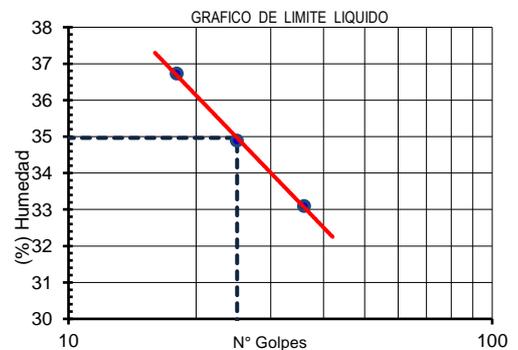
Ensayo Limite Plástico		
Capsula Nro	21	20
Peso de la Capsula (g)	16.23	12.06
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (g)	27.56	28.05
Peso de la Capsula + Suelo Seco (g)	25.48	25.12
Peso del Agua (g)	2.08	2.93
Peso del Suelo Seco (g)	9.25	13.06
Contenido de Humedad (%)	22.49	22.43
PROMEDIO		22.46

Fuente propia.

Tabla 40

Ensayo Limite Liquido del suelo con adición del 4%, muestra P-3 M-11.

Ensayo Limite Liquido			
Cápsula No	22	19	1
Peso de la Cápsula (g)	23.2	23.15	21.93
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)	49.02	46.85	48.55
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	42.6	40.72	41.4
Numero de Golpes	36	25	18
Peso del agua (g)	6.42	6.13	7.15
Peso del Suelo Seco (g)	19.4	17.57	19.47
Contenido de Humedad (%)	33.09	34.89	36.72
LIMITE LIQUIDO: 34.96			



Fuente propia.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Tabla 41

Ensayo Limite Plástico del suelo con adición del 4%, muestra P-3 M-11.

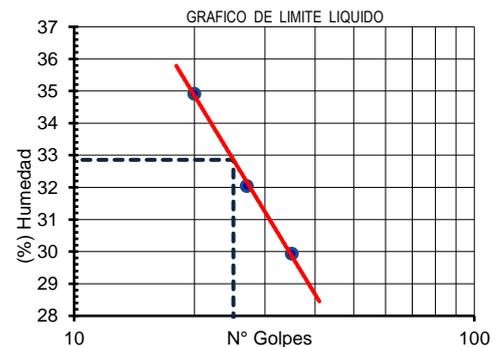
Ensayo Limite Plástico		
Capsula Nro	14	28
Peso de la Capsula (g)	16.35	15.57
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (g)	29.02	28.14
Peso de la Capsula + Suelo Seco (g)	26.66	25.81
Peso del Agua (g)	2.36	2.33
Peso del Suelo Seco (g)	10.31	10.24
Contenido de Humedad (%)	22.89	22.75
PROMEDIO	22.82	

Fuente propia.

Tabla 42

Ensayo Limite Liquido del suelo con adición del 6%, muestra P-3 M-12.

Ensayo Limite Liquido			
Cápsula No	7	15	3
Peso de la Cápsula (g)	23.04	22.74	23.53
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)	48.26	47.84	46.95
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	42.45	41.75	40.89
Numero de Golpes	35	27	20
Peso del agua (g)	5.81	6.09	6.06
Peso del Suelo Seco (g)	19.41	19.01	17.36
Contenido de Humedad (%)	29.93	32.04	34.91
LIMITE LIQUIDO:	32.86		



Fuente propia.

Tabla 43

Ensayo Limite Plástico del suelo con adición del 6%, muestra P-3 M-12.

Ensayo Limite Plástico		
Capsula Nro	26	21
Peso de la Capsula (g)	16.45	16.23
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (g)	30.01	26.56
Peso de la Capsula + Suelo Seco (g)	27.41	24.59
Peso del Agua (g)	2.6	1.97
Peso del Suelo Seco (g)	10.96	8.36
Contenido de Humedad (%)	23.72	23.56
PROMEDIO	23.64	

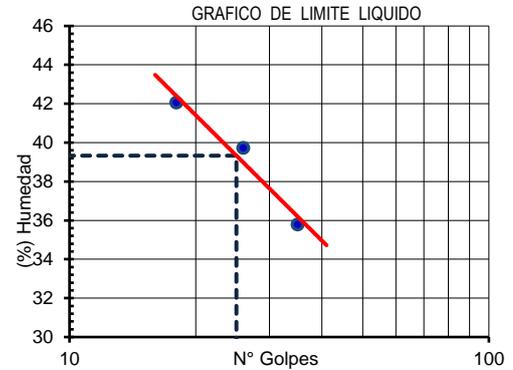
Fuente propia.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Tabla 44

Ensayo Limite Liquido del suelo en estado natural, muestra P-4 M-13.

Ensayo Limite Liquido			
Cápsula No	17	20	25
Peso de la Cápsula (g)	22.5	22.63	36.98
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)	45.69	47.25	42.25
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	39.58	40.25	40.69
Numero de Golpes	35	26	18
Peso del agua (g)	6.11	7	1.56
Peso del Suelo Seco (g)	17.08	17.62	3.71
Contenido de Humedad (%)	35.77	39.73	42.05
LIMITE LIQUIDO: 39.33			



Fuente propia.

Tabla 45

Ensayo Limite Plástico del suelo en estado natural, muestra P-4 M-13.

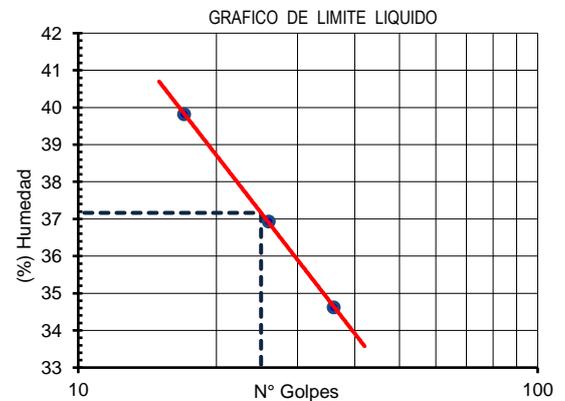
Ensayo Limite Plástico		
Capsula Nro	11	18
Peso de la Capsula (g)	16.36	17.69
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (g)	26.58	27.54
Peso de la Capsula + Suelo Seco (g)	24.74	25.77
Peso del Agua (g)	1.84	1.77
Peso del Suelo Seco (g)	8.38	8.08
Contenido de Humedad (%)	21.96	21.91
PROMEDIO	21.93	

Fuente propia.

Tabla 46

Ensayo Limite Liquido del suelo con adición del 2%, muestra P-4 M-14.

Ensayo Limite Liquido			
Cápsula No	16	16	28
Peso de la Cápsula (g)	23.3	23.3	22.85
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)	46.32	45.88	47.15
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	40.4	39.79	40.23
Numero de Golpes	36	26	17
Peso del agua (g)	5.92	6.09	6.92
Peso del Suelo Seco (g)	17.1	16.49	17.38
Contenido de Humedad (%)	34.62	36.93	39.82
LIMITE LIQUIDO: 37.16			



Fuente propia.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Tabla 47

Ensayo Limite Plástico del suelo con adición del 2%, muestra P-4 M-14.

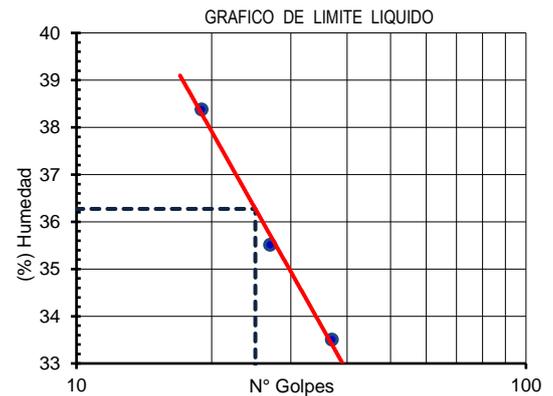
Ensayo Limite Plástico		
Capsula Nro	20	22
Peso de la Capsula (g)	12.06	16.24
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (g)	27.98	28.01
Peso de la Capsula + Suelo Seco (g)	25.05	25.84
Peso del Agua (g)	2.93	2.17
Peso del Suelo Seco (g)	12.99	9.6
Contenido de Humedad (%)	22.56	22.6
PROMEDIO	22.58	

Fuente propia.

Tabla 48

Ensayo Limite Liquido del suelo con adición del 4%, muestra P-4 M-15.

Ensayo Limite Liquido			
Cápsula No	26	21	22
Peso de la Cápsula (g)	23.8	23.45	23.2
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)	46.95	45.85	47.25
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	41.14	39.98	40.58
Numero de Golpes	37	27	19
Peso del agua (g)	5.81	5.87	6.67
Peso del Suelo Seco (g)	17.34	16.53	17.38
Contenido de Humedad (%)	33.51	35.51	38.38
LIMITE LIQUIDO:	36.27		



Fuente propia.

Tabla 49

Ensayo Limite Plástico del suelo con adición del 4%, muestra P-4 M-15.

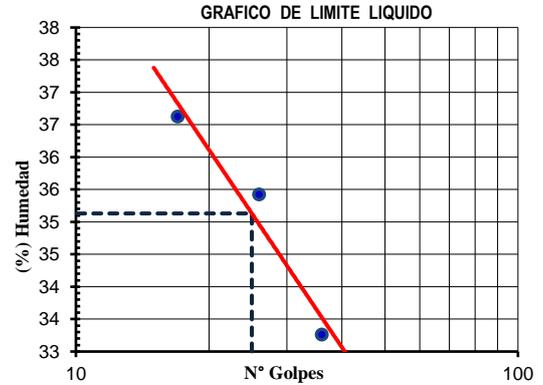
Ensayo Limite Plástico		
Capsula Nro	14	10
Peso de la Capsula (g)	16.35	15.77
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (g)	29.26	29.26
Peso de la Capsula + Suelo Seco (g)	26.84	26.74
Peso del Agua (g)	2.42	2.52
Peso del Suelo Seco (g)	10.49	10.97
Contenido de Humedad (%)	23.07	22.97
PROMEDIO	23.02	

Fuente propia.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Tabla 50
Ensayo Limite Liquido del suelo con adición del 6%, muestra P-4 M-16.

Ensayo Limite Liquido			
Cápsula No	28	30	32
Peso de la Cápsula (g)	22.85	22.38	29.04
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)	47.65	46.58	47.02
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	41.46	40.25	42.2
Numero de Golpes	36	26	17
Peso del agua (g)	6.19	6.33	4.82
Peso del Suelo Seco (g)	18.61	17.87	13.16
Contenido de Humedad (%)	33.26	35.42	36.63
LIMITE LIQUIDO: 35.13			



Fuente propia.

Tabla 51
Ensayo Limite Plástico del suelo con adición del 6%, muestra P-4 M-16.

Ensayo Limite Plástico		
Capsula Nro	19	22
Peso de la Capsula (g)	17.42	16.24
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (g)	28.59	27.98
Peso de la Capsula + Suelo Seco (g)	26.29	25.59
Peso del Agua (g)	2.3	2.39
Peso del Suelo Seco (g)	8.87	9.35
Contenido de Humedad (%)	25.93	25.56
PROMEDIO	25.75	

Fuente propia.

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los resultados de los valores de los ensayos de limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad:

Tabla 52
Resultados Limite líquido (LL), Límite plástico (LP) e Índice de Plasticidad (IP)

MUESTRA	LL	LP	IP
P-1 M-1	36.44	19.76	16.68
P-1 M-2	35.5	21.69	13.81
P-1 M-3	35.17	22.62	12.55
P-1 M-4	33.97	23.79	10.18
P-2 M-5	37.58	21.16	16.42
P-2 M-6	35.93	21.98	13.95

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

P-2 M-7	35.51	22.93	12.58
P-2 M-8	34.6	25.04	9.56
P-3 M-9	36.73	21.41	15.32
P-3 M-10	35.64	22.46	13.18
P-3 M-11	34.96	22.82	12.14
P-3 M-12	32.86	23.64	9.22
P-4 M-13	39.33	21.93	17.4
P-4 M-14	37.16	22.58	14.58
P-4 M-15	36.27	23.02	13.25
P-4 M-16	35.13	25.75	9.38

Fuente propia.

2.4.9.4. Compactación de Suelos en Laboratorio utilizando una Energía Modificada – “Proctor Modificado” NTP 339.141.

Equipos:

- Molde Proctor 4”, con un promedio de 101.6 mm \pm 0.4 mm de diámetro interior y una altura de 116.4 mm \pm 0.5 mm y un volumen de 944 cm³ \pm 14 cm³.
- Pisón o martillo con una caída libre de 457.2 mm \pm 1.6 mm y con una masa de 4.54 Kg \pm 0.01 Kg.
- Balanza con capacidad de 30 Kg y aproximación al 1 g.
- Horno de secado con temperatura constante del 110 \pm 5°C.
- Tamices ¾” 3/8” y N° 4 (4.76 mm).
- Probeta graduada 1000 ml
- Bandejas y Tazones
- Cucharon, espátula, brocha,

Procedimiento Método seco:

- Secar la muestra al aire o empleando un horno a temperatura no mayor a 60°C.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

- Desmenuzar las partículas de suelos que presenten grumos evitando quebrar partículas individuales.
- Tamizar el suelo por los tamices $\frac{3}{4}$ ”, 3/8” y N° 4.
- Para nuestro caso se empleará el método A; el que considera el empleo del suelo que pasa el tamiz N° 4. Debiendo pesar 2.5 Kg de suelos
- Seleccionar el contenido de agua inicial para la primera según el tipo de suelo y sobre ella proyectar que la humedad se incremente alrededor del 2%, sobre cada una de las muestras.
- Colocar el suelo suelto dentro del molde y extenderlo en una capa de espesor uniforme. Apisonar suavemente el suelo antes de la compactación hasta que este no esté en estado suelto o esponjoso.
- Compactar el espécimen en cinco capas, cada capa deberá ser compactada con 25 golpes con el martillo pisón, cada capa deberá tener aproximadamente el mismo espesor.
- Después de la compactación de la última capa, remover el collar y plato base del molde. Mediante el apoyo de una cuchilla se deberá arreglar el suelo adyacente al collar, soltando el suelo del collar y removiendo sin permitir el desgarramiento del suelo bajo la parte superior del molde.
- Enrasar cuidadosamente el espécimen compactado, por medio de una regla metálica, en caso sea necesario rellenar cualquier hoyo de la superficie, con suelo no usado o despejado del espécimen, presionar con los dedos y vuelva a raspar con la regla metálica.
- Se registra la masa del espécimen y molde con aproximación al gramo.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

- Remueva el material del molde y obtener una muestra en un recipiente de peso conocido, se puede obtener removiendo 500 g del material de los lados cortados. para determinar el contenido de humedad.
- Efectuada la compactación del último espécimen, comparar los valores de peso unitario seco y plotear el peso unitario seco versus el contenido de humedad de cada espécimen compactado.
- Plotee los valores y dibuje la curva de compactación como una curva suave a través de los puntos. Plotee el Peso Unitario Seco con aproximación a 0,02 g/cm³ y contenido de agua aproximado a 0,1%. En base a la curva de compactación, determine el Óptimo Contenido de Agua y el Peso Unitario Seco Máximo. Para el cálculo del ensayo se aplican las siguientes ecuaciones:

Ecuación 5

Calculo Densidad Húmeda.

$$\rho_m = \frac{M_i - M_{md}}{V}$$

Donde:

ρ_m = Densidad Húmeda del espécimen compactado (g/cm³).

M_i = Masa del espécimen húmedo y molde (g).

M_{md} = Masa del molde de compactación (g).

V = Volumen del molde de compactación (cm³).

Ecuación 6

Calculo Densidad seca.

$$W = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado al horno}} \times 100$$

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Ecuación 7

Calculo del contenido de humedad.

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{W}{100}}$$

ρ_d = Densidad seca del espécimen compactado (g/cm^3).

W = Contenido de agua (%).

Figura 25

Proceso de preparación del suelo y la ceniza de cascara de huevo.



(1) Desmenuzando de la muestra mediante comba de goma (2) Muestra procesada por tamizado (N°4) (3) Dosificación de la ceniza de cascara de huevo en relación al peso de muestra preparada (4) Ceniza de cáscara de huevo para cada punto del ensayo de Proctor modificado

Fuente propia.

Figura 26

Proceso de mezcla y homogenización del suelo, ceniza de cascara de huevo y agua.



(1) Dosificación de la masa de suelo para el ensayo de Proctor modificado (2) Adición de la ceniza de cascara de huevo para el mezclado con el suelo; (3) adición de agua según el

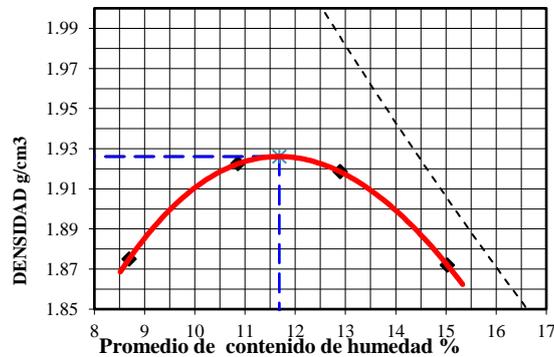
“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

porcentaje de humedad estimado (4) Protección hermética de la mezcla a fin pueda homogenizar el contenido de humedad

Fuente propia.

Tabla 53
Resultado del ensayo Proctor; de la muestra P-1 M-1.

DESCRIPCION	PUNTO			
	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	8.69	10.86	12.9	15.03
Densidad seca del suelo (g/cm ³)	1.875	1.922	1.918	1.872



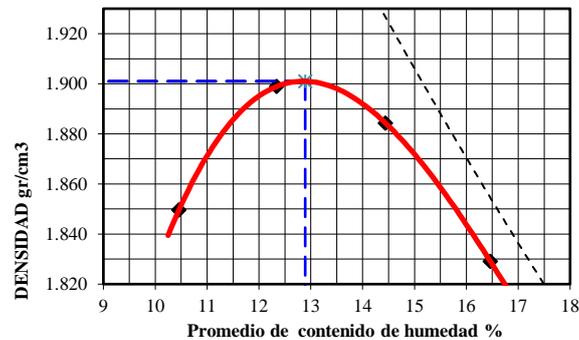
RESULTADOS

Contenido de Humedad optima (%)	11.68
Densidad Máxima Seca (g/cm ³)	1.926

Fuente propia.

Tabla 54
Resultado del ensayo Proctor; muestra P-1 M-2.

DESCRIPCION	PUNTO			
	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	10.46	12.34	14.44	16.46
Densidad seca del suelo (g/cm ³)	1.85	1.899	1.884	1.829



“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

RESULTADOS

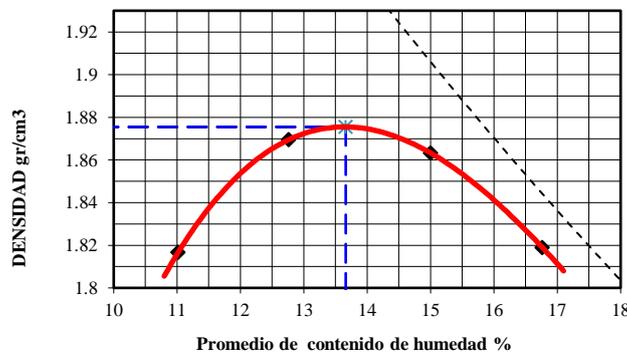
Contenido de Humedad optima (%)	12.89
Densidad Máxima Seca (g/cm ³)	1.901

Fuente propia.

Tabla 55

Resultado del ensayo Proctor; muestra P-1 M-3.

DESCRIPCION	PUNTO			
	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	11.02	12.76	15	16.76
Densidad seca del suelo (g/cm ³)	1.817	1.87	1.863	1.819



RESULTADOS

Contenido de Humedad optima (%)	13.66
Densidad Máxima Seca (g/cm ³)	1.875

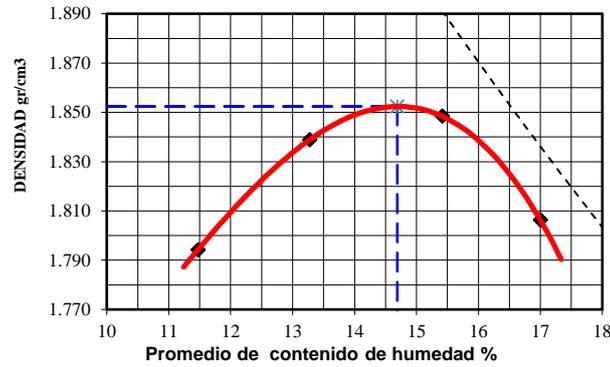
Fuente propia.

Tabla 56

Resultado del ensayo Proctor; muestra P-1 M-4.

DESCRIPCION	PUNTO			
	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	11.47	13.27	15.41	17
Densidad seca del suelo (g/cm ³)	1.794	1.839	1.848	1.806

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.



RESULTADOS

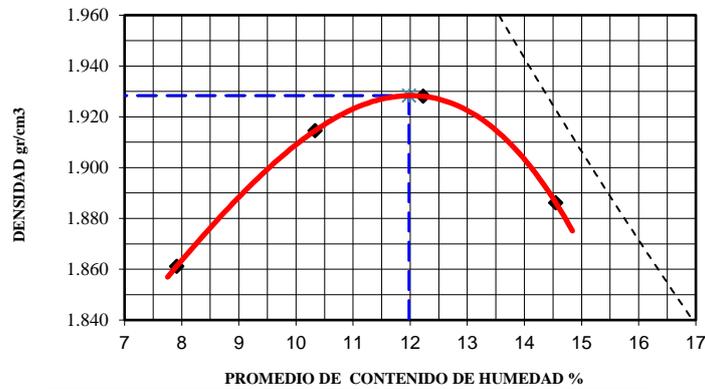
Contenido de Humedad optima (%)	14.69
Densidad Máxima Seca (g/cm3)	1.852

Fuente propia.

Tabla 57

Resultado del ensayo Proctor; muestra P-2 M-5.

DESCRIPCION	PUNTO			
	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	7.91	10.33	12.22	14.55
Densidad seca del suelo (g/cm3)	1.861	1.915	1.928	1.886



RESULTADOS

Contenido de Humedad optima (%)	11.98
Densidad Máxima Seca (g/cm3)	1.928

Fuente propia.

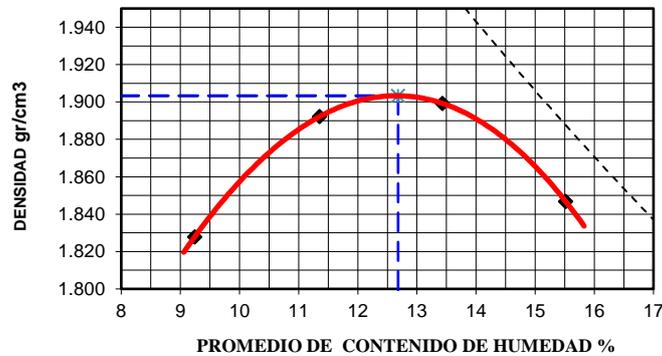
Tabla 58

Resultado del ensayo Proctor; muestra P-2 M-6.

DESCRIPCION	PUNTO
-------------	-------

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	9.24	11.36	13.43	15.52
Densidad seca del suelo (g/cm ³)	1.828	1.892	1.899	1.847



RESULTADOS

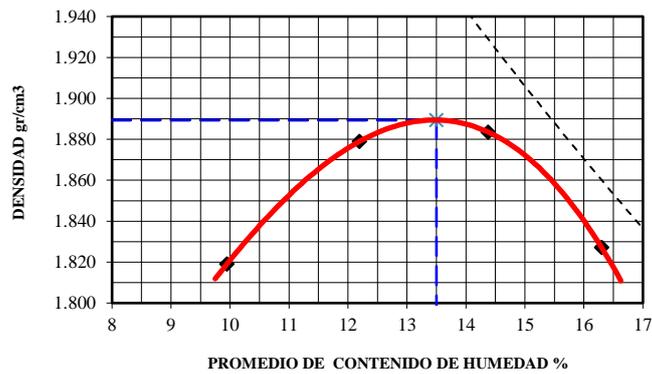
Contenido de Humedad optima (%)	12.68
Densidad Máxima Seca (g/cm ³)	1.903

Fuente propia.

Tabla 59

Resultado del ensayo Proctor; muestra P-2 M-7.

DESCRIPCION	PUNTO			
	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	9.95	12.2	14.38	16.3
Densidad seca del suelo (g/cm ³)	1.819	1.879	1.884	1.827



RESULTADOS

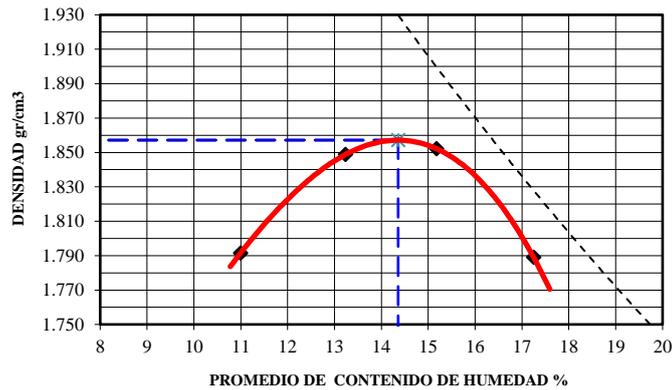
Contenido de Humedad optima (%)	13.5
Densidad Máxima Seca (g/cm ³)	1.889

Fuente propia.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Tabla 60
Resultado del ensayo Proctor; muestra P-2 M-8.

DESCRIPCION	PUNTO			
	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	11	13.23	15.18	17.25
Densidad seca del suelo (g/cm ³)	1.791	1.849	1.852	1.789



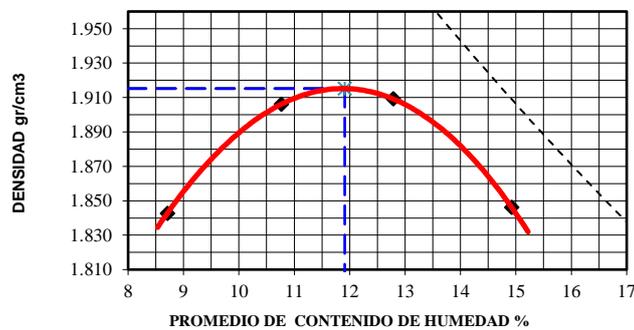
RESULTADOS

Contenido de Humedad optima (%)	14.36
Densidad Máxima Seca (g/cm ³)	1.857

Fuente propia.

Tabla 61
Resultado del ensayo Proctor; muestra P-3 M-9.

DESCRIPCION	PUNTO			
	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	8.71	10.76	12.78	14.92
Densidad seca del suelo (g/cm ³)	1.843	1.906	1.909	1.846



RESULTADOS

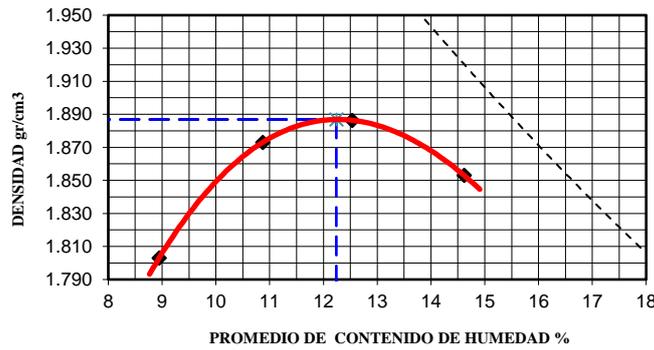
Contenido de Humedad optima (%)	11.91
Densidad Máxima Seca (g/cm ³)	1.915

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Fuente propia.

Tabla 62
Resultado del ensayo Proctor; muestra P-3 M-10.

DESCRIPCION	PUNTO			
	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	8.95	10.87	12.54	14.61
Densidad seca del suelo (g/cm ³)	1.803	1.873	1.886	1.853



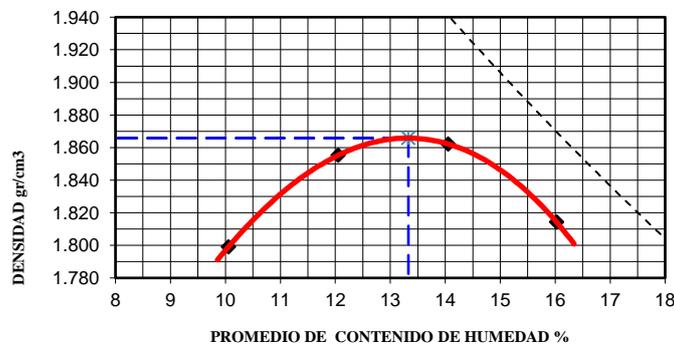
RESULTADOS

Contenido de Humedad optima (%)	12.24
Densidad Máxima Seca (g/cm ³)	1.887

Fuente propia.

Tabla 63
Resultado del ensayo Proctor; muestra P-3 M-11.

DESCRIPCION	PUNTO			
	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	10.06	12.05	14.05	16.02
Densidad seca del suelo (g/cm ³)	1.799	1.855	1.862	1.814



RESULTADOS

Contenido de Humedad optima (%)	13.33
---------------------------------	-------

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

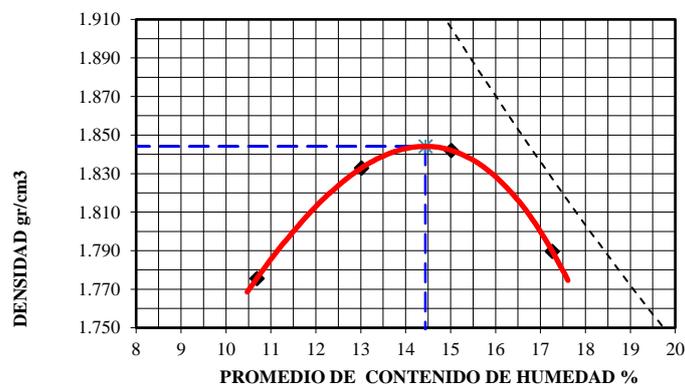
Densidad Máxima Seca (g/cm³) 1.866

Fuente propia.

Tabla 64

Resultado del ensayo Proctor; muestra P-3 M-12.

DESCRIPCION	PUNTO			
	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	10.69	13.01	15.01	17.27
Densidad seca del suelo (g/cm ³)	1.776	1.833	1.842	1.79



RESULTADOS

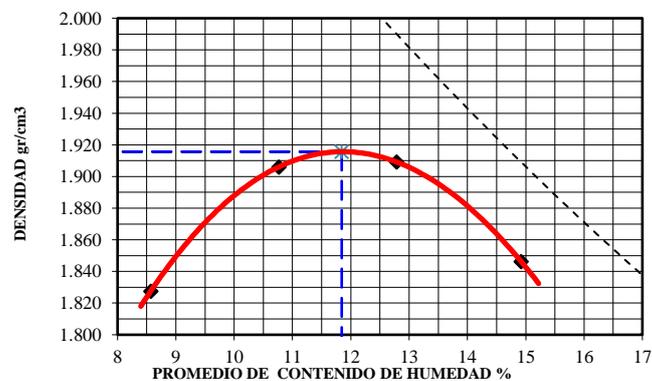
Contenido de Humedad optima (%)	14.44
Densidad Máxima Seca (g/cm ³)	1.844

Fuente propia.

Tabla 65

Resultado del ensayo Proctor; muestra P-4 M-13.

DESCRIPCION	PUNTO			
	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	8.57	10.76	12.78	14.92
Densidad seca del suelo (g/cm ³)	1.828	1.906	1.909	1.846



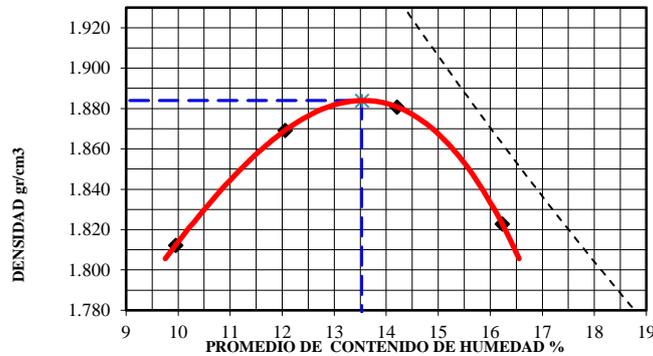
“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

RESULTADOS	
Contenido de Humedad optima (%)	11.84
Densidad Máxima Seca (g/cm ³)	1.916

Fuente propia.

Tabla 66
Resultado del ensayo Proctor; muestra P-4 M-14.

DESCRIPCION	PUNTO			
	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	9.95	12.06	14.21	16.23
Densidad seca del suelo (g/cm ³)	1.812	1.869	1.881	1.823



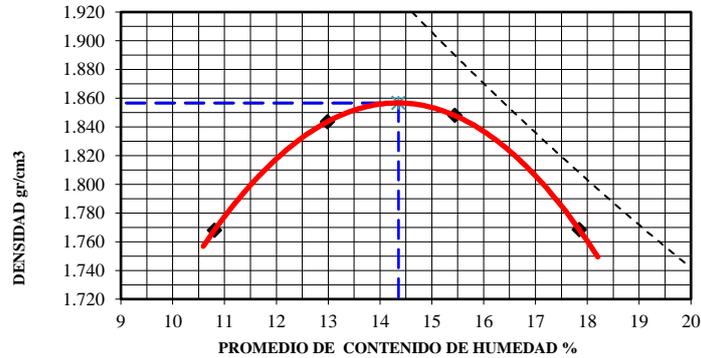
RESULTADOS	
Contenido de Humedad optima (%)	13.53
Densidad Máxima Seca (g/cm ³)	1.884

Fuente propia.

Tabla 67
Resultado del ensayo Proctor; muestra P-4 M-15.

DESCRIPCION	PUNTO			
	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	10.81	12.98	15.44	17.85
Densidad seca del suelo (g/cm ³)	1.768	1.844	1.848	1.768

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.



RESULTADOS

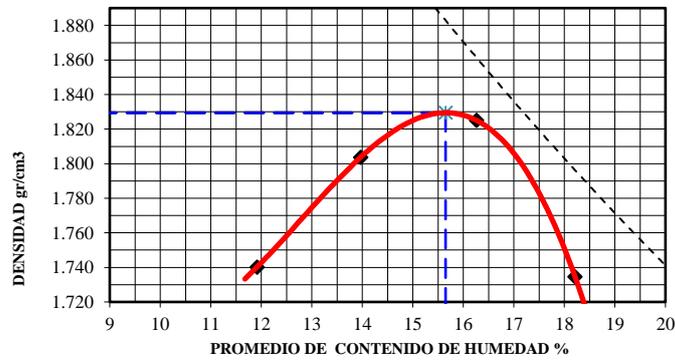
Contenido de Humedad optima (%)	14.36
Densidad Máxima Seca (g/cm3)	1.857

Fuente propia.

Tabla 68

Resultado del ensayo Proctor; muestra P-4 M-16.

DESCRIPCION	PUNTO			
	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	11.91	13.97	16.26	18.21
Densidad seca del suelo (g/cm3)	1.74	1.804	1.825	1.735



RESULTADOS

Contenido de Humedad optima (%)	15.65
Densidad Máxima Seca (g/cm3)	1.829

Fuente propia.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

2.4.9.5. Ensayo Valor de Relación de Soporte CBR NTP 339.145

Equipos:

- Prensa CBR, equipada con un anillo o celda de carga, debe contar con una gata que permita obtener una velocidad de 1.27 mm/min.
- Moldes metálicos CBR de diámetro 152.4 mm \pm 0.66 mm y una altura de 177.8 mm \pm 0.46 mm.
- Collarines de extensión metálico de 50.8 mm de altura debe contar con 28 agujeros de 1.59 mm de diámetro.
- Disco espaciador circular de metal con un diámetro mínimo de 150.8 mm, con una altura de 61.37 mm \pm 0.127 mm.
- Pisón o martillo de 18 pulgadas y una masa de 10 lb. (será el que se emplee en el ensayo de Proctor modificado)
- Sobrecargas, pesas metálicas anulares que deben contar con una masa de 2.27 Kg \pm 0.02 Kg. Y pesas ranuradas de masa 2.27 Kg \pm 0.02 Kg.
- Aparato medidor de expansión, que consta de diales de deformación que nos permita lecturas de 0.025 mm (0.001”).
- Balanza con capacidad de 30 Kg y aproximación al 1 g.
- Horno de secado con temperatura constante del 110 \pm 5°C.
- Tamiz N° 4 (4.76 mm).
- Probeta graduada 1000 ml.
- Bandejas y Tazones.
- Cucharon, espátula, brocha.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Procedimiento:

- Previo al ensayo se debe determinar la humedad óptima y la densidad máxima por medio del ensayo de compactación elegido, para nuestro caso se considera el óptimo contenido de humedad obtenida de los ensayos de Proctor modificado efectuados.
- Preparar las muestras de suelo con una masa de 6000 g del suelo al cual se debe agregar la cantidad de porcentaje de ceniza de cascara de huevo definida para cada muestra (0%, 2%, 4% y 6%).
- Fijar el molde con el anillo y la placa de la base con agujero, luego se debe insertar el disco espaciador en la placa base y colocar papel filtro sobre la parte superior del disco espaciador.
- Ingresar el suelo en 5 capas uniformemente distribuidos en la totalidad del molde, con respecto al número de golpes, esta considera efectuar especímenes con 10 golpes por capa, 25 golpes por capa y de 56 golpes por capa.
- Retirar el collarín o anillo de extensión y tallar cuidadosamente el suelo compactado hasta obtener el mismo nivel del molde, en caso sea necesario se debe agregar material suelto y resanar.
- Retirar el disco espaciador y colocar papel filtro, invertir el molde y fijar la base con el molde.
- Colocar las sobrecargas en la placa perforada e introducir en el molde sobre la parte superior del suelo en el molde.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

- Una vez colocada las sobrecargas se ha efectuado el curado de las muestras por un periodo de 72 horas, (03 días), este proceso consistió en mantener los moldes húmedos mediante trapos industriales colocados sobre la superficie del molde y luego cubiertos herméticamente por una bolsa de polietileno (plástico).
- Posterior al proceso de curado se procedió a sumergir el molde con las sobrecargas en agua, tomar las medidas de hinchazón y permitir que los especímenes se remojen por 96 horas.
- Una vez cumplido el tiempo especificado retirar del agua e inclinar el molde para dejar drenar por un tiempo de 15 minutos.
- Retirar la placa perforada y las placas así como el papel filtro.
- Volver a colocar las sobrecargas en el espécimen debiendo colocar dos sobrecargas con un peso total de 4.54 Kg de masa.
- Colocar el molde sobre la prensa CBR, debiendo fijar el pistón de penetración y aplicar una carga máxima de 44N (4.5 Kg)
- Ajustar los diales de deformación y carga, una vez calibrado se inicia con la carga de penetración a una velocidad de 1.27 mm/min. Se registrará las lecturas de carga en las siguientes lecturas de penetración de 0.025”, 0.05”, 0.075”, 0.1”, 0.125”, 0.15”, 0.175”, 0.2”, 0.3”, 0.4” y 0.5”.
- Retirar el suelo del molde y extraer en un recipiente una muestra representativa para determinar el contenido de humedad.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Cálculos

- Para curva penetración carga, calcular el esfuerzo de penetración en kg/cm² o lb/pulg² y plotear.
- De los de esfuerzo obtenidos, se registran los valores de esfuerzo definidos en las penetraciones de 0.1” y 0.2”, calcular el CBR para cada esfuerzo relacionado con esfuerzos patrones de 70.31 Kg/cm² (1000lb/pulg²) y 105.46 Kg/cm² (1500 lb/pulg²). Aplicando las siguientes ecuaciones:

Ecuación 8

Calculo del CBR al 0.1" de penetración.

$$CBR_{0.1"} = \frac{\text{Esfuerzo}_{0.1"} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)}{70.31 \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)} \times 100$$

Ecuación 9

Calculo del CBR al 0.2" de penetración.

$$CBR_{0.2"} = \frac{\text{Esfuerzo}_{0.2"} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)}{105.46 \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)} \times 100$$

Figura 27

Proceso de preparación y curado de ensayo CBR.



“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

(1) Dosificación de la ceniza de cáscara de huevo para ensayo CBR, (2) Mezcla del suelo con la ceniza de cascara de huevo; (3) Adición del agua según el óptimo contenido de humedad (4) Suelo con la ceniza de cascara de huevo embolsado para su proceso de homogenización de la humedad.

Fuente propia.

Figura 28

Proceso de compactación y curado de las muestras del ensayo CBR.



(1) Compactación del suelo adicionado con ceniza de cáscara de huevo para ensayo CBR, (2) Moldes de CBR luego de la compactación según el procedimiento del ensayo (3) Colocación de trapo industrial humedecido para proceso de curado (4) Curado de la muestra con bolsa de polietileno con la finalidad de mantener la humedad de la muestra El propósito del curado húmedo de la muestra tiene como finalidad evaluar los posibles incrementos de resistencia de la mezcla entre el suelo arcilloso y la ceniza de cáscara de huevo.

Fuente propia.

Figura 29

Procedimiento de penetración, Ensayo de CBR.



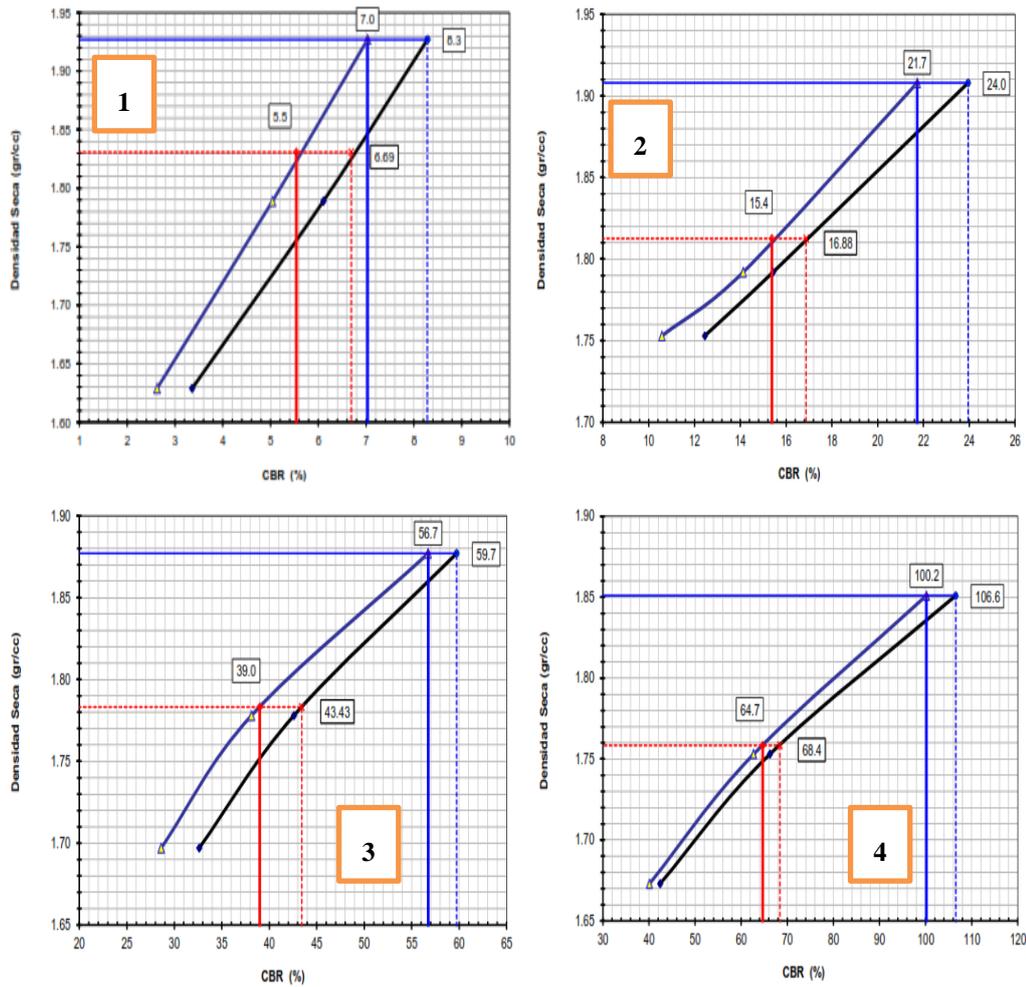
(1) Aplicación de carga mediante la prensa CBR. (2) Registro de las lecturas obtenidas para cada lectura de penetración. (3) se aprecia el espécimen luego de aplicar carga. (4) Extracción de muestra representativa para el cálculo de humedad, puede notarse que el espécimen se encuentra solido con mayor presencia de humedad que la aplicada para su compactación.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Fuente propia.

A continuación, se presentan los valores de CBR obtenidos de cada muestra asignada para la presente investigación.

Figura 30
Gráficos CBR, Calicata P1.

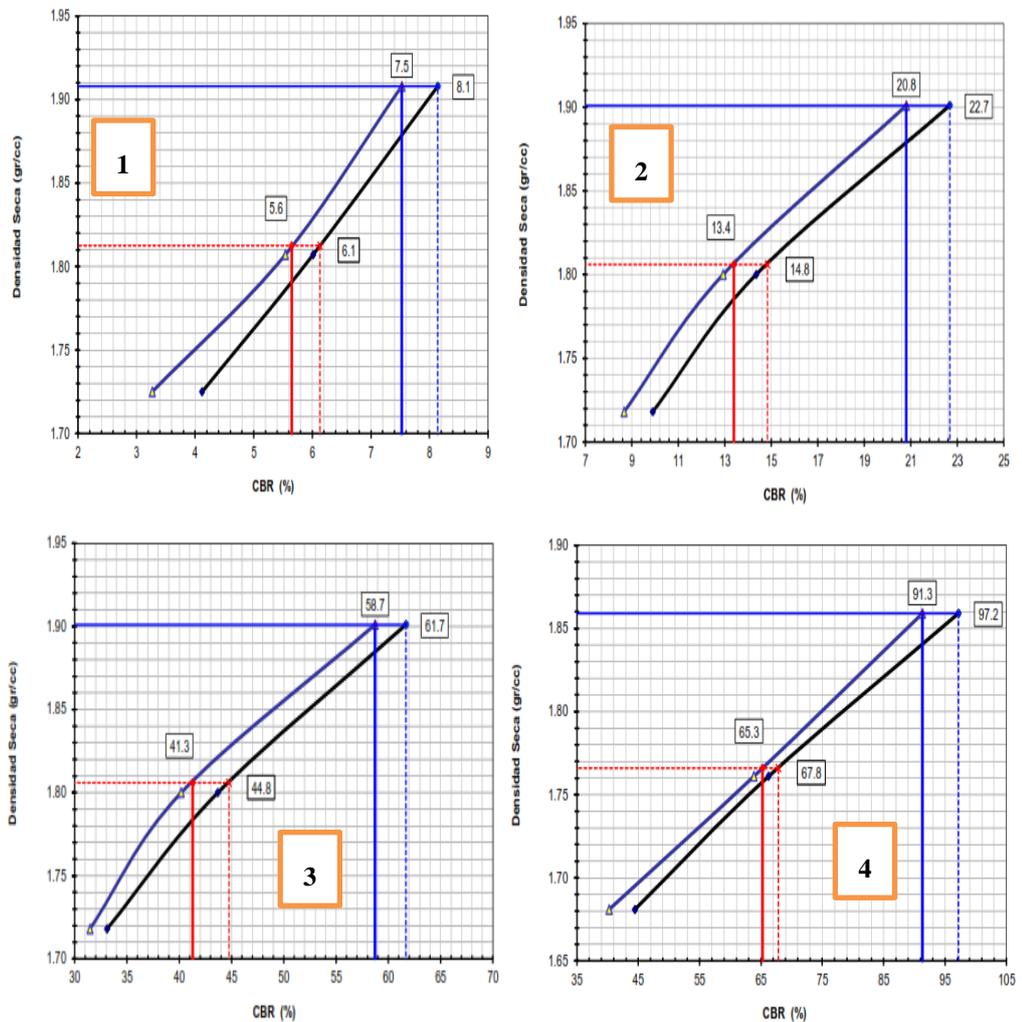


Nota: (01) CBR correspondiente a la muestra P1-M-1, (02) CBR correspondiente a la muestra P1-M-2; (03) CBR correspondiente a la muestra P1-M-4; (04) CBR correspondiente a la muestra P1-M-4.

Fuente propia

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Figura 31
Gráfico CBR, calicata P2.

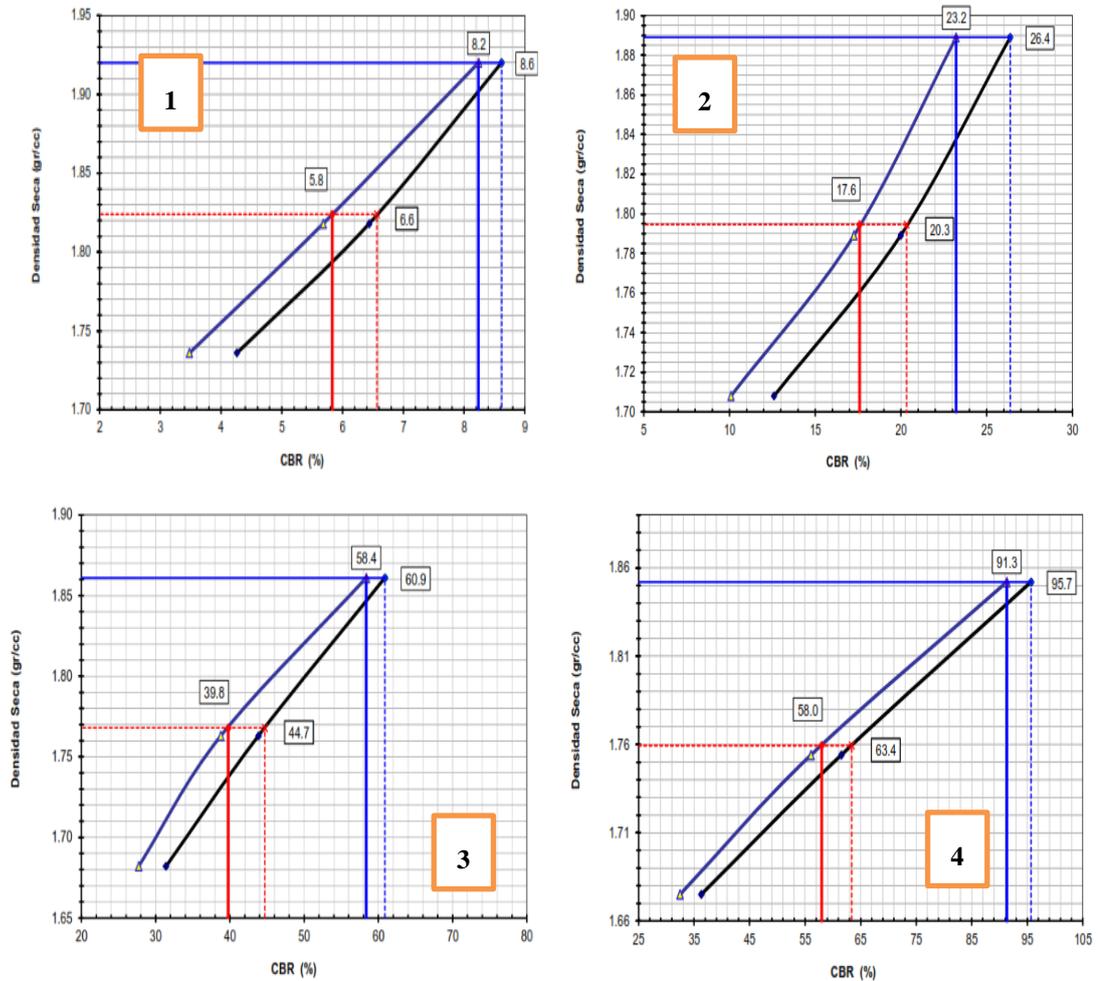


Nota: (01) CBR correspondiente a la muestra P2-M-5, (02) CBR correspondiente a la muestra P2-M-6; (03) CBR correspondiente a la muestra P2-M-7; (04) CBR correspondiente a la muestra P2-M-8.

Fuente propia

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Figura 32
Gráfico CBR, calicata P3.

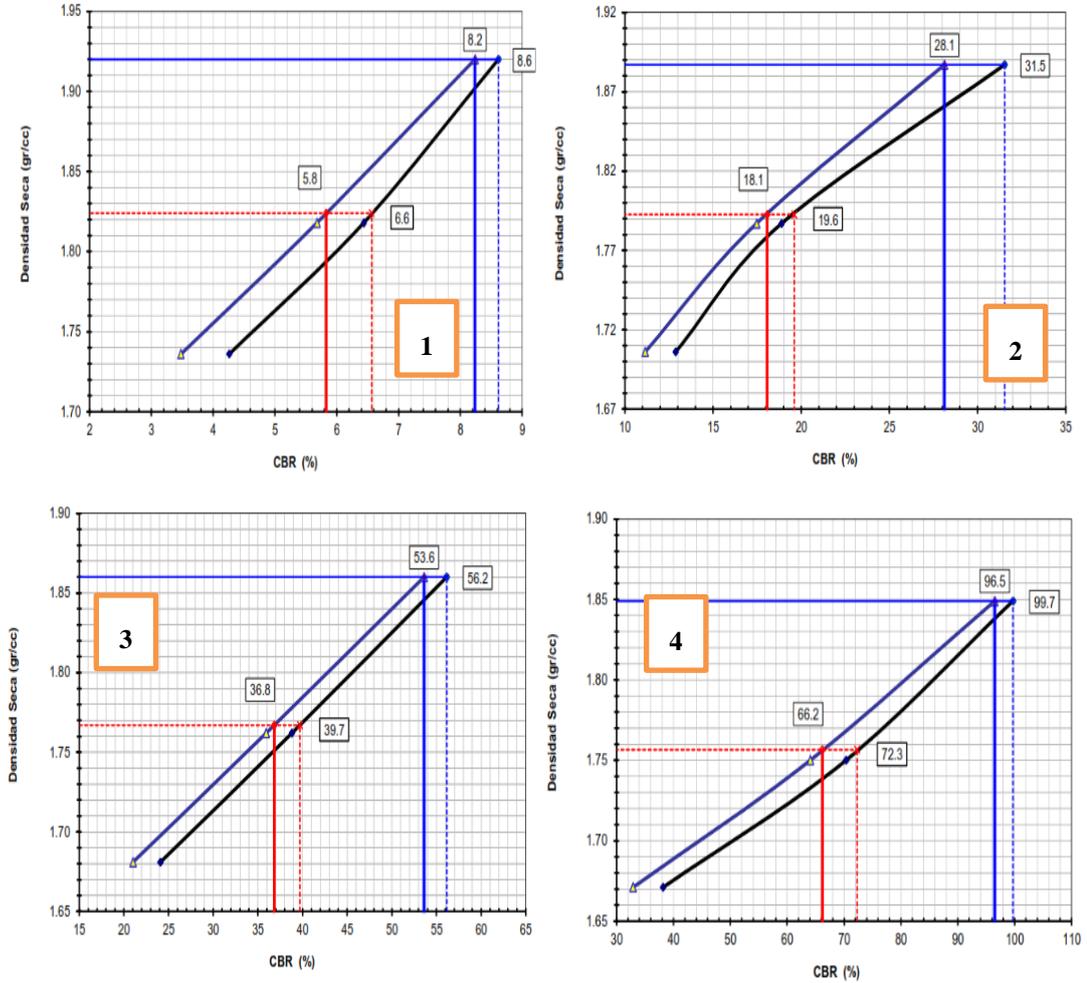


Nota: (01) CBR correspondiente a la muestra P3-M-9, (02) CBR correspondiente a la muestra P3-M-10; (03) CBR correspondiente a la muestra P3-M-11; (04) CBR correspondiente a la muestra P3-M-12.

Fuente propia

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Figura 33
Gráfico CBR, calicata P4.



Nota: (01) CBR correspondiente a la muestra P4-M-13; (02) CBR correspondiente a la muestra P4-M-14; (03) CBR correspondiente a la muestra P4-M-15; (04) CBR correspondiente a la muestra P4-M-16.

Fuente propia

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

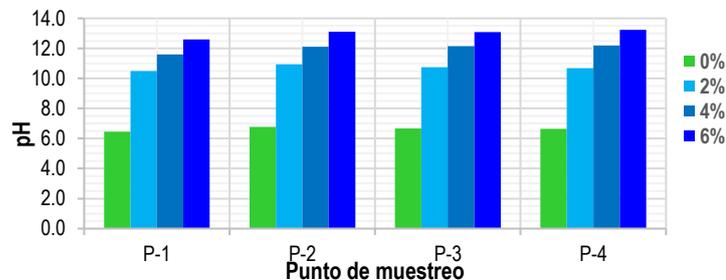
CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Resultados del Objetivo Específico 1

3.1.1. Resultado del ensayo pH del suelo

De la ejecución de los ensayos de pH en suelos, se ha evidenciado que a la adición de la ceniza de cáscara de huevo, el valor se incrementa de manera considerable puesto que el valor en estado natural fue en promedio de 6.64, con el 2% de la ceniza de cáscara de huevo se elevó a 10.72 el que representa un incremento del 61.30% con el 4% se obtuvo un valor de 12.01 representando un incremento del 80.87% y con el 6% se obtuvo un valor de 13.01 se obtiene un incremento de 95.93%, con respecto a su estado natural, en la tabla 69 se puede apreciar los resultados obtenidos para cada dosificación efectuada.

Figura 34
Evolución del valor pH.



Fuente propia.

Tabla 69
Resultado de ensayo de pH de suelos

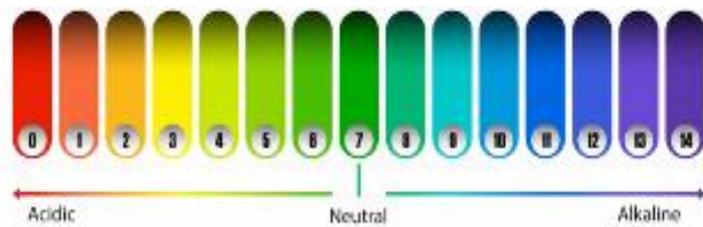
Punto de muestreo	Dosificación			
	0%	2%	4%	6%
P-1	6.5	10.5	11.67	12.6
P-2	6.78	10.94	12.1	13.1
P-3	6.67	10.74	12.14	13.08
P-4	6.65	10.68	12.19	13.24

Fuente propia.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Uno de los aspectos importantes que se puede apreciar de los resultados, es que el suelo al adicionar la ceniza de cáscara de huevo, se ha generado un incremento en el valor pH, haciendo que el suelo modifique su condición de neutral a un suelo alcalino. El grafico 35 nos demuestra la escala del pH.

Figura 35
Escala del pH.



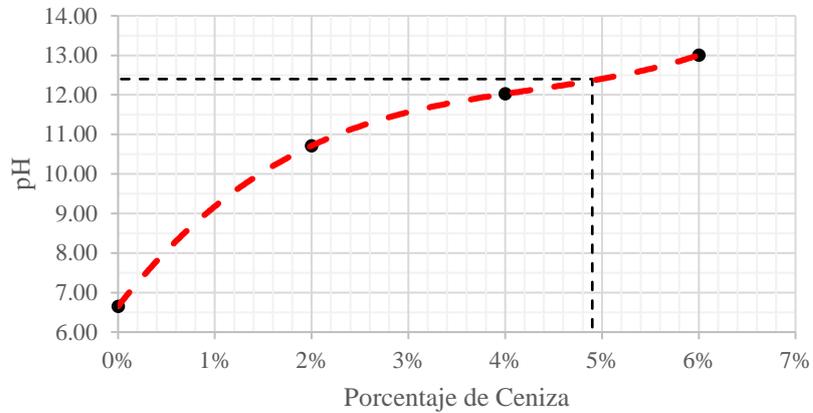
Fuente: www.ilerna.es/blog/aprende-con-ilerna-online/sanidad/ph-importancia-de-mantenerlo-estable/.

Según el método de ensayo ASTM D 6276 “Método de prueba para el uso de pH para estimar el requerimiento de proporción de suelo cal para la estabilización de suelos”; cuyo método de prueba se usa para determinar el porcentaje de cal que obtenga un pH de 12.4 de la mezcla suelo-cal; bajo lo señalado se ha procedido a evaluar según las dosificaciones aplicadas el porcentaje óptimo que permita estabilizar el suelo que se estudia en la presente investigación. Según la figura 36, se considera que el valor óptimo para la estabilización del suelo, es necesario aplicar por lo menos 4.9% de ceniza de cáscara de huevo.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Figura 36

Contenido óptimo de ceniza de cascara de huevo para la estabilización del suelo.



Fuente propia

3.1.2. Análisis estadístico de los resultados del ensayo de Ph

3.1.2.1. Planteamiento estadístico de la prueba de hipótesis del ensayo pH:

La presente investigación tiene por finalidad demostrar que, al adicionar ceniza de cáscara de huevo sobre un suelo arcilloso, esta logrará modificar los valores de pH. Al respecto se plantearon dos hipótesis.

Hipótesis nula (H₀): La adición de ceniza de cascara de huevo en 2%, 4% y 6% no influye, sobre el valor de pH de un suelo arcilloso de una subrasante

Hipótesis alterna (H_a): La adición de ceniza de cascara de huevo en 2%, 4% y 6%, influye sobre el valor de pH de un suelo arcilloso de una subrasante.

Para las pruebas se empleó el programa estadístico SPSS v.25; en la tabla 70 se aprecia el análisis estadístico obtenido.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Tabla 70 Análisis estadístico de los resultados del ensayo Ph

Punto de Muestreo	0%	2%	4%	6%
P-1	6.5	10.5	11.67	12.6
P-2	6.78	10.94	12.1	13.1
P-3	6.67	10.74	12.14	13.08
P-4	6.65	10.68	12.19	13.24
Suma	26.55	42.86	48.03	52.02
Promedio	6.64	10.72	12.01	13.01
Desviación Estándar	0.14	0.18	0.27	0.28
Mínimo Absoluto	6.45	10.5	11.6	12.6
Máximo Absoluto	6.78	10.94	12.19	13.24
Varianza	0.02	0.03	0.08	0.08

Estadístico de prueba F (Anova) = 625.701
 p_valor(sig)=0.000

Fuente propia.

Tabla 71

Prueba de hipótesis para la variación del pH

Nivel de significación	= 0,05
Estadístico de prueba F	= 625.701
P_valor	= 0,000
Decisión	= Debido a que el P_valor < 0,05, Se rechaza la hipótesis nula (Ho)

Fuente propia.

Con respecto a la prueba de hipótesis para la variación del pH, con un nivel de significancia del 5% se puede afirmar que existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la adición de ceniza de cascara de huevo en 2%, 4% y 6%, influye sobre el valor de pH del suelo arcilloso de la subrasante de la calle Inmaculada Concepción del distrito de San Jerónimo. Por tanto, se acepta la hipótesis alterna.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

3.1.3. Comparaciones múltiples de Tukey:

En la tabla 65 “Comparaciones múltiples de Tukey” se puede evidenciar que, en todas las combinaciones de tratamientos presentan diferencias significativas (sig=0,000), es así que podemos concluir que el pH para cada concentración es diferente de otra considerando un porcentaje diferente de ceniza de cáscara de huevo.

Tabla 72

Comparaciones múltiples de Tukey para la variación del pH.

% Ceniza de huevo (i)	% Ceniza de huevo (j)	Diferencia de medias (i-j)	Desv. Error	Sig.
0%	2%	-4,06500*	,15783	,000
	4%	-5,35750*	,15783	,000
	6%	-6,35500*	,15783	,000
2%	0%	4,06500*	,15783	,000
	4%	-1,29250*	,15783	,000
	6%	-2,29000*	,15783	,000
4%	0%	5,35750*	,15783	,000
	2%	1,29250*	,15783	,000
	6%	-,99750*	,15783	,000
6%	0%	6,35500*	,15783	,000
	2%	2,29000*	,15783	,000
	4%	,99750*	,15783	,000

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

Fuente propia.

En la tabla 66, “Subconjuntos homogéneos para el pH de la prueba Tukey, se confirma que cada uno de los porcentajes de ceniza de cascara de huevo, produce un pH promedio diferente en cada grupo, lo cual nos ayudaría a concluir que el porcentaje de ceniza de huevo al 6% produce el más alto nivel de ph que en promedio es de 13,0050.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Tabla 73

Subconjuntos homogéneos del pH de la prueba de Tukey.

% Ceniza de huevo	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
0%	4	66,500			
2%	4		107,150		
4%	4			120,075	
6%	4				130,050
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Fuente propia

Los resultados demuestran un incremento notorio del pH entre el valor en su estado natural y al adicionar 2% de ceniza de cáscara de huevo, es así que el valor se elevó hasta en un 63% del valor en estado natural. Amaya, Botero, & Ovando (2018) en su investigación, señala que el comportamiento asintótico de las curvas de pH vs % CaO, al emplear porcentajes de 3 a 5% de CaO el incremento del porcentaje de CaO no representa cambios en las muestras analizadas. En la figura 61 “Evolución del valor pH al incrementar ceniza de cascara de huevo”, podemos apreciar un comportamiento asintótico similar puesto que al incrementar 4% y 6% de ceniza, el valor de pH se incrementa en menor porcentaje que al 2%.

3.2. Resultado del Objetivo Especifico 2

De los ensayos de limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad se evidenció que a medida se va incrementando el porcentaje de ceniza de cascara de huevo, los valores de limite líquido (LL) fueron disminuyendo, sin embargo, el valor de límite plástico (LP) fueron incrementándose, por tanto, siendo el índice de

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

plasticidad (IP) la diferencia entre el límite líquido y plástico, los valores de IP disminuyen según se incrementa el porcentaje de ceniza.

3.2.1. Resultados de los ensayos de límites líquido

Los resultados obtenidos del ensayo de límite líquido demuestran que, al incremento del porcentaje de ceniza de cáscara de huevo, el LL presenta un descenso en su valor; las muestras del grupo P1 el valor de límite líquido (LL) descendió de 36.44% hasta 33.97%, para el grupo de muestras de P2 el valor descendió de 37.58% hasta 34.60% , en el grupo P3 el valor de LL descendió de 36.73% hasta 32.86% y para el grupo de muestras de P4 de 39.33% hasta 35.13%.

Tabla 74

Resultados de laboratorio ensayo Limite Liquido.

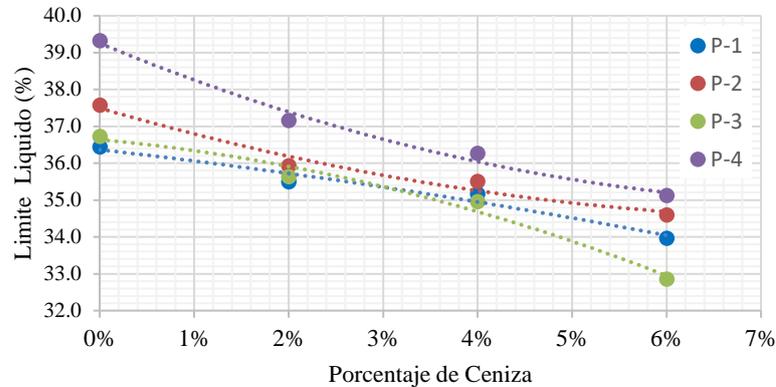
Dosificación	Limite Liquido (%)			
	P-1	P-2	P-3	P-4
0%	36.44	37.58	36.73	39.33
2%	35.5	35.93	35.64	37.16
4%	35.17	35.51	34.96	36.27
6%	33.97	34.6	32.86	35.13

Fuente propia.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Figura 37

Variación del límite líquido con respecto al % de ceniza de cascara de huevo.



Fuente propia.

3.2.2. Planteamiento estadístico de la prueba de hipótesis del ensayo límite líquido.

La presente investigación tiene por finalidad evaluar la influencia que presenta la ceniza de cáscara de huevo sobre un suelo arcilloso, Al respecto se plantearon dos hipótesis.

Hipótesis Nula H_0 : La adición de ceniza de cascara de huevo en 2%, 4% y 6% no influye, sobre el valor del límite líquido de un suelo arcilloso de una subrasante.

Hipótesis Alterna H_a : La adición de ceniza de cascara de huevo en 2%, 4% y 6%, influye sobre el valor del límite líquido de un suelo arcilloso de una subrasante.

De acuerdo a la tabla 76, con un nivel de significancia del 5% se puede afirmar que existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la adición de ceniza de cáscara de huevo en 2%, 4% y 6%, influye sobre el valor del límite líquido de un suelo arcilloso de una subrasante; por tanto, se acepta la hipótesis alterna.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Tabla 75
Análisis estadístico de los resultados del ensayo de limite líquido.

Punto de muestreo	0%	2%	4%	6%
P-1	36.44	35.5	35.17	33.97
P-2	37.58	35.93	35.51	34.6
P-3	36.73	35.64	34.96	32.86
P-4	39.33	37.16	36.27	35.13
Suma	150.08	144.23	141.91	136.56
Promedio	37.52	36.06	35.48	34.14
Desviación Estándar	1.3	0.76	0.57	0.98
Mínimo absoluto	36.44	35.5	34.96	32.86
Máximo Absoluto	39.33	37.16	36.27	35.13
Varianza	1.69	0.57	0.33	0.95

Estadístico de prueba F (Anova) = 8,851 pvalor(sig)=0.002

Tabla 76
Prueba de hipótesis para la variación del límite líquido.

Nivel de significación	= 0,05
Estadístico de prueba F	= 8.851
P_valor	= 0,002
Decisión: Debido a que el P_valor < 0,05, Se rechaza la Ho	

Fuente propia.

Según la tabla 70 de comparaciones múltiples de Tukey, comparando los valores de límite de líquido, éstos difieren cuando se consideran los porcentajes de 0% y 6%, además de al 4% y 0%.

Tabla 77
Comparaciones múltiples de Tukey Limite Liquido.

% de Ceniza de cascara de huevo	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	
2%	146,250	0,66576	0,179	
0%	4%	2,04250*	0,66576	0,042
0%	6%	3,38000*	0,66576	0,001

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

	0%	-146,250	0,66576	0,179
2%	4%	,58000	0,66576	0,819
	6%	191,750	0,66576	0,058
	0%	-2,04250*	0,66576	0,042
4%	2%	-,58000	0,66576	0,819
	6%	133,750	0,66576	0,238
	0%	-3,38000*	0,66576	0,001
6%	2%	-191,750	0,66576	0,058
	4%	-133,750	0,66576	0,238

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

Fuente propia.

En la tabla 71 “subconjuntos homogéneos” para el límite líquido, la prueba Tukey confirma 2 subconjuntos como se puede visualizar que en el grupo 1 están los promedios de limite líquido de los porcentajes de ceniza de cáscara de huevo, al 2% 4% y 6% quienes tienen similares características, mientras que en el grupo 2 están los promedios de límites líquido de los porcentajes de ceniza cáscara de huevo, al 2% y 0% (en estado natural) quienes tienen similares características.

Tabla 78

Subconjuntos homogéneos del límite liquido de la prueba de Tukey.

% de Ceniza de cascara de huevo	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
6%	4	34,1400	
4%	4	35,4775	
2%	4	36,0575	36,0575
0%	4		37,5200
Sig.		0,058	0,179

Fuente propia.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

3.2.3. Resultados de los ensayos de límites plásticos.

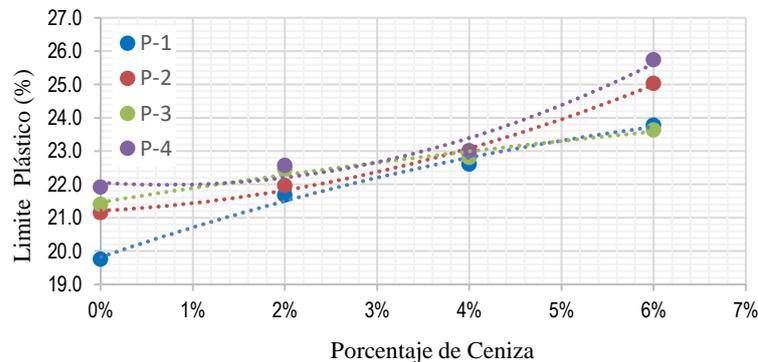
Los resultados obtenidos del ensayo de límite plástico(LP), demuestran que al incremento de la ceniza de cáscara de huevo, el límite plástico presenta un ascenso en su valor, es así que para el grupo de muestras P1 el valor se eleva de 19.76% hasta 23.79%, para el grupo de muestras P2 el LP se eleva de 21.16% hasta 25.04%, en el grupo de muestras P3, se eleva de 21.41% hasta 23.64% y en el grupo de muestras P4 de 21.93% hasta 25.75%.

Tabla 79
Resultados de laboratorio ensayo Limite Plástico.

Dosificación	Limite Plástico (%)			
	P-1	P-2	P-3	P-4
0%	19.76	21.16	21.41	21.93
2%	21.69	21.98	22.46	22.58
4%	22.62	22.93	22.82	23.02
6%	23.79	25.04	23.64	25.75

Fuente propia.

Figura 38
Variación del límite plástico con respecto al % de ceniza de cáscara de huevo.



Fuente propia.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

3.2.4. Planteamiento estadístico de la prueba de hipótesis, ensayo limite plástico

La presente investigación tiene por finalidad evaluar la influencia que presenta la ceniza de cáscara de huevo sobre un suelo arcilloso, Al respecto se plantearon dos hipótesis para el ensayo de limite plástico.

Hipótesis Nula H_0 : La adición de ceniza de cascara de huevo en 2%, 4% y 6% no influye, sobre el valor del límite plástico de un suelo arcilloso de una subrasante.

Hipótesis Alterna H_a : La adición de ceniza de cascara de huevo en 2%, 4% y 6%, influye sobre el valor del límite plástico de un suelo arcilloso de una subrasante.

Tabla 80

Análisis estadístico de los resultados del ensayo de limite plástico.

Punto de muestreo	0%	2%	4%	6%
P-1	19.76	21.69	22.62	23.79
P-2	21.16	21.98	22.93	25.04
P-3	21.41	22.46	22.82	23.64
P-4	21.93	22.58	23.02	25.75
Suma	84.26	88.71	91.39	98.22
Promedio	21.07	22.18	22.85	24.56
Desviación Estándar	0.93	0.42	0.17	1.01
Mínimo Absoluto	19.76	21.69	22.62	23.64
Máximo Absoluto	21.93	22.58	23.02	25.75
Varianza	0.86	0.17	0.03	1.03
Estadístico de prueba F (Anova) = 16.333 pvalor(sig)=0.000				

Fuente propia.

De la hipótesis de prueba señalada en la tabla 74, aplicando un nivel de significancia del 5% se puede afirmar que existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la adición de ceniza de cascara de huevo en 2%, 4% y 6%,

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

influye sobre el valor del límite plástico de un suelo arcilloso de una subrasante; por tanto, se afirma la hipótesis alterna.

Tabla 81

Prueba de hipótesis para la variación del límite plástico.

Nivel de significación	= 0,05
Estadístico de prueba F	= 16.333
P_valor	= 0,000
Decisión: Debido a que el P_valor < 0,05, Se rechaza la Ho	

Fuente propia.

En la tabla 75 de las comparaciones múltiples de Tukey, comparando los valores de límite plástico se puede evidenciar que estos difieren cuando se consideran los porcentajes de 0% y 4%, 0% y 6%, de porcentaje de ceniza de cáscara de huevo.

Tabla 82

Comparaciones múltiples de Tukey Limite plástico.

	% Ceniza de cascara de huevo	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
0%	2%	-111,250	,51123	,185
	4%	-1,78250*	,51123	,020
	6%	-3,49000*	,51123	,000
2%	0%	111,250	,51123	,185
	4%	-,67000	,51123	,574
	6%	-2,37750*	,51123	,003
4%	0%	1,78250*	,51123	,020
	2%	,67000	,51123	,574
	6%	-1,70750*	,51123	,026
6%	0%	3,49000*	,51123	,000
	2%	2,37750*	,51123	,003
	4%	1,70750*	,51123	,026

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

Fuente propia.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

En la tabla 76 la evaluación de subconjuntos homogéneos mediante la prueba Tukey, el límite plástico se confirma 3 subconjuntos; en el grupo 1 se presentan los promedios del límite plástico considerando los porcentajes de ceniza de huevo, al 0% y 2% quienes tienen similares características, mientras que en el grupo 2 están los promedios de límites plásticos considerando los porcentajes de ceniza de huevo, al 2% y 4% quienes tienen similares características y el grupo 3 considera el valor de límite plástico único y diferente a los demás la cual concentro 6% de ceniza de cascara de huevo.

Tabla 83
Subconjuntos homogéneos del límite plástico de la prueba de Tukey.

% de Ceniza de cascara de huevo	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
0%	4	21,0650		
2%	4	22,1775	22,1775	
4%	4		22,8475	
6%	4			24,5550
Sig.		,185	,574	1,000

Fuente propia.

3.2.5. Resultados de los ensayos de Índice de Plasticidad

Sabemos que el índice de plasticidad (IP), es obtenido de la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico; podemos señalar que los valores obtenidos demuestran que, al incrementar la ceniza de cáscara de huevo, el IP presenta un descenso en su valor, pues para el grupo de muestras P-1 los valores se reducen de 16.68% hasta 10.18%, mientras que para el grupo P-2 el IP se reduce de 16.42% hasta 9.56%, para el grupo de muestras P-3 el IP se reduce de

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

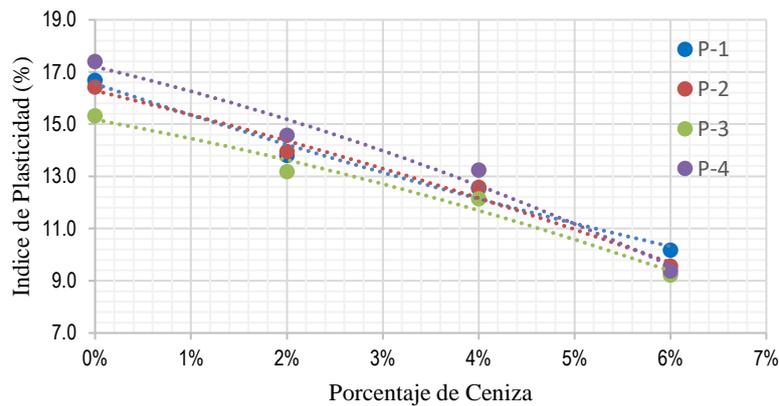
15.32% hasta 9.22%, y para el grupo de muestras P-4, se reduce de 17.4% hasta 9.38%.

Tabla 84
Resultados del Índice de Plasticidad.

Dosificación	Índice de Plasticidad (%)			
	P-1	P-2	P-3	P-4
0%	16.68	16.42	15.32	17.4
2%	13.81	13.95	13.18	14.58
4%	12.55	12.58	12.14	13.25
6%	10.18	9.56	9.22	9.38

Fuente propia.

Figura 39
Variación del Índice de plasticidad con respecto al % de ceniza.



Fuente propia.

3.2.6. Planteamiento estadístico de la prueba de hipótesis, ensayo límite plástico

La presente investigación tiene por finalidad evaluar la influencia que presenta la ceniza de cáscara de huevo sobre un suelo arcilloso, Al respecto se plantearon dos hipótesis para el valor de índice de plasticidad.

Hipótesis Nula Ho: La adición de ceniza de cascara de huevo en 2%, 4% y 6% no influye, sobre el valor del índice de plasticidad de un suelo arcilloso de una subrasante.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Hipótesis Alterna Ha: La adición de ceniza de cascara de huevo en 2%, 4% y 6%, influye sobre el valor del índice de plasticidad de un suelo arcilloso de una subrasante.

Tabla 85

Análisis estadístico de los resultados del índice de plasticidad.

Punto de muestreo	0%	2%	4%	6%
P-1	16.68	13.81	12.55	10.18
P-2	16.42	13.95	12.58	9.56
P-3	15.32	13.18	12.14	9.22
P-4	17.4	14.58	13.25	9.38
Suma	65.82	55.52	50.52	38.34
Promedio	16.46	13.88	12.63	9.59
Desviación Estándar	0.86	0.57	0.46	0.42
Mínimo absoluto	15.32	13.18	12.14	9.22
Máximo Absoluto	17.4	14.58	13.25	10.18
Varianza	0.74	0.33	0.21	0.18
Estadístico de prueba F (Anova) = 89.134 pvalor(sig)=0.000				

Fuente propia.

Con un nivel de significancia del 5% se puede afirmar que existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la adición de ceniza de cáscara de huevo en 2%, 4% y 6%, influye sobre el valor del índice de plasticidad de un suelo arcilloso de una subrasante.

Tabla 86

Prueba de hipótesis para la variación del índice de plasticidad.

Nivel de significación = 0,05

Estadístico de prueba F = 89,134

P_valor = 0,000

Decisión: Debido a que el P_valor < 0,05, Se rechaza la Ho

Fuente propia.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Tabla 87
Comparaciones múltiples de Tukey del Índice de Plasticidad.

% de Ceniza de huevo		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
0%	2%	2,57500*	,42750	,000
	4%	3,82500*	,42750	,000
	6%	6,87000*	,42750	,000
2%	0%	-2,57500*	,42750	,000
	4%	125,000	,42750	,054
	6%	4,29500*	,42750	,000
4%	0%	-3,82500*	,42750	,000
	2%	-125,000	,42750	,054
	6%	3,04500*	,42750	,000
6%	0%	-6,87000*	,42750	,000
	2%	-4,29500*	,42750	,000
	4%	-3,04500*	,42750	,000

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

Fuente propia.

Se puede evidenciar que, de la tabla 81 de comparaciones múltiples de Tukey, comparando los promedios de los índices de plasticidad éstos no difieren cuando se consideran los porcentajes de 2% y 4% de ceniza de cascara de huevo, el resto presentan diferencias significativas, a continuación, veremos cuantos subgrupos forman.

Tabla 88
Subconjuntos homogéneos del Índice de plasticidad de la prueba de Tukey.

% de Ceniza de cáscara de huevo	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
6%	4	9,5850		
4%	4		12,6300	
2%	4		13,8800	
0%	4			16,4550
Sig.		1,000	,054	1,000

Fuente propia.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

En la tabla de subconjuntos homogéneos para los índices de plasticidad obtenidas con la prueba Tukey se confirma 3 subconjuntos; en el grupo 1 el promedio del índice de plasticidad corresponde al 6% de ceniza de cascara de huevo, mientras que en el grupo 2 están los promedios de índice de plasticidad con 2% y 4% de ceniza de cascara de huevo, quienes tienen similares características; y el grupo 3 considera el índice de plasticidad con concentración de 0% de ceniza es decir el suelo en estado natural.

3.3. Resultado del Objetivo Especifico 3

3.3.1. Resultados de los ensayos de Máxima densidad seca

De los resultados del ensayo de Proctor modificado para obtener los valores de densidad máxima seca del suelo (MDS) y el óptimo contenido de humedad (OCH), se determinó que, a medida que se incrementó el porcentaje de ceniza de cáscara de huevo, los valores de máxima densidad seca fueron disminuyendo, no obstante, por el contrario, el % del optimo contenido de humedad, fueron incrementándose.

Tabla 89
Resultados de la máxima densidad seca.

Dosificación	Máxima Densidad Seca (g/cm ³)			
	P-1	P-2	P-3	P-4
0%	1.926	1.928	1.915	1.916
2%	1.901	1.903	1.887	1.884
4%	1.875	1.889	1.866	1.857
6%	1.852	1.857	1.844	1.829

Fuente propia.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Figura 40
Variación de la máxima densidad seca.

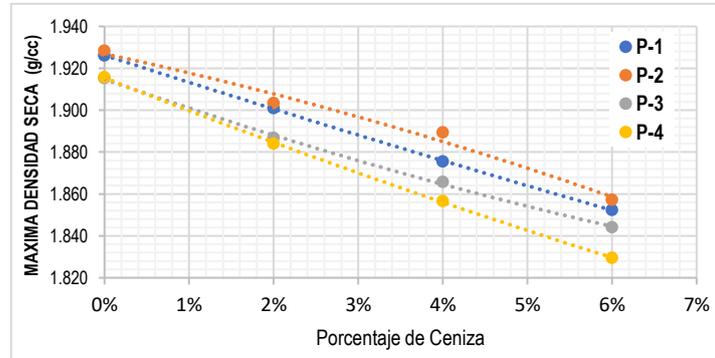
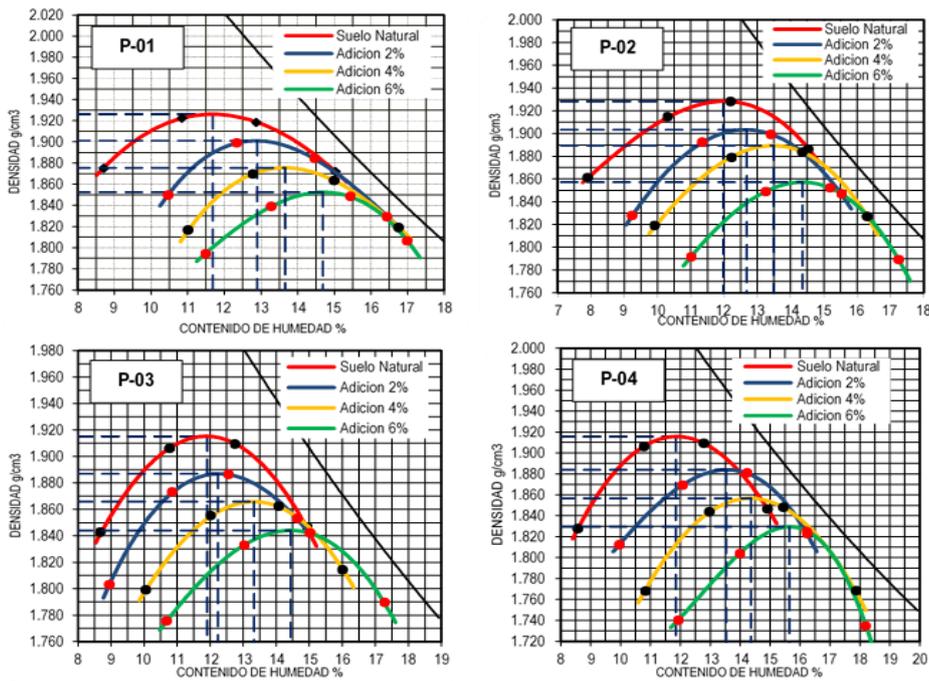


Figura 41
Variación Graficas Proctor.



Demostración gráfica de la variación de la MDS y OCH al adicionar ceniza de cáscara de huevo.

Fuente propia.

Podemos señalar que los valores de máxima densidad seca (MDS) obtenida mediante el ensayo Proctor modificado, al adicionar ceniza de cáscara

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

de huevo fueron reduciendo, en el caso de las muestras de la P-1 el valor se redujo de 1.926 hasta 1.852 g/cm³, para la muestras de la P-2 los valores fueron reducidos de 1.928 hasta 1.857 g/cm³, con respecto a las muestras de P-3 se redujeron de 1.915 hasta 1.844 g/cm³ y para la P-4 la MDS se redujo de 1.916 hasta 1.829 g/cm³.

3.3.2. Planteamiento estadístico de la prueba de hipótesis, de la máxima densidad.

La presente investigación tiene por finalidad evaluar la influencia que presenta la ceniza de cáscara de huevo sobre un suelo arcilloso, Al respecto se plantearon dos hipótesis para el valor de máxima densidad seca.

Hipótesis Nula Ho: La adición de ceniza de cascara de huevo en 2%, 4% y 6% no influye, sobre el valor de máxima densidad seca de un suelo arcilloso de una subrasante.

Hipótesis Alterna Ha: La adición de ceniza de cascara de huevo en 2%, 4% y 6%, influye sobre el valor de máxima densidad seca de un suelo arcilloso de una subrasante.

Tabla 90

Análisis estadístico de los resultados de la máxima densidad seca (MDS).

Punto de muestreo	Porcentaje de Ceniza			
	0%	2%	4%	6%
P-1	1.926	1.901	1.875	1.852
P-2	1.928	1.903	1.889	1.857
P-3	1.915	1.887	1.866	1.844
P-4	1.916	1.884	1.857	1.829
Suma	7.69	7.58	7.49	7.38
Promedio	1.92	1.89	1.87	1.85
Desviación Estándar	0.01	0.01	0.01	0.01
Mínimo absoluto	1.92	1.88	1.86	1.83

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Máximo Absoluto	1.93	1.9	1.89	1.86
Varianza	0.00005	0.0001	0.0002	0.00015
Estadístico de prueba F (Anova) = 35.027 pvalor(sig)=0.000				

Fuente propia.

Tabla 91

Prueba de hipótesis para la variación de la máxima densidad seca.

Nivel de significación = 0,05
Estadístico de prueba F = 35,027
P_valor = 0,000
Decisión: Debido a que el P_valor < 0,05, Se rechaza la Ho

Fuente propia.

Con un nivel de significancia del 5% se puede afirmar que existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la adición de ceniza de cascara de huevo en 2%, 4% y 6%, influye sobre el valor de la máxima densidad seca de un suelo arcilloso de una subrasante; por tanto, se afirma la hipótesis alterna.

De la tabla 86, Se puede evidenciar que, de las comparaciones múltiples de Tukey, la máxima densidad seca no difiere cuando se consideran los porcentajes de 2% y 4%, mientras que el resto de valores difieren unas de otras al considerar distintos niveles de porcentaje de ceniza de cáscara de huevo.

Tabla 92

Comparaciones múltiples de Tukey de la máxima densidad seca.

	% Ceniza de huevo	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
	2%	,027500*	,007695	,017
0%	4%	,049500*	,007695	,000
	6%	,075750*	,007695	,000
2%	0%	-,027500*	,007695	,017

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

	4%	,022000	,007695	,060
	6%	,048250*	,007695	,000
	0%	-,049500*	,007695	,000
4%	2%	-,022000	,007695	,060
	6%	,026250*	,007695	,023
	0%	-,075750*	,007695	,000
6%	2%	-,048250*	,007695	,000
	4%	-,026250*	,007695	,023

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

Fuente propia.

La tabla 86 de subconjuntos homogéneos para la máxima densidad seca, la prueba Tukey confirma 3 subconjuntos; en el grupo 1 están los valores de máxima densidad seca del 6% de ceniza de cáscara de huevo, mientras que en el grupo 2 están las máximas densidades secas con porcentajes de 2% y 4% quienes tienen similares características y el grupo 3 corresponde al grupo de 0% de ceniza es decir el suelo en su estado natural.

Tabla 93

Subconjuntos homogéneos de la máxima densidad seca de la prueba de Tukey.

Porcentaje de Ceniza de huevo	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
6%	4	184,550		
4%	4		187,175	
2%	4		189,375	
0%	4			192,125
Sig.		1,000	0,060	1,000

Fuente propia.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

3.4. Resultado del Objetivo Especifico 4

3.4.1. Resultados de los ensayos de Capacidad de soporte CBR

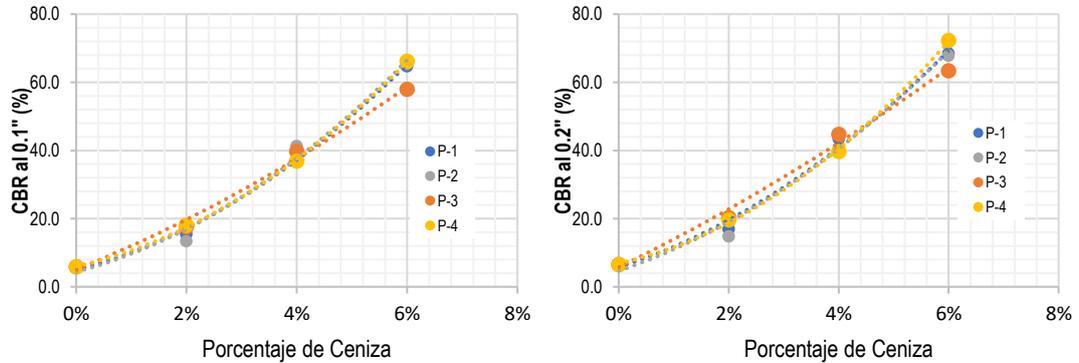
El ensayo define los valores del CBR al 0.1” y al 0.2” de penetración, asimismo al considerar que los suelos evaluados corresponden a una subrasante se adopta el valor del CBR al 95% de la máxima densidad seca (MDS), al respecto, los resultados establecieron que, a medida se fue incrementando el porcentaje de ceniza, los valores de CBR al 0.1” fueron elevándose, de tal manera que, con el 2% de ceniza de cáscara de huevo, se incrementó de 5.7% a 16.1%; con el 4% a 39.2% de CBR, mientras que con el 6% el valor del CBR se incrementó a 63.54% (ver Tabla 87). Mientras que para una penetración al 0.2” los valores de CBR para una adición de 2% de ceniza de cáscara de huevo se incrementaron de 6.48% a 17.90%, con el 4% a 43.16% y con el 6% el valor CBR se incrementó a 67.97%, (ver tabla

Es importante mencionar que el ensayo de CBR con adición de ceniza de cáscara de huevo (2%,4% y 6%), se le aplicó un proceso de curado húmedo por 72 horas (3 días), a temperatura ambiente (10°C a 18°C) protegidas herméticamente con bolsas plásticas (ver figura 42).

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Figura 42

Variación del CBR al 95% MDS (Penetración al 0.1" y al 0.2")



Fuente propia.

3.4.2. Planteamiento estadístico de la prueba de hipótesis, del CBR al 0.1”.

La presente investigación tiene por finalidad evaluar la influencia que presenta la ceniza de cáscara de huevo sobre un suelo arcilloso, Al respecto se plantearon dos hipótesis para el valor de la capacidad de soporte CBR al 0.1”.

Hipótesis Nula Ho: La adición de ceniza de cascara de huevo en 2%, 4% y 6% no influye, sobre el valor de CBR al 0.1” de un suelo arcilloso de una subrasante.

Hipótesis Alterna Ha: La adición de ceniza de cascara de huevo en 2%, 4% y 6%, influye sobre el valor de CBR al 0.1” de un suelo arcilloso de una subrasante.

Tabla 94

Análisis estadístico de los resultados del CBR al 95% MDS (al 0.1”).

Punto de muestreo	Dosificación			
	0%	2%	4%	6%
P-1	5.5	15.4	39	64.7
P-2	5.6	13.4	41.3	65.3
P-3	5.8	17.6	39.8	58

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

P-4	5.8	18.1	36.8	66.2
Suma	22.8	64.43	156.89	254.15
Promedio	5.7	16.11	39.22	63.54
Desviación estándar	0.15	2.15	1.86	3.76
Mínimo absoluto	5.54	13.4	36.83	57.97
Máximo Absoluto	5.83	18.07	41.3	66.2
Varianza	0.02	4.63	3.46	14.16
Estadístico de prueba F (Anova) = 476.056 P_valor(sig) = 0.000				

Fuente propia.

Con un nivel de significancia del 5%, se puede afirmar que existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la adición de ceniza de cáscara de huevo en distintas dosificaciones si influye sobre el valor de la capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante, por tanto, se afirma la hipótesis alterna.

Tabla 95

Prueba de hipótesis para la variación de la Capacidad de soporte CBR al 95% MDS (penetración al 0.1").

Nivel de significación = 0,05
Estadístico de prueba
F= 476,056
P_valor = 0,000
Decisión: Debido a que el P_valor < 0,05, Se rechaza la Ho

Fuente propia.

Se puede evidenciar que, de la tabla 89 “Comparaciones múltiples de Tukey”, que todos los pares de tratamientos presentan diferencias significativas

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

en el promedio de CBR 0.1” al 95% M.D.S. por tanto afirmamos que si presentan diferencias significativas debido a un p_valor (sig.) menor a 0.05.

Tabla 96

Comparaciones múltiples de Tukey de la capacidad de soporte CBR al 95% MDS (Penetración al 0.1”).

(I) Porcentaje de Ceniza de huevo	(J) Porcentaje de Ceniza de huevo	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
0%	2%	-10,450000*	1,669,238	,000
	4%	-33,550000*	1,669,238	,000
	6%	-57,875000*	1,669,238	,000
2%	0%	10,450000*	1,669,238	,000
	4%	-23,100000*	1,669,238	,000
	6%	-47,425000*	1,669,238	,000
4%	0%	33,550000*	1,669,238	,000
	2%	23,100000*	1,669,238	,000
	6%	-24,325000*	1,669,238	,000
6%	0%	57,875000*	1,669,238	,000
	2%	47,425000*	1,669,238	,000
	4%	24,325000*	1,669,238	,000

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

Fuente propia.

Tabla 97

Subconjuntos homogéneos de la capacidad de soporte CBR al 95% MDS (Penetración al 0.1”) de la prueba de Tukey.

Porcentaje de Ceniza de huevo	N	Sub conjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
0%	4	5,6750			
2%	4		16,1250		
4%	4			39,225	
6%	4				63,5500
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Fuente propia.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Existen 4 subgrupos las cuales dentro de cada subgrupo presentan características similares, mientras que entre los grupos presentan diferencias, se puede notar además que los promedios fluctúan desde 5.675 hasta 63.55 de CBR al 95% MDS (penetración al 0.1”).

Tabla 98

Análisis estadístico de los resultados del CBR al 95% MDS (al 0.2”).

Punto de muestreo	Dosificación			
	0%	2%	4%	6%
P-1	6.7	16.9	43.4	68.4
P-2	6.1	14.8	44.8	67.8
P-3	6.6	20.3	44.7	63.4
P-4	6.6	19.6	39.7	72.3
Suma	25.92	71.61	172.63	271.87
Promedio	6.48	17.9	43.16	67.97
Desviación estándar	0.26	2.55	2.39	3.65
Mínimo absoluto	6.1	14.8	39.7	63.38
Máximo absoluto	6.69	20.33	44.8	72.29
Varianza	0.07	6.49	5.69	13.32
Estadístico de prueba F (Anova) = 471,814				
p_valor(sig)=0.000				

Fuente propia.

3.4.3. Planteamiento estadístico de la prueba de hipótesis, del CBR al 0.2”.

La presente investigación tiene por finalidad evaluar la influencia que presenta la ceniza de cáscara de huevo sobre un suelo arcilloso, Al respecto se plantearon dos hipótesis para el valor de la capacidad de soporte CBR al 0.2”.

Hipótesis Nula Ho: La adición de ceniza de cascara de huevo en 2%, 4% y 6% no influye, sobre el valor de CBR al 0.2” de un suelo arcilloso de una subrasante.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Hipótesis Alterna Ha: La adición de ceniza de cascara de huevo en 2%, 4% y 6%, influye sobre el valor de CBR al 0.2” de un suelo arcilloso de una subrasante.

Con un nivel de significancia del 5% se puede afirmar que existe suficiente evidencia estadística para concluir que la adición de ceniza de cascara de huevo en distintas dosificaciones si influye, sobre el valor de la capacidad de soporte CBR al 95 % de un suelo arcilloso de subrasante con una penetración al 0.2”.

Tabla 99

Prueba de hipótesis para la variación de la Capacidad de soporte CBR al 95% MDS (penetración al 0.2”).

Nivel de significación = 0,05
Estadístico de prueba
F= 471,814
P_valor = 0,000
Decisión: Debido a que el P_valor < 0,05, Se rechaza la Ho

Fuente propia.

Tabla 100

Comparaciones múltiples de Tukey de la capacidad de soporte CBR al 95% MDS (Penetración al 0.2”).

(I) Porcentaje de Ceniza de huevo	(J) Porcentaje de Ceniza de huevo	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
	2%	-11,40000*	178,439	,000
0%	4%	-36,65000*	178,439	,000
	6%	-61,47500*	178,439	,000
	0%	11,40000*	178,439	,000
2%	4%	-25,25000*	178,439	,000
	6%	-50,07500*	178,439	,000

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

	0%	36,65000*	178,439	,000
4%	2%	25,25000*	178,439	,000
	6%	-24,82500*	178,439	,000
	0%	61,47500*	178,439	,000
6%	2%	50,07500*	178,439	,000
	4%	24,82500*	178,439	,000

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

Fuente propia.

Se puede evidenciar que, de la tabla de comparaciones múltiples de Tukey, que todos los pares de tratamientos presentan diferencias significativas en el promedio de CBR 0.2'' al 95% M.D.S. por tanto afirmamos que si presentan diferencias significativas debido a un p_valor(sig.) menor a 0.05.

Tabla 101

Subconjuntos homogéneos de la capacidad de soporte CBR al 95% MDS (Penetración al 0.2'') de la prueba de Tukey.

Porcentaje de Ceniza de huevo	N	Sub conjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
0%	4	6,5000			
2%	4		17,9000		
4%	4			43,1500	
6%	4				67,9750
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Fuente propia.

Por tanto, se puede señalar que existen 4 subgrupos las cuales dentro de cada subgrupo presentan características similares, mientras que entre los grupos presentan diferencias, se puede notar además que los promedios fluctúan desde 6.5 hasta 67.975 de CBR al 95% MDS (penetración al 0.2'').

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

- Higuera, Gomez, & Pardo (2012); en su investigación ha considerado el empleo de hidróxido de calcio para la estabilización de suelos arcillosos adicionando el producto en porcentajes desde 2% a 12% en sus resultados demuestra que el valor de pH fue variando según se incrementó el porcentaje de hidróxido de calcio desde un valor de 9.28 hasta un valor de 12.52 con el 12% de Ca(OH)_2 . Con respecto al valor de limite liquido demostró que estos valores disminuyen desde su estado natural de 43.5% hasta un 38.67% con el 12% de Ca(OH)_2 . Mientras que el límite plástico se elevó de 22.31 hasta 30.08%; por tanto el valor de índice de plasticidad fue decreciendo desde un valor de 21.19 hasta 8.59%; Para el caso de la máxima densidad se presenta una reducción a medida que se incrementa el porcentaje de Ca(OH)_2 . Para el caso del CBR “remoldeadas”, este valor se incrementó desde 5.3% hasta un valor de 71.9%, la investigación señala que el incremento de la capacidad de soporte CBR se debió al mayor tiempo de curado.

La presente investigación ha demostrado similitud en el comportamiento de las características al adicionar la ceniza de cáscara de huevo, debemos aclarar que para el caso de la evaluación del ensayo CBR se efectuó un curado de 72 horas (3 días) previo a la penetración de los especímenes.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

- Amaya, Botero, & Ovando (2018); en su investigación titulada “Oxido de Calcio en la estabilización de suelos arcillosos”, efectúa los ensayos de Limites de Atterberg, ensayo de Proctor estándar, resistencia a la compresión simple (UCS), valor de soporte california CBR y pruebas químicas. Al respecto los resultados obtenidos han demostrado que la adición del oxido de calcio en un 15%, a un corto plazo (con un curado de 1 h), ha disminuido el valor de limite liquido (W_l) de 139% a 115%, en cuanto al valor de limite plástico (W_p) presenta un leve incremento de 52.5 a 57.1 y por cuanto una reducción en el valor del índice de plasticidad (IP) de 86.6% a 58.2%. Para el caso del valor de pH la investigación evalúa el valor optimo que permita estabilizar la arcilla, es asi que se han empleado diferentes porcentajes, considerando que la norma ASTM D-6276 señala que la cantidad optima o mínima de CaO será aquel que obtenga un valor de pH de 12.45, según la investigación menciona que con la adición de 3 a 5% de CaO se logra la estabilización, sin embargo no logra un comportamiento asintótico, lo que se puede interpretar como una condición de frontera entre el punto en el que se logra estabilizar y el punto en el que el a pesar se vaya incrementando el óxido de calcio ya no se presentan cambios representativos; Con respecto al CBR, la adición de CaO, ha generado un incremento en su resistencia en los primeros 5 a 7 días de curado, el CBR se ha incrementado de 2.8% a un valor de 10.1%, esta evaluación ha sido efectuada sobre suelos arcillosos de alta

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

compresibilidad con variaciones de humedad de 50 a 400%, que en el sistema de Clasificación SUCS, el suelo es de tipo CH.

En relación a la presente investigación, podemos señalar que la adición de ceniza de cáscara de huevo presenta similares comportamientos, no obstante, el valor de soporte CBR presenta una mejora superior en su resistencia, ello se podría justificar al proceso de curado aplicado en la presente investigación además al tipo de suelo evaluado, que, para nuestro caso es clasificado en el sistema SUCS como un suelo “CL” arcilla de baja plasticidad arenoso y con porcentajes de humedad entre 14.6% a 26.8%.

- Marcelo (2020), en su tesis titulada, “Estabilización de suelos arcillosos aplicando cáscara de huevo y cal, carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca, 2019”, concluye que, al adicionar cáscara de huevo pulverizada en 6% y 9%, evidencia que los valores de máxima densidad logra elevar en 0.011 g/cm³ y 0.023 g/cm³, en cuanto al valor de soporte CBR señala el incremento de su capacidad de 4.1% a 6.4 y 7.1%; en el caso de la evaluación del índice de plasticidad, emplea un porcentaje de 6% demostrando la disminución del IP de 9.4% en su estado natural a un valor de 7.6% con el 6% de cáscara de huevo pulverizado.

En relación a la investigación efectuada, se demuestra alguna similitud en el comportamiento del Índice de Plasticidad, en el caso del valor CBR si bien es cierto que los valores presentan un incremento; debemos reiterar que en la presente investigación se ha aplicado un proceso de curado,

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

el que ha permitido obtener valores de CBR elevados. En cuanto al valor de densidad máxima presentan comportamientos contrarios. Es de manifestar que la presente investigación se efectuó con la ceniza de la cáscara de huevo calcinado a 800°C por un periodo de 4 horas.

- Vidal (2021) en su tesis titulada “Mejoramiento de las propiedades de la Subrasante de un suelo arcilloso adicionando ceniza de cáscara de huevo” manifiesta el empleo de ceniza de cáscara de huevo obtenida mediante calcinación en un horno cilíndrico a temperatura entre 350 a 400°C por más de 4 horas, empleando porcentajes de 5%, 10% y 15%; en cuanto a los resultados de laboratorio señala que el límite líquido fue incrementando, para el caso del límite plástico los valores se incrementaron; de los ensayos de máxima densidad se indica que al adicionar ceniza da cáscara de huevo los valores fueron disminuyendo y en el caso del CBR los valores se elevaron ligeramente.

A diferencia de la presente investigación la temperatura para obtener la ceniza de cáscara de huevo fue de 800°C por un periodo de 4 horas, así mismo se efectuó el proceso de curado para la ejecución del ensayo de CBR, sin embargo, se aprecia similitud en el comportamiento de las características de los ensayos de limite líquido, máxima densidad y CBR.

4.2 Conclusiones

- La presente investigación ha considerado evaluar los suelos de la subrasante de la calle Inmaculada Concepción del distrito de San Jerónimo de la provincia y departamento del Cusco, cuya clasificación de suelos en el

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

sistema SUCS presento suelos de tipo CL “arcilla de baja plasticidad arenoso”

- Saldaña (2018); evalúa la composición química de la ceniza de cáscara de huevo, en la que demuestra que el porcentaje de óxido de calcio (CaO) es de 91.875%, obtenido desde una calcinación a 900°C por un periodo de 3 horas. Asimismo, (Reyes, 2019), efectúa la evaluación de la composición química señalando que el óxido de calcio (CaO) se presenta en un 89.879% obtenida por la calcinación a una temperatura de 700°C por un periodo de 3 horas. En base a los datos obtenidos por los autores antes mencionados, la presente investigación ha considerado efectuar la calcinación de la cáscara de huevo a una temperatura de 800°C por un periodo de 4 horas, con la finalidad de obtener óxido de calcio, que al mezclar con el suelo arcilloso de la subrasante genera mejoras en las propiedades estudiadas en la presente investigación.
- El análisis estadístico de los resultados del pH, aplicando el método ANOVA, con un nivel de significancia de 0.05 presenta un $P_{\text{valor}} = 0.000 < 0.05$, por cuanto se rechaza la hipótesis nula. Según el análisis de Tukey se concluye que el suelo en estado natural obtuvo un pH promedio de 6.65; al adicionar la ceniza de cáscara de huevo en 2% el valor del pH promedio se elevó a 10.72, el que representa una eficiencia del 61.65%, con el 4% se obtuvo un valor promedio de 12.01, el que representa una eficiencia del 80.56% y con la adición del 6% de ceniza de cascara de huevo se obtuvo un valor de 13.01, que representa una eficiencia del 95.56%; por tanto se puede

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

afirmar que la ceniza de cáscara de huevo en 2%, 4% y 6% influye en propiedad del pH del suelo arcilloso de subrasante de la calle Inmaculada Concepción.

- Al considerar que la calcinación de la ceniza de cáscara de huevo produce oxido de calcio se ha estimado evaluar el método de ensayo ASTM D-6276 “Método de prueba estándar para usar el pH para estimar la necesidad de proporción de cal para la estabilización del suelo”, este método señala que para lograr una estabilización del suelo se requiere un pH de 12.4 de la mezcla suelo-cal, por tanto en la presente investigación se considera que al adicionar 4.9% de ceniza de cáscara de huevo, se obtiene una estabilización del suelo arcilloso, por efecto de la CaO presente en la ceniza de cáscara de huevo.
- El análisis estadístico de los resultados del índice de plasticidad (IP), aplicando el método ANOVA, con un nivel de significancia de 0.05 presenta un $P_{\text{valor}} = 0.000, < 0.05$ por cuanto se rechaza la hipótesis nula de la presente investigación. Según el análisis de Tukey se concluye que el suelo en estado natural obtuvo un IP promedio de 16.46%; al adicionar el 2% de ceniza de cáscara de huevo, el valor se redujo a 13.88% el que representa una eficiencia de 15.65%, mientras que con el 4% se obtuvo un IP promedio de 12.63%, el que representa una eficiencia de 23.25% y con el 6% el IP promedio se redujo a 9.59%, el que representa una eficiencia de 41.75%; ante lo expuesto se puede afirmar que la ceniza de cáscara de

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

huevo en 2%, 4% y 6% influye en la propiedad del índice de plasticidad del suelo arcilloso de subrasante de la calle Inmaculada Concepción.

- El comportamiento de los valores del límite líquido e índice de plasticidad, modifican la clasificación del suelo, que en el sistema SUCS modifica el suelo de CL(Arcilla de baja plasticidad arenoso) a ML(suelo limo arenoso); mientras que en el sistema de clasificación AASHTO modifica al suelo de un A-6 (suelo arcilloso) a un suelo A-4; (suelo limoso).
- El análisis estadístico de los resultados de la máxima densidad seca (MDS), aplicando el método ANOVA y con un nivel de significancia de 0.05 presenta un $P_{\text{valor}} = 0.000, < 0.05$ por cuanto se rechaza la hipótesis nula de la presente investigación. Según el análisis de Tukey se concluye que el suelo en estado natural obtuvo una MDS promedio de 1.921 g/cm^3 ; al adicionar el 2% de ceniza de cáscara de huevo, el valor promedio de la MDS fue de $1,894 \text{ g/cm}^3$ el que representa una eficiencia de 1.431%, mientras que con el 4% se obtuvo una MDS promedio de 1.872 g/cm^3 , el que representa una eficiencia de 2.58% y con el 6% la MDS promedio fue de 1.846 que representa una eficiencia de 3.94%; ante lo expuesto se puede afirmar que la ceniza de cáscara de huevo en 2%, 4% y 6% influye en la propiedad de la máxima densidad seca del suelo arcilloso de subrasante de la calle Inmaculada Concepción.
- La evaluación estadística de los resultados de la capacidad de soporte $\text{CBR}^{0.1}$, aplicando el método ANOVA y con un nivel de significancia de 0.05 presenta un $P_{\text{valor}} = 0.000, < 0.05$ por cuanto se rechaza la hipótesis

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

nula de la presente investigación. Según el análisis de Tukey se concluye que el suelo en estado natural obtuvo un $CBR^{0.1}$ promedio de 5.675; al adicionar el 2% de ceniza de cáscara de huevo, el valor promedio del $CBR^{0.1}$ fue de 16.125% el que representa una eficiencia de 184.14%, mientras que con el 4% se obtuvo un $CBR^{0.1}$ promedio de 39.23%, el que representa una eficiencia de 591.19% y con el 6% el $CBR^{0.1}$ promedio fue de 63.55% que representa una eficiencia de 1019.82%; ante lo expuesto se puede afirmar que la ceniza de cáscara de huevo en 2%, 4% y 6% influye en la propiedad del $CBR^{0.1}$ del suelo arcilloso de subrasante de la calle Inmaculada Concepción.

- La evaluación estadística de los resultados de la capacidad de soporte $CBR^{0.2}$, aplicando el método ANOVA y con un nivel de significancia de 0.05 presenta un $P_{valor} = 0.000, < 0.05$ por cuanto se rechaza la hipótesis nula de la presente investigación. Según el análisis de Tukey se concluye que el suelo en estado natural obtuvo un $CBR^{0.2}$ promedio de 6.50%; al adicionar el 2% de ceniza de cáscara de huevo, el valor promedio del $CBR^{0.2}$ fue de 17.90% el que representa una eficiencia de 175.38%, mientras que con el 4% se obtuvo un $CBR^{0.2}$ promedio de 43.15%, el que representa una eficiencia de 563.85% y con el 6% el $CBR^{0.2}$ promedio fue de 67.98% que representa una eficiencia de 945.77%; ante lo expuesto se puede afirmar que la ceniza de cáscara de huevo en 2%, 4% y 6% influye en la propiedad del $CBR^{0.2}$ del suelo arcilloso de subrasante de la calle Inmaculada Concepción.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

- Es importante señalar que el valor de capacidad soporte CBR de la subrasante, cumple un rol importante para determinar el paquete estructural de un pavimento, según el manual de carreteras en la sección suelos y pavimentos del MTC clasifica a la subrasante por categorías según el valor CBR, es así que el valor de CBR del suelo en estado natural es considerado como “insuficiente”, con el 2% se considera una subrasante “buena”, con el 4% y 6% es considerado como una subrasante excelente.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Referencias

- Amaya, M. E., Botero, E., & Ovando, E. (22 al 24 de Noviembre de 2018). Oxido de Calcio en la estabilización de suelos arcillosos. XXIX Reunion Nacional de Ingeniería Geotécnica. León - Guanajuato, Mexico: Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica, A.C.
- Bauza, J. (SETIEMBRE de 2015). El Tramaiento de los suelos arcillosos con cal. comportamiento mecánico y evolución a largo plazo ante cambios de humedad. TESIS DOCTORAL. SEVILLA.
- Budhu, M. (2010). Soil Machanics and Foundations. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Burga, P. N. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales de cáscara de huevo como insumo para la elaboración de pintura látex de color. Tesis. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos - Facultad de Química e Ingeniería Química.
- Camacho, J., Reyes, O.J. & Mayorga, C. (2008). Curado Natural y acelerado de una arcilla estabilizada con aceite sulfonado.
- Crespo, C. (2008). Mecanica de suelos y cimentaciones. Villalaz: Limusa.
- García Araujo, B. J., & Morales Delgado, D. M. (2021). Análisis de la estabilidad de un suelo arcilloso con cáscaras de huevo pulverizadas añadidas.
- Gonzales, L., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). Ingeniería Geologica. Madrid: Pearson Educación.
- Hernández, S., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). Metodología de la Investigación sexta edición. Mexico: McGraw-Hill/ Interamericana Editores S.A. de C.V.
- Higuera, C. H., Gomez, J. C., & Pardo, O. E. (2012). Caracterización de un suelo arcilloso tratado con hidroxido de cal. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia. Obtenido de <https://www.redalyc.org/comocitar.ou?id=413940771003>
- ILH. (2020). Instituto Latinoamericano del Huevo. Obtenido de <http://www.ilhala.org/composicion.html>

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

- Inonán, H., & León, C. (Marzo de 2022). "Producción y comercialización de producots avícolas". Boletín Estadístico Mensual. Lima, Perú: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2978333/Bolet%C3%ADn%20sobre%20producci%C3%B3n%20y%20comercializaci%C3%B3n-av%C3%ADcola-%20ENERO%202022.pdf>
- Junco, J. M., & Tejeda, E. (Agosto de 2011). Aditivo químico obtenido de sales cuaternarias empleado para la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes de carreteras. Revista de Arquitectura e Ingeniería, vol. 5, núm. 2. Cuba.
- León, B. J. (2019). Resistencia a la compresión en adobe, estabilizado en 2% y 3% con cenizas de cáscara de huevo y cascara de arroz. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. Chimbote, Perú: Facultad de Ingeniería - Universidad San Pedro.
- Mamani, R. C. (2015). Estudio y Evaluación de formulación de mezclas para la obtención de ladrillos en la ciudad de Cusco.
- Marcelo, V. K. (2020). Estabilizacion de suelos arcillosos aplicando cáscara de huevo y cal, cerretera Cerro de Pasco - Yanahuanca. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniería Civil. Lima, Perú: Facultad de Ingeniería y Arquitectura - Universidad Cesar Vallejo.
- Osorio, N. W. (2012). pH del Suelo y disponibilidad de nutrientes. Manejo integral del Suelo y Nutrición Vegetal.
- P, Bapiraju y Prasad K, Nagendra, Una investigación experimental sobre suelo expansivo junto con polvo de cáscara de huevo y polvo de roca (2019). Revista internacional de investigación avanzada en ingeniería y tecnología, 10 (5), 2019, pp 9-21.
- Pradas, P. (2019). Desarrollo de conglomerantes hidráulicos de carretera empleando cáscara de huevo como componente. Influencia del tamaño de partícula. Grado en Ingeniería Química. Sevilla, España: Escuela Técnica Superior de Ingeniería - Universidad de Sevilla.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

- Reyes, M. A. (2019). Resistencia a compresión de un concreto $f'c=210$ Kg/cm² al sustituir al cemento 4%, 6% y 8% por cascara de huevo. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. Huaraz, Perú: Facultad de Ingeniería - Universidad San Pedro.
- Rodriguez, F., & Fernandez, G. (2010). Ingeniería sostenible: nuevos objetivos en los proyectos de construcción. Revista Ingeniería de Construcción, PAG. 147-160.
- Saldaña, J. C. (2018). Resistencia a la compresión y permeabilidad de mortero sustituyendo el cemento en 10% y 20% por polvo de cáscara de huevo y cebiza de cáscara de arroz. Tesis. Chimbote, Perú: Universidad San Pedro.
- Santos, C. A., & Sarmiento, G. (2018). Incidencia de la adición de ceniza de cascarilla de arroz en la estabilización de suelo arcilloso, propuesto como material de subrasante de la vía Fundo Molleray San Sebastián – Cusco. Tesis. Cusco, Perú: Facultad de Ingeniería y Arquitectura - Universidad Andina del Cusco.
- Vidal , L. E. (2021). Mejoramiento de las propiedades de la subrasante de un suelo arcillosos adicionando ceniza de cáscara de huevo. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil. Lima, Perú: Facultad de Ingeniería y Arquitectura - Universidad César Vallejo.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

Anexos

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 1: ANALISIS GRANULOMETRICO, LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL DEL SUELO EN ESTADO NATURAL

P-1 M-1

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO: TESIS: INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%

AUTOR: RENE HERENCIA AGUILAR

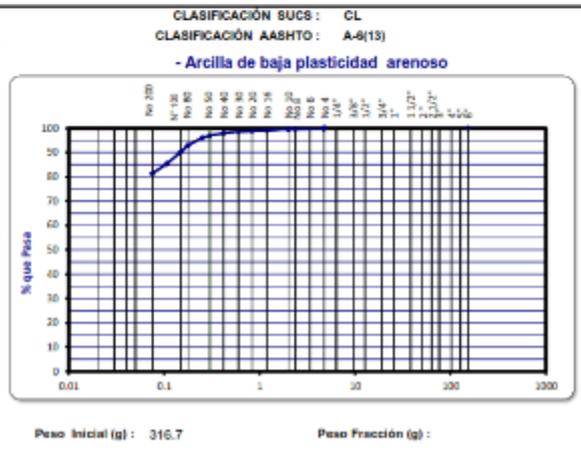
Datos de la Muestra

Descripción : Suelo de Subrasante en estado natural	Ubicación : San Jerónimo - Cusco
Perforación : P-1 Muestra: M-1	Fecha : 15/10/2020
Coordenadas : E. 188405 N. 8500389	

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NTP 339.128

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.800				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
No. 4	4.750				100.0
No. 8	2.360	1.2	0.4	0.4	99.6
No. 10	2.000	0.4	0.1	0.5	99.5
No. 16	1.190	1.2	0.4	0.9	99.1
No. 20	0.834	0.7	0.2	1.1	98.9
No. 30	0.600	1.1	0.3	1.4	98.8
No. 40	0.420	1.8	0.6	2.0	98.0
No. 50	0.300	3.4	1.1	3.1	96.9
No. 60	0.250	3.0	0.9	4.0	96.0
No. 80	0.177	8.5	3.0	7.0	93.0
No. 100	0.149	8.4	2.7	9.7	90.3
No. 140	0.106	15.5	4.9	14.6	85.4
No. 200	0.075	12.7	4.0	18.6	81.4
-200		257.8	81.4	100.0	



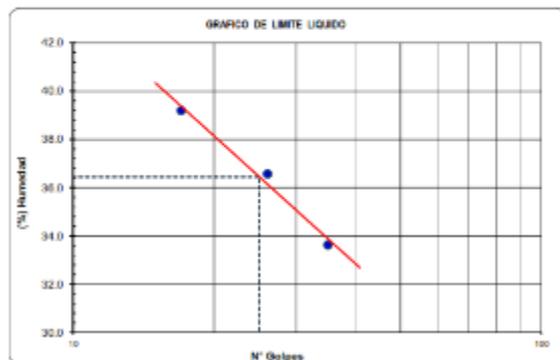
DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LIMITE PLASTICO NTP 339.129	HUM. NAT. NTP 339.127	
Capsula Nro	8	1	36
Peso de la Capsula (g)	15.43	15.70	224.1
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	20.86	21.36	1834.1
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	19.97	20.42	1493.8
Peso del Agua (g)	0.89	0.94	340
Peso del Suelo Seco (g)	4.54	4.72	1289.70
Contenido de Humedad (%)	19.60	19.92	26.80
PROMEDIO	19.8	26.8	

CONSTANTES FISICAS

LIMITE LIQUIDO : 36.44 LIMITE PLÁSTICO : 19.76 IND. PLASTICIDAD : 16.68

	LIMITE LIQUIDO NTP 339.129		
Capsula Nro	54	40	39
Peso de la Capsula (g)	29.64	29.66	29.59
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	46.52	46.95	46.42
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	42.62	42.32	41.88
Número de Golpes	35	26	17
Peso del agua (g)	4.50	4.63	4.74
Peso del Suelo Seco (g)	13.38	12.88	12.09
Contenido de Humedad (%)	33.6	36.6	39.2



Observaciones:

GMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA ANDRE FLORIB
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 148233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 3: HOJA DE CALCULO CBR DEL SUELO EN ESTADO NATURAL P-1 M-1

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS "INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%"

AUTOR : RENE HERENCIA AGUILAR

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo de Subrasante en estado natural

Ubicación : San Jeronimo - Cusco

Calicata : P-1

Fecha : 16/10/2020

Coordenada : E - 188405 N - 8500369 **Muestra**: M-1

DATOS DE ANILLO DE CARGA

Anillo Nro	2	Factor de Correccion:	$Carga\ Kgf = A_0 + A_1X + A_2X^2$	$A_0 =$	0.9956	$A_2 =$	0
Capacidad Maxima	4500 Kgf			$A_1 =$	1		

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.145

Molde N°	16		17		18	
	5		5		5	
N° Capas	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	11937	12133	11609	11887	11252	11695
Peso de molde (g)	7326	7326	7319	7319	7336	7336
Peso del suelo húmedo (g)	4611	4807	4290	4568	3916	4359
Volumen del molde (cm ³)	2139	2139	2138	2138	2142	2142
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.156	2.247	2.007	2.137	1.828	2.035
Humedad (%)	11.88	16.68	12.16	19.83	12.21	22.94
Densidad seca	1.927	1.926	1.789	1.783	1.629	1.655
Tarro N°	C-21	C-11	C-22	C-26	C-29	C-20
Tarro + Suelo húmedo (g)	563.4	616.8	544.9	629.5	695.7	594.7
Tarro + Suelo seco (g)	513.6	542.0	496.2	541.0	630.2	501.2
Peso del Agua (g)	49.8	74.8	48.7	88.5	65.5	93.5
Peso del tarro (g)	94.4	93.6	95.6	94.7	93.8	93.6
Peso del suelo seco (g)	419.2	448.4	400.6	446.3	536.4	407.6
Humedad (%)	11.88	16.68	12.16	19.83	12.21	22.94
Agua Absorbida (%)	4.80		7.67		10.73	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
16/10/2020	10:30:00	0	10	0.3	0.2	6	0.2	0.1	296	7.5	6.5
17/10/2020	10:30:00	24	58	1.5	1.27	44	1.1	0.96	368	9.3	8.05
18/10/2020	10:30:00	48	89	2.3	1.95	125	3.2	2.73	419	10.6	9.17
19/10/2020	10:30:00	72	132	3.4	2.89	189	4.8	4.13	451	11.5	9.87
20/10/2020	10:30:00	96	155	3.9	3.39	240	6.1	5.25	496	12.6	10.85

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 16				MOLDE N° 17				MOLDE N° 18			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		29	1.5			22	1.1			11	0.6		
0.050		56	2.8			39	2.0			20	1.0		
0.075		75	3.8			58	2.9			29	1.5		
0.100	70.3	98	4.9	4.9	7.0	70	3.5	3.54	5.0	36	1.8	1.85	2.6
0.125		125	6.3			89	4.5			48	2.4		
0.150		141	7.1			105	5.3			55	2.8		
0.200	105.5	174	8.7	8.7	8.3	128	6.4	6.44	6.1	70	3.5	3.54	3.4
0.300		215	10.8			154	7.7			89	4.5		
0.400		241	12.1			182	9.1			101	5.1		
0.500		274	13.7			206	10.3			114	5.7		

GMI S.A.

CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
 TÉCNICO DE LABORATORIO


JOSEMARÍA INOFRE FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 4: HOJA DE GRAFICOS CBR DEL SUELO EN ESTADO NATURAL P-1 M-1

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

Proyecto: TESIS: INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%.

AUTOR: RENE HERENCIA AGUILAR

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.145

Datos de la Muestra

Descripción: Suelo de Subrasante en estado natural

Ubicación: San Jeronimo - Cusco

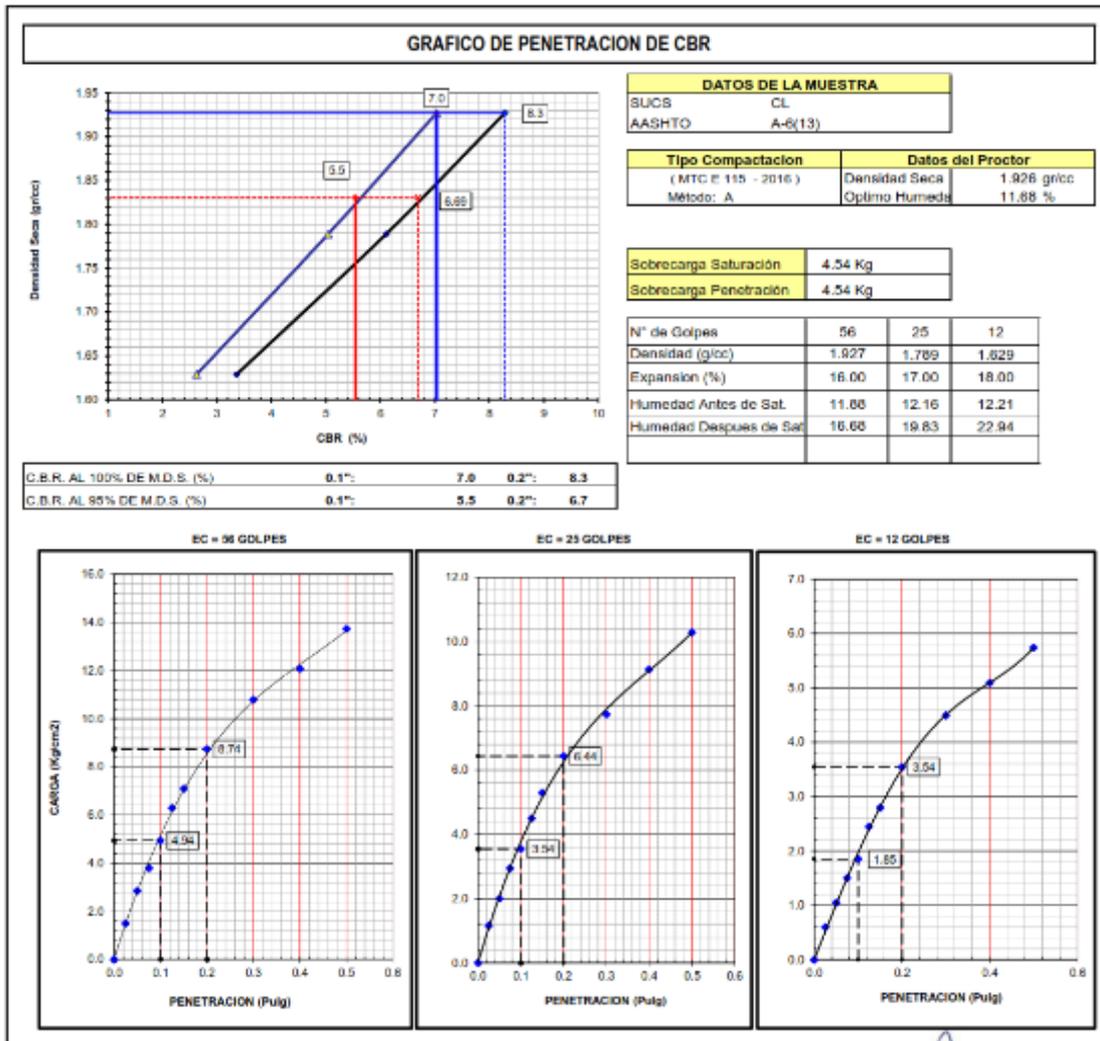
Calicata: P-1

Muestra: M-1

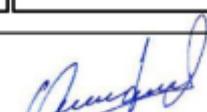
Fecha: 19/10/2020

Coordenada: E - 188405

N - 8500369




GMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
 TÉCNICO DE LABORATORIO


JOSEMARÍA ZÚÑIGA FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 5: ANALISIS GRANULOMETRICO, LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL DEL SUELO ADICIONADO 2% CENIZA P-1 M-2

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%
AUTOR : RENE HERENCIA AGUILAR

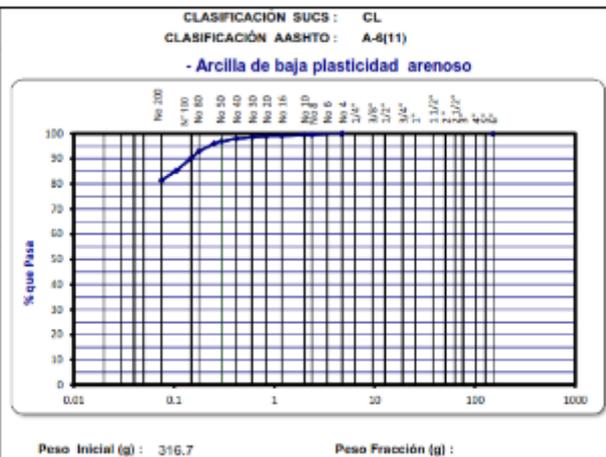
Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 2% de Ceniza de cascara de huevo **Ubicación :** San Jeronimo - Cusco
Perforación : P-1 **Muestra:** M-2 **Fecha :** 18/10/2020
Coordenadas : E: 188406 N: 8500389

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NTP 339.128

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
No. 4	4.750				100.0
No. 8	2.360	1.2	0.4	0.4	99.6
No. 10	2.000	0.4	0.1	0.5	99.5
No. 16	1.190	1.2	0.4	0.9	99.1
No. 20	0.834	0.7	0.2	1.1	98.9
No. 30	0.600	1.1	0.3	1.4	98.6
No. 40	0.420	1.8	0.6	2.0	98.0
No. 50	0.300	3.4	1.1	3.1	96.9
No. 60	0.250	3.0	0.9	4.0	96.0
No. 80	0.177	9.5	3.0	7.0	93.0
No. 100	0.149	8.4	2.7	9.7	90.3
No. 140	0.106	15.5	4.9	14.6	85.4
No. 200	0.075	12.7	4.0	18.6	81.4
-200		257.6	81.4	100.0	



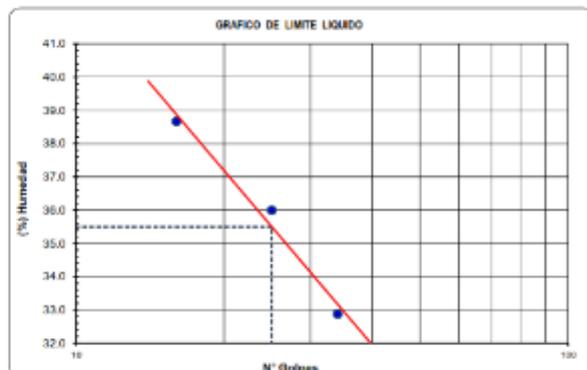
DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LIMITE PLASTICO NTP 339.129		HUM. NAT. NTP 339.127
Capsula Nro	8	11	36
Peso de la Capsula (g)	15.43	16.38	224.1
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	26.65	25.84	602.5
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	24.65	24.15	556.2
Peso del Agua (g)	2.00	1.69	46
Peso del Suelo Seco (g)	9.22	7.79	332.10
Contenido de Humedad (%)	21.69	21.69	13.94
PROMEDIO	21.7		13.9

	LIMITE LIQUIDO NTP 339.129		
Capsula Nro	29	26	18
Peso de la Capsula (g)	36.55	23.80	36.28
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	46.25	47.26	45.89
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	43.85	41.05	43.21
Numero de Golpes	34	25	16
Peso del agua (g)	2.40	6.21	2.68
Peso del Suelo Seco (g)	7.30	17.25	6.93
Contenido de Humedad (%)	32.9	36.0	38.7

CONSTANTES FISICAS

LIMITE LIQUIDO : 35.5 LIMITE PLÁSTICO : 21.7 IND. PLASTICIDAD : 13.8



GMI S.A.
Observaciones: CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TECNICO DE LABORATORIO

JOSEMANUEL PABLO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 106233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 7: HOJA DE CALCULO CBR DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 2%P-1 M-2

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%”

AUTOR : RENE HERENCIA AGUILAR

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 2% de Ceniza de cascara de huevo

Ubicación : San Jeronimo - Cusco

Calicata : P-1

Fecha : 17/10/2020

Coordenada : E - 188405

N - 8500369

Muestra : M-2

DATOS DE ANILLO DE CARGA

Anillo Nro	2	Factor de Correccion:	$Carga\ Kgf = A_0 + A_1 X + A_2 X^2$	$A_0 =$	0.9956	$A_2 =$	0
Capacidad Maxima	4500 Kgf			$A_1 =$	1		

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.145

	22		23		24	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	22		23		24	
N° Capes	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO		NO SATURADO		NO SATURADO	
Peso molde + suelo húmedo	13129	13852	12981		12273	
Peso de molde (g)	8505	8505	8500	8050	8020	8020
Peso del suelo húmedo (g)	4615	5347	4331	-8050	4253	-8020
Volumen del molde (cm ³)	2142	2142	2141	2141	2149	2149
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.155	2.496	2.023	-3.780	1.979	-3.732
Humedad (%)	12.93	14.67	12.90	18.29	12.89	17.71
Densidad seca	1.908	2.177	1.792	-3.233	1.753	-3.174
Tarro N°	C-34	C-21	C-12	C-28	C-23	C-17
Tarro + Suelo húmedo (g)	613.9	592.2	575.4	522.6	603.4	499.2
Tarro + Suelo seco (g)	554.2	519.8	520.1	462.5	545.2	437.9
Peso del Agua (g)	59.7	62.4	55.3	60.1	58.2	60.3
Peso del tarro (g)	92.5	94.4	91.3	93.6	93.7	97.5
Peso del suelo seco (g)	461.7	425.4	428.8	368.9	451.5	340.4
Humedad (%)	12.93	14.67	12.90	16.29	12.89	17.71
Agua Absorbida (%)	1.74		3.39		4.82	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
17/10/2020	10:30:00	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
18/10/2020	10:30:00	24	43	1.1	0.98	78	2.0	1.71	79	2.0	1.73
19/10/2020	10:30:00	48	62	1.6	1.36	85	2.2	1.88	95	2.4	2.08
20/10/2020	10:30:00	72	70	1.8	1.53	95	2.4	2.08	123	3.2	2.73
21/10/2020	10:30:00	96	79	2.0	1.73	105	2.7	2.30	141	3.6	3.00

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 22				MOLDE N° 23				MOLDE N° 24			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		89	4.5			72	3.6			56	2.5		
0.050		145	7.3			98	5.4			89	4.5		
0.075		232	11.6			145	7.3			128	6.4		
0.100	70.3	305	15.3	10.3	21.7	198	9.9	9.93	14.1	148	7.4	7.44	10.6
0.125		356	17.8			235	11.8			184	9.2		
0.150		405	20.3			274	13.7			215	10.8		
0.200	105.5	505	25.3	25.3	24.0	325	16.3	16.28	15.4	262	13.1	13.13	12.5
0.300		668	33.4			384	19.2			309	15.5		
0.400		792	39.6			441	22.1			351	17.6		
0.500		895	44.7			484	24.2			415	20.8		

GMI S.A.

CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
 TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARÍA ANÍBAL FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 8: HOJA DE GRAFICOS CBR DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 2% P-1 M-2

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS INFORME DE ENSAYO

Proyecto: TESIS: INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%.

AUTOR: RENE HERENCIA AGUILAR

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.145

Datos de la Muestra

Descripción: Suelo adicionado con 2% de Ceniza de cascara de huevo

Ubicación: San Jeronimo - Cusco

Calicata: P-1

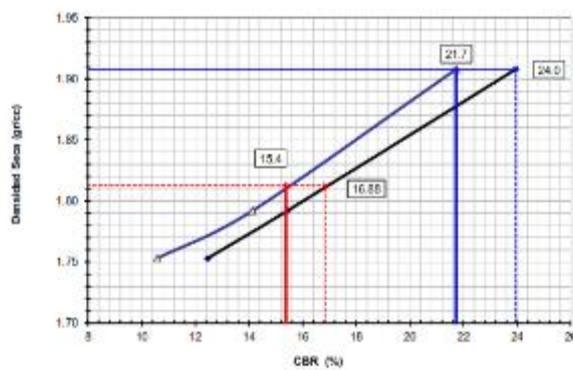
Muestra: M-2

Fecha: 20/10/2020

Coordenada: E - 188400

N - 8500360

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



DATOS DE LA MUESTRA

SUCS: CL
AASHTO: A-8(11)

Tipo Compactación	Datos del Proctor	
(MTC E 115 - 2016)	Densidad Seca	1.801 g/cm³
Método: A	Óptimo Humedad	12.09 %

Sobrecarga Saturación	4.54 Kg
Sobrecarga Penetración	4.54 Kg

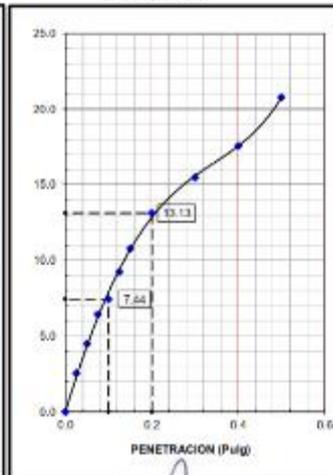
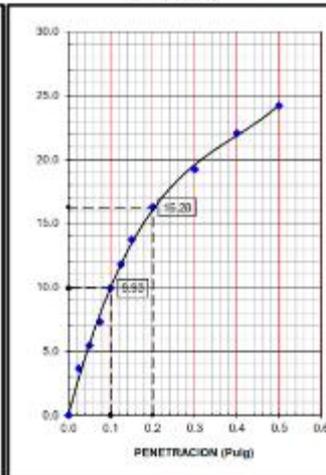
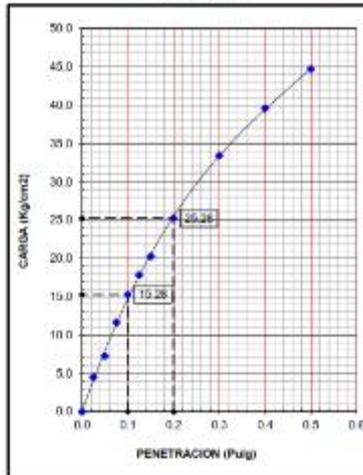
N° de Golpes	58	25	12
Densidad (g/cm³)	1.908	1.792	1.753
Expansión (%)	22.00	23.00	24.00
Humedad Antes de Sat.	12.93	12.90	12.88
Humedad Después de Sat.	14.67	16.29	17.71

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	21.7	0.2"	24.0
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	15.4	0.2"	16.9

EC = 58 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES



GMI S.A.

CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA ANDRÉ FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 108235

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 9: ANALISIS GRANULOMETRICO, LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL DEL SUELO ADICIONADO 4% CENIZA P-1 M-3

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: "INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%"

AUTOR : RENE HERENCIA AGUILAR

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 4% de Ceniza de cascara de huevo
Perforación : P-1 Muestra: M-3
Coordenadas : E. 185406 N. 8500359

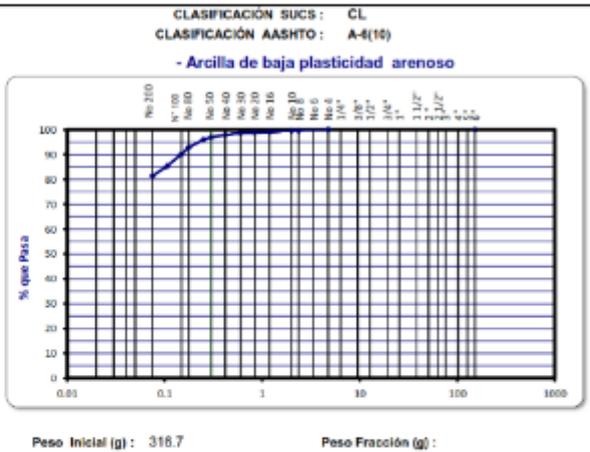
Ubicación : San Jeronimo - Casco

Fecha : 18/10/2020

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NTP 339.129

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
No. 4	4.750				100.0
No. 8	2.360	1.2	0.4	0.4	99.6
No. 10	2.000	0.4	0.1	0.5	99.5
No. 16	1.190	1.2	0.4	0.9	99.1
No. 20	0.854	0.7	0.2	1.1	98.9
No. 30	0.600	1.1	0.3	1.4	98.6
No. 40	0.420	1.8	0.6	2.0	98.0
No. 50	0.300	3.4	1.1	3.1	96.9
No. 60	0.250	3.0	0.9	4.0	96.0
No. 80	0.177	9.5	3.0	7.0	93.0
No. 100	0.149	8.4	2.7	9.7	90.3
No. 140	0.106	15.5	4.9	14.5	85.4
No. 200	0.075	12.7	4.0	18.5	81.4
-200		257.8	81.4	100.0	



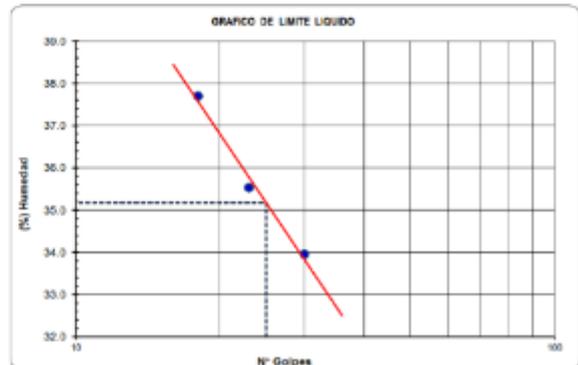
DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LIMITE PLASTICO NTP 339.129	HUM. NAT. NTP 339.127	
Capsula Nro	11	27	36
Peso de la Capsula (g)	16.36	16.40	224.1
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	21.86	21.94	602.5
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	20.85	20.93	556.2
Peso del Agua (g)	1.03	1.01	46
Peso del Suelo Seco (g)	4.49	4.53	332.10
Contenido de Humedad (%)	22.94	22.30	13.94
PROMEDIO	22.6	13.9	

	LIMITE LIQUIDO NTP 339.129		
Capsula Nro	37	53	34
Peso de la Capsula (g)	28.56	28.50	26.49
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	46.47	46.54	42.27
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	41.93	41.81	37.95
Numero de Golpes	30	23	18
Peso del agua (g)	4.54	4.73	4.32
Peso del Suelo Seco (g)	13.37	13.31	11.46
Contenido de Humedad (%)	34.0	35.5	37.7

CONSTANTES FÍSICAS

LIMITE LIQUIDO : 36.2 LIMITE PLÁSTICO : 22.6 IND. PLASTICIDAD : 12.6



Observaciones:

GMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARÍA AMORÉ FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. GIP E° 54233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 10: PROCTOR MODIFICADO DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 4% P-1 M-3

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: "INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR, DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%" ;

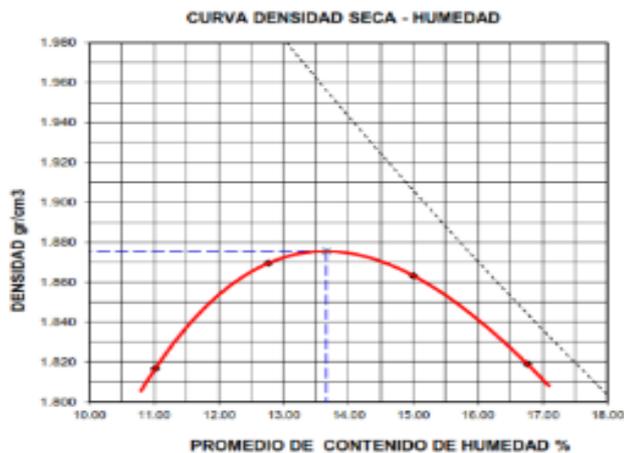
AUTOR : RENE HERENCIA AGUILAR

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 4% de Ceniza de cascara de huevo **Ubicación :** San Jeronimo - Cusco
Perforación : P-1 **Muestra:** M-3 **Fecha :** 17/10/2020
Coordenada : E - 188405 **N - 8500369**

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA NTP-339.141

Metodo de compactacion		A			
Metodo de preparacion de muestra		Húmedo			
Descripcion del Píson		Manual			
Numero de golpes		25			
Numero de capas		5			
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo húmedo. + molde	g	5378	5465	5498	5480
2. Peso del molde	g	3457	3457	3457	3457
3. Volumen del molde	cc	953	953	953	953
4. Peso suelo húmedo	g	1921	2008	2041	2023
5. Densidad suelo húmedo	g/cc	2.017	2.108	2.143	2.124
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		C-04	C-22	C-25	C-20
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	685.2	652.2	625.2	612.5
8. Peso del suelo seco+capsula	g	626.5	589.2	555.8	538.0
9. Peso del agua	g	58.7	63.0	69.4	74.5
10. Peso de la capsula	g	93.7	95.6	93.2	93.6
11. Peso del suelo seco	g	532.8	493.6	462.6	444.4
12. Contenido de humedad	%	11.02	12.76	15.00	16.76
13. Promedio de cont. de humedad	%	11.02	12.76	15.00	16.76
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	g/cc	1.817	1.870	1.863	1.819



DATOS DE LA MUESTRA	
SUCS	CL
AASHTO	A-6(10)

DATOS DE LA GRANULOMETRIA		
Porcentaje Ret. Acumulado	% Pasa	
Tamiz 3/4"	0.0	100.0
Tamiz 3/8"	0.0	100.0
Tamiz N° 4	0.0	100.0
Tamiz N° 200	18.6	81.4

DATOS DEL PISON	
Peso de Pison	4.54 Kg
Altura de caída	45.72 cm

RESULTADOS	
Contenido de Humedad optima	13.66%
Densidad Maxima Seca	1.875 g/cc

GMI S.A.

CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
 TÉCNICO DE LABORATORIO


JOSEMARÍA JOFRE FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 140233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 11: HOJA DE CALCULO CBR DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 4% P-1 M-3

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%*

AUTOR : RENE HERENCIA AGUILAR

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 4% de Ceniza de cascara de huevo

Ubicación : San Jerónimo - Cusco

Calicata : P-1

Fecha : 17/10/2020

Coordenada : E - 188405 N - 8500369 **Muestra**: M-3

DATOS DE ANILLO DE CARGA

Anillo Nro	2	Factor de Corrección:	Carga Kgf = $A_2 \times A_1 \times A_2 \times K^2$	$A_2 =$	0.9858	$A_1 =$	0
Capacidad Máxima	4500 Kgf				1		

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.145

Molde N°	10		11		12	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	11904	12001	11336	11454	11369	11502
Peso de molde (g)	7354	7354	7018	7018	7234	7234
Peso del suelo húmedo (g)	4550	4647	4318	4436	4135	4268
Volumen del molde (cm ³)	2134	2134	2137	2137	2143	2143
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.132	2.178	2.021	2.076	1.930	1.992
Humedad (%)	13.58	15.79	13.67	16.39	13.71	17.01
Densidad seca	1.877	1.881	1.778	1.784	1.697	1.702
Tarro N°	C-14	C-20	C-21	C-26	C-17	C-14
Tarro + Suelo húmedo (g)	587.4	617.3	629.1	633.0	631.7	593.0
Tarro + Suelo seco (g)	520.1	545.9	564.8	557.2	567.3	520.1
Peso del Agua (g)	59.3	71.4	64.3	75.8	64.4	72.9
Peso del tarro (g)	91.5	93.6	94.4	94.7	97.5	91.5
Peso del suelo seco (g)	436.6	452.3	470.4	462.5	469.8	428.6
Humedad (%)	13.58	15.79	13.67	16.39	13.71	17.01
Agua Absorbida (%)	2.21		2.72		3.30	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
17/10/2020	10:30:00	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
18/10/2020	10:30:00	24	30	1.0	0.83	61	1.5	1.35	82	2.1	1.79
19/10/2020	10:30:00	48	59	1.5	1.29	78	2.0	1.71	95	2.4	2.05
20/10/2020	10:30:00	72	58	1.5	1.27	90	2.3	1.87	101	2.8	2.21
21/10/2020	10:30:00	96	61	1.5	1.33	91	2.3	1.99	100	2.8	2.25

PENETRACION

PENETRACION psig	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 10				MOLDE N° 11				MOLDE N° 12			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (psig)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (psig)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (psig)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		332	11.6			178	8.9			121	6.1		
0.050		338	19.0			269	13.3			262	10.1		
0.075		588	29.4			285	19.3			268	15.4		
0.100	70.3	738	39.9	39.9	56.7	339	26.8	26.81	36.1	402	20.1	20.12	26.6
0.125		929	45.9			341	32.1			505	25.1		
0.150		1034	52.7			329	36.3			388	29.4		
0.200	105.5	1261	63.0	63.0	59.7	399	44.9	44.93	42.6	688	34.4	34.40	32.6
0.300		1436	72.7			1098	54.9			871	43.5		
0.400		1585	79.2			1198	59.9			977	48.8		
0.500		1698	84.3			1302	65.1			1032	52.6		

GMI S.A.

CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARÍA DOFRE FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 12: HOJA DE GRAFICOS CBR DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 4% P-1 M-3

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS INFORME DE ENSAYO

Proyecto : TESIS: INFLUENCIA EN EL PH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR, DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%*

AUTOR : RENE HERENCIA AGUILAR

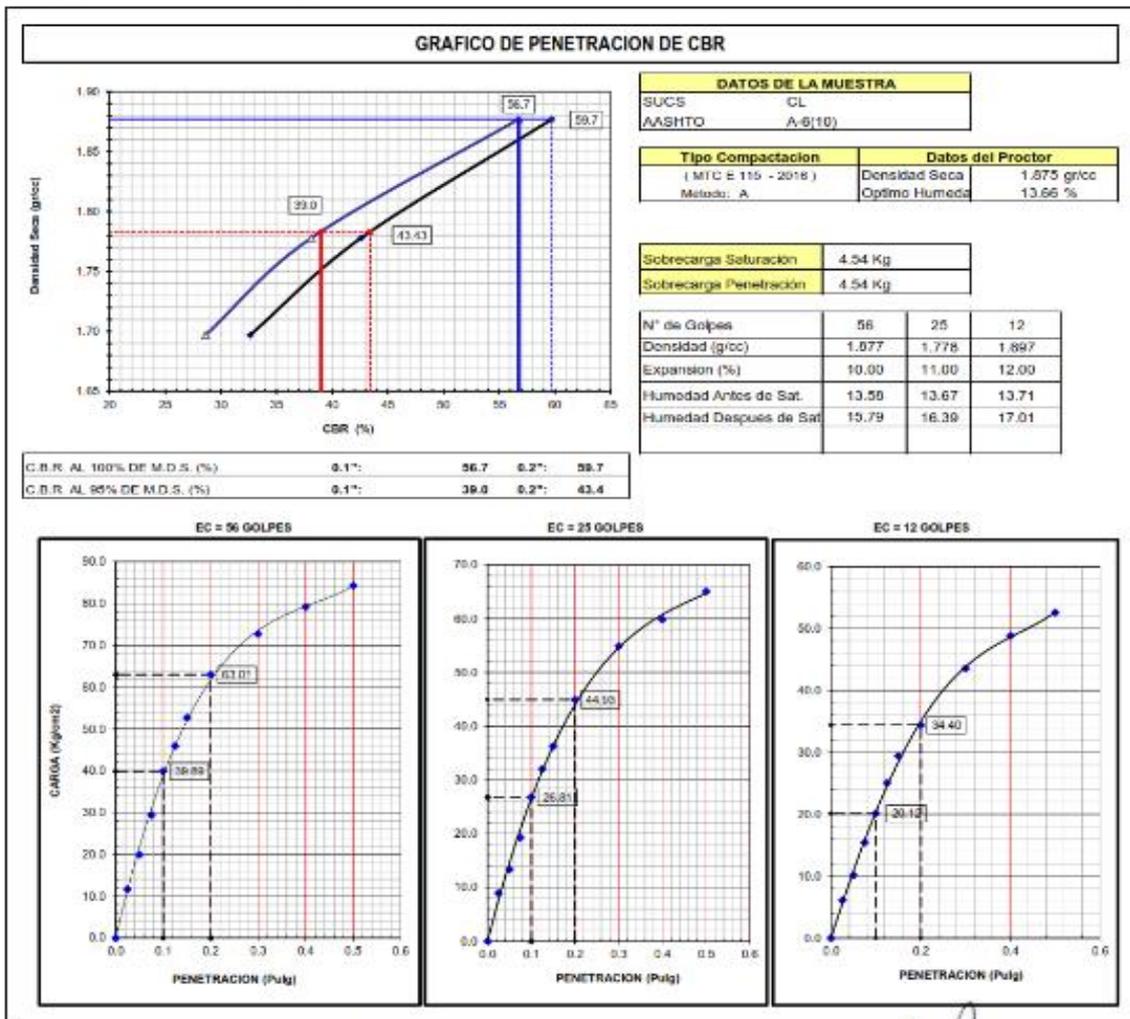
ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) NTP 339.145

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 4% de Ceniza de cascara de huevo **Ubicación :** San Jeronimo - Cusco

Calicata : P-1 **Muestra :** M-03 **Fecha :** 20/10/2020

Coordenada : E - 105405 **N :** 0500369



GMI S.A.
[Signature]
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

[Signature]
JOSEMARIA ANDRE FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 148235

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 13: ANALISIS GRANULOMETRICO, LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL DEL SUELO ADICIONADO 6% CENIZA P-1 M-4.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: "INFLUENCIA EN EL pH, MAXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%"

AUTOR : RENE HERENCIA AGUILAR

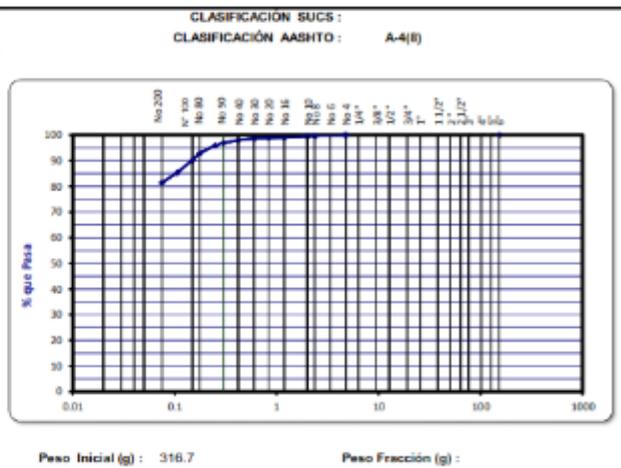
Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 6% de Ceniza de cascara de huevo Ubicación : San Jeronimo - Cusco
 Perforación : P-1 Muestra: M-4 Fecha : 19/10/2020
 Coordenadas : E. 188405 N. 8500369

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NTP 339.128

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
No. 4	4.750				100.0
No. 8	2.360	1.2	0.4	0.4	99.6
No. 10	2.000	0.4	0.1	0.5	99.5
No. 16	1.190	1.2	0.4	0.9	99.1
No. 20	0.834	0.7	0.2	1.1	98.9
No. 30	0.600	1.1	0.3	1.4	98.6
No. 40	0.420	1.8	0.6	2.0	98.0
No. 50	0.300	3.4	1.1	3.1	96.9
No. 60	0.250	3.0	0.9	4.0	96.0
No. 80	0.177	9.5	3.0	7.0	93.0
No. 100	0.149	8.4	2.7	9.7	90.3
No. 140	0.106	15.5	4.9	14.6	85.4
No. 200	0.075	12.7	4.0	18.6	81.4
-200		257.8	81.4	100.0	

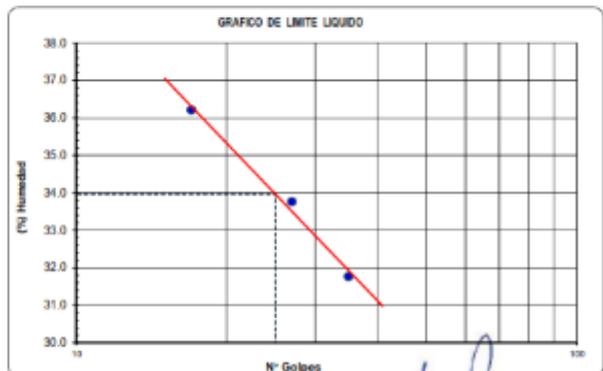


DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LIMITE PLASTICO NTP 339.129		HUM. NAT. NTP 339.127
	28	18	36
Capsula No			
Peso de la Capsula (g)	15.57	17.69	224.1
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	21.72	23.26	602.5
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	20.56	22.17	556.2
Peso del Agua (g)	1.16	1.09	46
Peso del Suelo Seco (g)	4.99	4.48	332.10
Contenido de Humedad (%)	23.25	24.33	13.94
PROMEDIO	23.8		13.9

	LIMITE LIQUIDO NTP 339.129		
	38	32	50
Capsula No			
Peso de la Capsula (g)	27.71	29.04	27.81
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	51.48	54.04	57.64
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	45.75	47.73	49.71
Numero de Golpes	35	27	17
Peso del agua (g)	5.73	6.31	7.03
Peso del Suelo Seco (g)	18.04	18.69	21.90
Contenido de Humedad (%)	31.8	33.8	36.2

CONSTANTES FISICAS
 LIMITE LIQUIDO : 34.0 LIMITE PLASTICO : 23.8 IND. PLASTICIDAD : 10.2



Observaciones:

GMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
 TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA JIMENEZ FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 14: PROCTOR MODIFICADO DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 6% P-1 M-4.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS "INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR, DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%" :

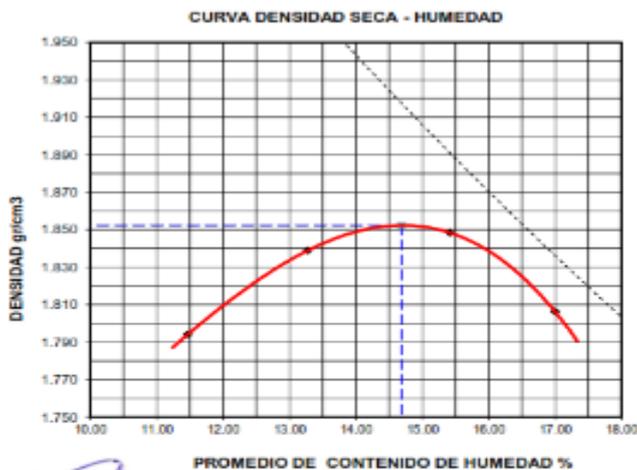
AUTOR : RENE HERENCIA AGUILAR

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 6% de Ceniza de cascara de huevo Ubicación : San Jeronimo - Cusco
 Perforación : P-1 Muestra: M-4 Fecha : 20/10/2020
 Coordenada : E - 188405 N - 8500369

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA NTP-339.141

Metodo de compactacion		A			
Metodo de preparacion de muestra		Húmedo			
Descripción del Pisón		Manual			
Numero de golpes		25			
Numero de capas		5			
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	g	5362	5441	5489	5470
2. Peso del molde	g	3457	3457	3457	3457
3. Volumen del molde	cc	953	953	953	953
4. Peso suelo humedo	g	1905	1984	2032	2013
5. Densidad suelo humedo	g/cc	2.000	2.083	2.133	2.113
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		C-31	C-14	C-15	C-28
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	700.8	668.4	654.4	534.8
8. Peso del suelo seco+capsula	g	638.2	600.6	579.6	470.7
9. Peso del agua	g	62.6	67.6	74.8	64.1
10. Peso de la capsula	g	92.5	91.5	94.3	93.6
11. Peso del suelo seco	g	545.7	509.3	485.3	377.1
12. Contenido de humedad	%	11.47	13.27	15.41	17.00
13. Promedio de cont. de humedad	%	11.47	13.27	15.41	17.00
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	g/cc	1.794	1.839	1.848	1.806



DATOS DE LA MUESTRA	
SUCS	
AASHTO	A-4(8)

DATOS DE LA GRANULOMETRIA	
Porcentaje Ret. Acumulado	% Pasa
Tamiz 3/4"	0.0 100.0
Tamiz 3/8"	0.0 100.0
Tamiz N° 4	0.0 100.0
Tamiz N° 200	18.6 81.4

DATOS DEL PISON	
Peso de Pison	4.54 Kg
Altura de caída	45.72 cm

RESULTADOS	
Contenido de Humedad optima	14.89%
Densidad Maxima Seca	1.852 g/cc

GMI S.A.
 CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
 TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA DÍAZ FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 15: HOJA DE CALCULO CBR DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 6% P-1 M-4

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%*

AUTOR : RENE HERENCIA AGUILAR

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 6% de Ceniza de cascara de huevo

Ubicación : San Jeronimo - Cusco

Calicata : P-1

Fecha : 20/10/2020

Coordenada : E - 188405

N - 8500389

Muestra: M-4

DATOS DE ANILLO DE CARGA

Anillo Nro	2	Factor de Correccion:	Carga Kgf = $A_1 + A_2 \cdot X + A_3 \cdot X^2$	$A_1 =$	0.9956	$A_2 =$	0
Capacidad Maxima	4500 Kgf			$A_3 =$	1		

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.145

Molde N°	22		23		24	
	56		25		12	
N° Capas	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	13044	13076	12349	12414	12136	12220
Peso de molde (g)	8505	8505	8050	8050	8020	8020
Peso del suelo húmedo (g)	4539	4571	4299	4364	4116	4200
Volumen del molde (cm ³)	2142	2142	2141	2141	2149	2149
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.119	2.134	2.008	2.038	1.915	1.954
Humedad (%)	14.49	15.04	14.55	15.89	14.46	16.43
Densidad seca	1.851	1.855	1.753	1.799	1.673	1.678
Tarro N°	C-15	C-25	C-20	C-23	C-04	C-19
Tarro + Suelo húmedo (g)	649.8	669.8	626.6	648.1	631.1	621.8
Tarro + Suelo seco (g)	579.5	594.4	558.9	572.1	563.2	547.0
Peso del Agua (g)	70.3	75.4	67.7	76.0	67.9	74.8
Peso del tarro (g)	94.3	93.2	93.6	93.7	93.7	91.6
Peso del suelo seco (g)	485.2	501.2	465.3	478.4	469.5	455.4
Humedad (%)	14.49	15.04	14.55	15.89	14.46	16.43
Agua Absorbida (%)	0.55		1.34		1.97	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
20/10/2020	10:30:00	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
21/10/2020	10:30:00	24	15	0.4	0.33	25	0.6	0.55	40	1.0	0.88
22/10/2020	10:30:00	48	20	0.5	0.44	48	1.2	1.05	51	1.3	1.12
23/10/2020	10:30:00	72	30	0.8	0.66	52	1.3	1.14	55	1.4	1.20
24/10/2020	10:30:00	96	35	0.9	0.77	56	1.4	1.23	60	1.5	1.31

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND kg/cm ²	MOLDE N° 22				MOLDE N° 23				MOLDE N° 24			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		DIAL (mm)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	DIAL (mm)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	DIAL (mm)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0		0	0			0	0			
0.025		550	27.5		320	16.0			215	10.8			
0.050		902	45.1		581	29.1			405	20.3			
0.075		1201	60.0		702	35.1			489	24.5			
0.100	70.3	1410	70.4	70.4	100.2	882	44.1	44.08	62.7	364	28.2	28.21	
0.125		1722	86.0		1095	52.7			696	34.9			
0.150		2001	99.9		1185	59.2			758	37.5			
0.200	105.5	2250	112.4	112.4	106.6	1398	69.9	69.85	69.2	895	44.7	44.73	
0.300		2545	127.1		1632	82.5			1025	51.0			
0.400		2754	137.5		1754	87.6			1105	55.2			
0.500		2824	141.0		1825	91.2			1221	61.0			

GMI S.A.

CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
 TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARÍA INOFRE FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 168233

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 16: HOJA DE GRAFICOS CBR DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 6% P-1 M-4

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

Proyecto : TESIS "INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%"

AUTOR : RENE HERENCIA AGUILAR

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.143

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 6% de Ceniza de cascara de huevo

Ubicación: San Jeronimo - Cusco

Calicata : P-1

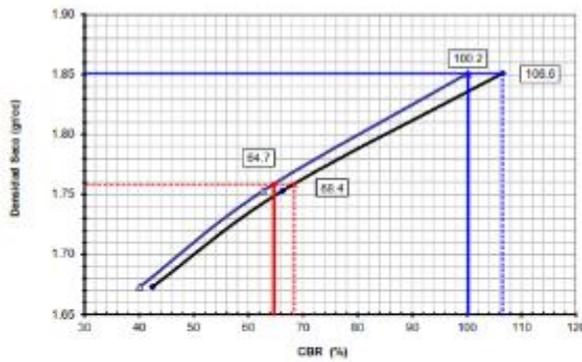
Muestra: M-4

Fecha : 23/10/2020

Coordenada : E - 188405

N - 8500369

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



DATOS DE LA MUESTRA	
SUCS	
AASHTO	A-4(B)
Tipo Compactación	
(MTC E 115 - 2016)	
Método: A	
Datos del Proctor	
Densidad Seca	1.852 g/cc
Óptimo Humeda	14.69 %

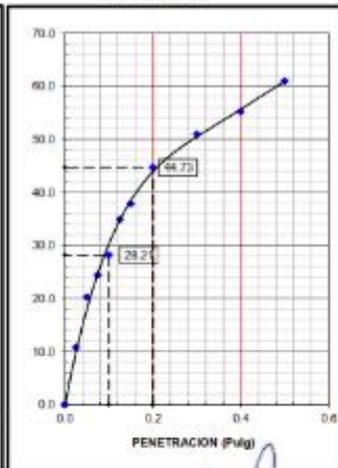
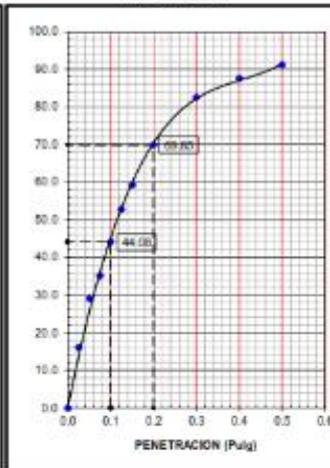
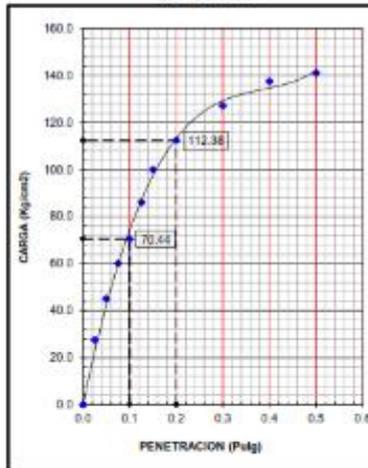
Sobrecarga Saturación	4.54 Kg		
Sobrecarga Penetración	4.54 Kg		
N° de Golpes	56	25	12
Densidad (g/cc)	1.851	1.753	1.673
Expansión (%)	22.00	23.00	24.00
Humedad Antes de Sal.	14.49	14.55	14.48
Humedad Después de Sal.	15.04	15.89	16.43

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	100.2	0.2"	106.0
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	64.7	0.2"	68.4

EC = 36 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES



GMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA INOFRÉ FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 17: ANALISIS GRANULOMETRICO, LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL DEL SUELO EN ESTADO NATURAL

P-2 M-5

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: "INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%"

AUTOR : RENE HERENCIA AGUILAR

Datos de la Muestra

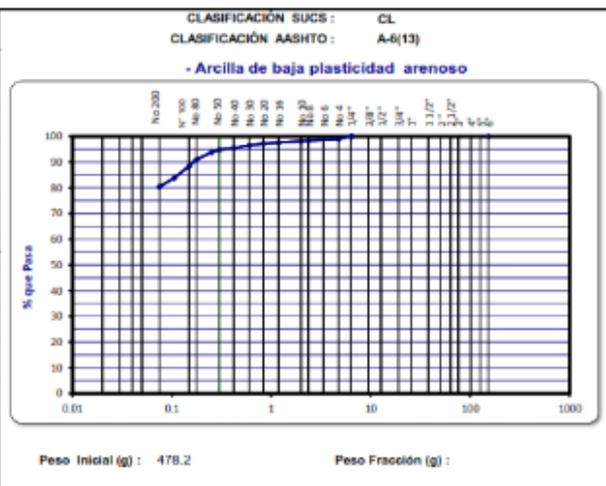
Descripción : Suelo de Subrasante en estado natural
 Perforación : P-2 Muestra: M-5
 Coordenadas : E. 188453 N. 8500370

Ubicación : San Jeronimo - Cusco
 Fecha : 20/10/2020

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NTP 339.128

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				100.0
No. 4	4.750	4.8	1.0	1.0	99.0
No. 8	2.360	2.8	0.6	1.6	98.4
No. 10	2.000	1.2	0.3	1.9	98.1
No. 16	1.190	2.3	0.5	2.4	97.6
No. 20	0.834	2.1	0.4	2.8	97.2
No. 30	0.600	3.6	0.8	3.6	96.4
No. 40	0.420	4.1	0.9	4.5	95.5
No. 50	0.300	3.5	0.7	5.2	94.8
No. 60	0.250	4.8	1.0	6.2	93.8
No. 80	0.177	13.2	2.8	9.0	91.0
No. 100	0.149	12.4	2.6	11.6	88.4
No. 140	0.106	21.5	4.5	16.1	83.9
No. 200	0.075	16.5	3.5	19.6	80.4
-200		385.4	80.4	100.0	



DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LIMITE PLASTICO NTP 339.129		HUM. NAT. NTP 339.127
Capsula Nro	2	9	36
Peso de la Capsula (g)	16.42	16.63	224.1
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	25.78	25.25	1834.1
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	24.15	23.74	1493.8
Peso del Agua (g)	1.63	1.51	340
Peso del Suelo Seco (g)	7.73	7.11	1269.70
Contenido de Humedad (%)	21.09	21.24	26.80
PROMEDIO	21.2		26.8

	LIMITE LIQUIDO NTP 339.129		
Capsula Nro	32	25	19
Peso de la Capsula (g)	29.04	36.98	23.15
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	45.95	47.02	45.99
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	41.50	44.31	39.45
Numero de Golpes	35	26	17
Peso del agua (g)	4.45	2.71	6.54
Peso del Suelo Seco (g)	12.46	7.33	16.30
Contenido de Humedad (%)	35.7	37.0	40.1

CONSTANTES FISICAS
 LIMITE LIQUIDO : 37.58 LIMITE PLASTICO : 21.16 IND. PLASTICIDAD : 16.42



Observaciones:

CESAR CONTRERAS CASTILLO
 TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA ANDERE FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 108235

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 19: HOJA DE CALCULO CBR DEL SUELO EN ESTADO NATURAL P-2 M-5

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR, DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%

AUTOR : RENE HERENCIA AGUILAR

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo de Subrasante en estado natural

Ubicación : San Jeronimo - Cusco

Calicata : P-2

Fecha : 21/10/2020

Coordenada : E - 188453 N - 8500370

Muestra: M-5

DATOS DE ANILLO DE CARGA

Anillo Nro	2	Factor de Correccion:	Carga Kgf = $A_0 + A_1 X + A_2 X^2$	$A_0 =$	0.9956	$A_2 =$	0
Capacidad Maxima	4500 Kgf			$A_1 =$	1		

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.145

	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	1		2		3	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condi. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	12223	12406	12060	12351	11902	12278
Peso de molde (g)	7686	7686	7747	7747	7793	7793
Peso del suelo húmedo (g)	4537	4720	4313	4604	4109	4485
Volumen del molde (cm ³)	2129	2129	2137	2137	2133	2133
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.131	2.217	2.018	2.154	1.926	2.103
Humedad (%)	11.68	15.94	11.69	18.83	11.67	21.55
Densidad seca	1.968	1.912	1.807	1.813	1.725	1.730
Tarro N°	C-05	C-07	C-11	C-05	C-21	C-26
Tarro + Suelo húmedo (g)	640.2	664.5	653.5	666.7	639.7	703.8
Tarro + Suelo seco (g)	583.5	586.2	594.9	576.6	582.7	595.8
Peso del Agua (g)	56.7	78.3	58.6	90.1	57.0	108.0
Peso del tarro (g)	98.2	94.9	93.6	98.2	94.4	94.7
Peso del suelo seco (g)	485.3	491.3	501.3	478.4	488.3	501.1
Humedad (%)	11.68	15.94	11.69	18.83	11.67	21.55
Agua Absorbida (%)	4.26		7.14		9.88	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
21/10/2020	10:30:00	0	10	0.3	0.2	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
22/10/2020	10:30:00	24	58	1.5	1.27	89	1.8	1.51	38	1.0	0.83
23/10/2020	10:30:00	48	89	2.3	1.95	98	2.5	2.14	119	3.0	2.60
24/10/2020	10:30:00	72	132	3.4	2.89	145	3.7	3.17	183	4.6	4.00
25/10/2020	10:30:00	96	155	3.9	3.30	165	4.7	4.05	269	7.3	6.32

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (mm)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (mm)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (mm)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		29	1.5			18	0.9			12	0.6		
0.050		56	2.8			41	2.1			23	1.2		
0.075		79	4.0			62	3.1			35	1.8		
0.100	70.3	105	5.3	5.3	7.5	77	3.9	3.89	5.5	45	2.3	2.30	3.3
0.125		121	6.1			93	4.7			58	2.9		
0.150		141	7.1			105	5.3			70	3.5		
0.200	105.5	171	8.6	8.6	8.1	126	6.3	6.34	6.0	86	4.3	4.34	4.1
0.300		265	10.3			152	7.6			115	5.8		
0.400		231	11.6			165	8.3			129	6.5		
0.500		242	12.1			174	8.7			138	6.9		

CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
 TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARÍA INOFRE FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

**ANEXO N° 20: HOJA DE GRAFICOS CBR DEL SUELO EN ESTADO NATURAL
P-2 M-5**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

Proyecto : TESIS "INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%"

AUTOR : RENE HERENCIA AGUILAR

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.145

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo de Subrasante en estado natural

Ubicación: San Jerónimo - Cusco

Calicata : P-2

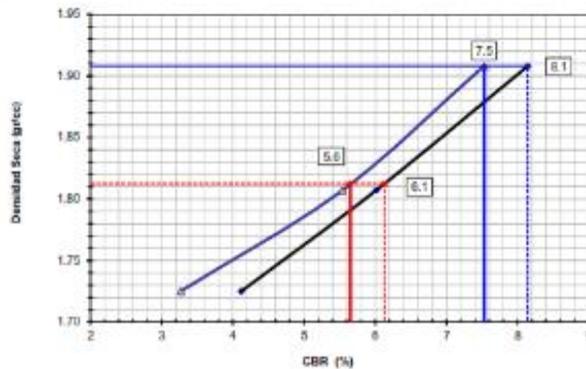
Muestra: M-5

Fecha : 24/10/2020

Coordenada : E - 188453

N - 8500370

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



DATOS DE LA MUESTRA	
SUCS	CL
AASHTO	A-6(13)

Tipo Compactación	Datos del Proctor	
(MTC E 115 - 2016)	Densidad Seca	1.928 gr/cc
Método: A	Óptimo Humeda	11.98 %

Sobrecarga Saturación	4.54 Kg
Sobrecarga Penetración	4.54 Kg

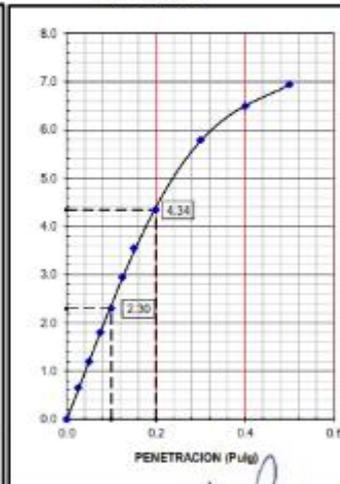
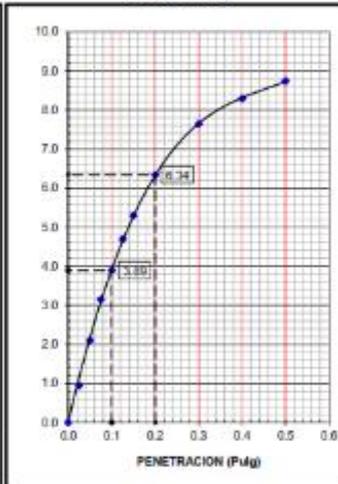
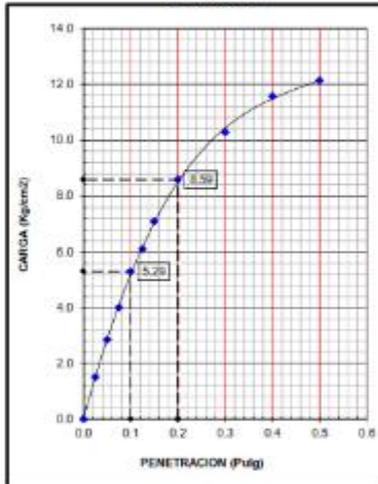
N° de Golpes	56	25	12
Densidad (g/cc)	1.908	1.807	1.725
Expansión (%)	3.39	4.05	6.32
Humedad Antes de Sat.	11.58	11.89	11.67
Humedad Después de Sat.	15.94	18.83	21.55

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	7.5	0.2"	8.1
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	5.6	0.2"	6.1

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES



GMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA ANDRE FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 106233

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 21: ANALISIS GRANULOMETRICO, LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL DEL SUELO ADICIONADO 2% CENIZA P-2 M-6

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: "INFLUENCIA EN EL pH, MAXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%"

AUTOR : RENE HERENCIA AGUILAR

Datos de la Muestra

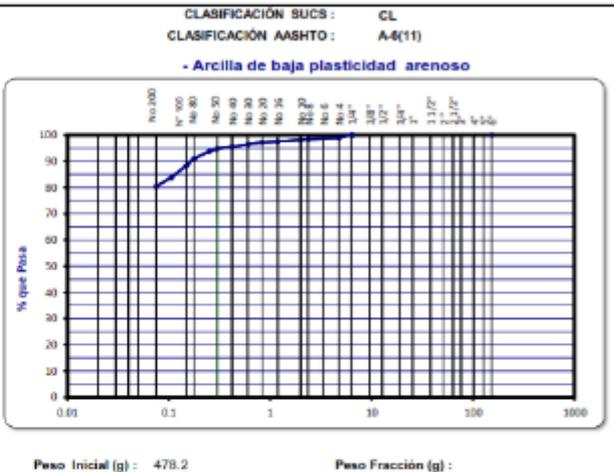
Descripción : Suelo adicionado con 2% de Ceniza
 Perforación : P-2 Muestra: M-6
 Coordenadas : E. 188453 N. 8500370

Ubicación : San Jeronimo - Cusco
 Fecha : 20/10/2020

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NTP 339.128

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
No. 4	4.750	4.8	1.0	1.0	100.0
No. 8	2.360	2.8	0.6	1.6	99.4
No. 10	2.000	1.2	0.3	1.9	99.1
No. 16	1.190	2.3	0.5	2.4	97.6
No. 20	0.834	2.1	0.4	2.8	97.2
No. 30	0.600	3.6	0.8	3.6	96.4
No. 40	0.420	4.1	0.9	4.5	95.5
No. 50	0.300	3.5	0.7	5.2	94.8
No. 60	0.250	4.8	1.0	6.2	93.8
No. 80	0.177	13.2	2.8	9.0	91.0
No. 100	0.149	12.4	2.6	11.6	88.4
No. 140	0.106	21.5	4.5	16.1	83.9
No. 200	0.075	16.5	3.5	19.6	80.4
-200		385.4	80.4	100.0	

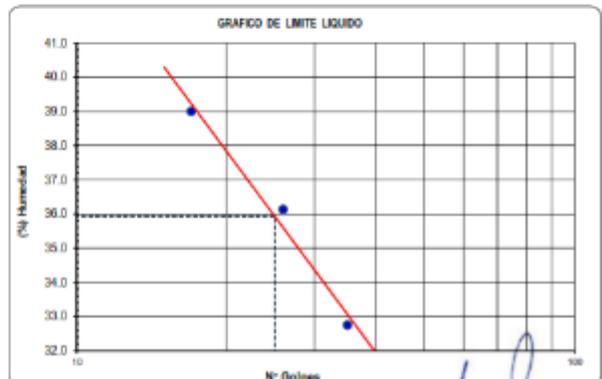


DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LIMITE PLASTICO NTP 339.129		HUM. NAT. NTP 339.127
Capsula No	10	9	21
Peso de la Capsula (g)	15.77	14.00	317.0
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	26.02	25.84	602.5
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	24.17	23.71	566.9
Peso del Agua (g)	1.85	2.13	36
Peso del Suelo Seco (g)	8.40	9.71	249.90
Contenido de Humedad (%)	22.02	21.94	14.25
PROMEDIO	22.0		14.2

	LIMITE LIQUIDO NTP 339.129		
Capsula No	14	7	23
Peso de la Capsula (g)	37.37	23.04	24.21
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	44.95	46.25	47.02
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	43.08	40.09	40.02
Numero de Golpes	35	26	17
Peso del agua (g)	1.87	6.16	6.40
Peso del Suelo Seco (g)	5.71	17.05	16.41
Contenido de Humedad (%)	32.7	36.1	39.0

CONSTANTES FISICAS
 LIMITE LIQUIDO : 35.93 LIMITE PLÁSTICO : 21.98 IND. PLASTICIDAD : 13.95



Observaciones:

GMI S.A.
 CESAR CONTRERAS CASTILLO
 TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA ANDRE FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 106233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 22: PROCTOR MODIFICADO DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 2% P-2 M-6

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS "INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR, DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%" :

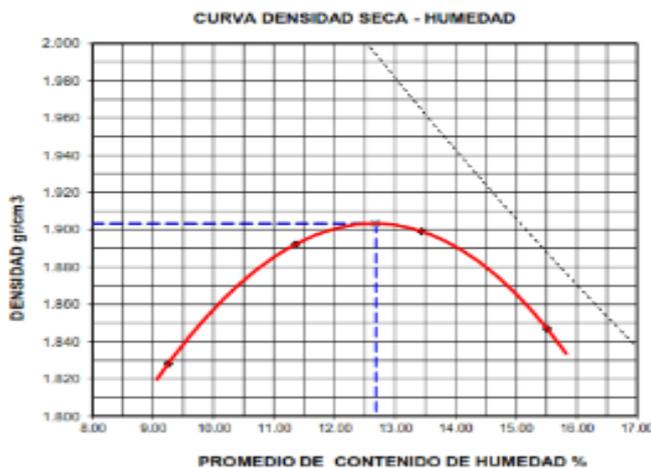
AUTOR : RENE HERENCIA AGUILAR

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 2% de Ceniza **Ubicación :** San Jeronimo - Cusco
Perforación : P-2 **Muestra:** M-6 **Fecha :** 21/10/2020
Coordenada : E - 188453 **N - 8500370**

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA NTP-339.141

Metodo de compactacion		A			
Metodo de preparacion de muestra		Húmedo			
Descripcion del Pison		Manual			
Numero de golpes		25			
Numero de capas		5			
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	g	5359	5464	5509	5489
2. Peso del molde	g	3457	3457	3457	3457
3. Volumen del molde	cc	953	953	953	953
4. Peso suelo humedo	g	1902	2007	2052	2032
5. Densidad suelo humedo	g/cc	1.997	2.107	2.154	2.133
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		C-17	C-20	C-22	C-23
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	605.7	625.1	642.8	672.9
8. Peso del suelo seco+capsula	g	562.7	570.9	578.0	595.1
9. Peso del agua	g	43.0	54.2	64.8	77.8
10. Peso de la capsula	g	97.5	93.6	95.6	93.7
11. Peso del suelo seco	g	465.2	477.3	482.4	501.4
12. Contenido de humedad	%	9.24	11.36	13.43	15.52
13. Promedio de cont. de humedad	%	9.24	11.36	13.43	15.52
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	g/cc	1.828	1.892	1.899	1.847



DATOS DE LA MUESTRA	
SUCS	CL
AASHTO	A-6(11)

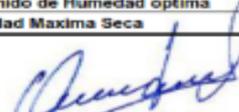
DATOS DE LA GRANULOMETRIA		
Porcentaje Ret. Acumulado	% Pasa	
Tamiz 3/4"	0.0	100.0
Tamiz 3/8"	0.0	100.0
Tamiz N° 4	1.0	99.0
Tamiz N° 200	19.6	80.4

DATOS DEL PISON	
Peso de Pison	4.54 Kg
Altura de cada	45.72 cm

RESULTADOS	
Contenido de Humedad optima	12.68%
Densidad Maxima Seca	1.903 g/cc

GMI S.A.

CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
 TÉCNICO DE LABORATORIO


JOSEMARIA INOFRE FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 106233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 23: HOJA DE CALCULO CBR DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 2% P-2 M-6

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%*

AUTOR : RENE HERENCIA AGUILAR

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 2% de Ceniza

Ubicación : San Jeronimo - Cusco

Calicata : P-2

Fecha : 21/10/2020

Coordenada : E - 188453 N - 8500370

Muestra: M-6

DATOS DE ANILLO DE CARGA

Anillo Nro	2	Factor de Correccion:	Carga Kgf = $A_0 + A_1 \cdot X + A_2 \cdot X^2$	$A_0 =$	0.9956	$A_1 =$	0
Capacidad Máxima	4500 Kgf			$A_2 =$	1		

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.145

Molde N°	4		5		6	
	56		25		12	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	13401	13513	13213	13393	12812	13027
Peso de molde (g)	8903	8903	8938	8938	8742	8742
Peso del suelo húmedo (g)	4498	4610	4275	4455	4070	4285
Volumen del molde (cm ³)	2104	2104	2110	2110	2103	2103
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.138	2.191	2.026	2.111	1.935	2.038
Humedad (%)	12.45	15.02	12.54	16.88	12.60	18.22
Densidad seca	1.901	1.905	1.800	1.806	1.718	1.724
Tarro N°	C-11	C-17	C-18	C-20	C-19	C-15
Tarro + Suelo húmedo (g)	639.3	675.0	631.9	642.1	631.4	688.7
Tarro + Suelo seco (g)	578.9	599.6	572.0	562.9	571.0	597.1
Peso del Agua (g)	60.4	75.4	59.9	79.2	60.4	91.6
Peso del tarro (g)	93.6	97.5	94.4	93.6	91.6	94.3
Peso del suelo seco (g)	485.3	502.1	477.6	469.3	479.4	502.8
Humedad (%)	12.45	15.02	12.54	16.88	12.60	18.22
Agua Absorbida (%)	2.57		4.34		5.62	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
21/10/2020	10:30:00	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
22/10/2020	10:30:00	24	56	1.4	1.23	78	2.0	1.71	101	2.6	2.21
23/10/2020	10:30:00	48	71	1.8	1.55	101	2.8	2.21	140	3.6	3.06
24/10/2020	10:30:00	72	82	2.1	1.79	114	2.9	2.49	156	4.0	3.41
25/10/2020	10:30:00	96	70	1.8	1.53	105	2.7	2.30	132	3.4	2.89

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 4				MOLDE N° 5				MOLDE N° 6			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		89	4.5			50	2.5			32	1.6		
0.050		154	7.7			102	5.1			75	3.8		
0.075		221	11.1			135	6.8			98	4.9		
0.100	70.3	292	14.6	14.6	20.8	181	9.1	9.09	12.9	121	6.1	6.09	8.7
0.125		341	17.1			223	11.2			152	7.6		
0.150		401	20.1			251	12.6			179	9.0		
0.200	105.5	478	23.9	23.9	22.7	302	15.1	15.13	14.3	208	10.4	10.43	9.9
0.300		578	28.9			368	18.4			261	13.1		
0.400		632	31.6			408	20.4			285	14.3		
0.500		677				448							

GMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA DÍAZ FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 24: HOJA DE GRAFICOS CBR DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 2% P-2 M-6

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

Proyecto: TESIS: "INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%"

AUTOR: RENE HERENCIA A GUILAR

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.145

Datos de la Muestra

Descripción: Suelo adicionado con 2% de Ceniza

Ubicación: San Jeronimo - Cusco

Calicata: P-2

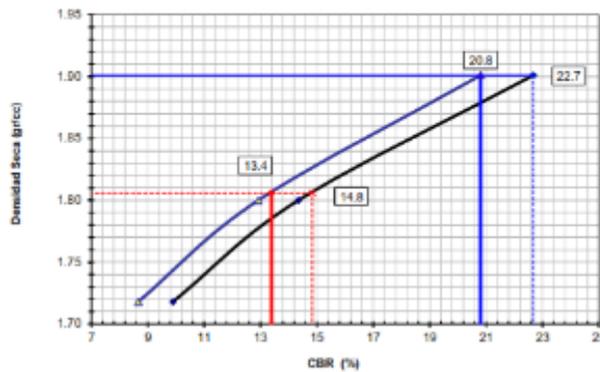
Muestra: M-6

Fecha: 24/10/2020

Coordenada: E - 168453

N - 8500370

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



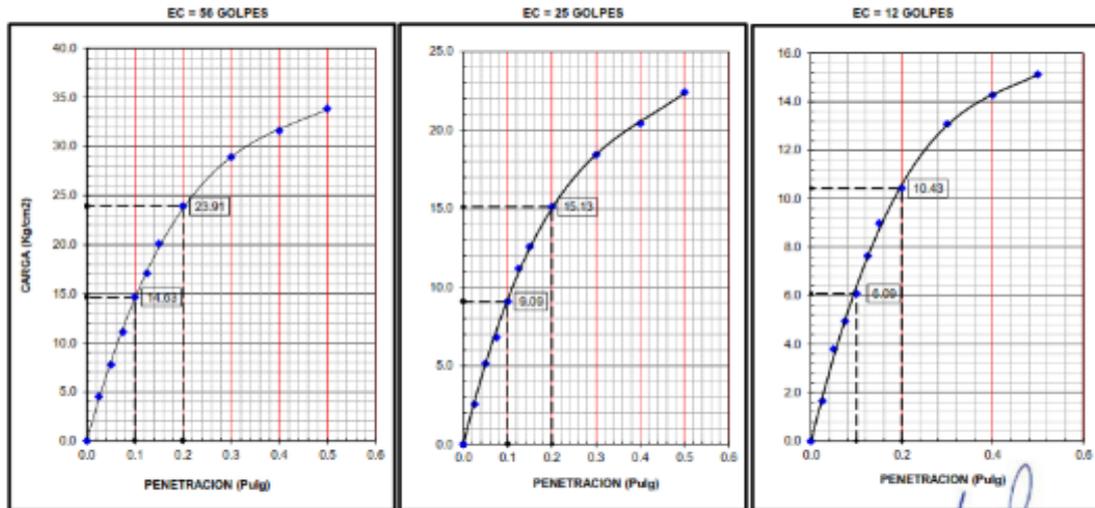
DATOS DE LA MUESTRA	
SUCS	CL
AASHTO	A-6(11)

Tipo Compactación	Datos del Proctor	
(MTC E 115 - 2016)	Densidad Seca	1.903 gr/cc
Método: A	Óptimo Humeda	12.68 %

Sobrecarga Saturación	4.54 Kg
Sobrecarga Penetración	4.54 Kg

N° de Golpes	56	25	12
Densidad (gr/cc)	1.901	1.8	1.718
Expansión (%)	4.0	5.0	6.0
Humedad Antes de Sat.	12.45	12.54	12.60
Humedad Después de Sat.	15.02	16.88	18.22

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	20.8	0.2":	22.7
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	13.4	0.2":	14.8



GMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA ANDRE FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 25: ANALISIS GRANULOMETRICO, LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL DEL SUELO ADICIONADO 4% CENIZA P-2 M-7

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: "INFLUENCIA EN EL pH, MAXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%"

AUTOR : RENE HERENCIA AGUILAR

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 4% de Ceniza
 Perforación : P-2 Muestra: M-7
 Coordenadas : E. 188453 N. 8500370

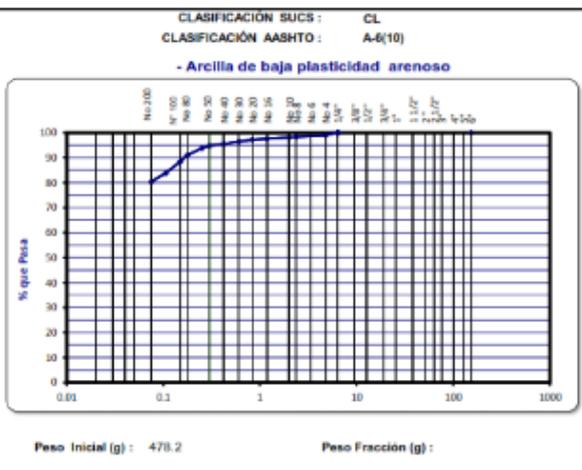
Ubicación : San Jeronimo - Cusco

Fecha : 20/10/2020

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NTP 339.128

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				100.0
No. 4	4.750	4.8	1.0	1.0	99.0
No. 8	2.360	2.8	0.6	1.6	98.4
No. 10	2.000	1.2	0.3	1.9	98.1
No. 16	1.190	2.3	0.5	2.4	97.6
No. 20	0.834	2.1	0.4	2.8	97.2
No. 30	0.600	3.6	0.8	3.6	96.4
No. 40	0.420	4.1	0.9	4.5	95.5
No. 50	0.300	3.5	0.7	5.2	94.8
No. 60	0.250	4.8	1.0	6.2	93.8
No. 80	0.177	13.2	2.8	9.0	91.0
No. 100	0.149	12.4	2.6	11.6	88.4
No. 140	0.106	21.5	4.5	16.1	83.9
No. 200	0.075	16.5	3.5	19.6	80.4
-200		385.4	80.4	100.0	

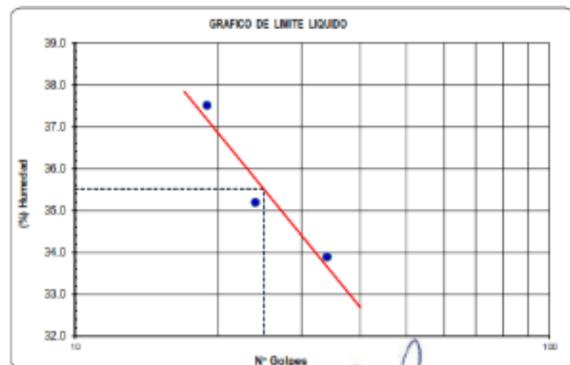


DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LIMITE PLASTICO NTP 339.129		HUM. NAT. NTP 339.127
	4	8	21
Capsula Nro			
Peso de la Capsula (g)	19.92	14.00	317.0
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	27.33	26.58	602.5
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	25.95	24.23	566.9
Peso del Agua (g)	1.38	2.35	36
Peso del Suelo Seco (g)	6.03	10.23	249.90
Contenido de Humedad (%)	22.89	22.97	14.25
PROMEDIO	22.9		14.2

	LIMITE LIQUIDO NTP 339.129		
	9	12	17
Capsula Nro			
Peso de la Capsula (g)	22.14	23.09	22.50
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	48.02	51.25	46.55
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	41.47	43.92	39.99
Numero de Golpes	34	24	19
Peso del agua (g)	6.55	7.33	6.56
Peso del Suelo Seco (g)	19.33	20.83	17.49
Contenido de Humedad (%)	33.9	35.2	37.5

CONSTANTES FISICAS
 LIMITE LIQUIDO : 35.51 LIMITE PLASTICO : 22.93 IND. PLASTICIDAD : 12.58



Observaciones:

OMI S.A.
 CESAR CONTRERAS CASTILLO
 TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA PINO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 106233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 26: PROCTOR MODIFICADO DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 4% P-2 M-7

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS "INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%"

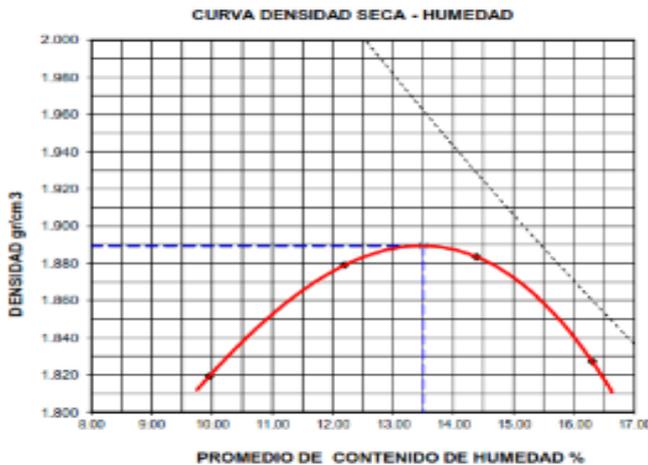
AUTOR : RENE HERENCIA AGUILAR

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 4% de Ceniza **Ubicación :** San Jeronimo - Cusco
Perforación : P-2 **Muestra:** M-7 **Fecha :** 21/10/2020
Coordenada : E - 188453 **N -** 8500370

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA NTP-339.141

Metodo de compactacion	A				
Metodo de preparacion de muestra	Húmedo				
Descripción del Píson	Manual				
Numero de golpes	25				
Numero de capas	5				
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo húmedo. + molde	g	5362	5465	5509	5481
2. Peso del molde	g	3457	3457	3457	3457
3. Volumen del molde	cc	953	953	953	953
4. Peso suelo húmedo	g	1905	2008	2052	2024
5. Densidad suelo húmedo	g/cc	2.000	2.108	2.154	2.125
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		C-17	C-14	C-02	C-15
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	617.0	631.5	625.7	655.1
8. Peso del suelo seco+capsula	g	570.0	572.8	558.6	576.5
9. Peso del agua	g	47.0	58.7	67.1	78.6
10. Peso de la capsula	g	97.5	91.5	91.9	94.3
11. Peso del suelo seco	g	472.5	481.3	466.7	482.2
12. Contenido de humedad	%	9.95	12.20	14.38	16.30
13. Promedio de cont. de humedad	%	9.95	12.20	14.38	16.30
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	g/cc	1.819	1.879	1.884	1.827



DATOS DE LA MUESTRA	
SUCS	CL
AASHTO	A-6(10)

DATOS DE LA GRANULOMETRIA		
Porcentaje Ret. Acumulado	% Pasa	
Tamiz 3/4"	0.0	100.0
Tamiz 3/8"	0.0	100.0
Tamiz N° 4	1.0	99.0
Tamiz N° 200	19.6	80.4

DATOS DEL PISON	
Peso de Pison	4.54 Kg
Altura de caída	45.72 cm

RESULTADOS	
Contenido de Humedad optima	13.56%
Densidad Maxima Seca	1.889 g/cc

GMI S.A.

CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
 TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA ANGRE FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 27: HOJA DE CALCULO CBR DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 4% P-2 M-7

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS "INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%"

AUTOR : RENE HERENCIA AGUILAR

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 4% de Ceniza

Ubicación : San Jeronimo - Cusco

Calicata : P-2

Fecha : 21/10/2020

Coordenada : E - 188453 N - 8500370

Muestra : M-7

DATOS DE ANILLO DE CARGA

Anillo Nro	2	Factor de Correccion:	Carga Kgf = $A_0 + A_1 X + A_2 X^2$	$A_0 =$	0.9956	$A_2 =$	0
Capacidad Maxima	4500 Kgf			$A_1 =$	1		

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.145

	4		5		6	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°						
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra						
Peso molde + suelo húmedo	13401	13513	13213	13393	12812	13027
Peso de molde (g)	8903	8903	8938	8938	8742	8742
Peso del suelo húmedo (g)	4498	4610	4275	4455	4070	4285
Volumen del molde (cm ³)	2104	2104	2110	2110	2103	2103
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.138	2.191	2.026	2.111	1.935	2.038
Humedad (%)	12.45	15.02	12.54	16.88	12.60	18.22
Densidad seca	1.901	1.905	1.800	1.806	1.718	1.724
Tarro N°	C-11	C-17	C-18	C-20	C-19	C-15
Tarro + Suelo húmedo (g)	639.3	675.0	631.9	642.1	631.4	688.7
Tarro + Suelo seco (g)	578.9	599.6	572.0	582.9	571.0	597.1
Peso del Agua (g)	60.4	75.4	59.9	79.2	60.4	91.6
Peso del tarro (g)	93.6	97.5	94.4	93.6	91.6	94.3
Peso del suelo seco (g)	485.3	502.1	477.6	469.3	479.4	502.8
Humedad (%)	12.45	15.02	12.54	16.88	12.60	18.22
Agua Absorbida (%)	2.57		4.34		5.62	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
21/10/2020	10:30:00	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
22/10/2020	10:30:00	24	44	1.1	0.96	61	1.5	1.33	81	2.1	1.77
23/10/2020	10:30:00	48	51	1.3	1.12	72	1.8	1.58	85	2.2	1.86
24/10/2020	10:30:00	72	60	1.5	1.31	80	2.0	1.75	92	2.3	2.01
25/10/2020	10:30:00	96	67	1.7	1.47	87	2.2	1.90	100	2.5	2.19

PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N° 4				MOLDE N° 5				MOLDE N° 6			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		kg/cm ²	mm (DN)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	mm (DN)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	mm (DN)	kg/cm ²	kg/cm ²
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		221	11.1			158	7.8			99	5.0		
0.050		405	20.3			264	13.2			221	11.1		
0.075		639	32.0			405	20.3			345	17.3		
0.100	70.3	826	41.3	41.3	58.7	565	28.3	28.25	40.2	442	22.12	22.12	31.5
0.125		985	48.2			651	32.6			515	25.8		
0.150		1102	55.1			761	38.0			602	30.1		
0.200	105.5	1302	65.1	65.1	61.7	922	46.1	46.08	43.7	898	34.9	34.90	33.1
0.300		1525	76.2			1085	54.2			896	44.9		
0.400		1656	82.7			1192	59.6			960	48.4		
0.500		1732	86.5			1254	62.7			1052	52.6		


CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
 TÉCNICO DE LABORATORIO


JOSEMARÍA INOFRE FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 28: HOJA DE GRAFICOS CBR DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 4% P-2 M-7

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

Proyecto : TESIS: "INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR, DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%"

AUTOR : RENE HERENCIA AGUILAR

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339,145

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 4% de Ceniza

Ubicación: San Jeronimo - Cusco

Calicata : P-2

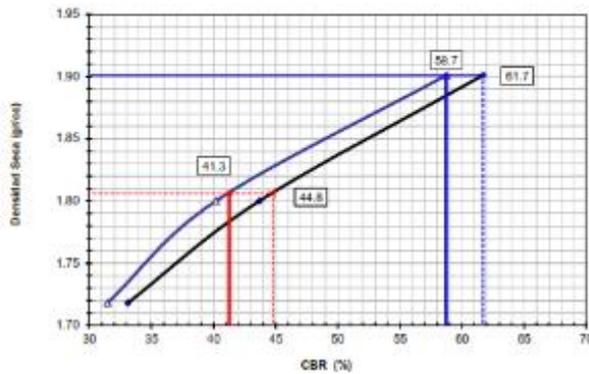
Muestra: M-7

Fecha : 24/10/2020

Coordenada : E - 188453

N - 8500370

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



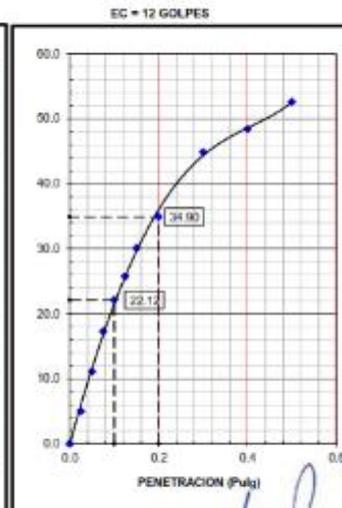
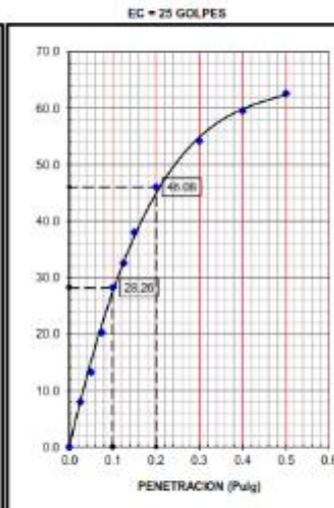
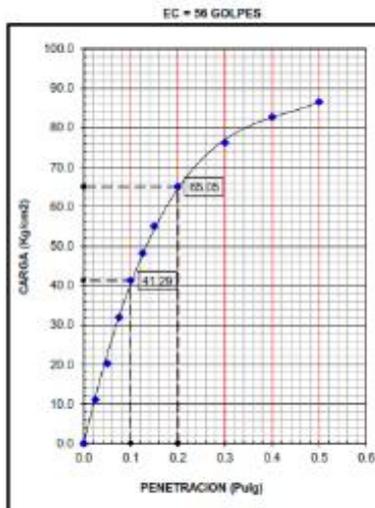
DATOS DE LA MUESTRA	
SUCS	CL
AASHTO	A-6(10)

Tipo Compactacion	Datos del Proctor	
(MTC E 115 - 2016)	Densidad Seca	1,889 gr/cc
Método: A	Óptimo Humedad	13,50 %

Sobrecarga Saturación	4,54 Kg
Sobrecarga Penetración	4,54 Kg

N° de Golpes	56	25	12
Densidad (g/cc)	1,901	1,8	1,718
Expansión (%)	4,0	5,0	6,0
Humedad Antes de Sat.	12,45	12,54	12,80
Humedad Después de Sat.	15,02	16,88	18,22

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	58.7	0.2":	61.7
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	41.3	0.2":	44.8



OMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA MONTE FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 29: ANALISIS GRANULOMETRICO, LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL DEL SUELO ADICIONADO 6% CENIZA P-2 M-8

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: "INFLUENCIA EN EL pH, MAXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%"

AUTOR : RENE HERENCIA AGUILAR

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 6% de Ceniza
 Perforación : P-2 Muestra: M-8
 Coordenadas : E: 188453 N: 8500370

Ubicación : San Jeronimo - Cusco

Fecha : 20/10/2020

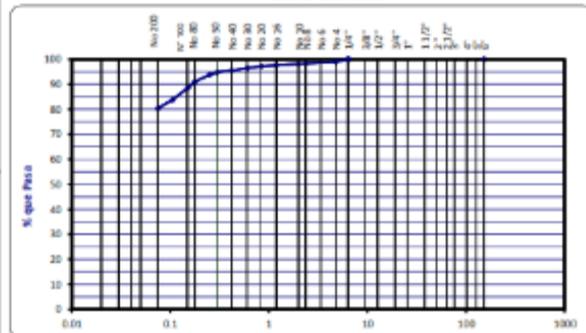
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NTP 339.129

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				100.0
No. 4	4.750	4.8	1.0	1.0	99.0
No. 8	2.360	2.8	0.6	1.6	98.4
No. 10	2.000	1.2	0.3	1.9	98.1
No. 16	1.190	2.3	0.5	2.4	97.6
No. 20	0.834	2.1	0.4	2.8	97.2
No. 30	0.600	3.6	0.8	3.6	96.4
No. 40	0.420	4.1	0.9	4.5	95.5
No. 50	0.300	3.5	0.7	5.2	94.8
No. 60	0.250	4.8	1.0	6.2	93.8
No. 80	0.177	13.2	2.8	9.0	91.0
No. 100	0.149	12.4	2.6	11.6	88.4
No. 140	0.106	21.5	4.5	16.1	83.9
No. 200	0.075	16.5	3.5	19.6	80.4
-200		385.4	80.4	100.0	

CLASIFICACIÓN SUCS : ML
 CLASIFICACIÓN AASHTO : A-4(E)

- Limo arenoso



Peso Inicial (g) : 478.2

Peso Fracción (g) :

DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

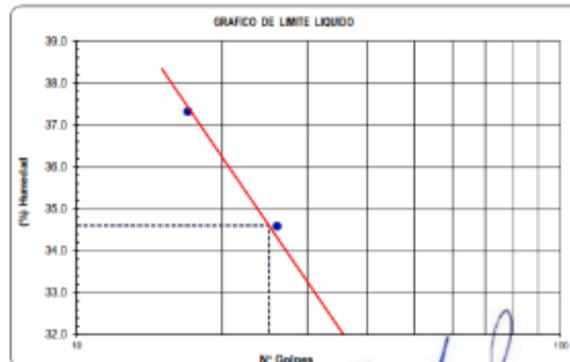
	LIMITE PLASTICO NTP 339.129		HUM. NAT. NTP 339.127
Capsula No	14	26	21
Peso de la Capsula (g)	16.35	14.00	317.0
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	29.02	27.85	602.5
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	26.48	25.88	566.9
Peso del Agua (g)	2.54	2.77	36
Peso del Suelo Seco (g)	10.13	11.08	249.90
Contenido de Humedad (%)	25.07	25.00	14.25
PROMEDIO	25.0		14.2

CONSTANTES FISICAS

LIMITE LIQUIDO : 34.00 LIMITE PLASTICO : 25.04 IND. PLASTICIDAD : 9.50

	LIMITE LIQUIDO NTP 339.129		
Capsula No	15	20	18
Peso de la Capsula (g)	22.74	22.63	36.28
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	49.03	47.77	48.68
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	42.66	41.31	45.31
Numero de Golpes	35	26	17
Peso del agua (g)	6.37	6.46	3.37
Peso del Suelo Seco (g)	19.92	18.68	9.03
Contenido de Humedad (%)	32.0	34.6	37.3

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



Observaciones:

GMI S.A.
 CESAR CONTRERAS CASTILLO
 TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA ZAMFRE FLORES
 INGENIERO (R) CIVIL
 Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 31: HOJA DE CALCULO CBR DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 6% P-2 M-8

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%*

AUTOR : RENE HERENCIA AGUILAR

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 6% de Ceniza

Ubicación : San Jeronimo - Cusco

Calicata : P-2

Fecha : 21/10/2020

Coordenada : E - 188453 N - 8500370

Muestra : M-8

DATOS DE ANILLO DE CARGA

Anillo Nro	2	Factor de Corrección:	Carga Kgf = $A_0 + A_1 X + A_2 X^2$	$A_0 =$	0.9956	$A_2 =$	0
Capacidad Máxima	4500 Kgf			$A_1 =$	1		

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.145

Molde N°	7		8		9	
	5		5		5	
N° Capa	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	13231	13270	12998	13066	12818	12899
Peso de molde (g)	8657	8657	8733	8733	8765	8765
Peso del suelo húmedo (g)	4574	4613	4265	4333	4053	4134
Volumen del molde (cm ³)	2149	2149	2117	2117	2107	2107
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.128	2.147	2.015	2.047	1.924	1.962
Humedad (%)	14.49	15.22	14.42	15.88	14.47	16.39
Densidad seca	1.859	1.863	1.761	1.766	1.681	1.686
Tarro N°	C-08	C-22	C-07	C-14	C-21	C-25
Tarro + Suelo húmedo (g)	624.0	673.3	650.2	647.4	616.4	641.5
Tarro + Suelo seco (g)	567.0	597.0	580.2	571.2	550.4	564.3
Peso del Agua (g)	67.0	76.3	70.0	76.2	66.0	77.2
Peso del tarro (g)	94.7	95.6	94.9	91.5	94.4	93.2
Peso del suelo seco (g)	462.3	501.4	485.3	479.7	456.0	471.1
Humedad (%)	14.49	15.22	14.42	15.88	14.47	16.39
Agua Absorbida (%)	0.73		1.46		1.92	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
21/10/2020	10:30:00	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
22/10/2020	10:30:00	24	15	0.4	0.33	19	0.5	0.42	26	0.7	0.57
23/10/2020	10:30:00	48	19	0.5	0.42	30	0.8	0.66	44	1.1	0.96
24/10/2020	10:30:00	72	20	0.5	0.44	41	1.0	0.90	56	1.4	1.23
25/10/2020	10:30:00	96	21	0.5	0.46	45	1.1	0.98	61	1.5	1.33

PENETRACION

PENETRACION profundidad	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 7				MOLDE N° 8				MOLDE N° 9			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (difer)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (difer)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (difer)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		465	23.3			245	12.3			155	7.8		
0.050		756	37.8			444	22.2			325	16.3		
0.075		1020	51.0			655	32.8			496	24.9		
0.100	70.3	1285	64.2	64.2	91.3	896	44.9	44.88	63.8	566	28.3	28.31	40.3
0.125		1525	76.2			1052	52.6			696	34.9		
0.150		1723	86.1			1185	59.2			822	41.1		
0.200	105.5	2052	102.5	102.5	97.2	1396	69.8	69.85	66.2	936	46.9	46.86	44.5
0.300		2365	118.1			1610	80.8			1185	59.2		
0.400		2545	127.1			1792	89.5			1302	65.1		
0.500		2685	134.1			1908	95.3			1435	71.7		

GMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA DÍAZ FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 106293

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 32: HOJA DE GRAFICOS CBR DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 6% P-2 M-8

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

Proyecto : TESIS: "INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%"

AUTOR : RENE HERENCIA AGUILAR

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.145

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 6% de Ceniza

Ubicación: San Jeronimo - Cusco

Calicata : P-2

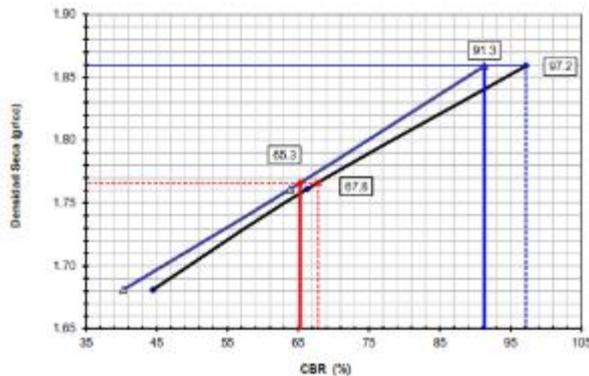
Muestra: M-8

Fecha : 24/10/2020

Coordenada : E - 188453

N - 8500370

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



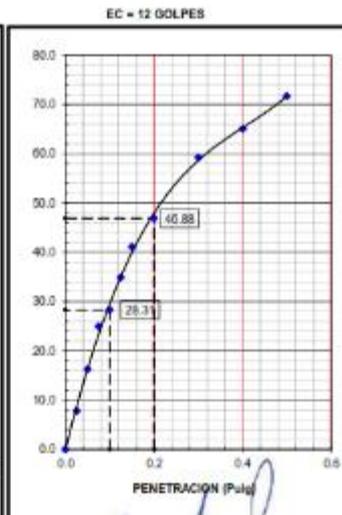
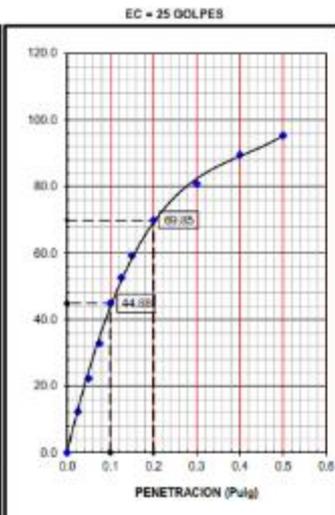
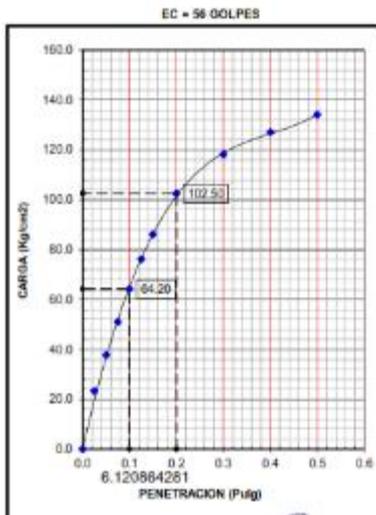
DATOS DE LA MUESTRA	
SUCS	ML
AASHTO	A-4(8)

Tipo Compactacion	Datos del Proctor	
(MTC E 115 - 2016)	Densidad Seca	1.857 gr/cc
Método: A	Óptimo Humeda	14.38 %

Sobrecarga Saturación	4.54 Kg
Sobrecarga Penetración	4.54 Kg

N° de Golpes	56	25	12
Densidad (g/cc)	1.859	1.761	1.681
Expansion (%)	7.0	8.0	9.0
Humedad Antes de Sat.	14.49	14.42	14.47
Humedad Después de Sat.	15.22	15.88	16.39

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	91.3	0.2":	97.2
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	65.3	0.2":	67.8



GMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA INFANTE FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 33: ANALISIS GRANULOMETRICO, LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL DEL SUELO EN ESTADO NATURAL P-3 M-9

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: INFLUENCIA EN EL pH, MAXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%”

AUTOR : René Herencia Aguilar

Datos de la Muestra

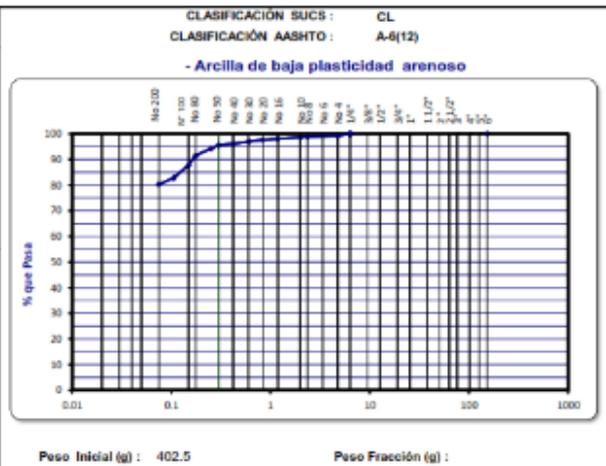
Descripción : Suelo de Subrasante en estado natural
 Perforación : P-3 Muestra: M-9
 Coordenadas : E. 188494 N. 8500388

Ubicación : San Jeronimo - Cusco
 Fecha : 20/10/2020

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NTP 339.128

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				100.0
No. 4	4.750	3.1	0.8	0.8	99.2
No. 8	2.360	1.8	0.4	1.2	98.8
No. 10	2.000	0.9	0.2	1.4	98.6
No. 16	1.190	2.0	0.5	1.9	98.1
No. 20	0.834	2.2	0.5	2.4	97.6
No. 30	0.600	2.7	0.7	3.1	96.9
No. 40	0.420	3.2	0.8	3.9	96.1
No. 50	0.300	2.0	0.6	4.5	95.5
No. 60	0.250	5.1	1.3	5.8	94.2
No. 80	0.177	10.5	2.6	8.4	91.6
No. 100	0.149	15.2	3.8	12.2	87.8
No. 140	0.106	20.2	5.0	17.2	82.8
No. 200	0.075	10.6	2.6	19.8	80.2
-200		322.4	80.2	100.0	

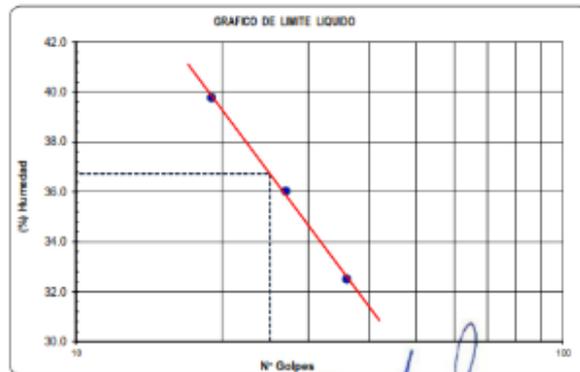


DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

Capítulo No	LIMITE PLASTICO NTP 339.129		HUM. NAT. NTP 339.127
	4	7	
Peso de la Capsula (g)	19.92	15.70	309.2
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	25.78	25.25	602.5
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	24.75	23.56	565.2
Peso del Agua (g)	1.03	1.69	37
Peso del Suelo Seco (g)	4.83	7.86	256.00
Contenido de Humedad (%)	21.33	21.50	14.57
PROMEDIO	21.4		14.6

Capítulo No	LIMITE LIQUIDO NTP 339.129		
	10	17	21
Peso de la Capsula (g)	23.92	22.50	23.45
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	46.26	48.02	47.77
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	40.78	41.26	40.85
Numero de Golpes	36	27	19
Peso del agua (g)	5.48	6.76	6.92
Peso del Suelo Seco (g)	16.86	18.76	17.40
Contenido de Humedad (%)	32.5	36.0	39.8

CONSTANTES FISICAS
 LIMITE LIQUIDO : 36.73 LIMITE PLASTICO : 21.41 IND. PLASTICIDAD : 15.32



Observaciones:

GMI S.A.
 CESAR CONTRERAS CASTILLO
 TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA ANDRE FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 34: PROCTOR MODIFICADO DEL SUELO EN ESTADO NATURAL P-3 M-9

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR, DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6% :

AUTOR : Ramé Herencia Aguilar

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo de Subrasante en estado natural

Ubicación : San Jeronimo - Cusco

Perforación : P-3

Muestra: M-9

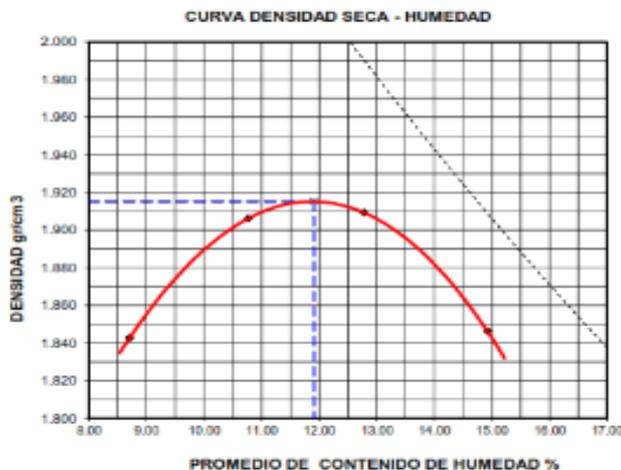
Fecha : 21/10/2020

Coordenada : E - 188494

N - 8500368

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA NTP-339.141

Metodo de compactacion		A			
Metodo de preparacion de muestra		Húmedo			
Descripcion del Pison		Manual			
Numero de golpes		25			
Numero de capas		5			
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	g	5365	5468	5508	5478
2. Peso del molde	g	3457	3457	3457	3457
3. Volumen del molde	cc	953	953	953	953
4. Peso suelo humedo	g	1908	2011	2051	2021
5. Densidad suelo humedo	g/cc	2.003	2.111	2.153	2.122
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		C-19	C-18	C-25	C-27
7. Peso del suelo humedo.+ capsula	g	642.2	636.7	687.0	646.5
8. Peso del suelo seco+capsula	g	598.1	584.0	619.7	574.7
9. Peso del agua	g	44.1	52.7	67.3	71.8
10. Peso de la capsula	g	91.6	94.4	93.2	93.5
11. Peso del suelo seco	g	506.5	489.6	526.5	481.2
12. Contenido de humedad	%	8.71	10.76	12.78	14.92
13. Promedio de cont. de humedad	%	8.71	10.76	12.78	14.92
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	g/cc	1.843	1.906	1.909	1.846



GMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

DATOS DE LA MUESTRA	
SUCS	CL
AASHTO	A-6(12)

DATOS DE LA GRANULOMETRIA		
Porcentaje Ret. Acumulado	% Pasa	
Tamiz 3/4"	0.0	100.0
Tamiz 3/8"	0.0	100.0
Tamiz N° 4	0.8	99.2
Tamiz N° 200	19.8	80.2

DATOS DEL PISON	
Peso de Pison	4.54 Kg
Altura de caída	45.72 cm

RESULTADOS	
Contenido de Humedad optima	11.91%
Densidad Maxima Seca	1.915 g/cc

JOSEMARIA DÍAZ FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 35: HOJA DE CALCULO CBR DEL SUELO EN ESTADO NATURAL P-3 M-9

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: "INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%"

AUTOR : René Herencia Aguilar

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo de Subrasante en estado natural

Ubicación : San Jeronimo - Cusco

Calicata : P-3

Fecha : 21/10/2020

Coordenada : E - 188494 N - 8500368 **Muestra:** M-9

DATOS DE ANILLO DE CARGA

Anillo Nro	2	Factor de Correccion:	$Carga\ Kg = A_0 + A_1 X + A_2 X^2$	$A_0 =$	0.9956	$A_2 =$	0
Capacidad Maxima	4500 Kgf			$A_1 =$	1		

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.145

Molde N°	4		5		6	
	N° Capa	5	N° Capa	5	N° Capa	5
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	13424	13601	13235	13555	12825	13203
Peso de molde (g)	8903	8903	8938	8936	8742	8742
Peso del suelo húmedo (g)	4521	4698	4297	4617	4083	4461
Volumen del molde (cm ³)	2104	2104	2110	2110	2103	2103
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.149	2.233	2.036	2.188	1.942	2.121
Humedad (%)	11.92	16.06	12.02	19.95	11.87	21.84
Densidad seca	1.920	1.924	1.818	1.824	1.736	1.741
Tarro N°	C-18	C-25	C-26	C-30	C-20	C-27
Tarro + Suelo húmedo (g)	653.2	676.4	668.8	678.4	660.0	716.6
Tarro + Suelo seco (g)	593.7	595.7	607.2	580.6	599.9	604.9
Peso del Agua (g)	59.5	80.7	61.6	97.8	60.1	111.7
Peso del tarro (g)	94.4	93.2	94.7	90.4	93.6	93.5
Peso del suelo seco (g)	499.3	502.5	512.5	490.2	506.3	511.4
Humedad (%)	11.92	16.06	12.02	19.95	11.87	21.84
Agua Absorbida (%)	4.14		7.93		9.97	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
21/10/2020	10:30:00	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
22/10/2020	10:30:00	24	89	2.3	1.95	105	2.7	2.30	128	3.3	2.80
23/10/2020	10:30:00	48	125	3.2	2.73	145	3.7	3.17	159	4.0	3.48
24/10/2020	10:30:00	72	145	3.7	3.17	178	4.5	3.89	202	5.1	4.42
25/10/2020	10:30:00	96	168	4.3	3.68	192	4.9	4.20	268	6.8	5.86

PENETRACION

PENETRACION (mm)	CARGA STAND. (kg/cm ²)	MOLDE N° 4				MOLDE N° 5				MOLDE N° 6			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		mm (lbv)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	mm (lbv)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	mm (lbv)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		26	1.3			19	1.0			15	0.8		
0.050		60	3.0			45	2.3			26	1.3		
0.075		89	4.5			62	3.1			39	2.0		
0.100	70.3	115	5.8	5.8	8.2	79	4.0	3.99	5.7	48	2.4	2.45	3.5
0.125		131	6.6			95	4.8			62	3.1		
0.150		152	7.6			109	5.5			75	3.8		
0.200	105.5	181	9.1	9.1	8.6	135	6.8	6.79	6.4	89	4.5	4.49	4.3
0.300		215	10.8			159	8.0			119	6.0		
0.400		241	12.1			178	8.9			135	6.8		
0.500		265	13.3			187	9.4			151	7.5		

GMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA INOUE FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

**ANEXO N° 36: HOJA DE GRAFICOS CBR DEL SUELO EN ESTADO NATURAL
P-3 M-9.**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

Proyecto : TESIS: "INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%"

AUTOR : René Herencia Aguiar

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.145

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo de Subrasante en estado natural

Ubicación: San Jeronimo - Cusco

Calicata : P-3

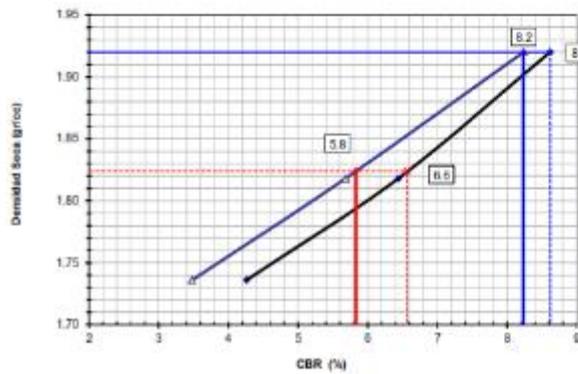
Muestra: M-9

Fecha : 24/10/2020

Coordenada : E - 188494

N - 8500388

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



DATOS DE LA MUESTRA	
SUCS	CL
AASHTO	A-6(12)

Tipo Compactacion	Datos del Proctor	
(MTC E 115 - 2016)	Densidad Seca	1.815 gr/cc
Método: A	Óptimo Humedad	11.91 %

Sobrecarga Saturación	4.54 Kg
Sobrecarga Penetración	4.54 Kg

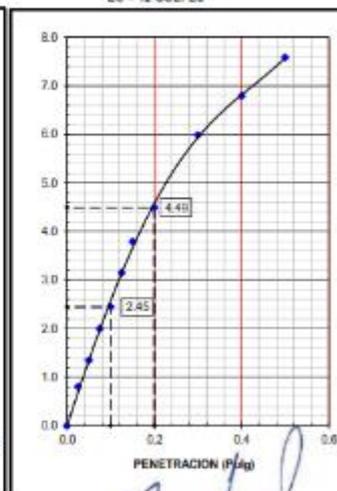
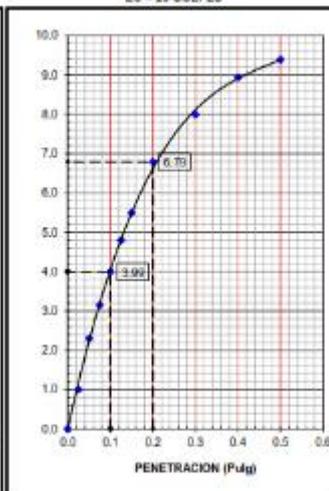
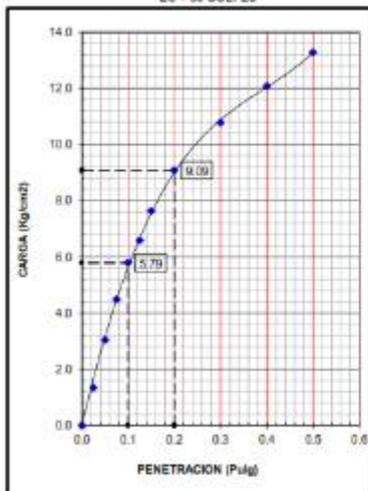
N° de Golpes	56	25	12
Densidad (g/cc)	1.920	1.818	1.736
Expansión (%)	4.00	5.00	6.00
Humedad Antes de Sat.	11.92	12.02	11.87
Humedad Después de Sat.	16.06	19.95	21.84

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1°:	8.2	0.2°:	8.6
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1°:	5.8	0.2°:	6.6

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES



OMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA INFANTE FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 100233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 37: ANALISIS GRANULOMETRICO, LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL DEL SUELO ADICIONADO 2% CENIZA P-3 M-10

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: "INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR, DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%"

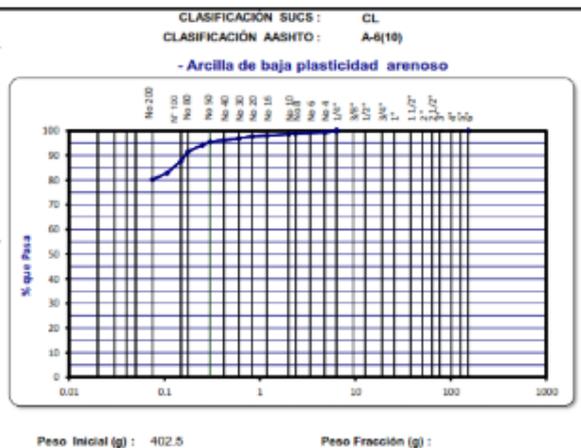
AUTOR : Rená Herencia Aguilár

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 2% de Ceniza Ubicación : San Jeronimo - Cusco
Perforación : P-3 Muestra: M-10 Fecha : 25/10/2020
Coordenadas : E. 188404 N. 8500368

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO NTP 339.128

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				100.0
No. 4	4.750	3.1	0.8	0.8	99.2
No. 8	2.360	1.8	0.4	1.2	98.8
No. 10	2.000	0.9	0.2	1.4	98.6
No. 16	1.190	2.0	0.5	1.9	98.1
No. 20	0.834	2.2	0.5	2.4	97.6
No. 30	0.600	2.7	0.7	3.1	96.9
No. 40	0.420	3.2	0.8	3.9	96.1
No. 50	0.300	2.6	0.6	4.5	95.5
No. 60	0.250	5.1	1.3	5.8	94.2
No. 80	0.177	10.5	2.6	8.4	91.6
No. 100	0.149	15.2	3.8	12.2	87.8
No. 140	0.106	20.2	5.0	17.2	82.8
No. 200	0.075	10.6	2.6	19.8	80.2
-200		322.4	80.2	100.0	

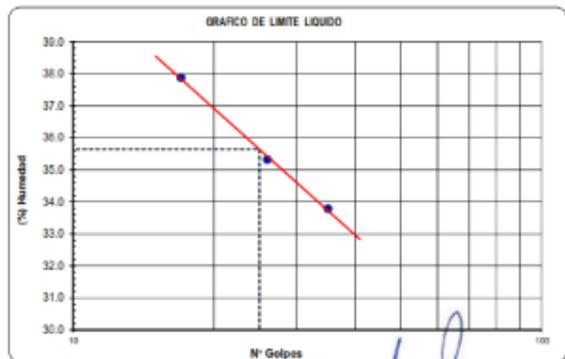


DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LIMITE PLASTICO NTP 339.129	HUM. NAT. NTP 339.127
Capsula Nro	21	20
Peso de la Capsula (g)	16.23	12.06
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	27.56	28.65
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	25.48	25.12
Peso del Agua (g)	2.08	2.93
Peso del Suelo Seco (g)	9.25	13.06
Contenido de Humedad (%)	22.40	22.43
PRONEDIO	22.5	14.6

	LIMITE LIQUIDO NTP 339.129		
Capsula Nro	9	17	22
Peso de la Capsula (g)	22.14	22.50	23.20
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	48.95	46.33	47.26
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	42.18	40.11	40.65
Numero de Golpes	35	26	17
Peso del agua (g)	6.77	6.22	6.61
Peso del Suelo Seco (g)	20.04	17.01	17.45
Contenido de Humedad (%)	33.8	35.3	37.9

CONSTANTES FISICAS
LIMITE LIQUIDO : 35.64 LIMITE PLASTICO : 22.46 IND. PLASTICIDAD : 13.18



Observaciones:

GMI S.A.
CESAR CONTRERAS CASTILLO
TECNICO DE LABORATORIO

JOSEMANA DÍAZ DE FLORIAN
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 39: HOJA DE CALCULO CBR DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 2% P-3 M-10

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%

AUTOR : René Herencia Aguilera

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 2% de Ceniza

Ubicación : San Jeronimo - Cusco

Calicata : P-3

Fecha : 26/10/2020

Coordenada : E - 188494 N - 8500368 **Muestra**: M-10

DATOS DE ANILLO DE CARGA

Anillo Nro	2	Factor de Correccion:	Carga Kgf = $A_u + A_v X + A_w X^2$	$A_u =$	0.9956	$A_w =$	0
Capacidad Máxima	4500 Kgf			$A_v =$	1		

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.145

	13		14		15	
	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	11622	11698	11288	11416	11421	11575
Peso de molde (g)	7098	7098	6991	6991	7309	7309
Peso del suelo húmedo (g)	4524	4600	4297	4425	4112	4266
Volumen del molde (cm ³)	2131	2131	2137	2137	2141	2141
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.123	2.159	2.011	2.071	1.921	1.993
Humedad (%)	12.38	14.02	12.41	15.35	12.46	16.32
Densidad seca	1.889	1.894	1.789	1.795	1.708	1.713
Tarro N°	C-28	C-20	C-14	C-17	C-21	C-22
Tarro + Suelo húmedo (g)	657.4	654.9	628.5	664.1	634.3	640.8
Tarro + Suelo seco (g)	595.3	585.9	569.2	588.7	574.5	564.3
Peso del Agua (g)	62.1	69.0	59.3	75.4	59.8	76.5
Peso del tarro (g)	93.6	93.6	91.5	97.5	94.4	95.6
Peso del suelo seco (g)	501.7	492.3	477.7	491.2	480.1	468.7
Humedad (%)	12.38	14.02	12.41	15.35	12.46	16.32
Agua Absorbida (%)	1.64		2.94		3.86	

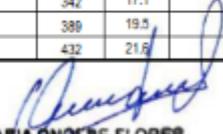
EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
26/10/2020	10:30:00	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
27/10/2020	10:30:00	24	45	1.1	0.98	62	1.6	1.36	79	2.0	1.73
28/10/2020	10:30:00	48	56	1.4	1.23	74	1.9	1.62	84	2.1	1.84
29/10/2020	10:30:00	72	59	1.5	1.29	78	2.0	1.71	90	2.3	1.97
30/10/2020	10:30:00	96	61	1.5	1.33	81	2.1	1.77	94	2.4	2.06

PENETRACION

PENETRACION cm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 13				MOLDE N° 14				MOLDE N° 15			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (mm)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (mm)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (mm)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		78	3.9			59	3.0			39	2.0		
0.050		159	8.0			105	5.3			68	3.4		
0.075		241	12.1			180	9.0			101	5.1		
0.100	70.3	326	16.3	16.3	23.2	242	12.1	12.13	17.3	141	7.1	7.09	10.1
0.125		389	19.5			284	14.2			180	9.0		
0.150		456	22.8			336	16.6			209	10.5		
0.200	105.5	556	27.8	27.8	26.4	421	21.1	21.07	20.0	265	13.3	13.26	12.6
0.300		678	33.9			502	25.1			342	17.1		
0.400		745	37.2			601	30.1			389	19.5		
0.500		798	39.9			679	33.9			432	21.5		


CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
 TÉCNICO DE LABORATORIO


JOSEMARÍA INOFRE FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 40: HOJA DE GRAFICOS CBR DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 2% P-3 M-10

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

Proyecto : TESIS: INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%*

AUTOR : René Herencia Aguilar

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.145

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 2% de Ceniza

Ubicación: San Jeronimo - Cusco

Calicata : P-3

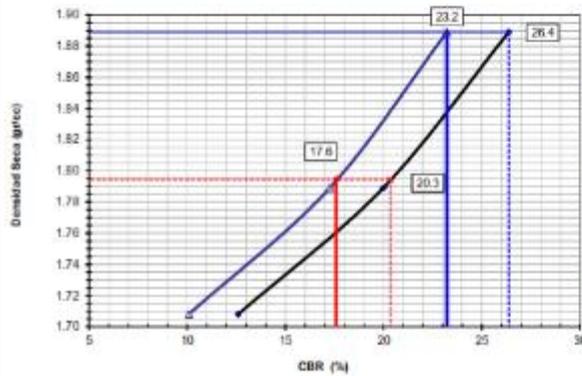
Muestra: M-10

Fecha : 29/10/2020

Coordenada : E - 188494

N - 8500368

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



DATOS DE LA MUESTRA	
SUCS	CL
AASHTO	A-6(10)

Tipo Compactación	Datos del Proctor	
(MTC E 115 - 2016)	Densidad Seca	1.887 gr/cc
Método: A	Óptimo Humeda	12.24 %

Sobrecarga Saturación	4.54 Kg
Sobrecarga Penetración	4.54 Kg

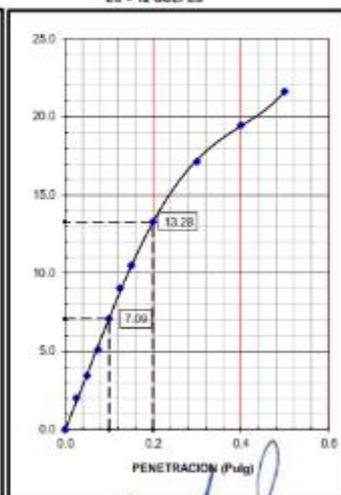
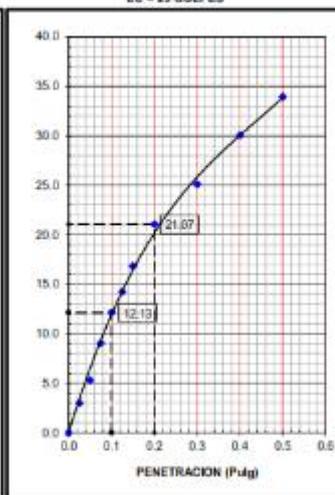
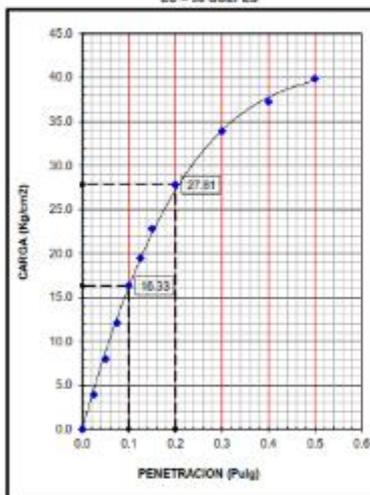
N° de Golpes	56	25	12
Densidad (g/cc)	1.889	1.789	1.708
Expansión (%)	13.00	14.00	15.00
Humedad Antes de Sat.	12.38	12.41	12.46
Humedad Después de Sat.	14.02	15.35	16.32

C.B.R. Al 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	23.2	0.2":	26.4
C.B.R. Al 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	17.6	0.2":	20.3

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES



GMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TECNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA INFANTE FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 106233

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 41: ANALISIS GRANULOMETRICO, LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL DEL SUELO ADICIONADO 4% CENIZA P-3 M-11

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: INFLUENCIA EN EL pH, MAXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%

AUTOR : René Herencia Aguilar

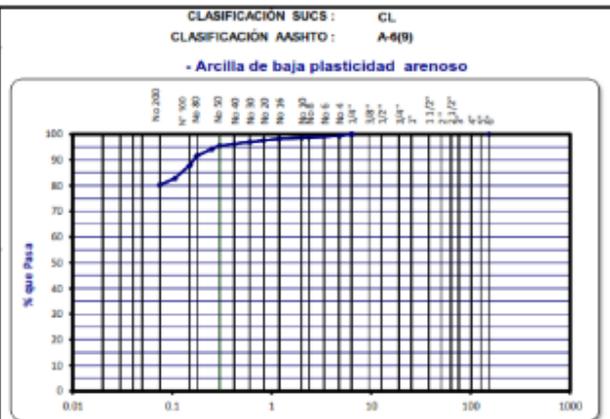
Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 4% de Ceniza Ubicación : San Jeronimo - Cusco
 Perforación : P-3 Muestra: M-11 Fecha : 25/10/2020
 Coordenadas : E. 188494 N. 8500365

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NTP 339.129

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				100.0
No. 4	4.750	3.1	0.8	0.8	99.2
No. 8	2.360	1.8	0.4	1.2	98.8
No. 10	2.000	0.9	0.2	1.4	98.6
No. 16	1.190	2.0	0.5	1.9	98.1
No. 20	0.834	2.2	0.5	2.4	97.6
No. 30	0.600	2.7	0.7	3.1	96.9
No. 40	0.420	3.2	0.8	3.9	96.1
No. 50	0.300	2.6	0.6	4.5	95.5
No. 60	0.250	5.1	1.3	5.8	94.2
No. 80	0.177	10.5	2.0	8.4	91.6
No. 100	0.149	15.2	3.8	12.2	87.8
No. 140	0.106	20.2	5.0	17.2	82.8
No. 200	0.075	10.6	2.6	19.8	80.2
-200		322.4	80.2	100.0	



Peso Inicial (g) : 402.5 Peso Fracción (g) :

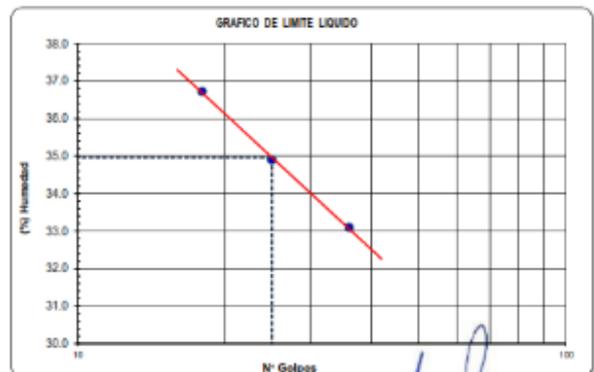
DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LIMITE PLASTICO NTP 339.129		HUM. NAT. NTP 339.127
	Capítulo Nro	14	28	25
Peso de la Capícula (g)	16.35	15.57	309.2
Peso de la Capícula+Suelo Humedo (g)	29.02	28.14	602.5
Peso de la Capícula+Suelo Seco (g)	26.06	25.81	565.2
Peso del Agua (g)	2.96	2.33	37
Peso del Suelo Seco (g)	10.31	10.24	256.00
Contenido de Humedad (%)	22.89	22.75	14.57
PROMEDIO	22.8		14.6

	LIMITE LIQUIDO NTP 339.129		
	Capítulo Nro	22	19	1
Peso de la Capícula (g)	23.20	23.15	21.93
Peso de la Capícula+Suelo Humedo (g)	49.02	46.85	48.55
Peso de la Capícula+Suelo Seco (g)	42.00	40.72	41.40
Numero de Golpes	36	25	18
Peso del agua (g)	6.42	6.13	7.15
Peso del Suelo Seco (g)	19.40	17.57	19.47
Contenido de Humedad (%)	33.1	34.9	30.7

CONSTANTES FISICAS

LIMITE LIQUIDO : 34.96 LIMITE PLASTICO : 22.82 IND. PLASTICIDAD : 12.14



Observaciones:

GMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
 TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA INFANTE FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 43: HOJA DE CALCULO CBR DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 4% P-3 M-11

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: "INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%"

AUTOR : René Herencia Aguilar

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 4% de Ceniza

Ubicación : San Jeronimo - Cusco

Calicata : P-3

Fecha : 26/10/2020

Coordenada : E - 188494 N - 8500368 **Muestra**: M-11

DATOS DE ANILLO DE CARGA

Anillo Nro	2	Factor de Correccion:	Carga Kgf = $A_0 + A_1 X + A_2 X^2$	$A_0 =$	0.9996	$A_2 =$	0
Capacidad Maxima	4500 Kgf			$A_1 =$	1		

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.145

Molde N°	16	17	18			
N° Capa	5	5	5			
Golpes por capa N°	56	25	12			
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	11840	11878	11594	11668	11425	11515
Peso de molde (g)	7326	7326	7319	7319	7336	7336
Peso del suelo húmedo (g)	4514	4552	4275	4349	4089	4179
Volumen del molde (cm ³)	2139	2139	2138	2138	2142	2142
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.110	2.128	2.000	2.034	1.909	1.951
Humedad (%)	13.40	14.10	13.47	15.01	13.48	15.62
Densidad seca	1.861	1.865	1.763	1.769	1.682	1.687
Tarro N°	C-20	C-11	C-29	C-31	C-27	C-16
Tarro + Suelo húmedo (g)	632.6	665.6	622.9	633.4	661.0	661.7
Tarro + Suelo seco (g)	568.9	594.9	560.1	562.8	593.6	585.1
Peso del Agua (g)	63.7	70.7	62.8	70.6	67.4	76.6
Peso del tarro (g)	93.6	93.6	93.8	92.5	93.5	94.8
Peso del suelo seco (g)	475.3	501.3	466.3	470.3	500.1	490.3
Humedad (%)	13.40	14.10	13.47	15.01	13.48	15.62
Agua Absorbida (%)	0.70		1.54		2.14	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
26/10/2020	10:30:00	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
27/10/2020	10:30:00	24	35	0.9	0.77	52	1.3	1.14	70	1.8	1.53
28/10/2020	10:30:00	48	41	1.0	0.90	62	1.6	1.36	74	1.9	1.62
29/10/2020	10:30:00	72	42	1.1	0.92	68	1.7	1.49	76	1.9	1.66
30/10/2020	10:30:00	96	45	1.1	0.98	70	1.8	1.53	81	2.1	1.77

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 16				MOLDE N° 17				MOLDE N° 18			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (dbr)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (dbr)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (dbr)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		284	14.2			187	9.4			145	7.3		
0.050		501	25.1			326	16.3			245	12.3		
0.075		605	30.3			425	21.3			326	16.3		
0.100	70.3	821	41.0	41.0	58.4	545	27.3	27.26	38.8	389	19.5	19.47	27.7
0.125		969	49.4			701	35.0			478	23.9		
0.150		1105	55.2			802	40.1			526	26.3		
0.200	105.5	1285	64.2	64.2	60.9	925	46.2	46.23	43.8	662	33.1	33.10	31.4
0.300		1656	82.7			1202	60.1			799	39.9		
0.400		1925	96.2			1432	71.5			895	44.7		
0.500						1962				996	49.8		

CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA ANDRÉS FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 44: HOJA DE GRAFICOS CBR DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 4% P-3 M-11

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

Proyecto : TESIS: "INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%"

AUTOR : René Herencia Aguilar

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.143

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 4% de Ceniza

Ubicación: San Jeronimo - Cusco

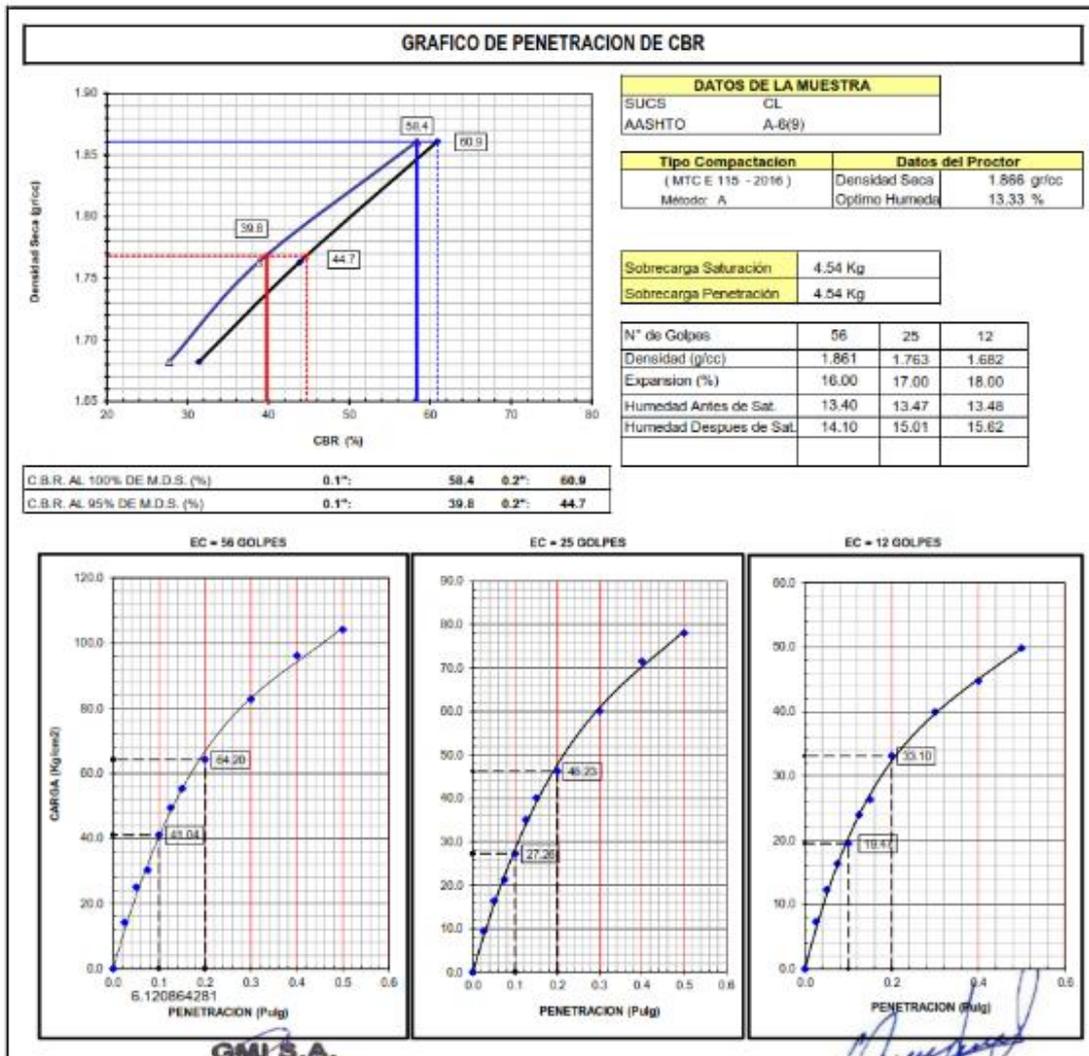
Calicata : P-3

Muestra: M-11

Fecha : 29/10/2020

Coordenada : E - 188494

N - 8500368



GMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA INOFRÉ FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 45: ANALISIS GRANULOMETRICO, LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL DEL SUELO ADICIONADO 6% CENIZA P-3 M-12.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: "INFLUENCIA EN EL pH, MAXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%"

AUTOR : René Herencia Aguiar

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 6% de Ceniza

Ubicación : San Jerónimo - Cusco

Perforación : P-3 Muestra: M-12

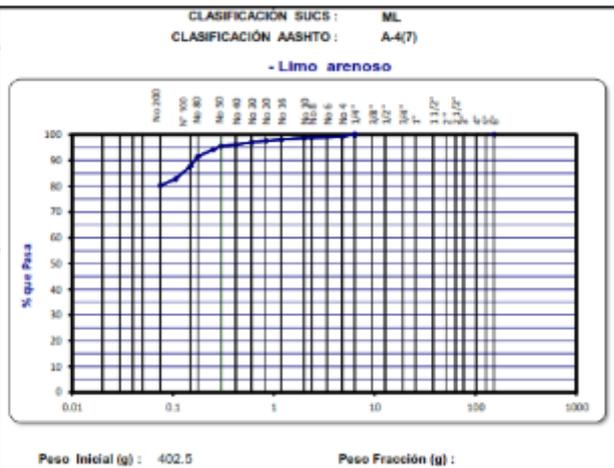
Fecha : 28/10/2020

Coordenadas : E. 188494 N. 8500368

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NTP 339.128

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				100.0
No. 4	4.750	3.1	0.8	0.8	99.2
No. 8	2.360	1.8	0.4	1.2	98.8
No. 10	2.000	0.9	0.2	1.4	98.6
No. 16	1.190	2.0	0.5	1.9	98.1
No. 20	0.850	2.2	0.5	2.4	97.6
No. 30	0.600	2.7	0.7	3.1	96.9
No. 40	0.420	3.2	0.8	3.9	96.1
No. 50	0.300	2.6	0.8	4.5	95.5
No. 60	0.250	5.1	1.3	5.8	94.2
No. 80	0.177	10.5	2.6	8.4	91.6
No. 100	0.149	15.2	3.8	12.2	87.8
No. 140	0.106	20.2	5.0	17.2	82.8
No. 200	0.075	10.6	2.6	19.8	80.2
-200		322.4	80.2	100.0	

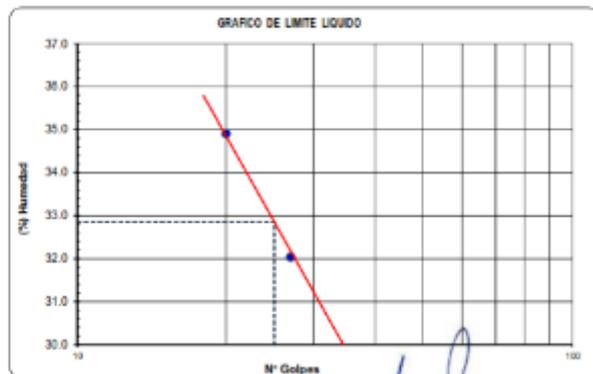


DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LIMITE PLASTICO NTP 339.129		HUM. NAT. NTP 339.127
	7	15	3
Capítulo No	26	21	25
Peso de la Capitulo (g)	16.45	16.23	309.2
Peso de la Capitulo+Suelo Humedo (g)	30.01	26.56	602.5
Peso de la Capitulo+Suelo Seco (g)	27.41	24.59	565.2
Peso del Agua (g)	2.60	1.97	37
Peso del Suelo Seco (g)	10.95	8.36	250.00
Contenido de Humedad (%)	23.72	23.56	14.57
PROMEDIO	23.6		14.6

	LIMITE LIQUIDO NTP 339.129		
	7	15	3
Capítulo No	7	15	3
Peso de la Capitulo (g)	23.04	22.74	23.53
Peso de la Capitulo+Suelo Humedo (g)	48.26	47.84	46.95
Peso de la Capitulo+Suelo Seco (g)	42.45	41.75	40.89
Numero de Golpes	35	27	20
Peso del agua (g)	5.81	6.09	6.06
Peso del Suelo Seco (g)	19.41	19.01	17.36
Contenido de Humedad (%)	29.9	32.0	34.9

CONSTANTES FISICAS
LIMITE LIQUIDO : 32.86 LIMITE PLÁSTICO : 23.64 IND. PLASTICIDAD : 9.22



Observaciones:

GMI S.A.
CESAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA ZUÑIGA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 46: PROCTOR MODIFICADO DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 6% P-3 M-12

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6% :

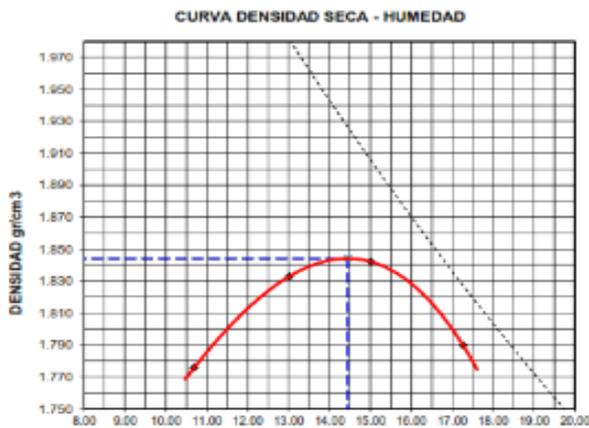
AUTOR : René Herencia Aguilar

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 6% de Ceniza **Ubicación :** San Jeronimo - Cusco
Perforación : P-3 **Muestra:** M-12
Coordenada : E - 188494 **Fecha :** 29/10/2020
N : 8500368

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA NTP-339.141

Metodo de compactacion		A			
Metodo de preparacion de muestra		Húmedo			
Descripcion del Pison		Manual			
Numero de golpes		25			
Numero de capas		5			
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	g	5329	5430	5475	5456
2. Peso del molde	g	3457	3457	3457	3457
3. Volumen del molde	cc	953	953	953	953
4. Peso suelo humedo	g	1872	1973	2018	1999
5. Densidad suelo humedo	g/cc	1.965	2.071	2.119	2.099
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		C-20	C-15	C-03	C-07
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	649.8	654.4	669.6	668.8
8. Peso del suelo seco+capsula	g	596.1	589.9	594.4	584.3
9. Peso del agua	g	53.7	64.5	75.2	84.5
10. Peso de la capsula	g	93.6	94.3	93.5	94.9
11. Peso del suelo seco	g	502.5	495.6	500.9	489.4
12. Contenido de humedad	%	10.69	13.01	15.01	17.27
13. Promedio de cont. de humedad	%	10.69	13.01	15.01	17.27
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	g/cc	1.776	1.833	1.842	1.790



DATOS DE LA MUESTRA	
SUCS	ML
AASHTO	A-4(7)

DATOS DE LA GRANULOMETRIA	
Porcentaje Ret. Acumulado	% Pasa
Tamiz 3/4"	0.0 / 100.0
Tamiz 3/8"	0.0 / 100.0
Tamiz N° 4	0.8 / 99.2
Tamiz N° 200	19.8 / 80.2

DATOS DEL PISON	
Peso de Pison	4.54 Kg
Altura de caída	45.72 cm

RESULTADOS	
Contenido de Humedad optima	14.44%
Densidad Maxima Seca	1.844 g/cc

GMI S.A.

CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
 TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARÍA INOFRE FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 106233

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 47: HOJA DE CALCULO CBR DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 6% P-3 M-12

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%”

AUTOR : René Herencia Aguilar

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 6% de Ceniza

Ubicación : San Jeronimo - Cusco

Calicata : P-3

Fecha : 29/10/2020

Coordenada : E - 188494 N - 8500368

Muestra: M-12

DATOS DE ANILLO DE CARGA

Anillo Nro	2	Factor de Correccion:	Carga Kg ^f = A ₁ +A ₂ X+A ₃ X ²	A ₁ =	0.9956	A ₂ =	0
Capacidad Maxima	4500 Kg ^f			A ₃ =	1		

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.145

	1		2		3	
	5	56	5	25	5	12
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	12216	12243	12053	12110	11892	11983
Peso de molde (g)	7686	7686	7747	7747	7793	7793
Peso del suelo húmedo (g)	4530	4557	4306	4363	4099	4190
Volumen del molde (cm ³)	2129	2129	2137	2137	2133	2133
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.128	2.140	2.015	2.042	1.922	1.964
Humedad (%)	14.89	15.40	14.89	16.00	14.76	16.98
Densidad seca	1.852	1.854	1.754	1.760	1.675	1.679
Tarro N°	C-06	C-12	C-14	C-21	C-28	C-20
Tarro + Suelo húmedo (g)	654.7	647.3	686.3	662.1	643.3	643.3
Tarro + Suelo seco (g)	581.7	573.1	591.8	563.8	572.6	563.5
Peso del Agua (g)	73.0	74.2	74.5	78.3	70.7	79.8
Peso del tarro (g)	91.3	91.3	91.5	94.4	93.6	93.6
Peso del suelo seco (g)	490.4	481.8	500.3	489.4	479.0	469.9
Humedad (%)	14.89	15.40	14.89	16.00	14.76	16.98
Agua Absorbida (%)	0.51		1.11		2.22	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
29.10.2020	10:30:00	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
30/10/2020	10:30:00	24	20	0.5	0.44	36	0.9	0.79	48	1.2	1.05
31/10/2020	10:30:00	48	24	0.6	0.53	41	1.0	0.90	60	1.5	1.31
01/11/2020	10:30:00	72	28	0.7	0.61	50	1.3	1.09	64	1.6	1.40
02/11/2020	10:30:00	96	31	0.8	0.68	56	1.4	1.23	68	1.7	1.49

PENETRACION

PENETRACION avila	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Def (dvi)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Def (dvi)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Def (dvi)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		302	15.1			215	10.8			101	5.1		
0.050		626	31.3			401	20.1			285	14.3		
0.075		925	46.2			605	30.3			389	19.5		
0.100	70.3	1285	64.2	64.2	91.3	788	39.4	39.39	56.0	456	22.8	22.82	32.4
0.125		1471	73.5			959	47.9			532	26.6		
0.150		1671	83.5			1085	54.2			626	31.3		
0.200	105.5	2020	100.9	100.9	95.7	1298	64.9	64.85	61.5	765	38.2	38.24	36.3
0.300		2356	117.7			1585	79.2			899	44.9		
0.400		2615	130.6			1769	88.4			1025	51.2		
0.500		2802	139.9			1896	94.8			1105	55.2		

GIMI S.A.

CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
 TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA ANDRE FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 48: HOJA DE GRAFICOS CBR DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 6% P-3 M-12

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

Proyecto : TESIS "INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%"

AUTOR : René Herencia Aguilar

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.145

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 6% de Ceniza

Ubicación: San Jeronimo - Cusco

Calicata : P-3

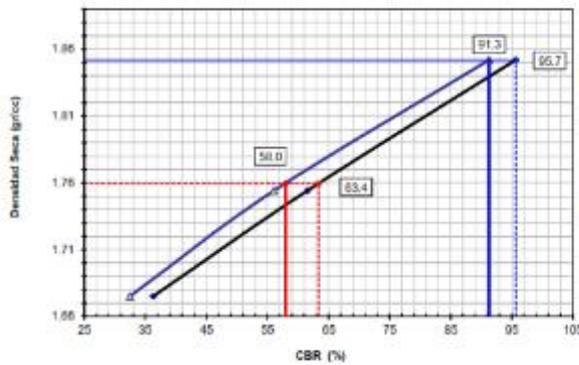
Muestra: M-12

Fecha : 01/11/2020

Coordenada : E - 188494

N - 8500388

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



DATOS DE LA MUESTRA	
SUCS	ML
AASHTO	A-4(7)

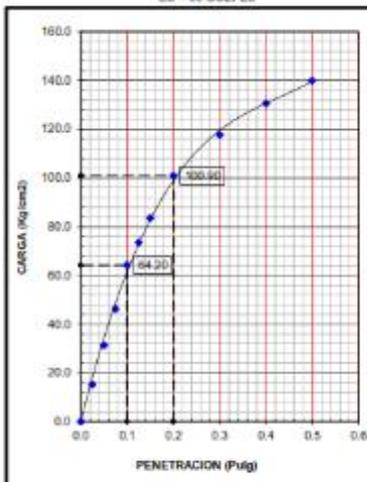
Tipo Compactación	Datos del Proctor	
(MTC E 115 - 2016)	Densidad Seca	1.844 g/cc
Método: A	Óptimo Humeda	14.44 %

Sobrecarga Saturación	4.54 Kg
Sobrecarga Penetración	4.54 Kg

N° de Golpes	56	25	12
Densidad (g/cc)	1.852	1.754	1.675
Expansión (%)	1.00	2.00	3.00
Humedad Antes de Sat.	14.89	14.89	14.76
Humedad Después de Sat.	15.40	16.00	16.98

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1°:	91.3	0.2°:	95.7
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1°:	58.0	0.2°:	63.4

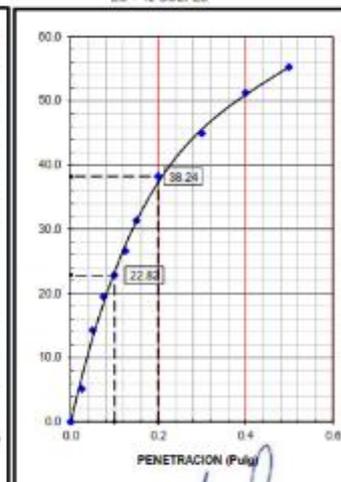
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



GMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA ANDRE FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 49: ANALISIS GRANULOMETRICO, LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL DEL SUELO EN ESTADO NATURAL P-4 M-13

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: "INFLUENCIA EN EL pH, MAXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%"

AUTOR : René Herencia Aguilar

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo de Subrasante en estado natural Ubicación : San Jeronimo - Cusco
 Perforación : P-4 Muestra: M-13 Fecha : 25/10/2020
 Coordenadas : E. 188524 N. 8500359

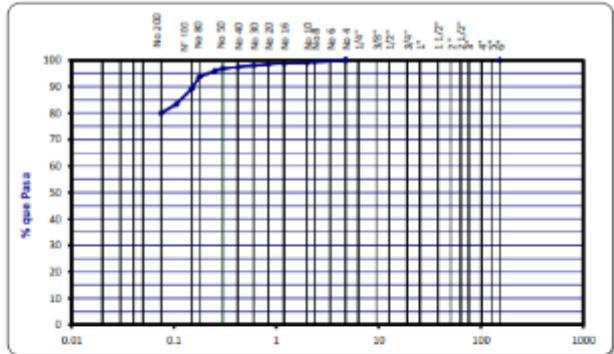
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NTP 339.128

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
No. 4	4.750				100.0
No. 8	2.360	2.5	0.7	0.7	99.3
No. 10	2.000	1.2	0.3	1.0	99.0
No. 16	1.190	1.2	0.3	1.3	98.7
No. 20	0.834	0.8	0.2	1.5	98.5
No. 30	0.600	1.8	0.5	2.0	98.0
No. 40	0.420	2.6	0.7	2.7	97.3
No. 50	0.300	1.5	0.4	3.1	96.9
No. 60	0.250	3.6	1.0	4.1	95.9
No. 80	0.177	8.5	2.3	6.4	93.6
No. 100	0.149	16.2	4.4	10.8	89.2
No. 140	0.106	21.5	5.8	16.6	83.4
No. 200	0.075	12.5	3.4	20.0	80.0
-200		295.6	80.0	100.0	

CLASIFICACIÓN SUCS : CL
 CLASIFICACIÓN AASHTO : A-6(14)

- Arcilla de baja plasticidad arenoso



Peso Inicial (g) : 369.5

Peso Fracción (g) :

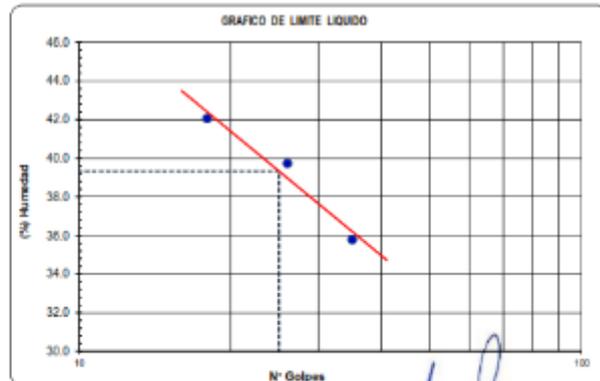
DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LIMITE PLASTICO NTP 339.129		HUM. NAT. NTP 339.127
Capsula Nro	11	18	15
Peso de la Capsula (g)	16.36	17.69	276.3
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	26.58	27.54	502.2
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	24.74	25.77	471.2
Peso del Agua (g)	1.84	1.77	31
Peso del Suelo Seco (g)	8.38	8.08	194.00
Contenido de Humedad (%)	21.96	21.91	15.91
PROMEDIO	21.9		15.9

	LIMITE LIQUIDO NTP 339.129		
Capsula Nro	17	20	25
Peso de la Capsula (g)	22.50	22.63	36.98
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	45.69	47.25	42.25
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	39.58	40.25	40.69
Numero de Golpes	35	26	18
Peso del agua (g)	6.11	7.00	1.56
Peso del Suelo Seco (g)	17.08	17.62	3.71
Contenido de Humedad (%)	35.6	39.7	42.0

CONSTANTES FISICAS

LIMITE LIQUIDO : 39.33 LIMITE PLASTICO : 21.93 IND. PLASTICIDAD : 17.40



Observaciones:

GMI S.A.
CESAR CONTRERAS CASTILLO
 TECNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA ONDRE FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 50: PROCTOR MODIFICADO DEL SUELO EN ESTADO NATURAL P-4 M-13.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS INFORME DE ENSAYO

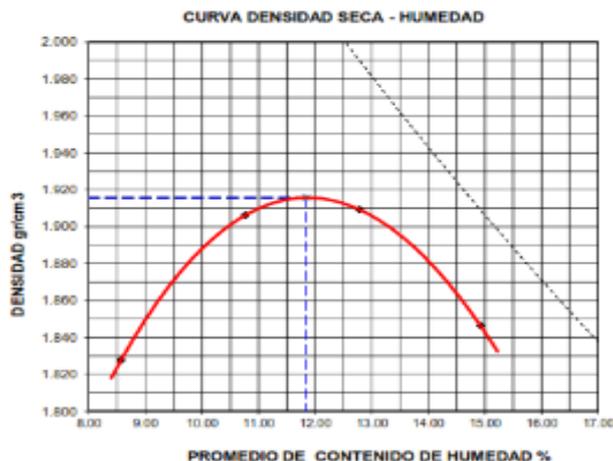
PROYECTO : TESIS: "INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%"
AUTOR : René Herencia Aguilar

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo de Subrasante en estado natural Ubicación : San Jeronimo - Cusco
Perforación : P-4 Muestra: M-13 Fecha : 29/10/2020
Coordenada : E - 188524 N - 8500359

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA NTP-339,141

Metodo de compactacion						A
Metodo de preparacion de muestra						Húmedo
Descripcion del Píson						Manual
Numero de golpes						25
Numero de capas						5
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA						
1. Peso suelo húmedo. + molde	g	5347	5468	5508	5478	
2. Peso del molde	g	3457	3457	3457	3457	
3. Volumen del molde	cc	953	953	953	953	
4. Peso suelo húmedo	g	1890	2011	2051	2021	
5. Densidad suelo húmedo	g/cc	1.964	2.111	2.153	2.122	
CALCULO DE HUMEDAD						
6. Capsula N°		C-12	C-18	C-25	C-27	
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	641.1	636.7	687.0	646.5	
8. Peso del suelo seco+capsula	g	597.7	584.0	619.7	574.7	
9. Peso del agua	g	43.4	52.7	67.3	71.8	
10. Peso de la capsula	g	91.3	94.4	93.2	93.5	
11. Peso del suelo seco	g	506.4	489.6	526.5	481.2	
12. Contenido de humedad	%	8.57	10.76	12.78	14.92	
13. Promedio de cont. de humedad	%	8.57	10.76	12.78	14.92	
CALCULO DE DENSIDAD SECA						
14. Densidad seca del suelo	g/cc	1.828	1.906	1.909	1.846	



DATOS DE LA MUESTRA	
SUCS	CL
AASHTO	A-6(14)

DATOS DE LA GRANULOMETRIA	
Porcentaje Ret. Acumulado	% Pasa
Tamiz 3/4"	0.0 100.0
Tamiz 3/8"	0.0 100.0
Tamiz N° 4	0.0 100.0
Tamiz N° 200	20.0 80.0

DATOS DEL PISON	
Peso de Pison	4.54 Kg
Altura de caída	45.72 cm

RESULTADOS	
Contenido de Humedad óptima	11.84%
Densidad Máxima Seca	1.916 g/cc

GMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA ZUÑIGA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 51: HOJA DE CALCULO CBR DEL SUELO EN ESTADO NATURAL P-4 M-13.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%*

AUTOR : René Herencia Aguilar

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo de Subrasante en estado natural

Ubicación : San Jeronimo - Cusco

Calicata : P-4

Fecha : 29/10/2020

Coordenada : E - 188524 N - 8500359

Muestra : M-13

DATOS DE ANILLO DE CARGA

Anillo Nro	2	Factor de Correccion:	Carga Kgf = $A_1 + A_2 X + A_3 X^2$	$A_1 =$	0.9956	$A_2 =$	0
Capacidad Maxima	4500 Kgf			$A_3 =$	1		

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.145

Molde N°	4		5		6	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	13424	13601	13235	13555	12825	13203
Peso de molde (g)	8903	8903	8938	8938	8742	8742
Peso del suelo húmedo (g)	4521	4698	4297	4617	4083	4461
Volumen del molde (cm3)	2104	2104	2110	2110	2103	2103
Densidad húmeda (g/cm3)	2.149	2.233	2.036	2.188	1.942	2.121
Humedad (%)	11.92	16.06	12.02	19.95	11.87	21.84
Densidad seca	1.920	1.924	1.818	1.824	1.736	1.741
Tarro N°	C-18	C-25	C-26	C-30	C-20	C-27
Tarro + Suelo húmedo (g)	653.2	676.4	668.8	678.4	660.0	716.6
Tarro + Suelo seco (g)	593.7	595.7	607.2	580.6	599.9	604.9
Peso del Agua (g)	59.5	80.7	61.6	97.8	60.1	111.7
Peso del tarro (g)	94.4	93.2	94.7	90.4	93.6	93.5
Peso del suelo seco (g)	499.3	502.5	512.5	490.2	506.3	511.4
Humedad (%)	11.92	16.06	12.02	19.95	11.87	21.84
Agua Absorbida (%)	4.14		7.93		9.97	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
29/10/2020	10:30:00	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
30/10/2020	10:30:00	24	89	2.3	1.95	105	2.7	2.30	128	3.3	2.80
31/10/2020	10:30:00	48	125	3.2	2.73	145	3.7	3.17	159	4.0	3.48
01/11/2020	10:30:00	72	145	3.7	3.17	178	4.5	3.89	202	5.1	4.42
02/11/2020	10:30:00	96	168	4.3	3.68	192	4.9	4.20	268	6.8	5.86

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA kg/cm2	MOLDE N° 4				MOLDE N° 5				MOLDE N° 6			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (mm)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (mm)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (mm)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		26	1.3			19	1.0			15	0.8		
0.050		60	3.0			45	2.3			26	1.3		
0.075		89	4.5			62	3.1			39	2.0		
0.100	70.3	115	5.8	0.8	8.2	79	4.0	3.99	5.7	48	2.4	2.45	3.5
0.125		131	6.6			90	4.8			62	3.1		
0.150		152	7.6			109	5.5			75	3.8		
0.200	105.5	181	9.1	9.1	8.6	135	6.8	6.79	6.4	89	4.5	4.49	4.3
0.300		215	10.8			159	8.0			119	6.0		
0.400		241	12.1			178	8.9			135	6.9		
0.500		265	13.3			187	9.4			151	7.6		

GMI S.A.
CESAR CONTRERAS CASTILLO
TECNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA DÍAZ FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 52: HOJA DE GRAFICOS CBR DEL SUELO EN ESTADO NATURAL P-4 M-13

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

Proyecto : TESIS: "INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%"

AUTOR : René Herencia Aguilar

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.145

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo de Subrasante en estado natural

Ubicación: San Jeronimo - Cusco

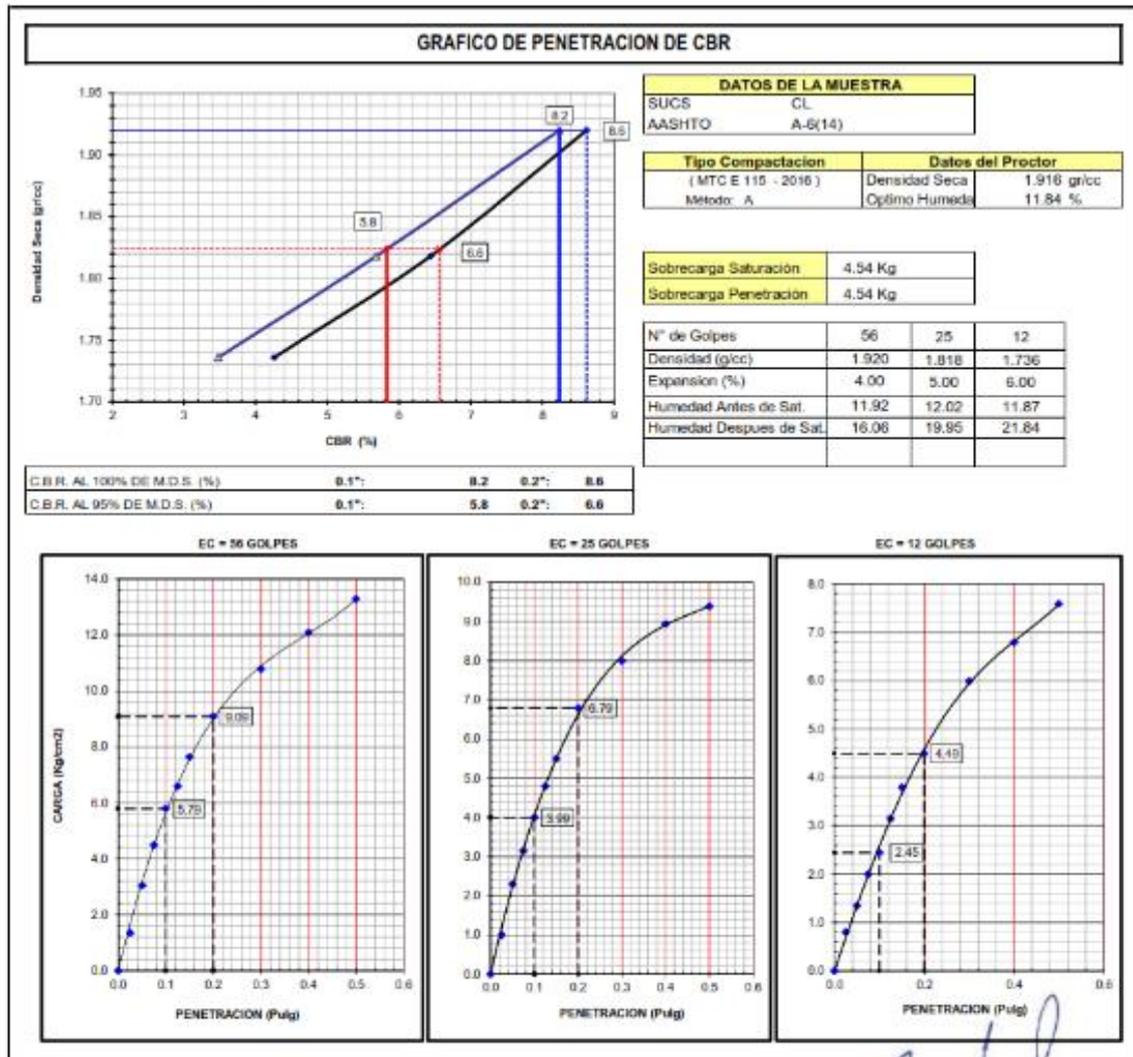
Calicata : P-4

Muestra: M-13

Fecha : 01/11/2020

Coordenada : E - 188524

N - 8500359



GMI S.A.
 CESAR CONTRERAS CASTILLO
 TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARÍA INOFRE FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 53: ANALISIS GRANULOMETRICO, LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL DEL SUELO ADICIONADO 2% CENIZA P-4 M-14

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: INFLUENCIA EN EL pH, MAXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%

AUTOR : René Herencia Aguilar

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 2% de Ceniza

Ubicación : San Jeronimo - Cusco

Perforación : P-4 Muestra: M-14

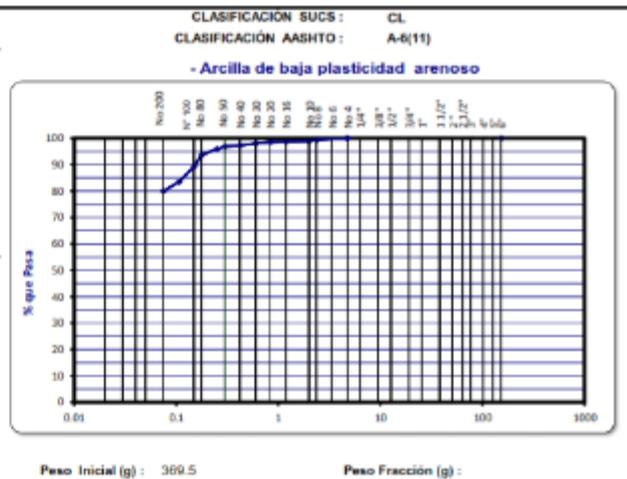
Fecha : 30/10/2020

Coordenadas : E. 188524 N. 8500359

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NTP 339.128

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
No. 4	4.760				100.0
No. 8	2.360	2.5	0.7	0.7	99.3
No. 10	2.000	1.2	0.3	1.0	99.0
No. 16	1.190	1.2	0.3	1.3	98.7
No. 20	0.834	0.8	0.2	1.5	98.5
No. 30	0.600	1.8	0.5	2.0	98.0
No. 40	0.420	2.6	0.7	2.7	97.3
No. 50	0.300	1.5	0.4	3.1	96.9
No. 60	0.250	3.6	1.0	4.1	95.9
No. 80	0.177	8.5	2.3	6.4	93.6
No. 100	0.149	16.2	4.4	10.8	89.2
No. 140	0.106	21.5	5.8	16.6	83.4
No. 200	0.075	12.5	3.4	20.0	80.0
-200		295.6	80.0	100.0	



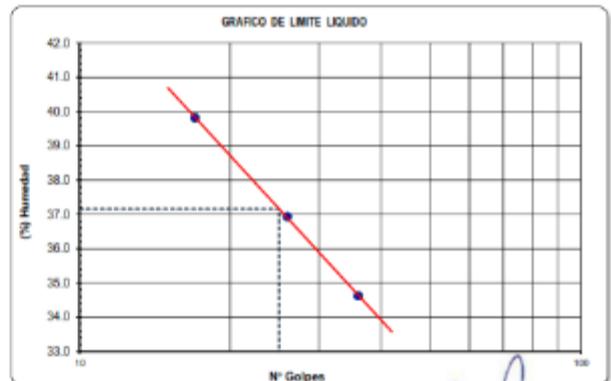
DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LIMITE PLASTICO NTP 339.129		HUM. NAT. NTP 339.127
	20	22	15
Capítulo Nro			
Peso de la Capícula (g)	12.06	16.24	276.3
Peso de la Capícula+Suelo Húmedo (g)	27.98	28.01	502.2
Peso de la Capícula+Suelo Seco (g)	25.05	25.84	471.2
Peso del Agua (g)	2.93	2.17	31
Peso del Suelo Seco (g)	12.99	9.60	194.90
Contenido de Humedad (%)	22.56	22.60	15.91
PROMEDIO	22.6		15.9

	LIMITE LIQUIDO NTP 339.129		
	16	16	28
Capítulo Nro			
Peso de la Capícula (g)	23.30	23.30	22.85
Peso de la Capícula+Suelo Húmedo (g)	46.32	45.88	47.15
Peso de la Capícula+Suelo Seco (g)	40.40	39.79	46.23
Número de Golpes	36	26	17
Peso del agua (g)	5.92	6.09	6.92
Peso del Suelo Seco (g)	17.10	16.49	17.38
Contenido de Humedad (%)	34.6	36.9	39.8

CONSTANTES FISICAS

LIMITE LIQUIDO : 37.16 LIMITE PLASTICO : 22.58 IND. PLASTICIDAD : 14.58



Observaciones:

GMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA ANOFRE FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 54: PROCTOR MODIFICADO DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 2% P-4 M-14.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CÁSCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6% :

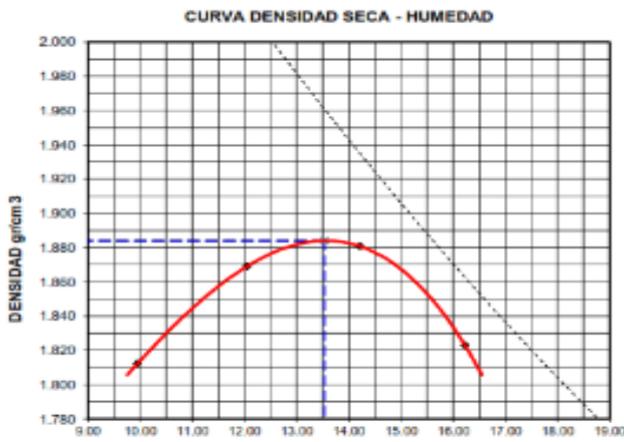
AUTOR : René Herencia Aguilar

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 2% de Ceniza **Ubicación :** San Jerónimo - Cusco
Perforación : P-4 **Muestra:** M-14 **Fecha :** 31/10/2020
Coordenada : E - 188524 **N -** 8500359

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA NTP-339.141

Metodo de compactacion		A			
Metodo de preparacion de muestra		Húmedo			
Descripción del Pisón		Manual			
Numero de golpes		25			
Numero de capas		5			
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	g	5355	5452	5503	5475
2. Peso del molde	g	3457	3457	3457	3457
3. Volumen del molde	cc	953	953	953	953
4. Peso suelo humedo	g	1898	1995	2046	2018
5. Densidad suelo humedo	g/cc	1.993	2.094	2.148	2.119
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		C-20	C-15	C-03	C-17
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	646.0	649.2	650.5	677.6
8. Peso del suelo seco+capsula	g	596.0	589.5	581.2	596.6
9. Peso del agua	g	50.0	59.7	69.3	81.0
10. Peso de la capsula	g	93.6	94.3	93.5	97.5
11. Peso del suelo seco	g	502.4	495.2	487.7	499.1
12. Contenido de humedad	%	9.95	12.06	14.21	16.23
13. Promedio de cont. de humedad	%	9.95	12.06	14.21	16.23
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	g/cc	1.812	1.869	1.881	1.823



GMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

DATOS DE LA MUESTRA	
SUCS	CL
AASHTO	A-6(11)

DATOS DE LA GRANULOMETRIA		
Porcentaje Ret. Acumulado		% Pasa
Tamiz 3/4"	0.0	100.0
Tamiz 3/8"	0.0	100.0
Tamiz N° 4	0.0	100.0
Tamiz N° 200	20.0	80.0

DATOS DEL PISON	
Peso de Pison	4.54 Kg
Altura de caída	45.72 cm

RESULTADOS	
Contenido de Humedad óptima	13.53%
Densidad Máxima Seca	1.884 g/cc

JOSEMARIA DÍAZ FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 55: HOJA DE CALCULO CBR DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 2% P-4 M-14.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR, DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%*

AUTOR : René Herencia Aguilar

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 2% de Ceniza

Ubicación : San Jeronimo - Cusco

Calicata : P-4

Fecha : 31/10/2020

Coordenada : E - 188524 N - 8500359 **Muestra:** M-14

DATOS DE ANILLO DE CARGA

Anillo Nro	2	Factor de Corrección:	Carga Kgf = $A_1 + A_2 X + A_3 X^2$	$A_0 =$	0.9956	$A_2 =$	0
Capacidad Máxima	4500 Kgf			$A_1 =$	1		

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.145

Molde N°	7		8		9	
	5	5	5	5	5	5
N° Capa	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	13249	13330	13023	13108	12843	12954
Peso de molde (g)	8657	8657	8733	8733	8785	8785
Peso del suelo húmedo (g)	4592	4673	4290	4375	4078	4189
Volumen del molde (cm ³)	2149	2149	2117	2117	2107	2107
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.137	2.174	2.026	2.067	1.935	1.988
Humedad (%)	13.25	14.47	13.40	15.25	13.45	16.21
Densidad seca	1.887	1.899	1.787	1.793	1.706	1.711
Tarro N°	C-04	C-11	C-10	C-18	C-21	C-13
Tarro + Suelo húmedo (g)	661.3	656.2	649.1	634.0	606.5	647.6
Tarro + Suelo seco (g)	594.9	585.1	583.7	562.6	545.8	570.2
Peso del Agua (g)	66.4	71.1	65.4	71.4	60.7	77.4
Peso del tarro (g)	93.7	93.6	95.5	94.4	94.4	92.8
Peso del suelo seco (g)	501.2	491.5	488.2	488.2	451.4	477.4
Humedad (%)	13.25	14.47	13.40	15.25	13.45	16.21
Agua Absorbida (%)	1.22		1.85		2.76	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
31.10.2020	10:30:00	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
01/11/2020	10:30:00	24	79	2.0	1.73	92	2.3	2.01	102	2.6	2.23
02/11/2020	10:30:00	48	89	2.3	1.95	105	2.7	2.30	121	3.1	2.65
03/11/2020	10:30:00	72	92	2.3	2.01	135	3.4	2.95	151	3.8	3.30
04/11/2020	10:30:00	96	105	2.7	2.30	138	3.5	3.02	162	4.1	3.54

PENETRACION

PENETRACION cm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 7				MOLDE N° 8				MOLDE N° 9			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Def (mm)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Def (mm)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Def (mm)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		125	6.3			90	4.9			45	2.4		
0.050		201	10.1			132	6.6			87	4.4		
0.075		289	14.5			205	10.3			111	5.6		
0.100	70.3	395	19.8	19.8	28.1	245	12.3	12.28	17.5	156	7.8	7.84	11.1
0.125		465	23.3			281	14.1			187	9.4		
0.150		536	26.8			328	16.4			219	11.0		
0.200	105.5	665	33.2	33.2	31.5	398	19.9	19.92	18.9	271	13.6	13.58	12.9
0.300		832	41.6			491	24.6			318	15.9		
0.400		925	46.2			561	28.1			356	17.8		
0.500		1020	51.0			605	30.3			377	18.9		

GMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA DÍAZ FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 56: HOJA DE GRAFICOS CBR DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 2% P-4 M-14

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

Proyecto : TESIS: "INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%"

AUTOR : René Herencia Aguilár

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.145

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 2% de Ceniza

Ubicación: San Jeronimo - Cusco

Calicata : P-4

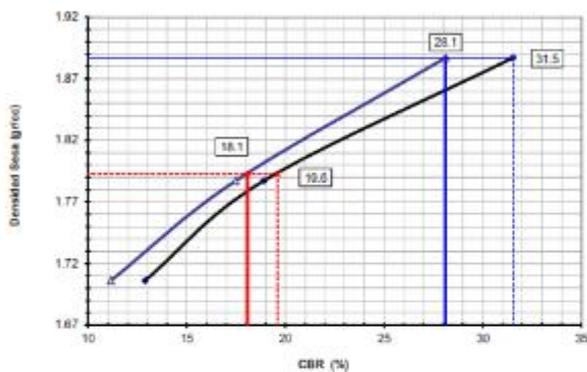
Muestra: M-14

Fecha : 03/11/2020

Coordenada : E - 188524

N - 8500359

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



DATOS DE LA MUESTRA	
SUCS	CL
AASHTO	A-6(11)

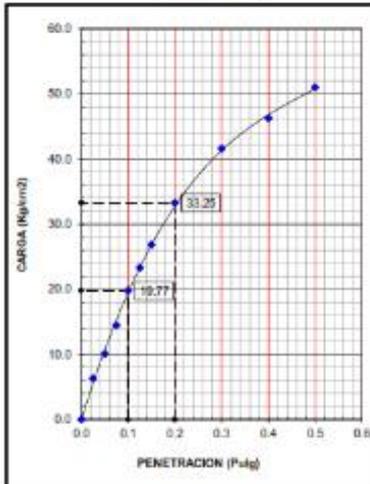
Tipo Compactacion	Datos del Proctor
(MTC E 115 - 2016)	Densidad Secca 1.864 gr/cc
Método: A	Óptimo Humeda 13.53 %

Sobrecarga Saturación	4.54 Kg
Sobrecarga Penetración	4.54 Kg

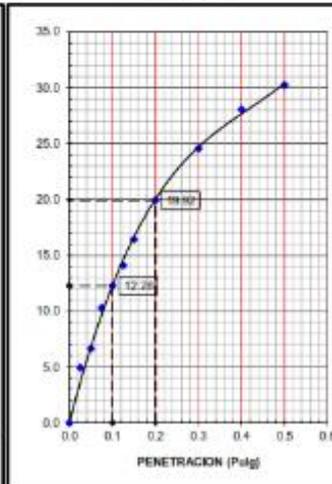
N° de Golpes	56	25	12
Densidad (gr/cc)	1.887	1.787	1.706
Expansión (%)	7.00	8.00	9.00
Humedad Antes de Sat.	13.25	13.40	13.45
Humedad Después de Sat.	14.47	15.25	16.21

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	28.1	0.2":	31.5
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	18.1	0.2":	19.6

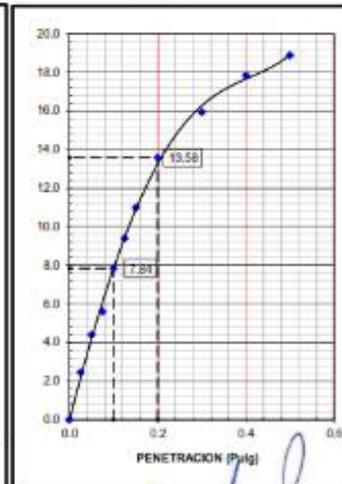
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



GMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA ZOFRE FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 106233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 57: ANALISIS GRANULOMETRICO, LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL DEL SUELO ADICIONADO 4% CENIZA P-4 M-15.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: INFLUENCIA EN EL pH, MAXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR, DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%

AUTOR : René Herencia Aguilár

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 4% de Ceniza
 Perforación : P-4 Muestra: M-15
 Coordenadas : E. 188524 N. 8500350

Ubicación : San Jeronimo - Cusco
 Fecha : 30/10/2020

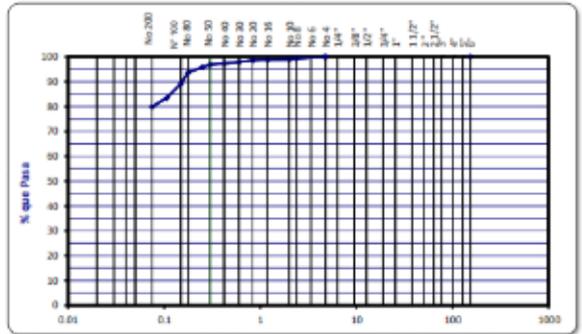
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NTP 339.128

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
No. 4	4.750				100.0
No. 8	2.360	2.5	0.7	0.7	99.3
No. 10	2.000	1.2	0.3	1.0	99.0
No. 16	1.190	1.2	0.3	1.3	98.7
No. 20	0.834	0.8	0.2	1.5	98.5
No. 30	0.600	1.8	0.5	2.0	98.0
No. 40	0.420	2.6	0.7	2.7	97.3
No. 50	0.300	1.5	0.4	3.1	96.9
No. 60	0.250	3.6	1.0	4.1	95.9
No. 80	0.177	8.5	2.3	6.4	93.6
No. 100	0.149	16.2	4.4	10.8	89.2
No. 140	0.106	21.5	5.8	16.6	83.4
No. 200	0.075	12.5	3.4	20.0	80.0
-200		295.6	80.0	100.0	

CLASIFICACIÓN SUCS : CL
 CLASIFICACIÓN AASHTO : A-4(16)

- Arcilla de baja plasticidad arenosa



Peso Inicial (g) : 369.5

Peso Fracción (g) :

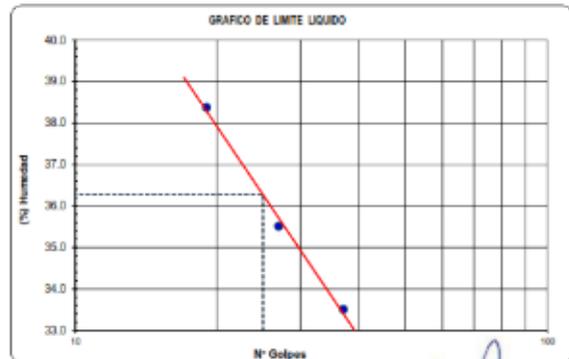
DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LIMITE PLASTICO NTP 339.129	HUM. NAT. NTP 339.127
Capsula Neo	14	10
Peso de la Capsula (g)	16.35	15.77
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	29.26	29.26
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	26.84	26.74
Peso del Agua (g)	2.42	2.52
Peso del Suelo Seco (g)	10.49	10.97
Contenido de Humedad (%)	23.07	22.97
PROMEDIO	23.0	15.9

	LIMITE LIQUIDO NTP 339.129		
Capsula Neo	26	21	22
Peso de la Capsula (g)	23.80	23.45	23.20
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	46.95	45.85	47.25
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	41.14	39.98	40.58
Numero de Golpes	37	27	19
Peso del agua (g)	5.81	5.87	6.67
Peso del Suelo Seco (g)	17.34	16.53	17.38
Contenido de Humedad (%)	33.5	35.5	38.4

CONSTANTES FISICAS

LIMITE LIQUIDO : 36.27 LIMITE PLASTICO : 23.02 IND. PLASTICIDAD : 13.25



Observaciones:

GMI S.A.
 CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
 TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARÍA JONFRE FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 58: PROCTOR MODIFICADO DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 4% P-4 M-15.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS INFORME DE ENSAYO

PROYECTO: TESIS: INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR, DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%.

AUTOR: René Herencia Aguilar

Datos de la Muestra

Descripción: Suelo adicionado con 4% de Ceniza

Ubicación: San Jeronimo - Cusco

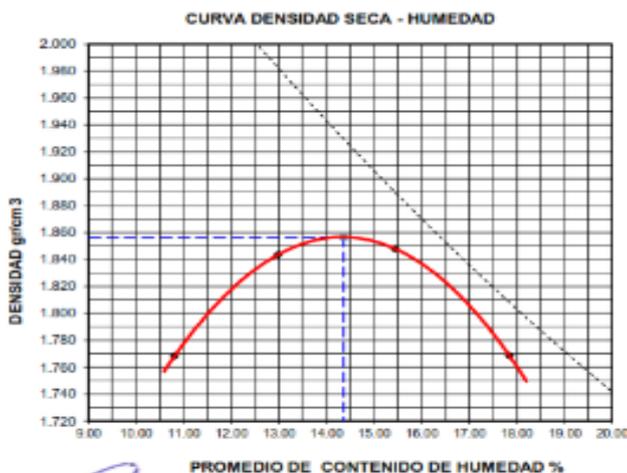
Perforación: P-4 **Muestra:** M-15

Fecha: 31/10/2020

Coordenada: E - 188524 **N - 8500359**

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA NTP-339.141

Metodo de compactacion		A			
Metodo de preparacion de muestra		Húmedo			
Descripcion del Píson		Manual			
Numero de golpes		25			
Numero de capas		5			
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	g	5323	5441	5489	5442
2. Peso del molde	g	3457	3457	3457	3457
3. Volumen del molde	cc	953	953	953	953
4. Peso suelo humedo	g	1866	1984	2032	1985
5. Densidad suelo humedo	g/cc	1.959	2.083	2.133	2.084
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		C-07	C-04	C-11	C-15
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	658.9	619.3	644.5	687.3
8. Peso del suelo seco+capsula	g	603.9	558.9	570.8	597.5
9. Peso del agua	g	55.0	60.4	73.7	89.8
10. Peso de la capsula	g	94.9	93.7	93.6	94.3
11. Peso del suelo seco	g	509.0	465.2	477.2	503.2
12. Contenido de humedad	%	10.81	12.98	15.44	17.85
13. Promedio de cont. de humedad	%	10.81	12.98	15.44	17.85
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	g/cc	1.768	1.844	1.848	1.768



DATOS DE LA MUESTRA	
SUCS	CL
AASHTO	A-6(10)

DATOS DE LA GRANULOMETRIA		
Porcentaje Ret. Acumulado		% Pasa
Tamiz 3/4"	0.0	100.0
Tamiz 3/8"	0.0	100.0
Tamiz N° 4	0.0	100.0
Tamiz N° 200	20.0	80.0

DATOS DEL PISON	
Peso de Pison	4.54 Kg
Altura de caída	45.72 cm

RESULTADOS	
Contenido de Humedad optima	14.36%
Densidad Maxima Seca	1.857 g/cc

GMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA DÍAZ FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 59: HOJA DE CALCULO CBR DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 4% P-4 M-15.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 8%”

AUTOR : René Herencia Aguliar

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 4% de Ceniza

Ubicación : San Jerónimo - Cusco

Calicata : P-4

Fecha : 31/10/2020

Coordenada : E - 188524 N - 8500359

Muestra: M-15

DATOS DE ANILLO DE CARGA

Anillo Nro	2	Factor de Corrección:	Carga Kgf = $A_u + A_v X + A_w X^2$	$A_u =$	0.9956	$A_w =$	0
Capacidad Máxima	4500 Kgf			$A_v =$	1		

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.145

Molde N°	10		11		12	
	5		5		5	
N° Capa						
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	11891	11950	11324	11400	11358	11455
Peso de molde (g)	7354	7354	7018	7018	7234	7234
Peso del suelo húmedo (g)	4537	4596	4306	4382	4124	4221
Volumen del molde (cm ³)	2134	2134	2137	2137	2143	2143
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.126	2.154	2.015	2.051	1.924	1.970
Humedad (%)	14.32	15.54	14.39	16.02	14.43	16.79
Densidad seca	1.860	1.864	1.762	1.768	1.681	1.687
Tarro N°	C-14	C-18	C-20	C-04	C-07	C-23
Tarro + Suelo húmedo (g)	677.6	670.0	666.0	651.2	657.1	654.4
Tarro + Suelo seco (g)	604.2	592.6	594.0	574.2	586.2	573.8
Peso del Agua (g)	73.4	77.4	72.0	77.0	70.9	80.6
Peso del tarro (g)	91.5	94.4	93.6	93.7	94.9	93.7
Peso del suelo seco (g)	512.7	498.2	500.4	480.5	491.3	480.1
Humedad (%)	14.32	15.54	14.39	16.02	14.43	16.79
Agua Absorbida (%)	1.22		1.63		2.36	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
31.10.2020	10:30:00	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
01/11/2020	10:30:00	24	69	1.8	1.51	79	2.0	1.73	89	2.3	1.95
02/11/2020	10:30:00	48	75	1.9	1.64	89	2.3	1.95	100	2.5	2.19
03/11/2020	10:30:00	72	80	2.0	1.75	100	2.5	2.19	109	2.8	2.38
04/11/2020	10:30:00	96	85	2.2	1.86	107	2.7	2.34	116	2.9	2.54

PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N° 10				MOLDE N° 11				MOLDE N° 12			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Def (lbf)	kg/cm ²	Def (lbf)	%	Def (lbf)	kg/cm ²	Def (lbf)	%	Def (lbf)	kg/cm ²	Def (lbf)	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		264	13.2			178	8.9			105	5.3		
0.050		466	23.3			308	15.4			185	9.3		
0.075		566	28.3			405	20.3			236	11.8		
0.100	70.3	754	37.7	37.7	53.6	505	25.3	25.26	35.9	295	14.8	14.78	21.0
0.125		898	44.9			638	31.9			368	18.4		
0.150		1020	51.0			701	35.0			435	21.8		
0.200	105.5	1185	59.2	59.2	56.1	819	40.9	40.94	38.8	508	25.4	25.41	24.1
0.300		1399	69.9			1001	50.0			656	32.8		
0.400		1502	75.0			1110	55.5			756	37.8		
0.500		1608	80.3			1201	60.0			866	43.3		

GMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA JONFRE FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 60: HOJA DE GRAFICOS CBR DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 4% P-4 M-15.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

Proyecto : TESIS: "INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%"

AUTOR : René Herencia Aguiar

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.145

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 4% de Ceniza

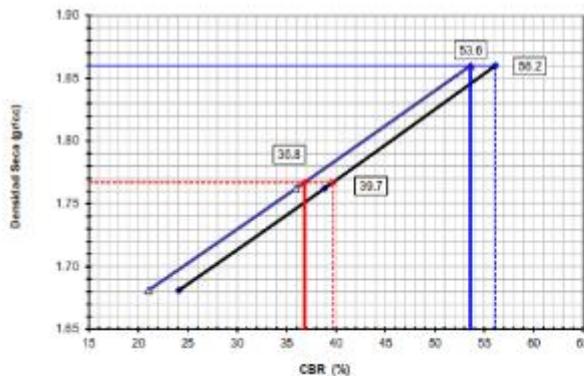
Ubicación: San Jeronimo - Cusco

Calicata : P-4 Muestra: M-15

Fecha : 03/11/2020

Coordenada : E - 188524 N - 8500359

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



DATOS DE LA MUESTRA	
SUCS	CL
AASHTO	A-6(10)

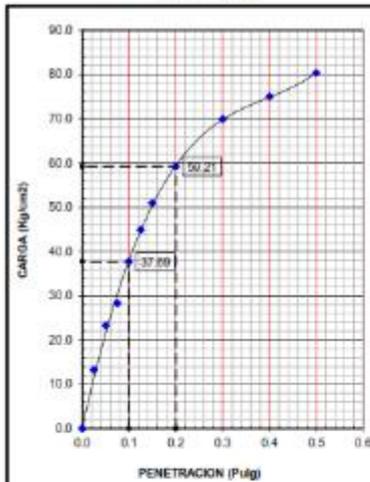
Tipo Compactación	Datos del Proctor
(MTC E 115 - 2016)	Densidad Seca 1.857 gr/cc
Método: A	Óptimo Humedad 14.36 %

Sobrecarga Saturación	4.54 Kg
Sobrecarga Penetración	4.54 Kg

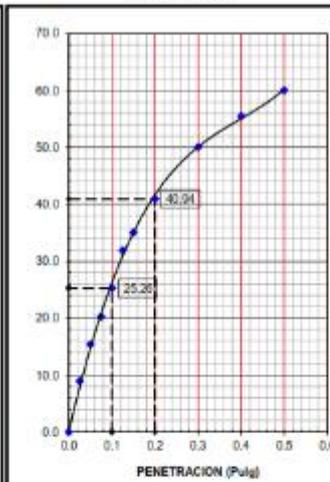
N° de Golpes	56	25	12
Densidad (g/cc)	1.860	1.762	1.681
Expansion (%)	10.00	11.00	12.00
Humedad Antes de Sat.	14.32	14.39	14.43
Humedad Después de Sat.	15.54	16.02	16.79

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 53.6	0.2": 56.2
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 36.8	0.2": 39.7

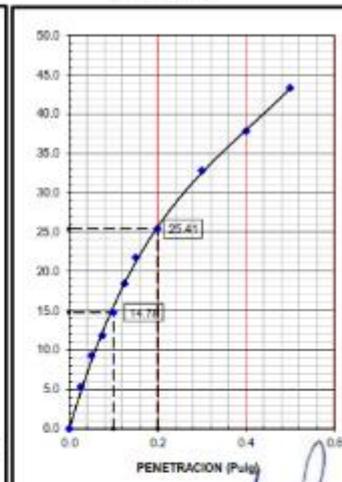
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



GMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA PINO FRE FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 61: ANALISIS GRANULOMETRICO, LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL DEL SUELO ADICIONADO 6% CENIZA P-4 M-16.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: "INFLUENCIA EN EL pH, MAXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%"

AUTOR : Rená Herencia Aguilera

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 6% de Ceniza

Ubicación : San Jeronimo - Cusco

Perforación : P-4 Muestra: M-16

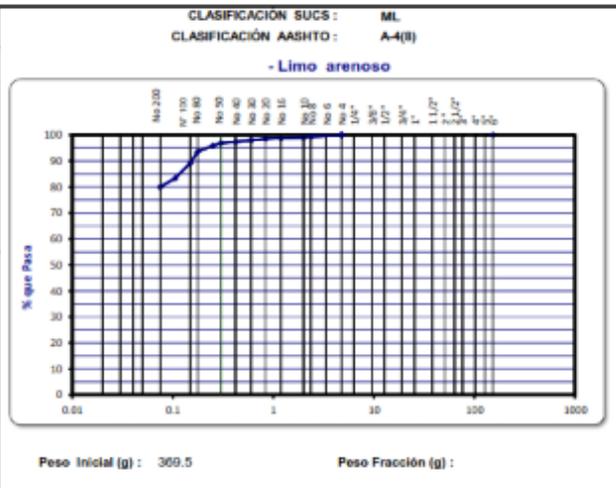
Fecha : 30/10/2020

Coordenadas : E. 188524 N. 8500359

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NTP 339.128

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
No. 4	4.750				100.0
No. 8	2.360	2.5	0.7	0.7	99.3
No. 10	2.000	1.2	0.3	1.0	99.0
No. 16	1.190	1.2	0.3	1.3	98.7
No. 20	0.834	0.8	0.2	1.5	98.5
No. 30	0.600	1.8	0.5	2.0	98.0
No. 40	0.420	2.6	0.7	2.7	97.3
No. 50	0.300	1.5	0.4	3.1	96.9
No. 60	0.250	3.6	1.0	4.1	95.9
No. 80	0.177	8.5	2.3	6.4	93.6
No. 100	0.149	16.2	4.4	10.8	89.2
No. 140	0.106	21.5	5.8	16.6	83.4
No. 200	0.075	12.5	3.4	20.0	80.0
-200		295.6	80.0	100.0	

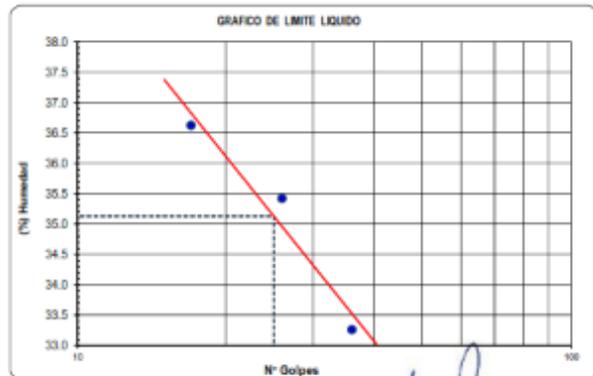


DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LIMITE PLASTICO NTP 339.129	HUM. NAT. NTP 339.127	
Capsula No	19	22	15
Peso de la Capsula (g)	17.42	16.24	276.3
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	28.59	27.98	502.2
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	26.29	25.59	471.2
Peso del Agua (g)	2.30	2.39	31
Peso del Suelo Seco (g)	6.87	9.35	104.90
Contenido de Humedad (%)	25.93	25.56	15.01
PROMEDIO	25.8	15.9	

	LIMITE LIQUIDO NTP 339.129		
Capsula No	28	30	32
Peso de la Capsula (g)	22.85	22.38	29.04
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	47.65	46.58	47.02
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	41.46	40.25	42.20
Numero de Golpes	36	26	17
Peso del agua (g)	6.19	6.33	4.82
Peso del Suelo Seco (g)	18.61	17.87	13.16
Contenido de Humedad (%)	33.3	35.4	36.6

CONSTANTES FISICAS
LIMITE LIQUIDO : 35.13 LIMITE PLASTICO : 25.75 IND. PLASTICIDAD : 9.38



Observaciones:

GMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA ANDRE FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 62: PROCTOR MODIFICADO DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 6% P-4 M-16.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6% :

AUTOR : René Herencia Aguilar

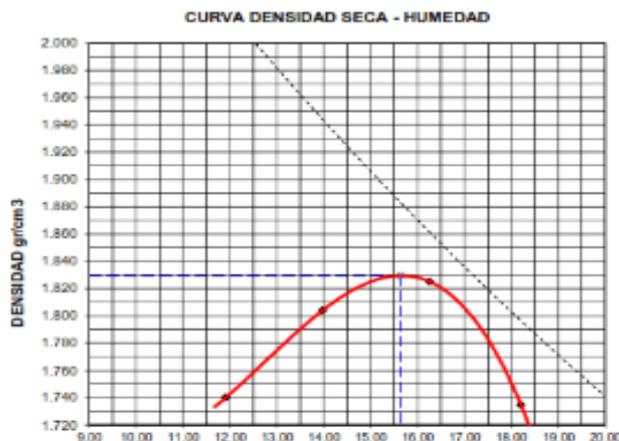
Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 6% de Ceniza **Ubicación :** San Jeronimo - Cusco
Perforación : P-4 **Muestra:** M-16 **Fecha :** 31/10/2020
Coordenada : E - 188524 N - 8500359

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA

NTP-339.141

Metodo de compactacion						A
Metodo de preparacion de muestra						Húmedo
Descripcion del Píson						Manual
Numero de golpes						25
Numero de capas						5
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA						
1. Peso suelo humedo. + molde	g	5312	5415	5478	5410	
2. Peso del molde	g	3457	3457	3457	3457	
3. Volumen del molde	cc	953	953	953	953	
4. Peso suelo humedo	g	1855	1958	2021	1953	
5. Densidad suelo humedo	g/cc	1.948	2.056	2.122	2.050	
CALCULO DE HUMEDAD						
6. Capsula N°		C-29	C-24	C-20	C-16	
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	545.6	563.5	622.8	638.8	
8. Peso del suelo seco+capsula	g	497.5	524.0	548.8	555.0	
9. Peso del agua	g	48.1	59.5	74.0	83.8	
10. Peso de la capsula	g	93.8	98.0	93.6	94.8	
11. Peso del suelo seco	g	403.7	426.0	455.2	460.2	
12. Contenido de humedad	%	11.91	13.97	16.26	18.21	
13. Promedio de cont. de humedad	%	11.91	13.97	16.26	18.21	
CALCULO DE DENSIDAD SECA						
14. Densidad seca del suelo	g/cc	1.740	1.804	1.825	1.735	



DATOS DE LA MUESTRA	
SUCS	ML
AASHTO	A-4(5)

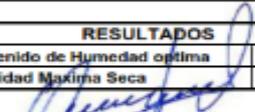
DATOS DE LA GRANULOMETRIA		
Porcentaje Ret. Acumulado		% Pasa
Tamiz 3/4"	0.0	100.0
Tamiz 3/8"	0.0	100.0
Tamiz N° 4	0.0	100.0
Tamiz N° 200	20.0	80.0

DATOS DEL PISON	
Peso de Pison	4.54 Kg
Altura de caída	45.72 cm

RESULTADOS	
Contenido de Humedad optima	15.65%
Densidad Maxima Seca	1.829 g/cc

GMI S.A. PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD %

CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
 TÉCNICO DE LABORATORIO


JOSEMARÍA INOFRE FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 63: HOJA DE CALCULO CBR DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 6% P-4 M-16.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR, DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%”

AUTOR : René Herencia Aguilar

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 6% de Ceniza

Ubicación : San Jeronimo - Cusco

Calicata : P-4

Fecha : 31/10/2020

Coordenada : E - 188524 N - 8500359

Muestra: M-16

DATOS DE ANILLO DE CARGA

Anillo Nro	2	Factor de Correccion:	Carga Kgf = $A_0 + A_1X + A_2X^2$	$A_0 =$	0.9956	$A_2 =$	0
Capacidad Máxima	4500 Kgf			$A_1 =$	1		

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.145

	13		14		15	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	13		14		15	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	11649	11880	11312	11365	11436	11502
Peso de molde (g)	7098	7098	6991	6991	7309	7309
Peso del suelo húmedo (g)	4551	4582	4321	4374	4127	4193
Volumen del molde (cm ³)	2131	2131	2137	2137	2141	2141
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.136	2.150	2.022	2.047	1.928	1.958
Humedad (%)	15.55	15.98	15.55	16.21	15.38	16.98
Densidad seca	1.849	1.854	1.750	1.761	1.671	1.674
Tarro N°	C-22	C-14	C-17	C-23	C-25	C-06
Tarro + Suelo húmedo (g)	565.2	558.1	675.5	691.0	658.8	652.9
Tarro + Suelo seco (g)	502.0	493.8	597.7	607.7	583.4	571.4
Peso del Agua (g)	63.2	64.3	77.8	83.3	75.4	81.5
Peso del tarro (g)	95.6	91.5	97.5	93.7	93.2	91.3
Peso del suelo seco (g)	406.4	402.3	500.2	514.0	490.2	480.1
Humedad (%)	15.55	15.98	15.55	16.21	15.38	16.98
Agua Absorbida (%)	0.43		0.66		1.60	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
31/10/2020	10:30:00	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
01/11/2020	10:30:00	24	19	0.5	0.42	28	0.7	0.61	32	0.8	0.70
02/11/2020	10:30:00	48	25	0.6	0.55	32	0.8	0.70	40	1.0	0.88
03/11/2020	10:30:00	72	28	0.7	0.61	38	1.0	0.83	44	1.1	0.96
04/11/2020	10:30:00	96	31	0.8	0.68	45	1.1	0.98	51	1.3	1.12

PENETRACION

PENETRACION cm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 13				MOLDE N° 14				MOLDE N° 15			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (mm)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (mm)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (mm)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.050		0	0			0	0			0	0		
0.025		456	22.8			298	14.9			165	8.3		
0.050		755	37.7			544	27.2			284	14.2		
0.075		1049	52.4			756	37.8			398	19.9		
0.100	70.3	1358	67.8	67.8	96.5	901	45.0	45.03	64.0	462	23.1	23.12	32.9
0.125		1545	77.2			1085	54.2			588	29.4		
0.150		1725	86.2			1285	64.2			695	34.7		
0.200	105.5	2105	105.1	105.1	99.7	1485	74.2	74.19	70.3	805	40.2	40.24	38.2
0.300		2505	125.1			1805	90.2			1044	52.2		
0.400		2705	135.1			1895	94.7			1249	62.4		
0.500		2902	144.9			2020	100.9			1402	70.0		

GMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA DÍAZ FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el ph, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 64: HOJA DE GRAFICOS CBR DEL SUELO ADICIONADO CON CENIZA 6% P-4 M-16

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

Proyecto : TESIS: INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%”

AUTOR : René Herencia Aguilar

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

NTP 339.145

Datos de la Muestra

Descripción : Suelo adicionado con 6% de Ceniza

Ubicación: San Jeronimo - Cusco

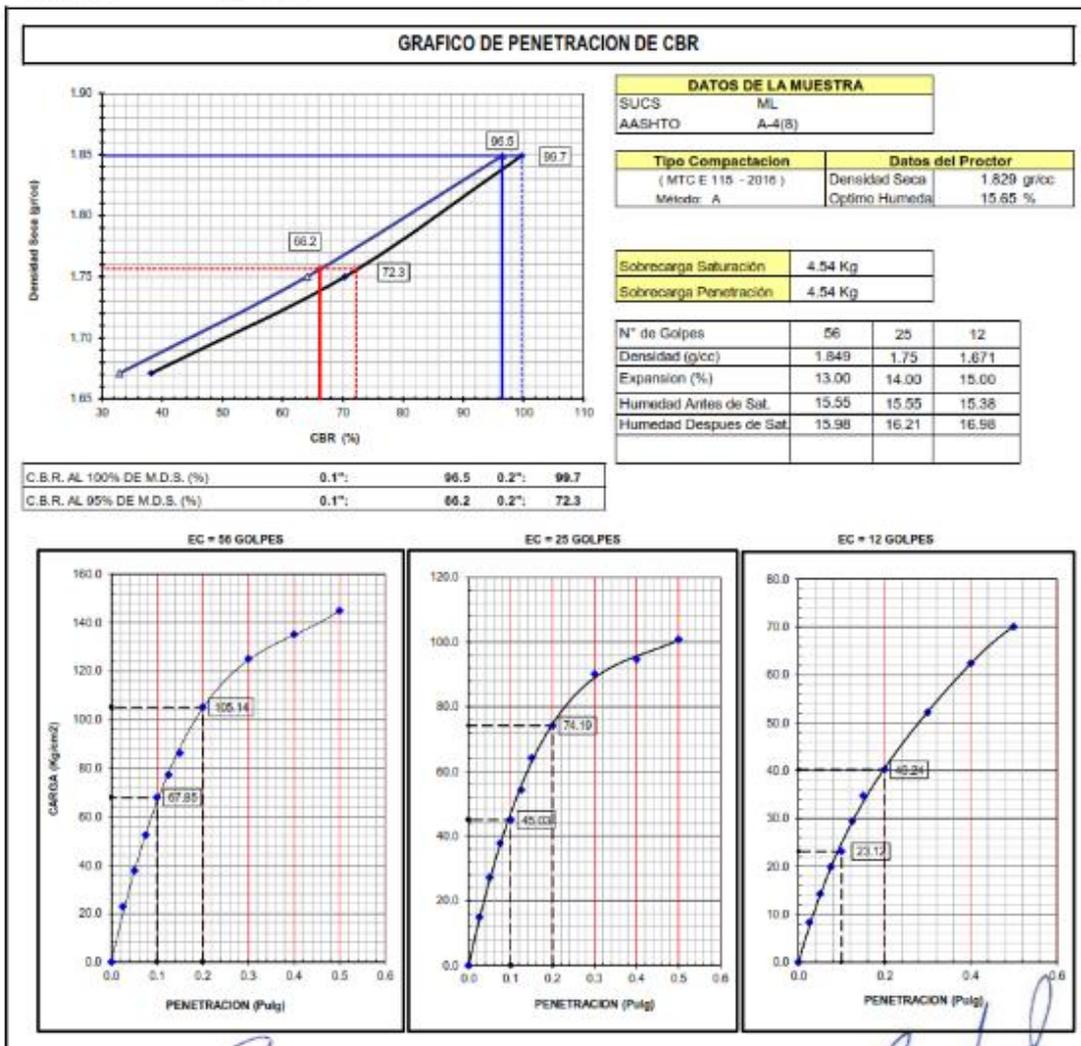
Calicata : P-4

Muestra: M-16

Fecha : 03/11/2020

Coordenada : E - 188524

N - 8500359



GMI S.A.
CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSEMARIA DÍAZ FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 108233

“Influencia en el pH, índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte CBR de un suelo arcilloso de subrasante al adicionar cenizas de cascara de huevo en porcentajes de 2%, 4% y 6%”.

ANEXO N° 65: ENSAYOS pH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO: TESIS: "INFLUENCIA EN EL pH, MÁXIMA DENSIDAD SECA, Y CAPACIDAD PORTANTE CBR DE UN SUELO ARCILLOSO DE SUBRASANTE AL ADICIONAR CENIZAS DE CASCARA DE HUEVO EN PORCENTAJES DE 2%, 4% Y 6%"

AUTOR : René Herencia Aguilar

DETERMINACION DE VALOR Ph EN SUELOS

NTP 339.176

MUESTRA	LECTURA				PROMEDIO
	1	2	3	4	
P-1 M-1	6.50	6.51	6.49	6.51	6.50
P-1 M-2	10.47	10.49	10.54	10.51	10.50
P-1 M-3	11.62	11.60	11.59	11.59	11.60
P-1 M-4	12.59	12.60	12.61	12.61	12.60
P-2 M-5	6.80	6.76	6.78	6.79	6.78
P-2 M-6	10.95	11.00	10.91	10.91	10.94
P-2 M-7	12.05	12.11	12.14	12.10	12.10
P-2 M-8	13.09	13.14	13.08	13.07	13.10
P-3 M-9	6.65	6.69	6.62	6.70	6.67
P-3 M-10	10.75	10.79	10.74	10.68	10.74
P-3 M-11	12.14	12.15	12.16	12.09	12.14
P-3 M-12	13.07	13.08	13.10	13.05	13.08
P-4 M-13	6.65	6.69	6.64	6.71	6.67
P-4 M-14	10.71	10.72	10.69	10.68	10.70
P-4 M-15	12.21	12.23	12.18	12.17	12.20
P-4 M-16	13.24	13.21	13.18	13.16	13.20

GMI S.A.

CÉSAR CONTRERAS CASTILLO
TÉCNICO DE LABORATORIO


JOSEMARÍA JOFRE FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 108233

Observaciones:
