

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

**Estabilidad de suelos arcillosos con cenizas cisco de café para el
mejoramiento de subrasante**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero civil

Por:

Marcos Romario Iquira Canaza

Asesor:

Ing. Rina luzmeri Yampara Ticona

Juliaca, octubre 2022

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

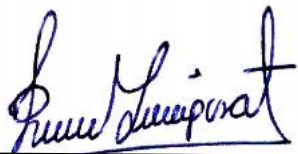
Rina Luzmeri Yampara Ticona, de la Facultad de ingeniería y arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **“ESTABILIDAD DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS CISCO DE CAFÉ PARA EL MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE”** constituye la memoria que presenta el Bachiller **Marcos Romario Iquira Canaza** para obtener el título de Profesional de Ingeniero Civil, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 13 días del mes de noviembre del año 2022.



Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona

Asesor



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Jullaca, Villa Chullunquiari, a 04 día(s) del mes de octubre del año 2022, siendo las 16:00 horas, se reunieron en el Salón de Grados y Títulos de la Universidad Peruana Unión, Filial Jullaca, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: Ing. Herson Ruberly Pari Gusi, el secretario: Mg. Gerardo William Pari Quispe y los demás miembros: Ing. Moisés Araca Yahile

y el asesor: Ing. Rina Suzmeri Yampara Ficono con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: Estabilidad de suelos arcillosos con cenizas cisco de café para el mejoramiento de subrasante

de el(los)/a(las) bachiller/es: a) Marcos Romero Iquira Ganaza b)

conducente a la obtención del título profesional de Ingeniero Civil (Nombre del Título Profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/a(la)(las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): Marcos Romero Iquira Ganaza

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy Bueno</u>

Candidato (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]
Presidente
[Firma]
Asesor
[Firma]
Candidato/a (a)

[Firma]
Miembro

[Firma]
Secretario

Miembro

Candidato/a (b)

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. OBJETIVOS.....	8
2.1. Objetivo general	8
2.2. Objetivos específicos.....	8
3. METODOLOGIA	8
4. DESARROLLO Y ANALISIS DE RESULTADO.....	11
5. CONCLUSIONES.....	16
6. RECOMENACIONES	18
7. REFERENCIAS	18

ESTABILIDAD DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS CISCO DE CAFÉ PARA EL MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE

stability of clay soils with cisco coffee ash for subgrade improvement

Marcos Romario Iquira Canaza
Académico: Universidad Peruana Unión,
iquiracanzaromario@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0361-1822>

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es utilizar cenizas de cisco de café (CCC) que se adicionara 5%,7% y 9%, para la estabilidad de suelos arcillosos para el mejoramiento a nivel de subrasante. La población a tomar en esta investigación será los suelos arcillosos en la Av. Circunvalación del distrito de San Pedro de Putina Punco, Sandía, Puno. El ensayo CBR in situ los resultados promedio a 0.1” en C-1=6.59, C-2=5.2 y C-3=5.63 y CBR laboratorio a 0.1” a 95% M.D.S en C-1=5, C-2=4.6 y C-3=4.8 que ambos estudios de CBR in situ y CBR laboratorio se aproximan, están en los parámetros como factor de seguridad, adicionando cenizas cisco de café (CCC) al 5%, 7% y 9% a medida que aumentamos el porcentaje de adición de sube el CBR en la calicata 01 al 95% M.D.S. a 0.1”,suelo natural 0% = 5.0, 5%= 6.7, 7%= 8.2, 9%=10.1 y así mismo hay aumento de CBR en las calicatas C-2 y C-3 siendo así en terreno natural es inferior $CBR \geq 6\%$ por lo que según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), “Manual de Carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos” (Manual de carreteras & MTC, 2014, p. 40) recomienda estabilizar o cambiar por otro material. Se llega a concluir que al adicionar el 9% de cenizas de cisco de café (CCC) aumentara el CBR al 95% M.D.S a 0.1”, calicata 01 a 9% CCC=10.1, calicata 02 al 9% CCC=9.9, calicata 03 al 9% CCC=10.1, siendo así el 9% como óptimo.

Palabras clave: Estabilización, suelos arcillosos, sub rasante, porcentaje óptimo, adición de cenizas de café (CCC).

ABSTRACT

The objective of this research is to use coffee cisco ashes (CCC) that will be added 5%, 7% and 9%, for the stability of clay soils for improvement at the subgrade level. The population to take in this investigation will be the clayey soils in the Av. Circunvalación of the district of San Pedro de Putina Punco, Sandia, Puno. The in situ CBR test results averaged at 0.1” at C-1=6.59, C-2=5.2 and C-3=5.63 and laboratory CBR at 0.1” at 95% M.D.S at C-1=5, C-2 =4.6 and C-3=4.8 that both in situ CBR and laboratory CBR studies are close, they are in the parameters as a safety factor, adding cisco coffee ash (CCC) at 5%, 7% and 9% as that we increase the percentage of addition of raises the CBR in pit 01 to 95% M.D.S. at 0.1”, natural soil 0% = 5.0, 5%= 6.7, 7%= 8.2, 9%=10.1 and likewise there is an increase in CBR in test pits C-2 and C-3, thus in natural terrain the CBR is lower $\geq 6\%$, so according to the Ministry of Transport and Communications (MTC), "Roads Manual: soils, geology, geotechnics and pavements" recommends stabilizing or changing to another material. It is concluded that adding 9% cisco coffee ash (CCC) will increase the CBR to 95% M.D.S to 0.1”, pit 01 to 9% CCC=10.1, pit 02 to 9% CCC=9.9, pit 03 at 9% CCC=10.1, thus being 9% optima.

Keywords:

Stabilization, clay soils, subgrade, optimum percentage, addition of coffee ash (CCC).

1. INTRODUCCIÓN

En el Perú y alrededor mundo se han realizado diferentes estudios para el mejoramiento de suelo arcilloso, que pueden llegar a emplearse en las estructuras de las vías, centrándose en el uso de subproductos.

Por ende, la estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de subrasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos (ministerio de transportes y comunicaciones, 2013, p. 89)

Las características físico-mecánicas de los materiales de la subrasante se llevarán a cabo investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios o calicatas de 1.5 m de profundidad mínima; el número mínimo de calicatas por kilómetro 3 calicatas, según manual de carreteras del Perú, teniendo en cuenta el Tipo de Carretera establecido en la RD 037-2008. (manual de carreteras, 2013, p. 31)

“Un valor de CBR en campo, sabiendo que una subrasante de suelos debe contar con un $CBR \geq 6\%$ ” (manual de carreteras, 2013, p. 40), en caso que sea inferior, deben ser estabilizados o cambiar por otro material.

Este artículo se busca la optimo porcentaje en adición de cenizas de café que será de 5%, 7% y 9%, para el mejoramiento a nivel subrasante del suelo arcilloso obtenidos en la prueba de Proctor y CBR.

La población a tomar en esta investigación será los suelos arcillosos en la Av. Circunvalación del distrito de San Pedro de Putina Punco – Sandia- Puno. Se procedió a la toma de muestras para las 3 calicatas en las progresivas Km 0.00km, + 0.5km y 0.98km para ensayo CBR in situ y analizar e extracción de muestra para laboratorio de suelos en estado natural 0% y más adición de cenizas de cisco de café en 5%, 7% y 9%.

La Ciudad de San Pedro de Putina Punco son suelos arcillosos y que el nivel freático es alto lo cual es un factor muy importante para que se produzca expansión de suelos, por ende, pretendemos mejorar la subrasante de la Av. Circunvalación estabilizar los suelos arcillosos con cenizas de cisco de café para el mejoramiento de subrasante, verificando su efectividad “mediante el ensayo de CBR” (abc, geotecnia y mecánica de suelos, 2021)

Los pesos específicos de cemento están en los parámetros de 3.10 a 3.25 gr/cm³, la cal 1.0 gr/cm³ y cenizas cisco de café (CCC) está en 1.148 gr/cm³.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Proponer el método de estabilización de suelos arcillosos con cenizas de cisco de café, verificando su efectividad mediante el ensayo de CBR de la Av. Circunvalación de la ciudad San Pedro de Putina Punco.

2.2. Objetivos específicos

Determinar las propiedades físicas del suelo natural 0% y adicionando cenizas de cisco de café al 5%, 7%, 9%

Determinar las propiedades mecánicas del suelo natural en CBR en laboratorio sin adición y CBR in situ a 0.1”

Definir el Optimo contenido de adición de cenizas cisco de café al adicionar proporciones de 5%, 7%, 9%

Determinar la expansión de terreno natural y adición de cenizas de cisco de café 5%, 7% y 9%

3. METODOLOGIA

La metodología está en tres etapas:

La etapa 1 (revisión bibliográfica) en lo que nos indica los antecedentes de investigaciones relacionados al tema de mi investigación, recolección de información en artículos, libros, normas, tesis, videos relacionados al tema de investigación, avances pedagógicos al tema de investigación, selección la proporción de adición de cenizas de cisco de café eficiente.

La etapa 2 (desarrollo y ejecución) en esta etapa, consiste los ensayos de mecánicas de suelos en in situ e extracción de muestra, obtención de cenizas cisco de café y los ensayos a

ejecutar en laboratorio de suelos certificado y calibrado.

En caso de la extracción de muestra de suelo se excavo de 1.5 m de profundidad mínima; el número mínimo de calicatas por kilómetro 3 calicatas, según manual de carreteras del Perú, teniendo en cuenta el Tipo de Carretera establecido en la RD 037-2008 (manual de carreteras , 2013, p. 31)

Los ensayos de laboratorio según las normas: propiedades físicas, ASTM D-2216/ NTP 339.127 contenido de humedad, ASTM D-4318/ NTP 339.129 índice de plasticidad, ASTM D-6913/ NTP 339.128 análisis granulométrico, ASTM D-854/NTP 39.131 peso específico, ASTM D 1556-07/ NTP 339.143 cono de arena, ASTM D-1557/ NTP 339.141 Proctor modificado y las propiedades mecánicas tenemos, ASTM D 4429/ NTP 339.175 CBR in situ norma, - ASTM D-1883/ NTP 339.145 CBR (California Bearing Ratio).

Así mismo en esta etapa la adición de cenizas de cisco de café de 5%, 7% y 9% donde se dio una respectiva comparación con adición y sin adición de cenizas de café 0% y determinar la máxima densidad seca y así obtener el CBR al 95% de la máxima densidad seca (M.D.S).

En la etapa 3 (análisis de datos) en esta etapa la discusión de resultados, análisis y comparación de resultados in situ y en laboratorio, los cambio y mejoras al adicionar cenizas de cisco de café CCC, mejorando en todos los ensayos de suelos para una subrasante, comparando el CBR in situ y CBR en laboratorio si están en los parámetros de valor de soporte, la hipótesis planteado dando resultados óptimos de acuerdo a lo formulado, comparando los resultados obtenidos en laboratorio de suelos, en suelo natural 0% y adicionando 5%, 7% y 9% compilación de los resultados en in situ, laboratorio de suelos y pasar a la computadora, gráficos, tablas, y cálculos de los ensayos en laboratorio. finalmente llegar a las conclusiones finales, recomendaciones y bibliografías.

La figura 1, se aprecia la respectiva medición/extracción de muestra para ensayos en laboratorio. En la figura 2, se aprecia el desperdicio de cascarilla de cisco de café de moradores, que desconocen el gran valor que posee esta cascarilla. En la figura 3, se aprecia el ensayo de CBR in situ de 10KN para suelos blandos. En la figura 4, se aprecia el ensayo de cono de arena peso de arena más arena sobrante, ensayos y muestra que se ejecutó in situ.



Figura 1. Medición/Extracción de muestra



Figura 2. Cascarrilla de cisco de café



Figura 3. Ensayo de CBR in situ capacidad de 10KN



Figura 4. Ensayo de cono de arena in situ

4. DESARROLLO Y ANALISIS DE RESULTADO

En la tabla 1 se aprecia el contenido de humedad del terreno natural 0%, de la misma manera el contenido de humedad con adición de cenizas de cisco de café (CCC). En granulometría clasificamos más del 50% pasantes a la malla #200 donde clasificamos fino y según clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de suelos), las calicatas 01, 02, y 03 clasificamos CL (arcilla de baja plasticidad). Y según AASHTO “asociación americana de funcionarios de transporte de carretera estatal” (diccionario geotecnia, 2020). En limite líquido a medida que aumentamos ceniza cisco de café (CCC), disminuye a un promedio de las 3 calicatas a más de 6.5%, en limite plástico de la misma manera, la adición de cenizas de cisco de café (CCC) disminuye a un promedio de las 3 calicatas más de 5.5%. Así disminuyendo el índice de plasticidad a medida que adicionamos cenizas de cisco de café (CCC), con proporción de 5%, 7% y 9% como se aprecia en la tabla 1.

En la densidad in situ del terreno se trabajó con el equipo cono de arena obteniendo una densidad baja a la máxima densidad seca (Proctor modificado) se aprecia en la tabla 1, donde la densidad in situ seco en la calicata 01 es 1.184, gr/cm³, en la calicata 02 es 1.159 gr/cm³ y en la calicata 03 es 1.271 gr/cm³. El peso específico obtenidos en laboratorio de la ceniza de cisco de café (CCC) es de 1.148 gr/cm³ como se aprecia en la tabla 1. Y finalmente la “composición química de la ceniza de cisco de café” (Hernández García & Herrera Vargas, 2019, p. 96), nos evidencia mayor cantidad en óxido de calcio, con un 49.15% peso total. “En la composición química de la cal y cemento, que también existe mayor presencia de óxido de calcio” (quimica.es, 2004, p. 2), por ende, “al tener mayor contenido de este componente” (Chipatecua, 2021) y la certeza de su semejanza con la cal y el cemento, “muchacha importancia para la estabilización de suelos” (Jofre & Kraemer, 2008).

Tabla 1.

Resultados de ensayos físicos, que componen contenido de humedad (W%), Granulometría, Índice de atterberg, densidad in situ y peso específico.

calicatas	Und.	calicata 01				calicata 02				calicata 03				
		0%	5%	7%	9%	0%	5%	7%	9%	0%	5%	7%	9%	
Adición de CCC														
Contenido de humedad	%	21.19	0.57	0.52	0.92	21.19	0.75	0.52	0.92	25.86	0.57	0.52	0.92	
Granulometría	SUCS	-	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	
	%pasa n°200	83.4	82.2	79.6	77.3	83.6	82.2	80.0	78.3	83.2	79.6	78.2	75.5	
	AASH TO	-	A-6(11)	A-6(12)	A-6(11)	A-6(11)	A-6(11)	A-6(11)	A-6(11)	A-6(11)	A-6(12)	A-6(12)	A-6(11)	
Limite Líquido	%	39.41	37.42	34.32	32.91	39.51	37.37	34.68	32.75	39.58	37.96	35.47	33.26	
Limite Plástico	%	22.65	18.36	16.09	16.97	22.53	19.39	18.18	16.94	22.83	19.43	15.78	16.76	
Índice plástico	%	16.76	19.06	18.23	15.94	16.98	17.98	16.49	15.81	16.93	18.54	19.69	16.50	
Densidad in situ (cono de arena)	húmedo	gr/cm3	1.435				1.405				1.6			
	Seco	gr/cm3	1.184				1.159				1.271			
peso específico CCC	gr/cm3	1.148												

Nota: resultados obtenidos en laboratorio y en in situ

En la tabla número 2, de la calicata 01 se aprecia los resultados que está relacionado al número de golpes, la máxima densidad seca (MDS) sin adición 0%=1.809 gr/cm3, 5%=1.832 gr/cm3, 7%=1.858 gr/cm3, 9 %=1.903 gr/cm3, en la figura 5 se toma el punto más crítico/alto de la curva, “valor probable OCH y tipo de suelo” (Chang Chang, 2014, p. 36) . También se aprecia en dicha tabla el porcentaje de expansión obtenidos con el ensayo de expansión los resultados obtenidos comparando el suelo natural 0% y adicionando los porcentajes 5%, 7%, y 9% de cenizas de cisco de café (CCC), a máximo de golpes que es de 56 golpes la expansión sin adición 0% 3.41%, 5% 3.25%, 7% 3.01% y 9% 2.71%.

$$\% \text{ expansion} = \frac{L}{127} \times 100$$

Siendo:

L=lectura inicial mm

127= muestra del molde 5”

En esfuerzo de penetración a 56 golpes en suelo natural sin adición 0%= 4.0 kg/cm², 5%=5.5 kg/cm², 7%=6.6 kg/cm², 9%=7.4 kg/cm², con estos resultados de esfuerzo de penetración, importante para obtención del CBR.

En densidad seca sumergido después de la inmersión de 4 días (96 horas), considerando a 56 golpes sin adición terreno natural 0% 1.766 gr/cm³, 5% 1.794 gr/cm³, 7% 1.789 gr/cm³, 9% 1.814 gr/cm³.

En CBR 1" considerando a 56 golpes de esfuerzo penetración y CBR al 100% de la máxima densidad seca (MDS) obtuvimos graficando con la densidad seca sumergida vs CBR a 1" 56 golpes así obtener la gráfica de CBR al 100% como muestra en las figuras 6, 7, 8, y 9. Así obtener el CBR 0.1" al 95% de la Máxima densidad seca (MDS) obtenido del ensayo Proctor modificado. Dado resultados considerando a 56 golpes valor de CBR a 100% de la máxima densidad seca (MDS) según la figura n°1 sin adición 0% = 6.1, con adición máximo de cenizas cisco de café de 9% = 17.

En CBR 0.1" al 95% de la Máxima densidad seca (MDS) considerando a 56 golpes valor de CBR a 100% de la máxima densidad seca (MDS) según la tabla n°2 sin adición 0% = 5.0, y con adición máximo de cenizas cisco de café de 9% = 10.10.

En la tabla n°2 de la calicata C-01, se aprecia CBR- in situ a 1" (2.54mm), se ejecutó tres (3) ensayos por calicata ensayo 1 = 6.53%, ensayo 2 = 6.9%, ensayo 3 = 6.35% de la misma manera en las calicatas C-02 y C-03.

En la calicata 02 y 03 se puede apreciar los resultados en la tabla n°3 y tabla n°4, la máxima densidad seca, valor de expansión con una inmersión de 4 días (96 horas), esfuerzo de penetración, densidad seca "sumergida", CBR 0.1" densidad seca "sumergida", valor de CBR 0.1" al 100% de la Máxima densidad seca (MDS) y CBR 0.1" al 95% de la máxima densidad seca (MDS) obtenidos del ensayo de Proctor modificado y finalmente resultados CBR-in situ de la calicata 02, y 03.

Tabla 2.*Resultados de ensayo CBR calicata.*

N° CALICATA			CALICATA - 01															
ADICION DE CENIZAS DE CAFÉ			0%				5%				7%				9%			
	# GOLPES		12	25	56	12	25	56	12	25	56	12	25	56	12	25	56	
M. D. Seca	gr/cm3		-	1.809	-	-	1.832	-	-	1.858	-	-	1.903	-	-	-	-	
Expansión	%		7.38	5.53	3.41	7.04	5.21	3.25	6.46	4.96	3.01	3.85	4.37	2.71				
Esfuerzo de Penetración	kg/cm2		1.6	2.4	4.0	2.4	3.2	5.5	2.2	2.8	6.6	2.6	3.3	7.4				
Densidad seca "sumergido"	gra/cm3		1.477	1.605	1.766	1.554	1.642	1.794	1.653	1.68	1.789	1.724	1.731	1.814				
CBR 0.1"	CBR @ golpes		2.27	3.39	5.69	3.39	4.52	7.81	3.10	4.00	9.43	3.80	4.75	10.54				
VALOR DE CBR A 100 % M.D.S.			6.1				8.4				12.7				17			
CBR 0.1" AL 95 % MDS	%		5				6.7				8.2				10.10			
CBR in situ 0.1" suelo natural 0%			Ensayo 1 = 6.53				Ensayo 2 = 6.9				Ensayo 3 = 6.89							

Nota: resultados obtenidos en laboratorio y en in situ

Tabla 3.*Resultados de ensayo CBR calicata 02.*

N° CALICATA			CALICATA - 02															
ADICION DE CENIZAS DE CAFÉ			0%				5%				7%				9%			
	# GOLPES		12	25	56	12	25	56	12	25	56	12	25	56	12	25	56	
M. D. Seca	gr/cm3		-	1.809	-	-	1.847	-	-	1.872	-	-	1.900	-	-	-	-	
Expansión	%		8.12	5.7	3.59	7.2	5.35	3.49	6.46	4.96	3.01	5.86	4.37	2.71				
Esfuerzo Penetración	kg/cm2		1.4	2.1	3.8	2.2	3.0	5.3	2.2	2.8	6.6	2.6	3.3	7.4				
Densidad seca "sumergido"	gra/cm3		1.520	1.626	1.769	1.556	1.642	1.809	1.653	1.68	1.789	1.724	1.731	1.814				
CBR 0.1"	CBR @ golpes		2.06	3.04	5.38	3.10	4.32	7.49	3.10	4.00	9.43	3.80	4.75	10.54				
VALOR DE CBR A 100 % M.D.S.			5.9				8.1				13.3				16.8			
CBR 0.1" AL 95 % MDS	%		4.6				6.5				8.9				9.90			
CBR in situ 0.1" suelo natural 0%			Ensayo 1 = 4.9				Ensayo 2 = 5.63				Ensayo 3 = 5.08							

Nota: resultados obtenidos en laboratorio y en in situ

Tabla 4.

Resultados de ensayo CBR calicata 03

N° CALICATA		CALICATA - 03											
ADICION DE CENIZAS DE CAFÉ		0%			5%			7%			9%		
# GOLPES		12	25	56	12	25	56	12	25	56	12	25	56
M. D. Seca	gr/cm3	-	1.799	-	-	1.822	-	-	1.845	-	-	1.905	-
Expansión	%	7.20	5.39	3.49	7.26	5.41	3.42	6.72	4.84	3.21	5.82	4.21	2.60
Esfuerzo de Penetración	kg/cm2	1.4	2.3	4.1	2.5	3.0	5.5	2.0	3.0	6.8	2.6	3.4	7.5
Densidad seca "sumergido"	gra/cm3	1.495	1.606	1.776	1.572	1.627	1.793	1.625	1.656	1.753	1.714	1.740	1.818
CBR 0.1"	CBR @ golpes	2.05	3.24	5.77	3.62	4.27	7.84	2.88	4.26	9.65	3.67	4.89	10.65
VALOR DE CBR A 100 % M.D.S.		6			8.4			12.8			16.7		
CBR 0.1" AL 95 % MDS	%	4.8			6.60			7.90			10.10		
CBR in situ 0.1" suelo natural 0%		Ensayo 1 = 5.81			Ensayo 2 = 5.63			Ensayo 3 = 5.45					

Nota: resultados obtenidos en laboratorio y en in situ

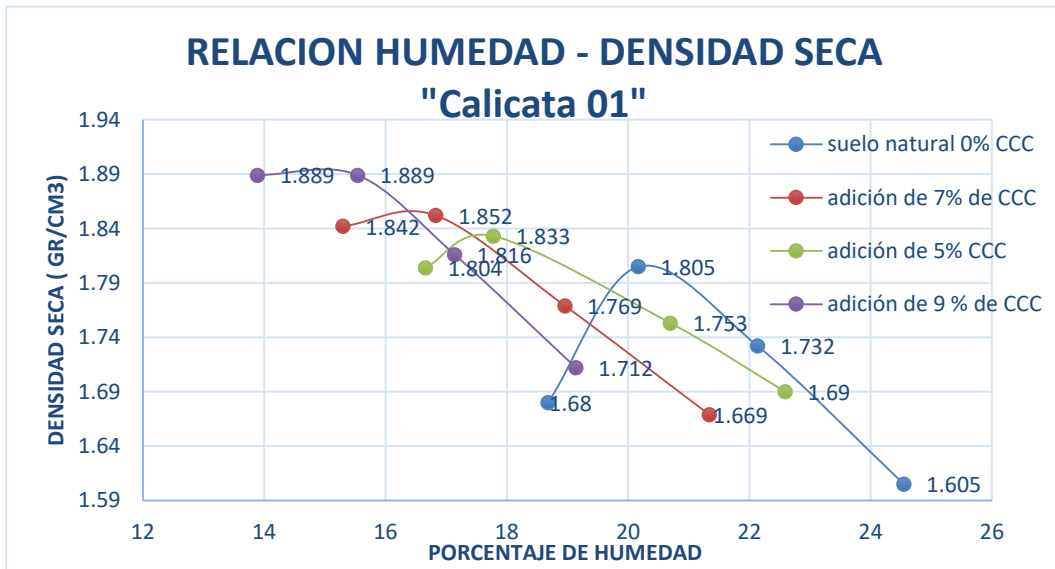


Figura 5. Gráfico de compactación densidad seca vs porcentaje de humedad C-01.

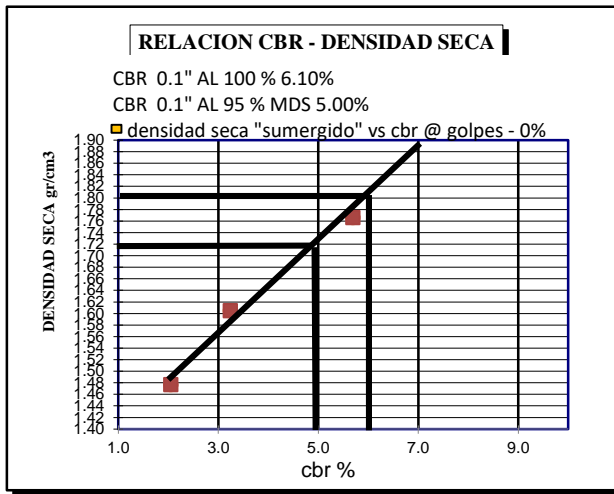


Figura 6. Gráfico CBR sin adición 0% CCC – Calic.01

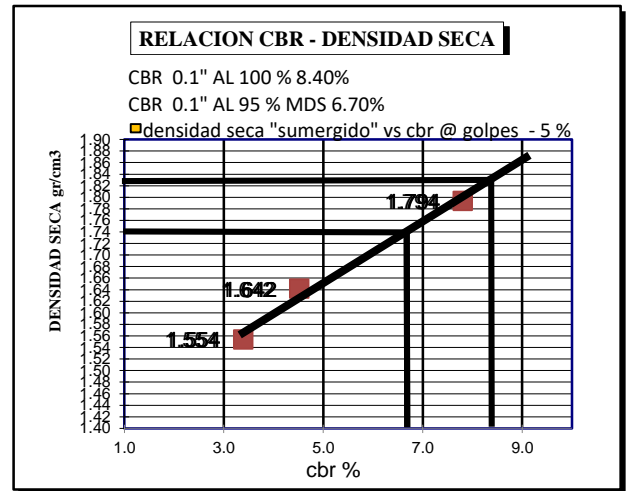


Figura 7. Gráfico CBR con adición 5% CCC – Calic.01

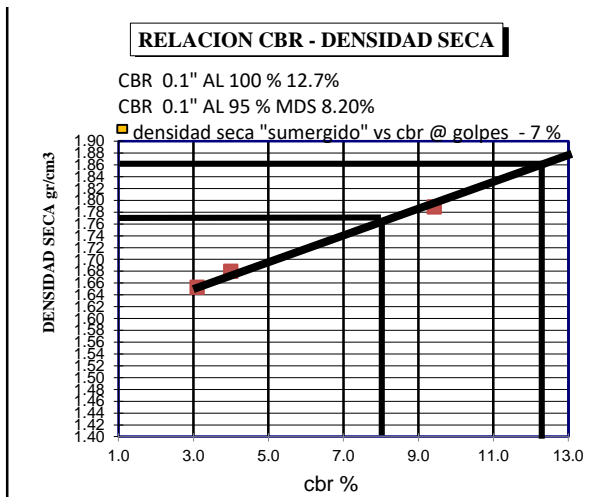


Figura 8. Gráfico CBR con adición 7% CCC – Calic.01

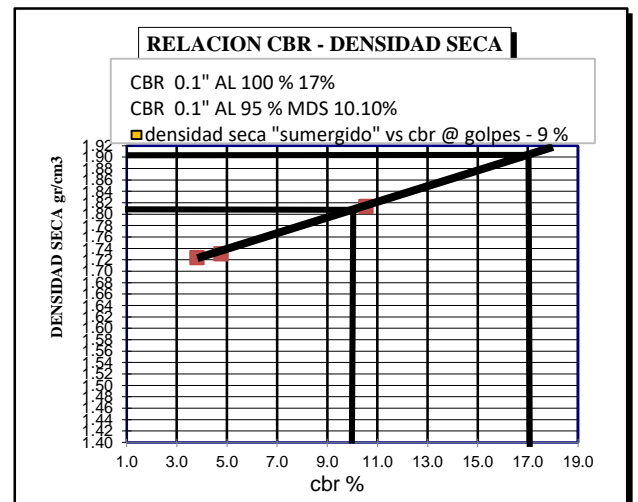


Figura 9. Gráfico CBR con adición 9% CCC – Calic.01

5. CONCLUSIONES

Se conoció que las cenizas de cisco de café dan estabilidad, se proporcionó la adición de 5%, 7% y 9 a medida que va subiendo el porcentaje incremente el CBR a una gran diferencia entre el suelo natural y la adición de 9% de cenizas cisco de café es un 10.9% la diferencia, ayuda el incremento el CBR para una subrasante, también para una subbase, base.

Se conoció las propiedades físicas del suelo al 0% y adicionando cenizas de cisco de café 5%,7%, y 9% donde hay una mejora de plasticidad en terreno natural 0% LL=39.5, LP=22.53, IP=16.98 y con la adición máximo que es 9% LL=32.75, LP=16.94, IP=15.81 en

donde baja la plasticidad en un 1.7, su peso específico de cenizas de cisco de café es de 1.148 gr/cm³, en granulometría a medida que aumentamos cenizas de cisco de café disminuye el porcentaje pasantes a la malla #200 un promedio de 6.37%.

Se conoció las propiedades mecánicas del suelo en CBR in situ y CBR en laboratorio que los resultados están en el parámetro de similar, CBR in situ a (0.1" C-1= CBR promedio 6.59, CBR in situ C-2= CBR promedio 5.20, CBR in situ a C-3= CBR promedio 5.63) y (CBR en laboratorio en terreno natural sin adición a 0.1" al 95%. MDS C-1=5.0, CBR en laboratorio a 0.1" al 95% MDS C-2=4.6, CBR en laboratorio a 0.1" al 95% MDS C-3=4.8). Se asemejan los resultados de CBR.

Se conoció el porcentaje óptimo de cenizas de cisco de café que es de 9% que a medida aumentamos la ceniza de cisco de café baja el índice de plasticidad, y aumenta el CBR. Lo normal en un CBR para una subrasante regular es $CBR \geq 6\%$ A $CBR < 10\%$ (norma manual de carreteras del Perú), definimos terreno natural sin adición de cenizas de cisco el CBR 0.1" al 95% M.D.S es 4.6% donde vendría ser una categoría de subrasante insuficiente De $CBR \geq 3\%$ A $CBR < 6\%$, Si adicionamos cenizas de cisco de café al 9% que es el óptimo, el CBR a 0.1" al 95% M.D.S es 10.1% donde vendría una subrasante buena $CBR \geq 10\%$ A $CBR < 20\%$, según la norma manual de carreteras por ministerio de transportes y comunicaciones del Perú.

Se determino resultados en el ensayo de expansión a 12- 25- 56 golpes de cada muestra a 24 horas (1 día), total la inmersión en el agua de 96 horas (4 días), en la expansión en terreno natural sin adición de cenizas de cisco de café 0%, 56 golpes en la C-1=3.4%, 56 golpes en C-2=3.49%, 56 golpes en C-3=3.49% y con adición máxima de 9% de cenizas de cisco de café 56 golpes en la C-1=2.71%, 56 golpes en C-2=2.6%, 56 golpes en C-3=2.71%. A medida que se aumenta la ceniza cisco de café la expansión va disminuyendo, empezando desde suelo natural 0% de adición de ceniza luego 5%, 7% finalmente disminuye al 9% un óptimo la expansión la diferencia promedio terreno natural a 9 % es de 0.79%.

6. RECOMENACIONES

Se recomienda a los interesados con dicha investigación adicionar más proporciones de cenizas de cisco de café.

Recomendar nuevas agentes de estabilizantes ya sea para una subrasante o sub base granular para suelos arcillosos.

Se recomienda proporciones de cenizas de cisco de café para suelos limosos cuanto de mejora para esos tipos de suelos.

7. REFERENCIAS

- abc, geotecnia y mecanica de suelos. (2021). *geotecniaymecanicasuelosabc*. Obtenido de <https://geotecniaymecanicasuelosabc.com/cbr/>
- Chang Chang, L. (2014). *studylib*. Obtenido de principio de compactacion: <https://studylib.es/doc/5619540/principio-de-compactaci%C3%B3n>
- Chipatecua , L. (06 de enero de 2021). *360 en concreto*. Obtenido de <https://360enconcreto.com/blog/detalle/cual-es-la-composicion-quimica-del-cemento-y-como-afecta-sus-propiedades/>
- diccionario geotecnia. (27 de 05 de 2020). *AASHTO*. Obtenido de diccionario.geotecnia.online: <https://www.diccionario.geotecnia.online/palabra/aashto/>
- Hernández García, A. F., & Herrera Vargas, M. F. (2019). *Análisis de la relación de soporte y resistencia a la*. Bogotá: Universidad de la Salle. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1520&context=ing_civil
- Jofre, C., & Kraemer, C. (2008). manual de estabilización de suelos con cemento o cal. En C. Jofre, & C. Kraemer, *manual de estabilización de suelos con cemento o cal* (págs. 176-181). Madrid: Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA). Obtenido de <http://www.anter.es/pdf/MANUAL-SUELOS.pdf>
- manual de carreteras . (2013). *suelos, geologia y geotecnia* . Lima: manual de carreteras .
- Manual de carreteras, s. g., & MTC. (9 de abril de 2014). *transportes caminos normas carreteras/MTC*. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf
- ministerio de transportes y comunicaciones. (2013). *manual de carreteras seccion suelos y pavimentos*. Lima : ministerio de transportes y comunicaciones.
- motejo fonseca , a. (1998). *ingenieria de pavimentos para carrteras* . bogotá: universidad católica de colombia .
- quimica.es. (2004). quimica.es. pág. 2. Obtenido de <https://www.quimica.es/enciclopedia/Cemento.html#:~:text=Desde%20el%20punto%20de%20vista,se%20hidrata%20y%20solidifica%20progresivamente.>