

ANEXO 3: Matriz de consistencia

TÍTULO: Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo órganosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Juliaca, 2023

Formulación del problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Dimensión	Indicador	Metodología
<p>Problema General: ¿En qué medida influye el aditivo órganosilanos en la estabilización de los suelos arcillosos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco – Juliaca, 2023?</p> <p>Problemas Específicos: ¿Cuál es el nivel de influencia del aditivo órganosilanos en la capacidad de soporte de los suelos arcillosos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco – Juliaca, 2023?</p> <p>¿Cómo favorece el aditivo órganosilanos en la expansividad de los suelos arcillosos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco – Juliaca, 2023?</p> <p>¿Cuáles son los efectos que genera el aditivo órganosilanos en la permeabilidad de los suelos arcillosos a nivel de</p>	<p>Objetivo General Determinar en qué medida influye el aditivo órganosilanos en la estabilización de los suelos arcillosos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco – Juliaca, 2023.</p> <p>Objetivos Específicos: Determinar el nivel de influencia del aditivo órganosilanos en la capacidad de soporte de los suelos arcillosos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco – Juliaca, 2023.</p> <p>Establecer cómo favorece el aditivo órganosilanos en la expansividad de los suelos arcillosos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco – Juliaca, 2023.</p> <p>Determinar cuáles son los efectos que genera el aditivo órganosilanos en la permeabilidad de los suelos arcillosos a nivel de subrasante</p>	<p>Hipótesis General El aditivo órganosilanos tiene un alto nivel de influencia en la estabilización de los suelos arcillosos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco – Juliaca, 2023</p> <p>Hipótesis Específicas La capacidad de soporte de los suelos arcillosos a nivel de subrasante de la pista de salida Cusco – Juliaca, 2023 se incrementa significativamente por la influencia del aditivo órganosilanos.</p> <p>El aditivo órganosilanos favorece significativamente en la expansividad de los suelos arcillosos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco – Juliaca, 2023.</p> <p>Los efectos que genera el aditivo órganosilanos en la</p>	<p>Variable Dependiente: Estabilización de Suelos Arcillosos</p>	<p>Propiedades mecánicas del suelo</p> <p>Propiedades físicas del suelo</p>	<p>Capacidad portante</p> <p>Expansión</p> <p>Permeabilidad</p> <p>Densidad seca máxima</p> <p>Índice de plasticidad</p>	<p>Tipo de investigación: Básica o Pura</p> <p>Nivel de investigación: Explicativo</p> <p>Diseño de investigación: Corresponde al diseño experimental, experimento puro</p> <p>Enfoque de investigación: Cuantitativo</p> <p>Población: La población estará conformada por la misma unidad de análisis que en la pista de salida Cusco – Juliaca, en un</p>

<p>subrasante en la pista de salida Cusco – Juliaca, 2023?</p> <p>¿Cuál es el índice de plasticidad cuando se utiliza órganosilanos como aditivo en el diseño de mezclas para la estabilización de la subrasante en la pista de salida Cusco – Juliaca, 2023?</p> <p>¿Cuál es el nivel de densidad cuando se utiliza órganosilanos como aditivo en el diseño de mezclas para la estabilización de la subrasante en la pista de salida Cusco – Juliaca, 2023?</p> <p>¿Cuál es el nivel de humedad cuando se utiliza órganosilanos como aditivo en el diseño de mezclas para la estabilización de la subrasante en la pista de salida Cusco – Juliaca, 2023?</p>	<p>en la pista de salida Cusco – Juliaca, 2023.</p> <p>Determinar cuál es el índice de plasticidad cuando se utiliza órganosilanos como aditivo en el diseño de mezclas para la estabilización de la subrasante en la pista de salida Cusco – Juliaca, 2023.</p> <p>Determinar cuál es la densidad cuando se utiliza órganosilanos como aditivo en el diseño de mezclas para la estabilización de la subrasante en la pista de salida Cusco – Juliaca, 2023.</p> <p>Determinar cuál es el nivel de humedad cuando se utiliza órganosilanos como aditivo en el diseño de mezclas para la estabilización de la subrasante en la pista de salida Cusco – Juliaca, 2023.</p>	<p>permeabilidad de los suelos arcillosos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco – Juliaca, 2023, son positivos.</p> <p>Al utilizar órganosilanos como aditivo en el diseño de mezclas se obtiene un índice de plasticidad óptimo para la estabilización de la subrasante en la pista de salida Cusco – Juliaca, 2023.</p> <p>Al utilizar órganosilanos como aditivo en el diseño de mezclas se mejora la densidad para la estabilización de la subrasante en la pista de salida Cusco – Juliaca, 2023.</p> <p>Al utilizar órganosilanos como aditivo en el diseño de mezclas se obtiene una humedad óptima para la estabilización de la subrasante en la pista de salida Cusco – Juliaca, 2023.</p>	<p>Variable Independiente: Aditivo Órganosilano</p>	<p>Dosificación (l/m³)</p>	<p>0.0 0.5 1.0 1.5</p>	<p>tramo de 2km para una calzada de 6.40 m</p> <p>Muestra: La muestra estará conformada por 3 puntos de control, mientras que la proporción del aditivo órganosilanos corresponde a 0.0, 0.5, 1.0, 1.5 l/m³</p> <p>Técnicas: - Observación - Excavación de calicatas - Ensayos de laboratorio</p> <p>Instrumentos: - Ficha de recolección de datos - Equipos de laboratorio</p>
--	--	---	--	---	------------------------------------	---

ANEXO 4: Constancia del uso de equipos de laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



N° 014-2024-LMSM-EPIC-FICA/UNAP.

CONSTANCIA DE USO DE EQUIPOS DE
LABORATORIO

EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE LA FICA.

Hace constar:

Que el tesista, **Bach. CRISTIAN VICTOR CHAVEZ AZA**, hizo uso de los equipos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales - FICA, para realizar los ensayos requeridos para su proyecto de Tesis: **"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS UTILIZANDO EL ADITIVO ORGANOSILANOS A NIVEL DE SUBRASANTE EN LA PISTA DE SALIDA CUSCO - JULIACA, 2023"**, Conducente a la obtención del Título profesional de Ingeniero Civil.

Los ensayos que realizaron son los siguientes:

ENSAYOS DE LABORATORIO REALIZADOS

ÍTEM	ENSAYOS	NORMA	CANTIDAD	U.M.
01	Contenido de humedad.	ASTM D-2216	02	Und.
02	Límites de consistencia (L.L.; L.P.).	ASTM D-4318	07	Und.
03	Proctor Modificado	ASTM D-1557	01	Und.
04	C.B.R.	ASTM D-1883	07	Und.
05	Ensayo de Permeabilidad en Suelos.	ASTM D-5084	03	Und.

Los resultados obtenidos, de los ensayos, no son responsabilidad del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales.

Se le expide la presente constancia a solicitud escrita del interesado, para adjuntar en su proyecto de Tesis.

Puno, C. U. 12 de mayo del 2024.

C.c.
Arch./LMSyM.
Adj solicitud (20 folios)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
JEFE DEL LABORATORIO
FOVISO PONCE LARA
MAMARI
C. U. 12 de mayo del 2024
Cristian Victor Chavez Aza



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D6913-17)

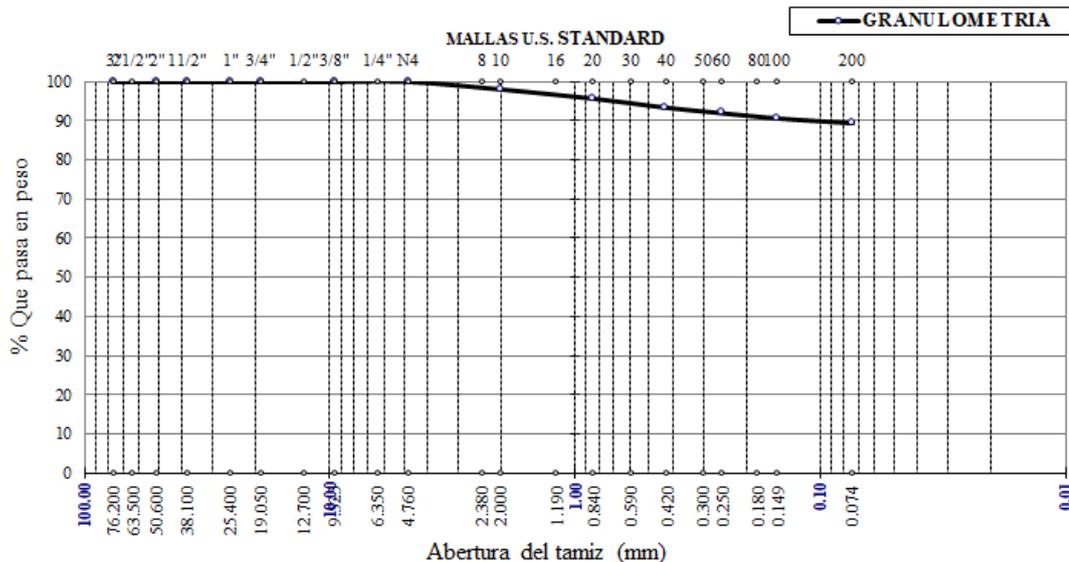
Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo órganosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Juliacca, 2023.
 Tesista : Cristian Victor Chavez Aza
 Fecha : Noviembre del 2023

Datos de la muestra

Ubicación : Comunidad de Chingora
 Sondaje/ Calicata : C - 1
 Profundidad : 1.50 m

Nº DE MALLAS	ABERT. DE MALL. (mm)	PESO RETENIDO (g)	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMUL	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL ESPÉCIMEN
3"	76.200				100.00		Fracción >3/4" : Fracción #4-3/4": Fracción <#4 : 217.27 g
2 1/2"	63.500				100.00		
2"	50.800				100.00		
1 1/2"	38.100				100.00		
1"	25.400				100.00		LÍMITES DE CONSISTENCIA
3/4"	19.050				100.00		
1/2"	12.700				100.00		Límite Líquido : 31.67%
3/8"	9.525				100.00		Límite Plástico : 19.15%
1/4"	6.350				100.00		Índice Plástico : 12.51%
Nº 4	4.760	0.91	0.02	0.02	99.98		CLASIFICACIÓN DEL SUELO
Nº 6	3.360						
Nº 8	2.380						AASHTO : A-6 (9)
Nº 10	2.000	4.26	1.96	1.98	98.02		SUCS : CL
Nº16	1.190						% de Grava : 0.02 % % de Arena : 10.59 % % Pasa Nº 200 : 89.39 %
Nº 20	0.840	5.12	2.36	4.33	95.67		
Nº 30	0.590						
Nº 40	0.426	4.96	2.28	6.61	93.39		
Nº 60	0.250	3.14	1.44	8.06	91.94		
Nº 80	0.177						
Nº 100	0.149	2.85	1.31	9.37	90.63		
Nº 200	0.074	2.69	1.24	10.61	89.39		
Pan		193.34			0.00		

CURVA GRANULOMÉTRICA





ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo órganosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Julíaca, 2023.

Tesista : Cristian Víctor Chavez Aza

Fecha : Octubre del 2023

Datos de la muestra

Sondaje / Calicata : C - 1

Ubicación : Comunidad de Chingora

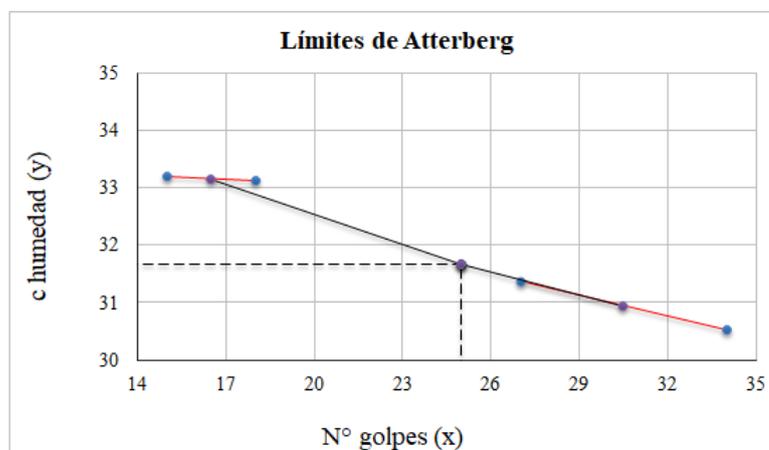
Estrato : M3

Órganosilano : 0 l/m³

Profundidad : 1.05 m

Límite Líquido (%)

Nº	Descripción	Und.	1	2	3	4
0	Código de cápsula		CH - 8	CH - 2	CH - 11	M - 105
1	Número de golpes	Nº	15	18	27	34
2	Peso de cápsula	g	24.98	25.11	23.13	30.89
3	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	54.83	51.19	47.84	66.76
4	Peso de cápsula + suelo seco	g	47.39	44.70	41.94	58.37
4.1	Peso de suelo seco	g	22.41	19.59	18.81	27.48
5	Peso del agua	g	7.44	6.49	5.90	8.39
6	Humedad	%	33.20	33.13	31.37	30.53
7	Límite líquido (%)		31.67			



Límite Plástico (%)

Nº	Descripción	Und.	1	2	3
0	Código de cápsula		S - T8	T - 06	S - 28
1	Peso de cápsula	g	23.88	24.44	19.44
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	30.18	30.56	25.62
3	Peso de cápsula + suelo seco	g	29.14	29.59	24.64
3.1	Peso de suelo seco	g	5.26	5.15	5.20
4	Peso del agua	g	1.04	0.97	0.98
5	Humedad	%	19.77	18.83	18.85
6	Límite plástico (%)		19.15		

Límite líquido LL = 31.67 %

Límite plástico LP = 19.15 %

Índice de plasticidad IP = 12.51 %



ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo órganosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Juliaca, 2023.

Tesista : Cristian Víctor Chavez Aza

Fecha : Octubre del 2023

Datos de la muestra

Sondaje / Calicata : C - 1

Ubicación : Comunidad de Chingora

Estrato : M3

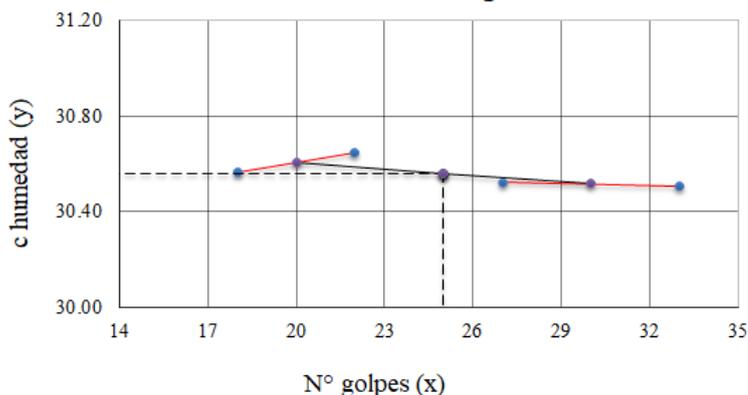
Órganosilano : 0.5 l/m³

Profundidad : 1.05 m

Límite Líquido (%)

Nº	Descripción	Und.	1	2	3	4
0	Código de cápsula		S - 22	JK - 02	T - 19	D - 50
1	Número de golpes	Nº	18	22	27	33
2	Peso de cápsula	g	19.35	22.94	25.74	24.45
3	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	52.20	50.18	50.67	60.60
4	Peso de cápsula + suelo seco	g	44.51	43.79	44.84	52.15
4.1	Peso de suelo seco	g	25.16	20.85	19.10	27.70
5	Peso del agua	g	7.69	6.39	5.83	8.45
6	Humedad	%	30.56	30.65	30.52	30.51
7	Límite líquido (%)		30.56			

Límites de Atterberg



Límite Plástico (%)

Nº	Descripción	Und.	1	2	3
0	Código de cápsula		S - 60	S - 53	S - 51
1	Peso de cápsula	g	16.60	16.34	16.06
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	22.92	22.48	22.28
3	Peso de cápsula + suelo seco	g	21.76	21.36	21.14
3.1	Peso de suelo seco	g	5.16	5.02	5.08
4	Peso del agua	g	1.16	1.12	1.14
5	Humedad	%	22.48	22.31	22.44
6	Límite plástico (%)		22.41		

Límite líquido LL = 30.56 %
Límite plástico LP = 22.41 %
Índice de plasticidad IP = 8.14 %



ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo órganosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Juliaca, 2023.

Tesista : Cristian Victor Chavez Aza

Fecha : Octubre del 2023

Datos de la muestra

Sondaje / Calicata : C - 1

Ubicación : Comunidad de Chingora

Estrato : M3

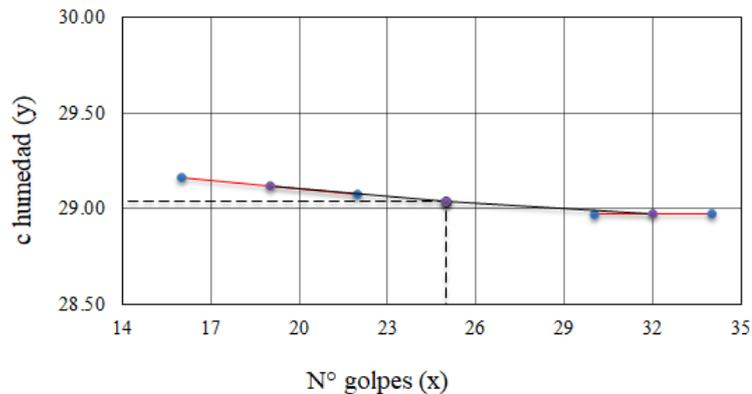
Órganosilano : 1.0 l/m³

Profundidad : 1.05 m

Límite Líquido (%)

Nº	Descripción	Und.	1	2	3	4
0	Código de cápsula		S - 27	S - 12	A - 2	T - 09
1	Número de golpes	Nº	16	22	30	34
2	Peso de cápsula	g	19.59	19.12	19.74	22.40
3	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	46.83	51.97	44.67	58.55
4	Peso de cápsula + suelo seco	g	40.68	44.57	39.07	50.43
4.1	Peso de suelo seco	g	21.09	25.45	19.33	28.03
5	Peso del agua	g	6.15	7.40	5.60	8.12
6	Humedad	%	29.16	29.08	28.97	28.97
7	Límite líquido (%)		29.04			

Límites de Atterberg



Límite Plástico (%)

Nº	Descripción	Und.	1	2	3
0	Código de cápsula		S - 18	A - 1	S - 41
1	Peso de cápsula	g	16.27	22.08	17.31
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	22.12	29.01	24.13
3	Peso de cápsula + suelo seco	g	21.01	27.70	22.84
3.1	Peso de suelo seco	g	4.74	5.62	5.53
4	Peso del agua	g	1.11	1.31	1.29
5	Humedad	%	23.42	23.31	23.33
6	Límite plástico (%)		23.35		

Límite líquido LL = 29.04 %

Límite plástico LP = 23.35 %

Índice de plasticidad IP = 5.69 %



ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo órganosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Juliaca, 2023.

Tesista : Cristian Victor Chavez Aza

Fecha : Octubre del 2023

Datos de la muestra

Sondaje / Calicata : C - 1

Ubicación : Comunidad de Chingora

Estrato : M3

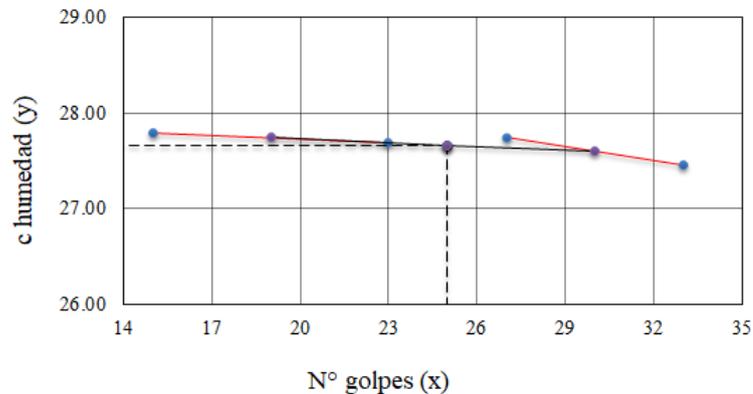
Órganosilano : 1.5 l/m³

Profundidad : 1.05 m

Límite Líquido (%)

Nº	Descripción	Und.	1	2	3	4
0	Código de cápsula		S - 49	DC - 06	ST - 5	S - 32
1	Número de golpes	Nº	15	23	27	33
2	Peso de cápsula	g	19.58	26.60	23.87	21.65
3	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	40.96	46.29	42.61	44.17
4	Peso de cápsula + suelo seco	g	36.31	42.02	38.54	39.32
4.1	Peso de suelo seco	g	16.73	15.42	14.67	17.67
5	Peso del agua	g	4.65	4.27	4.07	4.85
6	Humedad	%	27.79	27.69	27.74	27.45
7	Límite líquido (%)		27.65			

Límites de Atterberg



Límite Plástico (%)

Nº	Descripción	Und.	1	2	3
0	Código de cápsula		S - 19	S - 56	S - 30
1	Peso de cápsula	g	17.15	17.04	17.82
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	23.82	23.34	22.88
3	Peso de cápsula + suelo seco	g	22.48	22.08	21.87
3.1	Peso de suelo seco	g	5.33	5.04	4.05
4	Peso del agua	g	1.34	1.26	1.01
5	Humedad	%	25.14	25.00	24.94
6	Límite plástico (%)		25.03		

Límite líquido LL = 27.65 %

Límite plástico LP = 25.03 %

Índice de plasticidad IP = 2.63 %



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR

Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo órganosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Juliaca, 2023.

Tesista : Cristian Victor Chavez Aza

Fecha : Octubre del 2023

Datos de la muestra

Sondaje / Calicata : C - 1

Ubicación : Comunidad de Chingora

Estrato : M3

Profundidad : 1.05 m

Ensayo de Proctor Modificado

Método de ensayo : A

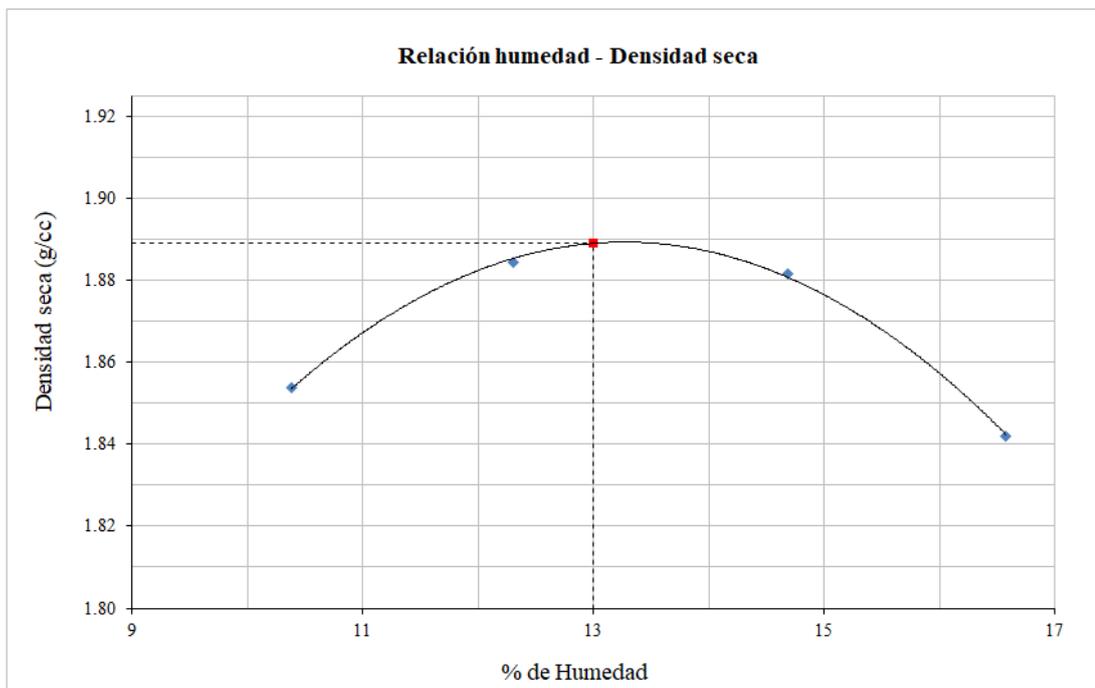
Número de capas : 5

Volumen de molde : 941.82 cm³

Número de golpes : 25

Nº	Nº DE ENSAYO	Und.	1	2	3	4				
0	Peso del molde	g	4,187	4,187	4,187	4,187				
1	Peso del molde + suelo húmedo	g	6,109	6,175	6,214	6,204				
2	Peso suelo húmedo	g	1,922	1,988	2,027	2,017				
3	Densidad suelo húmedo	g/cc	2.041	2.111	2.152	2.142				
4	Código de cápsula		CH-2	CH-10	A-100	M-07	M-04	M-105	M-22	M-34
5	Cantidad de H ₂ O agregada	%	10	12	14	16				
6	Peso de cápsula	g	25.18	22.81	31.94	32.39	37.26	30.93	16.56	17.18
7	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	128.00	126.17	134.84	135.50	139.69	134.22	120.22	122.38
8	Peso de cápsula + suelo seco	g	118.35	116.43	123.54	124.22	126.61	120.96	105.44	107.46
9	Peso del agua	g	9.7	9.7	11.3	11.3	13.1	13.3	14.8	14.9
10	Peso del suelo seco	g	93	94	92	92	89	90	89	90
11	Humedad	%	10.36	10.40	12.34	12.28	14.64	14.73	16.63	16.53
			10.381	12.310	14.684	16.578				
13	Densidad seca	g/cc	1.85	1.85	1.88	1.88	1.88	1.88	1.84	1.84
			1.849	1.879	1.877	1.837				

Densidad máxima seca : 1.884 g/cm³
 Contenido de humedad óptima : 13.00 %





VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo organosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Julíaca, 2023.
Tesisista : Cristian Victor Chavez Aza
Fecha : Noviembre del 2023

Datos de la muestra

Sondaje / Calicata : C - 1 Ubicación : Comunidad de Chingora
Estrato : M3 Órganosilano : 0 l/m³
Profundidad : 1.05 m

Ensayo de valor de soporte de California - ASTM D1883

Nº	Nº DE ENSAYO	Und.	1	2	3
0	Molde N°		K - 34	A - 1	B - 1
1	Número de capas	N°	5	5	5
2	Número de golpes		12	26	56
3	Peso de suelo + molde	g	11,683	12,408	11,182
4	Peso de molde	g	7,815	8,393	6,838
5	Peso del suelo compactado	g	3,868	4,015	4,344
6	Volumen del molde	cm ³	2,126.11	2,116.97	2,097.35
7	Densidad húmeda	g/cm ³	1.819	1.897	2.071

Contenido de humedad

9	Condición de la muestra	Und.	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
10	Código de cápsula	g	T-19	CH-1.0	CH-1.2	S-100	CH-10	CH-6
11	Peso de cápsula	g	25.69	24.62	25.33	25.66	22.81	59.08
12	Peso de cápsula + sue. húmedo	g	130.79	339.51	130.43	340.55	127.91	373.97
13	Peso de cápsula + sue. seco	g	118.74	271.89	118.39	279.02	115.88	317.70
14	Peso de agua	g	12.05	67.62	12.04	61.53	12.03	56.27
15	Peso de suelo seco	g	93.05	247.27	93.06	253.36	93.07	258.62
16	Humedad	%	12.95	27.35	12.94	24.29	12.93	21.76
17	Densidad seca	g/cm ³	1.611	14.40	1.679	11.35	1.834	8.83

Expansión

Fecha	Hora	Tiempo	Dial 0.01"		Expansión		Dial 0.01"		Expansión		Dial 0.01"		Expansión	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%		
11/12/2023	4:30 p. m.	0 h	11.260	0.00	0.00	15.520	0.00	0.00	2.589	0.00	0.00	0.00	0.00	
12/12/2023	5:30 p. m.	24 h	14.603	3.34	2.87	18.540	3.02	2.60	4.975	2.39	2.06	2.39	2.06	
13/12/2023	6:30 p. m.	48 h	16.612	5.35	4.60	19.910	4.39	3.78	6.361	3.77	3.26	3.77	3.26	
14/12/2023	7:30 p. m.	72 h	18.621	7.36	6.32	21.270	5.75	4.95	7.247	4.66	4.03	4.66	4.03	
15/12/2023	8:30 p. m.	96 h	19.711	8.45	7.26	22.730	7.21	6.21	8.491	5.90	5.10	5.90	5.10	

Penetración

Diametro de pistón de penetración 4.953 cm
Area de pistón de penetración 19.270 cm²

Penetración	Tiempo	Carga Standard	Molde K-34				Molde A-1				Molde B-1			
			Dial 0.01"		Corrección	Dial 0.01"		Corrección	Dial 0.01"		Corrección			
			Lectura	Carga		Lectura	Carga		Lectura	Carga				
mm	seg.	kg/cm ²	KN	kg	kg/cm ²	CBR %	KN	kg	kg/cm ²	CBR %	KN	kg	kg/cm ²	CBR %
0.00	00:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		0.08	8.55	0.44		0.10	10.59	0.55		0.14	14.66	0.76	
1.27	01:00		0.15	15.68	0.81		0.20	20.77	1.08		0.24	24.85	1.29	
1.91	01:30		0.18	18.74	0.97		0.25	25.87	1.34		0.33	34.02	1.77	
2.54	02:00	70.307	0.22	22.81	1.18	1.70	0.29	29.94	1.55	2.20	0.41	42.16	2.19	3.10
3.81	03:00		0.27	27.90	1.45		0.35	36.05	1.87		0.54	55.41	2.88	
5.09	04:00	105.460	0.31	31.98	1.66	1.60	0.39	40.13	2.08	2.00	0.66	67.63	3.51	3.30
6.35	05:00		0.36	37.07	1.92		0.42	43.18	2.24		0.74	75.78	3.93	
7.62	06:00		0.40	41.15	2.14		0.46	47.26	2.45		0.83	84.94	4.41	



VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo organosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Julíaca, 2023.
 Tesista : Cristian Victor Chavez Aza
 Fecha : Noviembre del 2023

Datos de la muestra

Sondaje / Calicata : C - 1 Ubicación : Comunidad de Chingora
 Estrato : M3 Órganosilano : 1.0 l/m³
 Profundidad : 1.05 m

Ensayo de valor de soporte de California - ASTM D1883

Nº	Nº DE ENSAYO	Und.	1	2	3
0	Molde N°		K - 20	A - 25	K - 30
1	Número de capas	Nº	5	5	5
2	Número de golpes		12	26	56
3	Peso de suelo + molde	g	11,850	10,786	12,353
4	Peso de molde	g	7,927	6,785	7,947
5	Peso del suelo compactado	g	3,923	4,001	4,406
6	Volumen del molde	cm ³	2,119.31	2,100.43	2,101.55
7	Densidad húmeda	g/cm ³	1.851	1.905	2.097

Contenido de humedad

9	Condición de la muestra	Und.	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
10	Código de cápsula	g	CH-13	CH-14	CH-10	CH-11	S-22	M-08
11	Peso de cápsula	g	27.73	28.12	22.80	23.17	19.34	74.70
12	Peso de cápsula + sue. húmedo	g	190.79	199.51	156.25	155.31	71.67	176.19
13	Peso de cápsula + sue. seco	g	172.14	166.89	141.25	131.74	65.93	160.27
14	Peso de agua	g	18.65	32.62	15.00	23.57	5.74	15.92
15	Peso de suelo seco	g	144.41	138.77	118.45	108.57	46.59	85.57
16	Humedad	%	12.91	23.51	12.66	21.71	12.32	18.60
17	Densidad seca	g/cm ³	1.639	10.59	1.691	9.05	1.867	6.28

Expansión

Fecha	Hora	Tiempo	Dial 0.01"	Expansión		Dial 0.01"	Expansión		Dial 0.01"	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
11/12/2023	4:30 p. m.	0 h	11.060	0.00	0.00	3.929	0.00	0.00	0.321	0.00	0.00
12/12/2023	5:30 p. m.	24 h	12.360	1.30	1.12	4.805	0.88	0.76	1.072	0.75	0.65
13/12/2023	6:30 p. m.	48 h	13.561	2.50	2.15	5.516	1.59	1.37	1.774	1.45	1.26
14/12/2023	7:30 p. m.	72 h	13.839	2.78	2.39	6.445	2.52	2.17	2.476	2.16	1.86
15/12/2023	8:30 p. m.	96 h	14.326	3.27	2.81	6.934	3.01	2.59	3.142	2.82	2.44

Penetración

Diametro de pistón de penetración 4.953 cm
 Area de pistón de penetración 19.270 cm²

Penetración	Tiempo	Carga Standard	Molde K - 20				Molde A - 25				Molde K - 30			
			Dial		Correc ción	Dial		Correc ción	Dial		Correc ción			
			Lectura	Carga		Lectura	Carga		Lectura	Carga				
mm	seg.	kg/cm ²	KN	kg	kg/cm ²	CBR %	KN	kg	kg/cm ²	CBR %	KN	kg	kg/cm ²	CBR %
0.00	00:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		0.33	33.64	1.75		0.34	34.66	1.80		0.37	38.09	1.98	
1.27	01:00		0.70	71.36	3.70		0.75	76.46	3.97		0.85	86.98	4.51	
1.91	01:30		0.99	100.92	5.24		1.12	114.17	5.92		1.28	130.78	6.79	
2.54	02:00	70.307	1.17	119.27	6.19	9.10	1.31	133.54	6.93	10.10	1.79	182.72	9.48	12.90
3.81	03:00		1.61	164.12	8.52		1.78	181.45	9.42		2.36	240.76	12.49	
5.09	04:00	105.460	1.95	198.78	10.32	9.70	2.12	216.11	11.21	10.50	2.87	292.69	15.19	14.50
6.35	05:00		2.20	224.27	11.64		2.31	235.48	12.22		3.30	336.48	17.46	
7.62	06:00		2.43	247.71	12.85		2.55	259.95	13.49		3.79	386.37	20.05	



VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo organosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Julíaca, 2023.
 Tesista : Cristian Victor Chavez Aza
 Fecha : Noviembre del 2023

Datos de la muestra

Sondaje / Calicata : C - 1 Ubicación : Comunidad de Chingora
 Estrato : M3 Órganosilano : 1.50 l/m³
 Profundidad : 1.05 m

Ensayo de valor de soporte de California - ASTM D1883

Nº	Nº DE ENSAYO	Und.	1	2	3
0	Molde N°		A - 4	C - 3	K - 3
1	Número de capas	Nº	5	5	5
2	Número de golpes		12	26	56
3	Peso de suelo + molde	g	10,710	10,810	11,170
4	Peso de molde	g	6,834	6,846	6,722
5	Peso del suelo compactado	g	3,876	3,964	4,448
6	Volumen del molde	cm ³	2,126.11	2,116.97	2,118.89
7	Densidad húmeda	g/cm ³	1.823	1.872	2.099

Contenido de humedad

9	Condición de la muestra	Und.	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
10	Código de cápsula	g	Z-1	Z-2	A-42	A-58	S-T5	E-07
11	Peso de cápsula	g	35.96	34.26	52.33	52.16	23.80	53.81
12	Peso de cápsula + sue. húmedo	g	130.79	339.51	130.43	340.55	75.11	155.35
13	Peso de cápsula + sue. seco	g	119.96	285.89	121.58	296.33	69.23	141.81
14	Peso de agua	g	10.83	53.62	8.85	44.22	5.88	13.54
15	Peso de suelo seco	g	84.00	251.63	69.25	244.17	45.43	88.00
16	Humedad	%	12.89	21.31	12.78	18.11	12.94	15.39
17	Densidad seca	g/cm ³	1.615	8.42	1.660	5.33	1.859	2.44

Expansión

Fecha	Hora	Tiempo	Dial 0.01"	Expansión		Dial 0.01"	Expansión		Dial 0.01"	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
11/12/2023	4:30 p. m.	0 h	11.260	0.00	0.00	15.520	0.00	0.00	2.049	0.00	0.00
12/12/2023	5:30 p. m.	24 h	11.763	0.50	0.43	15.994	0.47	0.41	2.409	0.36	0.31
13/12/2023	6:30 p. m.	48 h	12.854	1.59	1.37	16.864	1.34	1.16	3.128	1.08	0.93
14/12/2023	7:30 p. m.	72 h	13.734	2.47	2.12	17.468	1.95	1.68	3.848	1.80	1.55
15/12/2023	8:30 p. m.	96 h	13.925	2.67	2.29	18.132	2.61	2.25	4.568	2.52	2.17

Penetración

Diametro de pistón de penetración 4.953 cm
 Area de pistón de penetración 19.270 cm²

Penetración	Tiempo	Carga Standard	Molde A - 4				Molde C - 3				Molde K - 3			
			Dial		Corrección	Dial		Corrección	Dial		Corrección			
			Lectura	Carga		Lectura	Carga		Lectura	Carga				
mm	seg.	kg/cm ²	KN	kg	kg/cm ²	CBR %	KN	kg	kg/cm ²	CBR %	KN	kg	kg/cm ²	CBR %
0.00	00:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		0.39	39.76	2.06		0.40	40.78	2.12		0.43	44.20	2.29	
1.27	01:00		0.87	88.69	4.60		0.92	93.78	4.87		1.10	112.44	5.84	
1.91	01:30		1.30	132.52	6.88		1.39	141.70	7.35		1.87	190.86	9.90	
2.54	02:00	70.307	1.82	185.53	9.63	13.10	1.95	198.78	10.32	14.00	2.62	267.24	13.87	18.40
3.81	03:00		2.38	242.62	12.59		2.54	258.93	13.44		3.31	337.50	17.51	
5.09	04:00	105.460	2.91	296.65	15.39	14.60	3.16	322.13	16.72	15.80	3.94	401.64	20.84	20.10
6.35	05:00		3.33	339.46	17.62		3.53	359.85	18.67		4.57	465.77	24.17	
7.62	06:00		3.82	389.41	20.21		3.94	401.64	20.84		5.22	531.94	27.60	



ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo organosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Juliaca, 2023.

Tesista : Cristian Victor Chavez Aza

Fecha : Octubre del 2023

Datos de la muestra

Sondaje / Calicata : C - 2

Ubicación : Comunidad de Chingora

Estrato : M3

Profundidad : 1.05 m

Contenido de humedad 01

N°	Descripción	Und.	1	2	3
0	Código de cápsula		T - 19	CH-1.0	CH-1.2
1	Peso de cápsula	gr	25.69	24.62	25.33
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	gr	75.80	74.88	76.66
3	Peso de cápsula + suelo seco	gr	73.22	72.34	74.03
4	Contenido de humedad	%	5.43	5.32	5.40
4.1	Promedio de contenido de humedad	%		5.38	

Contenido de humedad 02

N°	Descripción	Und.	1	2	3
0	Código de cápsula		S - 100	S - 12	K - 3
1	Peso de cápsula	gr	25.66	19.10	24.21
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	gr	95.22	94.22	95.75
3	Peso de cápsula + suelo seco	gr	91.75	90.46	92.20
4	Contenido de humedad	%	5.25	5.27	5.22
4.1	Promedio de contenido de humedad	%		5.25	



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D6913-17)

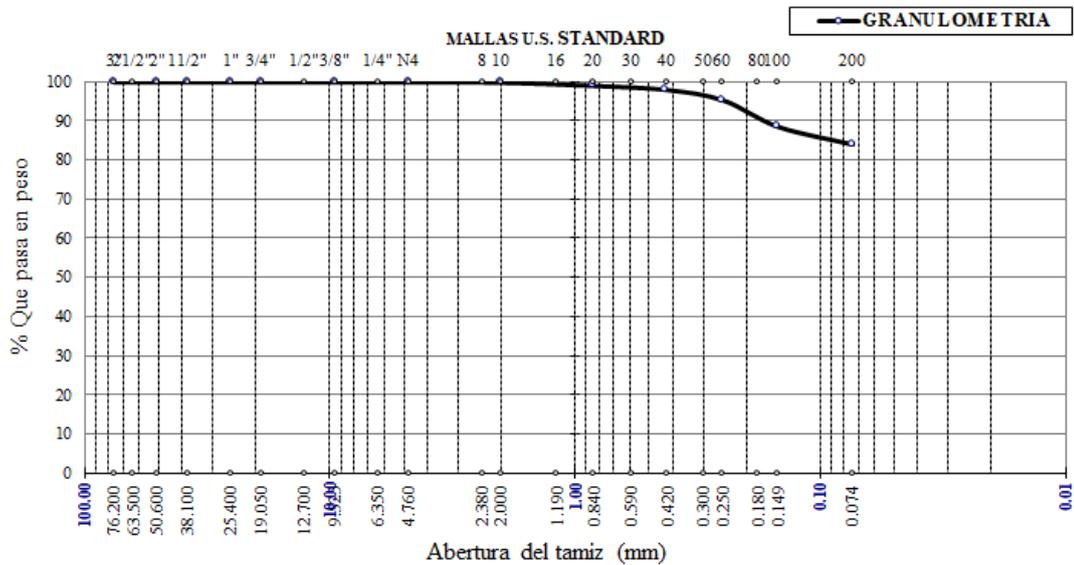
Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo órganosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Juliacca, 2023.
 Tesista : Cristian Victor Chavez Aza
 Fecha : Noviembre del 2023

Datos de la muestra

Ubicación : Comunidad de Chingora
 Sondaje/ Calicata : C - 2
 Profundidad : 1.50 m

Nº DE MALLAS	ABERT. DE MALL. (mm)	PESO RETENIDO (g)	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMUL	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL ESPÉCIMEN
3"	76.200				100.00		Fracción >3/4" : Fracción #4-3/4": Fracción <#4 : 71.86 g
2 1/2"	63.500				100.00		
2"	50.800				100.00		
1 1/2"	38.100				100.00		
1"	25.400				100.00		LÍMITES DE CONSISTENCIA
3/4"	19.050				100.00		
1/2"	12.700				100.00		
3/8"	9.525				100.00		Límite Líquido : 63.54%
1/4"	6.350				100.00		Límite Plástico : 28.77%
Nº 4	4.760		0.00	0.00	100.00		Índice Plástico : 34.77%
Nº 6	3.360						CLASIFICACIÓN DEL SUELO
Nº 8	2.380						
Nº 10	2.000	0.09	0.13	0.13	99.87		SUCS : CH
Nº 16	1.190						% de Grava : 0.00 %
Nº 20	0.840	0.59	0.82	0.95	99.05		% de Arena : 16.14 %
Nº 30	0.590						% Pasa Nº 200 : 83.86 %
Nº 40	0.426	0.75	1.04	1.99	98.01		
Nº 60	0.250	1.94	2.70	4.69	95.31		
Nº 80	0.177						
Nº 100	0.149	4.93	6.86	11.55	88.45		
Nº 200	0.074	3.30	4.59	16.14	83.86		
Pan		3.58			0.00		

CURVA GRANULOMÉTRICA





ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo órganosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Juliaca, 2023.

Tesista : Cristian Victor Chavez Aza

Fecha : Octubre del 2023

Datos de la muestra

Sondaje / Calicata : C - 2

Ubicación : Comunidad de Chingora

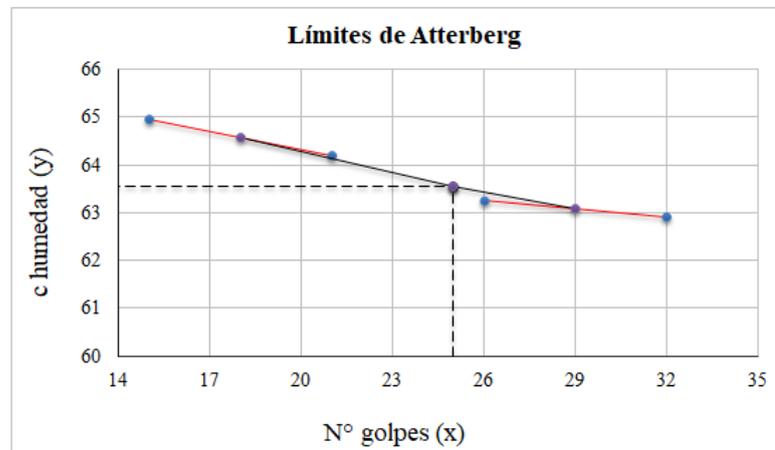
Estrato : M3

Órganosilano : 0 l/m³

Profundidad : 1.05 m

Límite Líquido (%)

Nº	Descripción	Und.	1	2	3	4
0	Código de cápsula		S - 100	T - 03	K - 3	S - 12
1	Número de golpes	Nº	15	21	26	32
2	Peso de cápsula	g	25.66	25.01	24.21	19.10
3	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	44.43	50.33	38.12	38.99
4	Peso de cápsula + suelo seco	g	37.04	40.43	32.73	31.31
4.1	Peso de suelo seco	g	11.38	15.42	8.52	12.21
5	Peso del agua	g	7.39	9.90	5.39	7.68
6	Humedad	%	64.94	64.20	63.26	62.90
7	Límite Líquido (%)		63.54			



Límite Plástico (%)

Nº	Descripción	Und.	1	2	3
0	Código de cápsula		S - 57	S - 58	S - 59
1	Peso de cápsula	g	17.86	17.44	18.27
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	25.29	24.13	25.76
3	Peso de cápsula + suelo seco	g	23.63	22.65	24.07
3.1	Peso de suelo seco	g	5.77	5.21	5.80
4	Peso del agua	g	1.66	1.48	1.69
5	Humedad	%	28.77	28.41	29.14
6	Límite plástico (%)		28.77		

Límite líquido LL = 63.54 %

Límite plástico LP = 28.77 %

Índice de plasticidad IP = 34.77 %



ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo órganosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Juliaca, 2023.

Tesista : Cristian Victor Chavez Aza

Fecha : Octubre del 2023

Datos de la muestra

Sondaje / Calicata : C - 2

Ubicación : Comunidad de Chingora

Estrato : M3

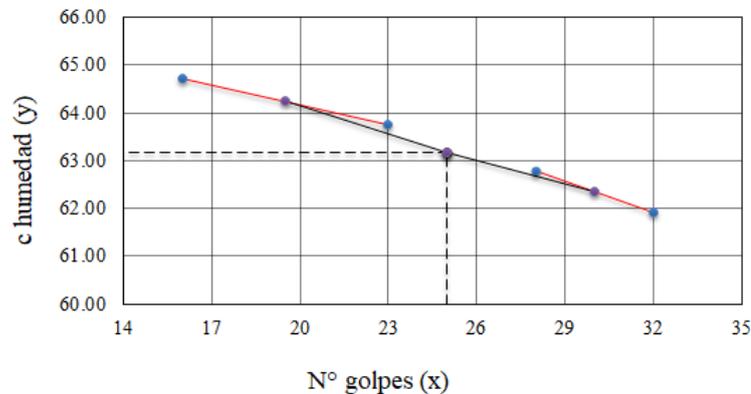
Órganosilano : 0.5 l/m³

Profundidad : 1.05 m

Límite Líquido (%)

Nº	Descripción	Und.	1	2	3	4
0	Código de cápsula		DC - 06	ST - 5	S - 32	S - 49
1	Número de golpes	Nº	16	23	28	32
2	Peso de cápsula	g	26.60	23.87	21.65	22.58
3	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	43.22	42.08	40.03	41.72
4	Peso de cápsula + suelo seco	g	36.69	34.99	32.94	34.40
4.1	Peso de suelo seco	g	10.09	11.12	11.29	11.82
5	Peso del agua	g	6.53	7.09	7.09	7.32
6	Humedad	%	64.72	63.76	62.80	61.93
7	Límite líquido (%)		63.16			

Límites de Atterberg



Límite Plástico (%)

Nº	Descripción	Und.	1	2	3
0	Código de cápsula		S - 29	S - 46	S - 03
1	Peso de cápsula	g	17.19	17.07	16.95
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	23.84	23.76	23.91
3	Peso de cápsula + suelo seco	g	22.33	22.24	22.33
3.1	Peso de suelo seco	g	5.14	5.17	5.38
4	Peso del agua	g	1.51	1.52	1.58
5	Humedad	%	29.38	29.40	29.37
6	Límite plástico (%)		29.38		

Límite líquido LL = 63.16 %

Límite plástico LP = 29.38 %

Índice de plasticidad IP = 33.78 %



ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo órganosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Juliaca, 2023.

Tesista : Cristian Victor Chavez Aza

Fecha : Octubre del 2023

Datos de la muestra

Sondaje / Calicata : C - 2

Ubicación : Comunidad de Chingora

Estrato : M3

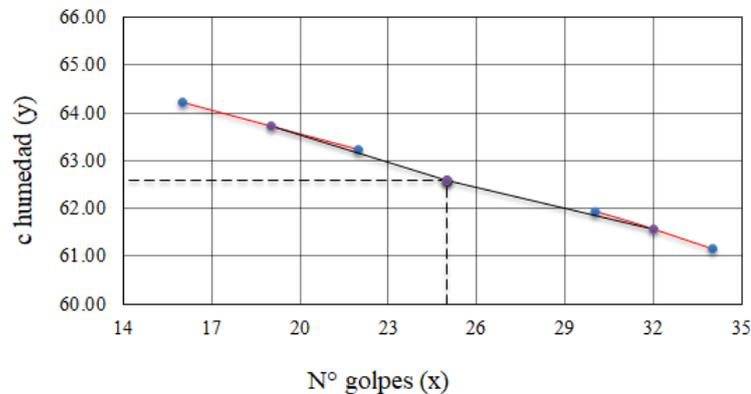
Órganosilano : 1.0 l/m³

Profundidad : 1.05 m

Límite Líquido (%)

Nº	Descripción	Und.	1	2	3	4
0	Código de cápsula		CH - 1.0	CH - 1.2	T - 10	T - 06
1	Número de golpes	Nº	16	22	30	34
2	Peso de cápsula	g	24.64	25.35	24.38	24.46
3	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	47.22	51.81	52.98	50.15
4	Peso de cápsula + suelo seco	g	38.39	41.56	42.04	40.40
4.1	Peso de suelo seco	g	13.75	16.21	17.66	15.94
5	Peso del agua	g	8.83	10.25	10.94	9.75
6	Humedad	%	64.22	63.23	61.95	61.17
7	Límite líquido (%)		62.58			

Límites de Atterberg



Límite Plástico (%)

Nº	Descripción	Und.	1	2	3
0	Código de cápsula		S - 30	S - 56	S - 19
1	Peso de cápsula	g	17.08	17.01	17.11
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	23.21	23.17	23.37
3	Peso de cápsula + suelo seco	g	21.80	21.75	21.93
3.1	Peso de suelo seco	g	4.72	4.74	4.82
4	Peso del agua	g	1.41	1.42	1.44
5	Humedad	%	29.87	29.96	29.88
6	Límite plástico (%)		29.90		

Límite líquido LL = 62.58 %

Límite plástico LP = 29.90 %

Índice de plasticidad IP = 32.68 %



ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo órganosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Juliaca, 2023.

Tesista : Cristian Victor Chavez Aza

Fecha : Octubre del 2023

Datos de la muestra

Sondaje / Calicata : C - 2

Ubicación : Comunidad de Chingora

Estrato : M3

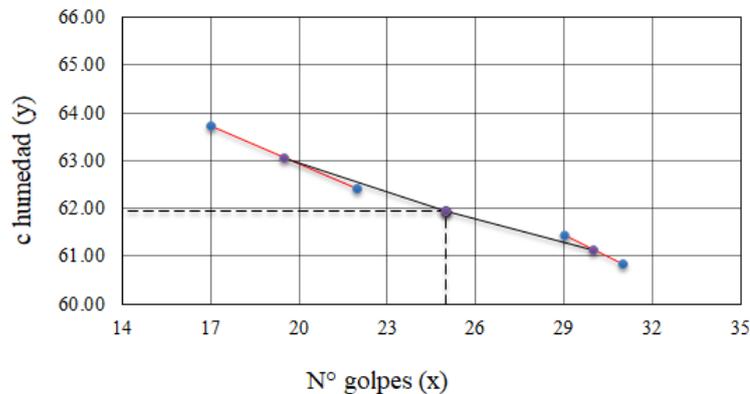
Órganosilano : 1.5 l/m³

Profundidad : 1.05 m

Límite Líquido (%)

Nº	Descripción	Und.	1	2	3	4
0	Código de cápsula		K - 12	C - 05	E - 12	Z - 12
1	Número de golpes	Nº	17	22	29	31
2	Peso de cápsula	g	24.78	24.04	24.06	24.36
3	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	40.48	39.89	40.01	40.33
4	Peso de cápsula + suelo seco	g	34.37	33.80	33.94	34.29
4.1	Peso de suelo seco	g	9.59	9.76	9.88	9.93
5	Peso del agua	g	6.11	6.09	6.07	6.04
6	Humedad	%	63.71	62.40	61.44	60.83
7	Límite líquido (%)		61.95			

Límites de Atterberg



Límite Plástico (%)

Nº	Descripción	Und.	1	2	3
0	Código de cápsula		D - 13	M - 24	W - 04
1	Peso de cápsula	g	14.75	14.81	14.97
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	21.08	21.23	21.28
3	Peso de cápsula + suelo seco	g	19.61	19.74	19.82
3.1	Peso de suelo seco	g	4.86	4.93	4.85
4	Peso del agua	g	1.47	1.49	1.46
5	Humedad	%	30.25	30.22	30.10
6	Límite plástico (%)		30.19		

Límite líquido LL = 61.95 %

Límite plástico LP = 30.19 %

Índice de plasticidad IP = 31.75 %



VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo organosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Julíaca, 2023.
Tesisista : Cristian Victor Chavez Aza
Fecha : Noviembre del 2023

Datos de la muestra

Sondaje / Calicata : C - 2 Ubicación : Comunidad de Chingora
Estrato : M3 Órganosilano : 0 l/m³
Profundidad : 1.05 m

Ensayo de valor de soporte de California - ASTM D1883

Nº	Nº DE ENSAYO	Und.	1	2	3
0	Molde N°		Z - 0	K - 21	K - 2
1	Número de capas	N°	5	5	5
2	Número de golpes		12	26	56
3	Peso de suelo + molde	g	10,606	10,519	10,800
4	Peso de molde	g	7,212	6,724	6,682
5	Peso del suelo compactado	g	3,394	3,795	4,118
6	Volumen del molde	cm ³	2,126.11	2,116.97	2,119.31
7	Densidad húmeda	g/cm ³	1.596	1.793	1.943

Contenido de humedad

8	Condición de la muestra	Und.	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
9	Código de cápsula	g	CH-10	CH-5	M-09	CH-6	M-04	CH-8
10	Peso de cápsula	g	22.78	68.48	35.45	70.01	37.24	71.29
11	Peso de cápsula + sue. húmedo	g	103.50	190.02	155.85	195.62	154.85	196.95
12	Peso de cápsula + sue. seco	g	88.53	155.08	133.98	162.50	132.94	166.29
13	Peso de agua	g	14.97	34.94	21.87	33.12	21.91	30.66
14	Peso de suelo seco	g	65.75	86.60	98.53	92.49	95.70	95.00
15	Humedad	%	22.77	40.35	22.20	35.81	22.89	32.27
16	Densidad seca	g/cm ³	1.300	17.58	1.467	13.61	1.581	9.38

Expansión

Fecha	Hora	Tiempo (seg)	Dial 0.01"	Expansión		Dial 0.01"	Expansión		Dial 0.01"	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
11/12/2023	4:30 p. m.	0 h	0.000	0.00	0.00	1.123	0.00	0.00	8.652	0.00	0.00
12/12/2023	5:30 p. m.	24 h	4.561	4.56	3.92	3.510	2.39	2.05	10.010	1.36	1.17
13/12/2023	6:30 p. m.	48 h	6.793	6.79	5.83	5.896	4.77	4.11	11.370	2.72	2.34
14/12/2023	7:30 p. m.	72 h	9.002	9.00	7.73	8.282	7.16	6.16	12.730	4.08	3.51
15/12/2023	8:30 p. m.	96 h	10.341	10.34	8.88	9.950	8.83	7.60	13.431	4.78	4.11

Penetración

Diametro de pistón de penetración 4.953 cm
Area de pistón de penetración 19.270 cm²

Penetración	Tiempo	Carga Standard	Molde Z - 0				Molde K - 21				Molde K - 2			
			Dial		Carga	Corrección	Dial		Carga	Corrección	Dial		Carga	Corrección
			Lectura	mm			Lectura	mm			Lectura	mm		
mm	seg.	kg/cm ²	KN	kg	kg/cm ²	CBR %	KN	kg	kg/cm ²	CBR %	KN	kg	kg/cm ²	CBR %
0.00	00:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		0.09	9.57	0.50		0.12	12.62	0.66		0.12	12.62	0.66	
1.27	01:00		0.12	12.62	0.66		0.18	18.74	0.97		0.28	28.92	1.50	
1.91	01:30		0.15	15.68	0.81		0.23	23.83	1.24		0.42	43.18	2.24	
2.54	02:00	70.307	0.16	16.70	0.87	1.30	0.27	27.90	1.45	2.00	0.55	56.42	2.93	4.10
3.81	03:00		0.18	18.74	0.97		0.32	33.00	1.71		0.75	76.80	3.99	
5.09	04:00	105.460	0.21	21.79	1.13	1.00	0.37	38.09	1.98	1.80	0.92	94.11	4.88	4.70
6.35	05:00		0.23	23.83	1.24		0.42	43.18	2.24		1.08	110.41	5.73	
7.62	06:00		0.25	25.87	1.34		0.46	47.26	2.45		1.24	126.70	6.58	



VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo organosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Julíaca, 2023.
Tesisista : Cristian Victor Chavez Aza
Fecha : Noviembre del 2023

Datos de la muestra

Sondaje / Calicata : C - 2 Ubicación : Comunidad de Chingora
Estrato : M3 Organosilano : 0.5 l/m³
Profundidad : 1.05 m

Ensayo de valor de soporte de California - ASTM D1883

Nº	Nº DE ENSAYO	Und.	1	2	3
0	Molde N°		A - 6	C - 25	D - 3
1	Número de capas	Nº	5	5	5
2	Número de golpes		12	26	56
3	Peso de suelo + molde	g	11,650	11,014	11,896
4	Peso de molde	g	8,125	7,230	7,798
5	Peso del suelo compactado	g	3,525	3,784	4,098
6	Volumen del molde	cm ³	2,116.97	2,116.97	2,100.48
7	Densidad húmeda	g/cm ³	1.665	1.787	1.951

Contenido de humedad

9	Condición de la muestra	Und.	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
10	Código de cápsula	g	Y-5	CH-17	C-1	CH-14	CH-2	CH-6
11	Peso de cápsula	g	24.83	72.12	22.48	73.17	25.12	70.05
12	Peso de cápsula + sue. húmedo	g	128.79	274.15	125.26	275.13	130.36	276.90
13	Peso de cápsula + sue. seco	g	109.43	225.78	106.06	227.74	110.78	230.94
14	Peso de agua	g	19.36	48.37	19.20	47.39	19.58	45.96
15	Peso de suelo seco	g	84.60	153.66	83.58	154.57	85.66	160.89
16	Humedad	%	22.88	31.48	22.97	30.66	22.86	28.57
17	Densidad seca	g/cm ³	1.355	8.59	1.454	7.69	1.588	5.71

Expansión

Fecha	Hora	Tiempo (seg)	Dial 0.01"	Expansión		Dial 0.01"	Expansión		Dial 0.01"	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
11/12/2023	4:30 p. m.	0 h	6.724	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	1.565	0.00	0.00
12/12/2023	5:30 p. m.	24 h	7.912	1.19	1.02	1.108	1.11	0.95	2.547	0.98	0.85
13/12/2023	6:30 p. m.	48 h	9.108	2.38	2.05	2.229	2.23	1.92	3.531	1.97	1.70
14/12/2023	7:30 p. m.	72 h	10.330	3.61	3.10	3.347	3.35	2.88	4.519	2.95	2.56
15/12/2023	8:30 p. m.	96 h	11.524	4.80	4.13	4.442	4.44	3.82	4.968	3.40	2.94

Penetración

Diametro de pistón de penetración 4.953 cm
Area de pistón de penetración 19.270 cm²

Penetración	Tiempo	Carga Standard	Molde A - 6				Molde C - 25				Molde D - 3			
			Dial		Carga	Corrección	Dial		Carga	Corrección	Dial		Carga	Corrección
			Lectura	mm			Lectura	mm			Lectura	mm		
mm	seg.	kg/cm ²	KN	kg	kg/cm ²	CBR %	KN	kg	kg/cm ²	CBR %	KN	kg	kg/cm ²	CBR %
0.00	00:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		0.15	15.68	0.81		0.22	22.81	1.18		0.27	27.90	1.45	
1.27	01:00		0.28	28.92	1.50		0.44	45.22	2.35		0.56	57.44	2.98	
1.91	01:30		0.42	43.18	2.24		0.55	56.42	2.93		0.92	94.11	4.88	
2.54	02:00	70.307	0.56	57.44	2.98	4.00	0.66	67.63	3.51	5.10	1.17	119.57	6.21	8.70
3.81	03:00		0.70	71.70	3.72		0.87	89.02	4.62		1.60	163.37	8.48	
5.09	04:00	105.460	0.83	84.94	4.41	4.30	1.05	107.35	5.57	5.30	1.94	197.99	10.27	9.80
6.35	05:00		0.98	100.22	5.20		1.24	126.70	6.58		2.17	221.41	11.49	
7.62	06:00		1.13	115.50	5.99		1.38	140.96	7.32		2.38	242.80	12.60	



VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo organosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Julíaca, 2023.
Tesisista : Cristian Victor Chavez Aza
Fecha : Noviembre del 2023

Datos de la muestra

Sondaje / Calicata : C - 2 Ubicación : Comunidad de Chingora
Estrato : M3 Organosilano : 1.0 l/m³
Profundidad : 1.05 m

Ensayo de valor de soporte de California - ASTM D1883

Nº	Nº DE ENSAYO	Und.	1	2	3
0	Molde N°		B - 1	K - 34	A - 25
1	Número de capas	Nº	5	5	5
2	Número de golpes		12	26	56
3	Peso de suelo + molde	g	10,545	11,740	10,896
4	Peso de molde	g	6,838	7,815	6,785
5	Peso del suelo compactado	g	3,707	3,925	4,111
6	Volumen del molde	cm ³	2,097.35	2,126.11	2,100.43
7	Densidad húmeda	g/cm ³	1.767	1.846	1.957

Contenido de humedad

9	Condición de la muestra	Und.	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
10	Código de cápsula	g	CH-13	M-08	CH-1.2	CH-6	CH-10	CH-9
11	Peso de cápsula	g	27.73	74.70	25.33	59.08	22.80	70.38
12	Peso de cápsula + sue. húmedo	g	163.87	290.61	160.01	275.16	156.25	286.95
13	Peso de cápsula + sue. seco	g	138.48	239.27	135.05	224.90	131.35	238.75
14	Peso de agua	g	25.39	51.34	24.96	50.26	24.90	48.20
15	Peso de suelo seco	g	110.75	164.57	109.72	165.82	108.55	168.37
16	Humedad	%	22.93	31.20	22.75	30.31	22.94	28.63
17	Densidad seca	g/cm ³	1.438	8.27	1.504	7.56	1.592	5.69

Expansión

Fecha	Hora	Tiempo (seg)	Dial 0.01"	Expansión		Dial 0.01"	Expansión		Dial 0.01"	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
11/12/2023	4:30 p. m.	0 h	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	2.929	0.00	0.00
12/12/2023	5:30 p. m.	24 h	1.035	1.04	0.90	1.049	1.05	0.90	3.411	0.48	0.42
13/12/2023	6:30 p. m.	48 h	2.069	2.07	1.79	2.099	2.10	1.80	3.896	0.97	0.84
14/12/2023	7:30 p. m.	72 h	3.104	3.10	2.68	3.148	3.15	2.70	4.378	1.45	1.25
15/12/2023	8:30 p. m.	96 h	4.138	4.14	3.58	4.197	4.20	3.60	4.652	1.72	1.49

Penetración

Diametro de pistón de penetración 4.953 cm

Area de pistón de penetración 19.270 cm²

Penetración	Tiempo	Carga Standard	Molde B - 1				Molde K - 34				Molde A - 25			
			Dial		Corrección	Dial		Corrección	Dial		Corrección			
			Lectura	Carga		Lectura	Carga		Lectura	Carga				
mm	seg.	kg/cm ²	KN	kg	kg/cm ²	CBR %	KN	kg	kg/cm ²	CBR %	KN	kg	kg/cm ²	CBR %
0.00	00:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		0.28	28.92	1.50		0.31	31.98	1.66		0.35	36.05	1.87	
1.27	01:00		0.49	50.31	2.61		0.55	56.42	2.93		0.64	65.59	3.40	
1.91	01:30		0.55	56.42	2.93		0.73	74.76	3.88		1.00	102.26	5.31	
2.54	02:00	70.307	0.71	72.72	3.77	5.30	0.87	89.02	4.62	6.80	1.25	127.72	6.63	9.40
3.81	03:00		0.89	91.06	4.73		1.20	122.63	6.36		1.68	171.51	8.90	
5.09	04:00	105.460	1.14	116.52	6.05	5.50	1.45	148.09	7.68	7.20	2.02	206.14	10.70	10.10
6.35	05:00		1.29	131.79	6.84		1.61	164.39	8.53		2.25	229.56	11.91	
7.62	06:00		1.44	147.07	7.63		1.73	176.61	9.16		2.46	250.95	13.02	



VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo organosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Julíaca, 2023.
Tesisista : Cristian Victor Chavez Aza
Fecha : Noviembre del 2023

Datos de la muestra

Sondaje / Calicata : C - 2 Ubicación : Comunidad de Chingora
Estrato : M3 Órganosilano : 1.5 l/m³
Profundidad : 1.05 m

Ensayo de valor de soporte de California - ASTM D1883

Nº	Nº DE ENSAYO	Und.	1	2	3
0	Molde N°		K - 20	K - 30	RR - 8
1	Número de capas	N°	5	5	5
2	Número de golpes		12	26	56
3	Peso de suelo + molde	g	11,540	11,750	11,623
4	Peso de molde	g	7,927	7,947	7,583
5	Peso del suelo compactado	g	3,613	3,803	4,040
6	Volumen del molde	cm ³	2,119.31	2,101.55	2,119.31
7	Densidad húmeda	g/cm ³	1.705	1.810	1.906

Contenido de humedad

9	Condición de la muestra	Und.	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
10	Código de cápsula	g	Z-2	A-42	Z-1	A-58	A-100	CH-2
11	Peso de cápsula	g	34.26	52.33	35.96	52.16	31.93	66.74
12	Peso de cápsula + sue. húmedo	g	136.12	259.58	134.72	257.14	131.18	273.99
13	Peso de cápsula + sue. seco	g	117.13	211.93	116.28	210.94	112.57	228.32
14	Peso de agua	g	18.99	47.65	18.44	46.20	18.61	45.67
15	Peso de suelo seco	g	82.87	159.60	80.32	158.78	80.64	161.58
16	Humedad	%	22.92	29.86	22.96	29.10	23.08	28.26
17	Densidad seca	g/cm ³	1.387	6.94	1.472	6.14	1.549	5.19

Expansión

Fecha	Hora	Tiempo (seg)	Dial 0.01"	Expansión		Dial 0.01"	Expansión		Dial 0.01"	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
11/12/2023	4:30 p. m.	0 h	10.236	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	4.813	0.00	0.00
12/12/2023	5:30 p. m.	24 h	11.158	0.92	0.79	0.758	0.76	0.66	5.139	0.33	0.28
13/12/2023	6:30 p. m.	48 h	12.081	1.85	1.59	1.516	1.52	1.31	5.466	0.65	0.56
14/12/2023	7:30 p. m.	72 h	13.003	2.77	2.38	2.274	2.27	1.97	5.792	0.98	0.84
15/12/2023	8:30 p. m.	96 h	13.925	3.69	3.17	3.032	3.03	2.62	6.118	1.31	1.12

Penetración

Diametro de pistón de penetración 4.953 cm
Area de pistón de penetración 19.270 cm²

Penetración	Tiempo	Carga Standard	Molde K - 20				Molde K - 30				Molde RR - 8			
			Dial 0.01"		Corrección	Dial 0.01"		Corrección	Dial 0.01"		Corrección			
			Lectura	Carga		Lectura	Carga		Lectura	Carga				
mm	seg.	kg/cm ²	KN	kg	kg/cm ²	CBR %	KN	kg	kg/cm ²	CBR %	KN	kg	kg/cm ²	CBR %
0.00	00:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		0.34	35.03	1.82		0.36	37.07	1.92		0.42	43.18	2.24	
1.27	01:00		0.59	60.50	3.14		0.67	68.65	3.56		0.78	79.85	4.14	
1.91	01:30		0.77	78.83	4.09		0.88	90.04	4.67		1.14	116.52	6.05	
2.54	02:00	70.307	0.91	93.09	4.83	7.10	1.08	110.41	5.73	8.20	1.48	151.15	7.84	11.10
3.81	03:00		1.24	126.70	6.58		1.39	141.98	7.37		1.98	202.07	10.49	
5.09	04:00	105.460	1.44	146.79	7.62	7.20	1.69	172.53	8.95	8.40	2.27	231.60	12.02	11.50
6.35	05:00		1.63	166.16	8.62		1.90	193.92	10.06		2.47	251.96	13.08	
7.62	06:00		1.75	178.40	9.26		2.09	213.27	11.07		2.67	272.33	14.13	



ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo organosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Juliaca, 2023.

Tesista : Cristian Victor Chavez Aza

Fecha : Octubre del 2023

Datos de la muestra

Sondaje / Calicata : C - 3

Ubicación : Comunidad de Chingora

Estrato : M3

Profundidad : 1.05 m

Contenido de humedad 01

N°	Descripción	Und.	1	2	3
0	Código de cápsula		S - 22	S - T5	T - 09
1	Peso de cápsula	g	19.35	23.82	22.42
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	81.23	85.90	85.81
3	Peso de cápsula + suelo seco	g	78.52	83.13	83.02
4	Contenido de humedad	%	4.58	4.67	4.60
4.1	Promedio de contenido de humedad	%		4.62	

Contenido de humedad 02

N°	Descripción	Und.	1	2	3
0	Código de cápsula		S-43	S-29	S-41
1	Peso de cápsula	g	19.55	19.54	18.06
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	75.81	75.13	72.78
3	Peso de cápsula + suelo seco	g	73.46	72.83	70.51
4	Contenido de humedad	%	4.36	4.32	4.33
4.1	Promedio de contenido de humedad	%		4.33	



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D6913-17)

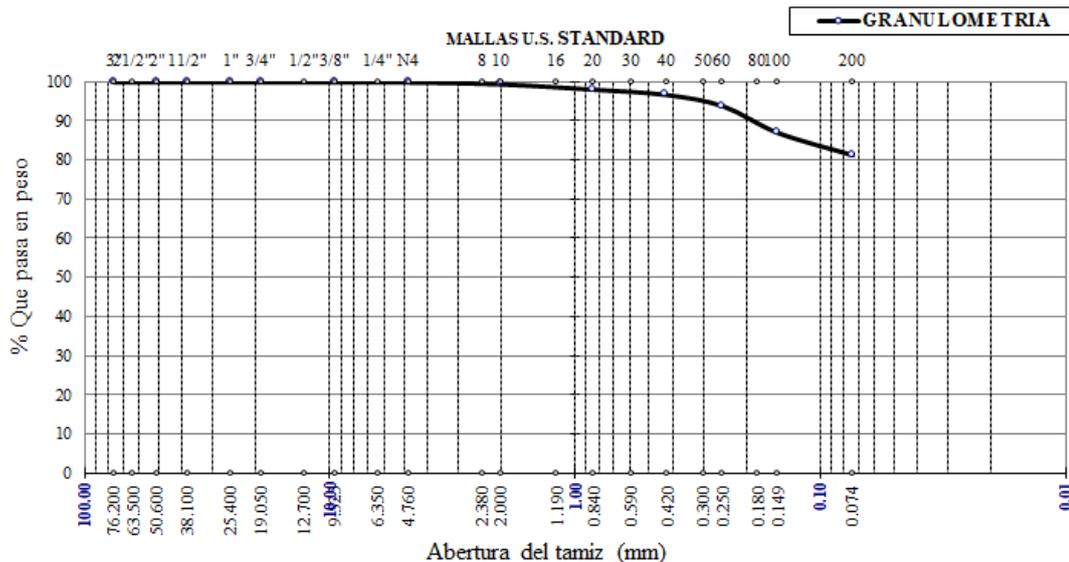
Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo órganosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Juliacca, 2023.
 Tesista : Cristian Victor Chavez Aza
 Fecha : Noviembre del 2023

Datos de la muestra

Ubicación : Comunidad de Chingora
 Sondaje/ Calicata : C - 3
 Profundidad : 1.50 m

Nº DE MALLAS	ABERT. DE MALL. (mm)	PESO RETENIDO (g)	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMUL	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL ESPÉCIMEN
3"	76.200				100.00		Fracción >3/4" : Fracción #4-3/4": Fracción <#4 : 76.68 g
2 1/2"	63.500				100.00		
2"	50.800				100.00		
1 1/2"	38.100				100.00		
1"	25.400				100.00		LÍMITES DE CONSISTENCIA
3/4"	19.050				100.00		
1/2"	12.700				100.00		
3/8"	9.525				100.00		Limite Líquido : 55.70%
1/4"	6.350				100.00		Limite Plástico : 28.39%
Nº 4	4.760		0.00	0.00	100.00		Índice Plástico : 27.31%
Nº 6	3.360						CLASIFICACIÓN DEL SUELO
Nº 8	2.380						
Nº 10	2.000	0.39	0.51	0.51	99.49		SUCS : CH
Nº 16	1.190						% de Grava : 0.00 %
Nº 20	0.840	1.04	1.36	1.86	98.14		% de Arena : 18.81 %
Nº 30	0.590						% Pasa Nº 200 : 81.19 %
Nº 40	0.426	1.05	1.37	3.23	96.77		
Nº 60	0.250	2.24	2.92	6.16	93.84		
Nº 80	0.177						
Nº 100	0.149	5.29	6.90	13.05	86.95		
Nº 200	0.074	4.41	5.75	18.81	81.19		
Pan		62.26			0.00		

CURVA GRANULOMÉTRICA





ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo órganosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Juliaca, 2023.

Tesista : Cristian Victor Chavez Aza

Fecha : Octubre del 2023

Datos de la muestra

Sondaje / Calicata : C - 3

Ubicación : Comunidad de Chingora

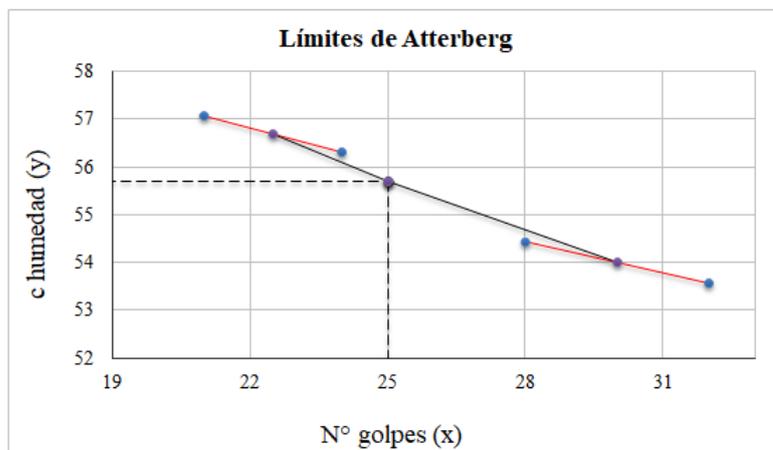
Estrato : M3

Órganosilano : 0 l/m³

Profundidad : 1.05 m

Límite Líquido (%)

Nº	Descripción	Und.	1	2	3	4
0	Código de cápsula		T - 10	T - 06	CH - 1.2	CH - 1.0
1	Número de golpes	Nº	21	24	28	32
2	Peso de cápsula	g	24.38	24.46	25.35	24.64
3	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	53.17	49.75	51.79	48.21
4	Peso de cápsula + suelo seco	g	42.71	40.64	42.47	39.99
4.1	Peso de suelo seco	g	18.33	16.18	17.12	15.35
5	Peso del agua	g	10.46	9.11	9.32	8.22
6	Humedad	%	57.06	56.30	54.44	53.55
7	Límite líquido (%)		55.70			



Límite Plástico (%)

Nº	Descripción	Und.	1	2	3
0	Código de cápsula		S - 28	S - 32	S - 41
1	Peso de cápsula	g	19.48	21.65	18.07
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	27.42	27.57	24.68
3	Peso de cápsula + suelo seco	g	25.65	26.27	23.22
3.1	Peso de suelo seco	g	6.17	4.62	5.15
4	Peso del agua	g	1.77	1.30	1.46
5	Humedad	%	28.69	28.14	28.35
6	Límite plástico (%)		28.39		

Límite líquido LL = 55.70 %

Límite plástico LP = 28.39 %

Índice de plasticidad IP = 27.31 %



ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo órganosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Juliaca, 2023.

Tesista : Cristian Victor Chavez Aza

Fecha : Octubre del 2023

Datos de la muestra

Sondaje / Calicata : C - 3

Ubicación : Comunidad de Chingora

Estrato : M3

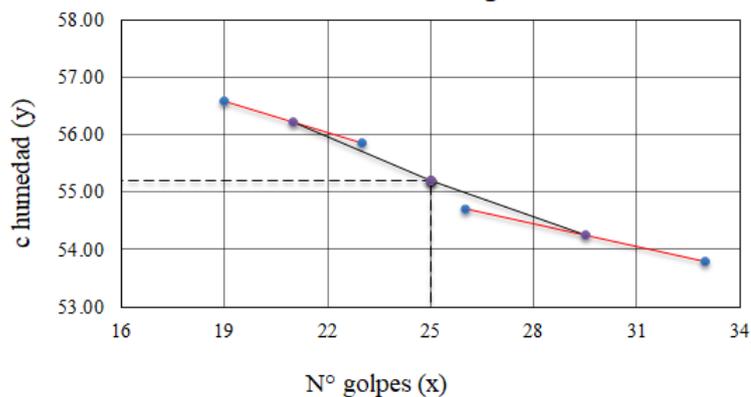
Órganosilano : 0.5 l/m³

Profundidad : 1.05 m

Límite Líquido (%)

Nº	Descripción	Und.	1	2	3	4
0	Código de cápsula		T - 19	JK - 02	S - 22	D - 50
1	Número de golpes	Nº	19	23	26	33
2	Peso de cápsula	g	25.74	22.94	19.35	24.45
3	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	45.55	41.02	36.43	42.95
4	Peso de cápsula + suelo seco	g	38.39	34.54	30.39	36.48
4.1	Peso de suelo seco	g	12.65	11.60	11.04	12.03
5	Peso del agua	g	7.16	6.48	6.04	6.47
6	Humedad	%	56.60	55.86	54.71	53.78
7	Límite líquido (%)		55.21			

Límites de Atterberg



Límite Plástico (%)

Nº	Descripción	Und.	1	2	3
0	Código de cápsula		S - 60	S - 53	S - 51
1	Peso de cápsula	g	16.60	16.34	16.06
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	23.08	23.10	22.39
3	Peso de cápsula + suelo seco	g	21.62	21.58	20.96
3.1	Peso de suelo seco	g	5.02	5.24	4.90
4	Peso del agua	g	1.46	1.52	1.43
5	Humedad	%	29.08	29.01	29.18
6	Límite plástico (%)		29.09		

Límite líquido LL = 55.21 %

Límite plástico LP = 29.09 %

Índice de plasticidad IP = 26.12 %



ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo órganosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Juliaca, 2023.

Tesista : Cristian Victor Chavez Aza

Fecha : Octubre del 2023

Datos de la muestra

Sondaje / Calicata : C - 3

Ubicación : Comunidad de Chingora

Estrato : M3

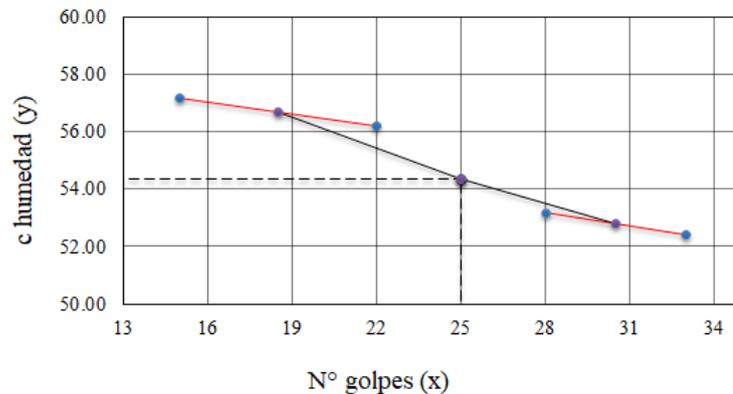
Órganosilano : 1.0 l/m³

Profundidad : 1.05 m

Límite Líquido (%)

Nº	Descripción	Und.	1	2	3	4
0	Código de cápsula		S - 32	DC - 06	ST - 5	S - 49
1	Número de golpes	Nº	15	22	28	33
2	Peso de cápsula	g	21.65	26.60	23.87	19.58
3	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	44.24	46.72	42.68	41.04
4	Peso de cápsula + suelo seco	g	36.02	39.48	36.15	33.66
4.1	Peso de suelo seco	g	14.37	12.88	12.28	14.08
5	Peso del agua	g	8.22	7.24	6.53	7.38
6	Humedad	%	57.20	56.21	53.18	52.41
7	Límite líquido (%)		54.35			

Límites de Atterberg



Límite Plástico (%)

Nº	Descripción	Und.	1	2	3
0	Código de cápsula		S - 41	S - 18	A - 1
1	Peso de cápsula	g	17.31	16.27	22.08
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	24.13	22.12	28.98
3	Peso de cápsula + suelo seco	g	22.58	20.79	27.41
3.1	Peso de suelo seco	g	5.27	4.52	5.33
4	Peso del agua	g	1.55	1.33	1.57
5	Humedad	%	29.41	29.42	29.46
6	Límite plástico (%)		29.43		

Límite líquido LL = 54.35 %

Límite plástico LP = 29.43 %

Índice de plasticidad IP = 24.92 %



ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo órganosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Juliaca, 2023.

Tesista : Cristian Victor Chavez Aza

Fecha : Octubre del 2023

Datos de la muestra

Sondaje / Calicata : C - 3

Ubicación : Comunidad de Chingora

Estrato : M3

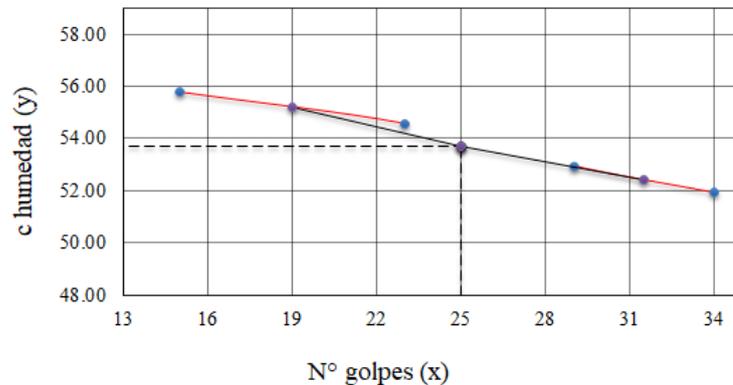
Órganosilano : 1.5 l/m³

Profundidad : 1.05 m

Límite Líquido (%)

Nº	Descripción	Und.	1	2	3	4
0	Código de cápsula		S - 32	DC - 06	ST - 5	S - 49
1	Número de golpes	Nº	15	23	29	34
2	Peso de cápsula	g	21.65	26.60	23.87	22.58
3	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	41.81	41.27	41.72	41.51
4	Peso de cápsula + suelo seco	g	34.59	36.09	35.54	35.04
4.1	Peso de suelo seco	g	12.94	9.49	11.67	12.46
5	Peso del agua	g	7.22	5.18	6.18	6.47
6	Humedad	%	55.80	54.58	52.96	51.93
7	Límite líquido (%)		53.70			

Límites de Atterberg



Límite Plástico (%)

Nº	Descripción	Und.	1	2	3
0	Código de cápsula		S - 56	S - 30	S - 19
1	Peso de cápsula	g	17.04	17.82	17.15
2	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	23.43	22.96	23.91
3	Peso de cápsula + suelo seco	g	21.95	21.77	22.35
3.1	Peso de suelo seco	g	4.91	3.95	5.20
4	Peso del agua	g	1.48	1.19	1.56
5	Humedad	%	30.14	30.13	30.00
6	Límite plástico (%)		30.09		

Límite líquido LL = 53.70 %

Límite plástico LP = 30.09 %

Índice de plasticidad IP = 23.61 %



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR

Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo órganosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Juliaca, 2023.

Tesista : Cristian Victor Chavez Aza

Fecha : Octubre del 2023

Datos de la muestra

Sondaje / Calicata : C - 3

Ubicación : Comunidad de Chingora

Estrato : M3

Profundidad : 1.05 m

Ensayo de Proctor Modificado

Método de ensayo : A

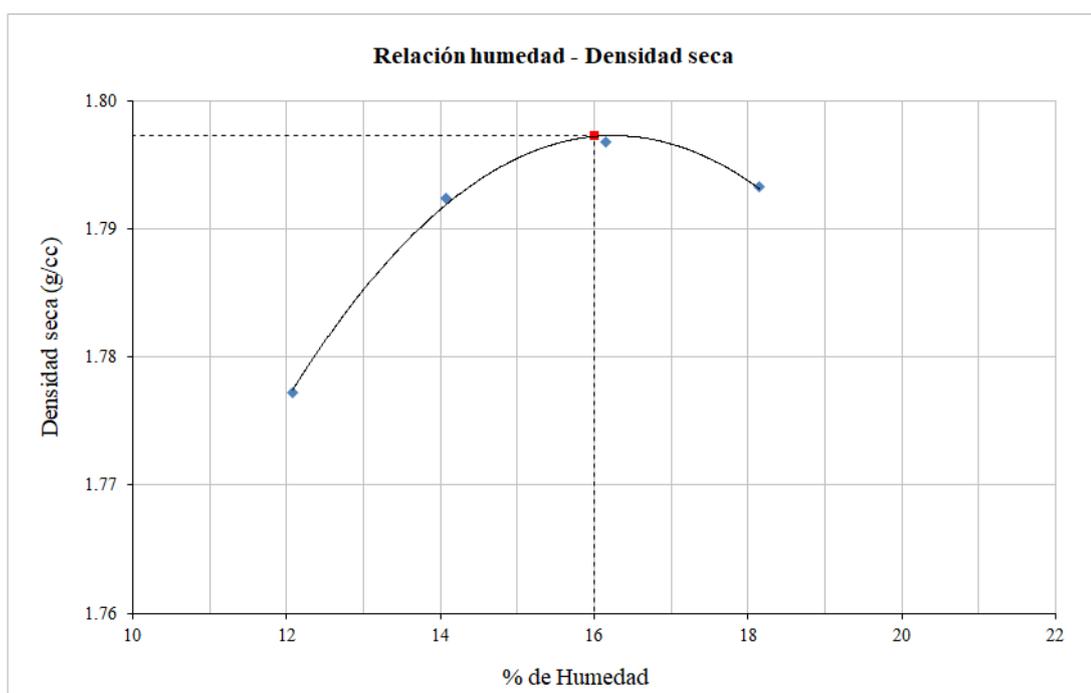
Número de capas : 5

Volumen de molde 943.92 cm³

Número de golpes : 25

Nº	Nº DE ENSAYO	Und.	1	2	3	4				
0	Peso del molde	g	4,180	4,180	4,180	4,180				
1	Peso del molde + suelo húmedo	g	6,060	6,110	6,150	6,180				
2	Peso suelo húmedo	g	1,880	1,930	1,970	2,000				
3	Densidad suelo húmedo	g/cc	1.992	2.045	2.087	2.119				
4	Código de cápsula		A - 100	CH - 2	T-04	CH-2	T-01	C-2	T-03	S-T6
5	Cantidad de H ₂ O agregada	%	12		14		16		18	
6	Peso de cápsula	g	31.95	25.15	32.67	26.21	23.47	23.05	24.82	23.72
7	Peso de cápsula + suelo húmedo	g	133.31	130.58	133.08	131.42	108.67	104.85	109.23	110.42
8	Peso de cápsula + suelo seco	g	122.38	119.24	120.72	118.41	96.77	93.52	96.31	97.05
9	Peso del agua	g	10.9	11.3	12.4	13.0	11.9	11.3	12.9	13.4
10	Peso del suelo seco	g	90	94	88	92	73	70	71	73
11	Humedad	%	12.09	12.05	14.04	14.11	16.23	16.08	18.07	18.23
			12.069		14.074		16.156		18.153	
13	Densidad seca	g/cc	1.78	1.78	1.793	1.792	1.80	1.80	1.79	1.79
			1.777		1.792		1.797		1.793	

Densidad máxima seca 1.797 g/cm³
 Contenido de humedad óptima 16.00 %





VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo organosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Julaca, 2023.
Tesisista : Cristian Victor Chavez Aza
Fecha : Noviembre del 2023

Datos de la muestra

Sondaje / Calicata : C - 3 Ubicación : Comunidad de Chingora
Estrato : M3 Organosilano : 0 l/m³
Profundidad : 1.05 m

Ensayo de valor de soporte de California - ASTM D1883

Nº	Nº DE ENSAYO	Und.	1	2	3
0	Molde N°		A - 5	A - 6	A - 4
1	Número de capas	N°	5	5	5
2	Número de golpes		12	26	56
3	Peso de suelo + molde	g	12,320	12,408	11,660
4	Peso de molde	g	8,185	8,125	7,200
5	Peso del suelo compactado	g	4,135	4,283	4,460
6	Volumen del molde	cm ³	2,126.11	2,116.97	2,131.02
7	Densidad húmeda	g/cm ³	1.945	2.023	2.093

Contenido de humedad

9	Condición de la muestra	Und.	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
10	Código de cápsula	g	Z-4	Z-5	CH-2	CH-3	S-62	A-100
11	Peso de cápsula	g	17.83	34.15	17.52	33.89	16.86	32.40
12	Peso de cápsula + sue. húmedo	g	81.24	149.38	81.56	152.74	70.03	141.48
13	Peso de cápsula + sue. seco	g	72.43	117.83	72.51	122.07	62.55	116.17
14	Peso de agua	g	8.81	31.55	9.05	30.67	7.48	25.31
15	Peso de suelo seco	g	54.60	83.68	54.99	88.18	45.69	83.77
16	Humedad	%	16.14	37.70	16.46	34.78	16.37	30.21
17	Densidad seca	g/cm ³	1.675	21.57	1.737	18.32	1.798	13.84

Expansión

Fecha	Hora	Tiempo (seg)	Dial 0.01"		Expansión		Dial 0.01"		Expansión		Dial 0.01"		Expansión	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%		
11/12/2023	4:30 p. m.	0 h	9.264	0.00	0.00	15.841	0.00	0.00	0.00	0.121	0.00	0.00	0.00	
12/12/2023	5:30 p. m.	24 h	14.603	5.34	4.59	18.543	2.70	2.33	1.726	1.61	1.37			
13/12/2023	6:30 p. m.	48 h	15.725	6.46	5.55	19.916	4.08	3.51	3.331	3.21	2.75			
14/12/2023	7:30 p. m.	72 h	16.612	7.35	6.31	21.284	5.44	4.68	4.936	4.82	4.12			
15/12/2023	8:30 p. m.	96 h	17.631	8.37	7.19	22.730	6.89	5.93	5.403	5.28	4.52			

Penetración

Diametro de pistón de penetración 4.953 cm
Area de pistón de penetración 19.270 cm²

Penetración	Tiempo	Carga Standard	Molde A - 5				Molde A - 6				Molde A - 4			
			Dial		Carga	Corrección	Dial		Carga	Corrección	Dial		Carga	Corrección
			Lectura	mm			Lectura	mm			Lectura	mm		
mm	seg.	kg/cm ²	KN	kg	kg/cm ²	CBR %	KN	kg	kg/cm ²	CBR %	KN	kg	kg/cm ²	CBR %
0.00	00:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		0.18	18.74	0.97		0.24	24.85	1.29		0.29	29.94	1.55	
1.27	01:00		0.24	24.85	1.29		0.31	31.98	1.66		0.36	37.07	1.92	
1.91	01:30		0.27	27.90	1.45		0.36	37.07	1.92		0.40	41.15	2.14	
2.54	02:00	70.307	0.29	29.94	1.55	2.30	0.39	40.13	2.08	3.10	0.46	47.26	2.45	3.60
3.81	03:00		0.34	35.03	1.82		0.44	45.22	2.35		0.59	60.50	3.14	
5.09	04:00	105.460	0.37	38.09	1.98	1.90	0.48	49.29	2.56	2.30	0.73	74.76	3.88	3.60
6.35	05:00		0.41	42.16	2.19		0.50	51.33	2.66		0.90	92.07	4.78	
7.62	06:00		0.44	45.22	2.35		0.54	55.41	2.88		1.12	114.48	5.94	



VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo organosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Julaca, 2023.
Tesisista : Cristian Victor Chavez Aza
Fecha : Noviembre del 2023

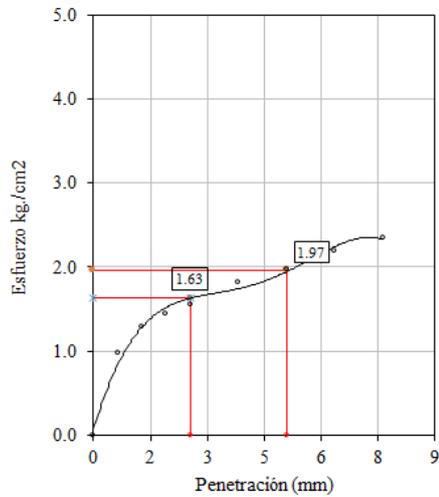
Datos de la muestra

Sondaje / Calicata : C - 3
Estrato : M3
Profundidad : 1.05 m

Ubicación : Comunidad de Chingora
Órganosilano : 0 l/m³

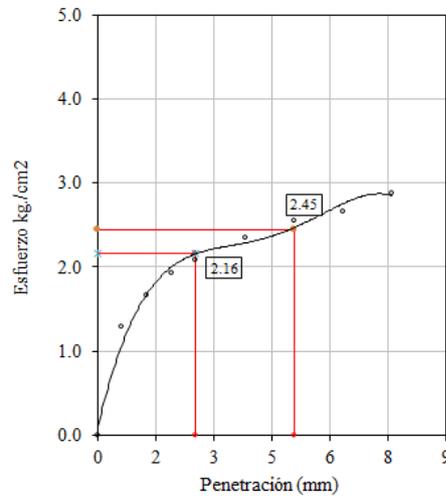
Ensayo de valor de soporte de California - ASTM D1883

C.B.R. (12 golpes)



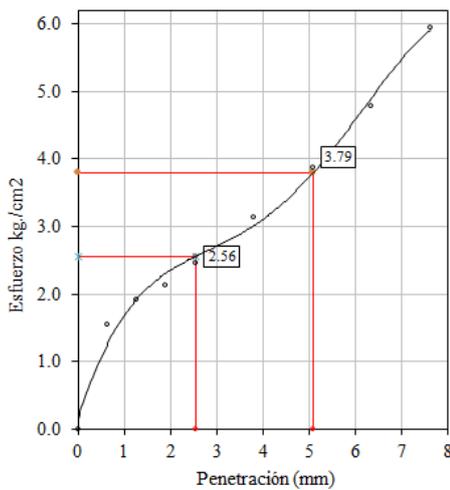
C.B.R. (0.1") 12 GOLPE: 2.30 %

C.B.R. (26 golpes)



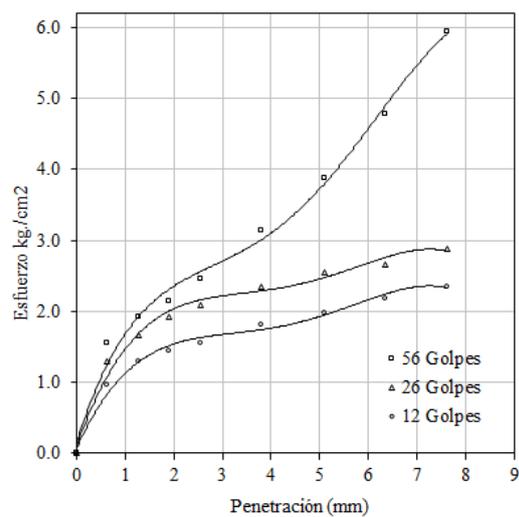
C.B.R. (0.1") 26 GOLPES : 3.10 %

C.B.R. (56 golpes)



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 3.60 %

C.B.R. (56,26 y 12 golpes)





VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo organosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Julíaca, 2023.
Tesisista : Cristian Victor Chavez Aza
Fecha : Noviembre del 2023

Datos de la muestra

Sondaje / Calicata : C - 3 Ubicación : Comunidad de Chingora
Estrato : M3 Organosilano : 0.5 l/m³
Profundidad : 1.05 m

Ensayo de valor de soporte de California - ASTM D1883

Nº	Nº DE ENSAYO	Und.	1	2	3
0	Molde N°		A - 3	A - 7	K - 2
1	Número de capas	Nº	5	5	5
2	Número de golpes		12	26	56
3	Peso de suelo + molde	g	12,450	12,130	12,305
4	Peso de molde	g	8,250	7,920	7,880
5	Peso del suelo compactado	g	4,200	4,210	4,425
6	Volumen del molde	cm ³	2,126.11	2,101.55	2,126.11
7	Densidad húmeda	g/cm ³	1.975	2.003	2.081

Contenido de humedad

9	Condición de la muestra	Und.	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado
10	Código de cápsula	g	CH-1	CH-2	CH-1.2	CH-1.0	S-50	T-03
11	Peso de cápsula	g	25.73	24.18	25.35	24.64	25.58	24.84
12	Peso de cápsula + sue. húmedo	g	77.42	124.46	77.08	124.38	78.35	127.65
13	Peso de cápsula + sue. seco	g	70.06	102.17	69.76	103.85	70.84	107.39
14	Peso de agua	g	7.36	22.29	7.32	20.53	7.51	20.26
15	Peso de suelo seco	g	44.33	77.99	44.41	79.21	45.26	82.55
16	Humedad	%	16.60	28.58	16.48	25.92	16.59	24.54
17	Densidad seca	g/cm ³	1.694	11.98	1.720	9.44	1.785	7.95

Expansión

Fecha	Hora	Tiempo (seg)	Dial 0.01"	Expansión		Dial 0.01"	Expansión		Dial 0.01"	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
11/12/2023	4:30 p. m.	0 h	5.846	0.00	0.00	4.582	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
12/12/2023	5:30 p. m.	24 h	7.722	1.88	1.61	6.012	1.43	1.24	0.976	0.98	0.84
13/12/2023	6:30 p. m.	48 h	9.089	3.24	2.79	6.976	2.39	2.07	1.848	1.85	1.59
14/12/2023	7:30 p. m.	72 h	10.463	4.62	3.97	7.931	3.35	2.90	2.618	2.62	2.25
15/12/2023	8:30 p. m.	96 h	11.366	5.52	4.74	8.423	3.84	3.32	3.491	3.49	3.00

Penetración

Diametro de pistón de penetración 4.953 cm
Area de pistón de penetración 19.270 cm²

Penetración	Tiempo	Carga Standard	Molde A - 3				Molde A - 7				Molde K - 2			
			Dial		Carga	Corrección	Dial		Carga	Corrección	Dial		Carga	Corrección
			Lectura	mm			Lectura	mm			Lectura	mm		
mm	seg.	kg/cm ²	KN	kg	kg/cm ²	CBR %	KN	kg	kg/cm ²	CBR %	KN	kg	kg/cm ²	CBR %
0.00	00:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		0.25	25.87	1.34		0.26	26.88	1.40		0.30	30.58	1.59	
1.27	01:00		0.37	38.09	1.98		0.41	42.16	2.19		0.49	49.95	2.59	
1.91	01:30		0.42	43.18	2.24		0.50	51.33	2.66		0.71	72.38	3.76	
2.54	02:00	70.307	0.47	48.28	2.51	3.80	0.60	61.52	3.19	4.60	0.91	92.77	4.81	6.70
3.81	03:00		0.63	64.57	3.35		0.78	79.85	4.14		1.15	117.23	6.08	
5.09	04:00	105.460	0.81	82.91	4.30	3.90	1.10	112.44	5.84	5.20	1.38	140.68	7.30	6.90
6.35	05:00		0.91	93.09	4.83		1.21	123.65	6.42		1.57	160.05	8.31	
7.62	06:00		1.08	110.41	5.73		1.37	139.94	7.26		1.80	183.49	9.52	



VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

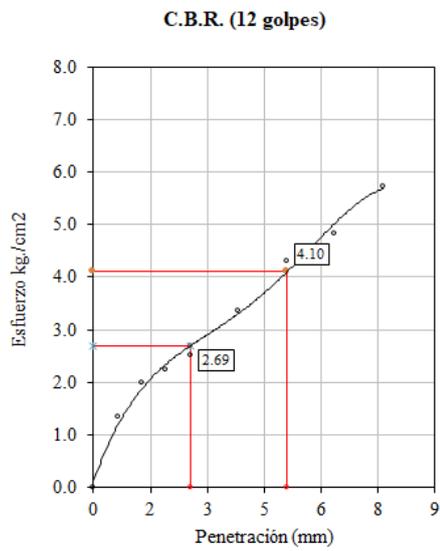
Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo órganosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Julíaca, 2023.
Tesisista : Cristian Victor Chavez Aza
Fecha : Noviembre del 2023

Datos de la muestra

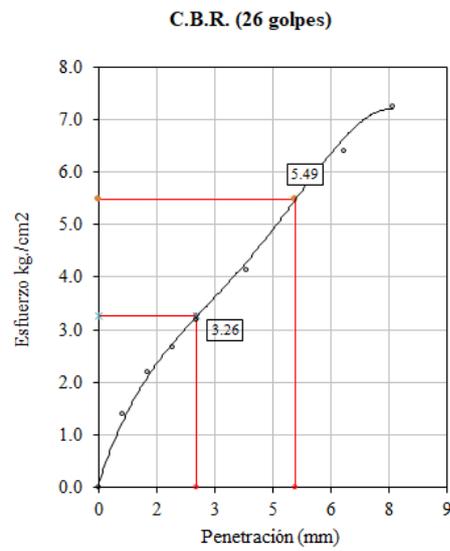
Sondaje / Calicata : C - 3
Estrato : M3
Profundidad : 1.05 m

Ubicación : Comunidad de Chingora
Órganosilano : 0.5 l/m³

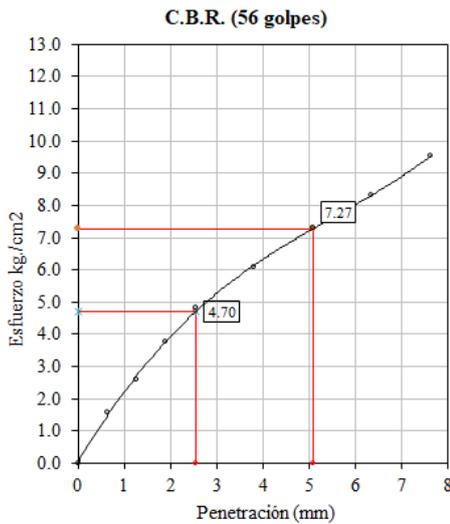
Ensayo de valor de soporte de California - ASTM D1883



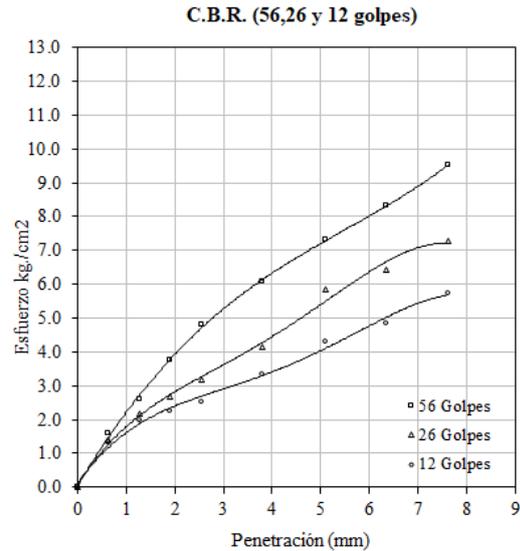
C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 3.80 %



C.B.R. (0.1") 26 GOLPES : 4.60 %



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 6.70 %





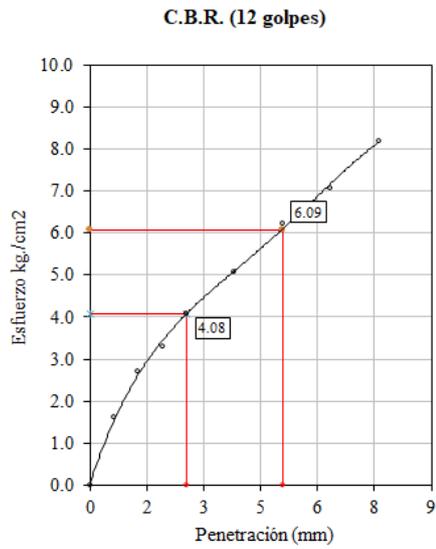
VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

Tesis : Estabilización de suelos arcillosos utilizando el aditivo organosilanos a nivel de subrasante en la pista de salida Cusco-Juliana, 2023.
Tesisista : Cristian Victor Chavez Aza
Fecha : Noviembre del 2023

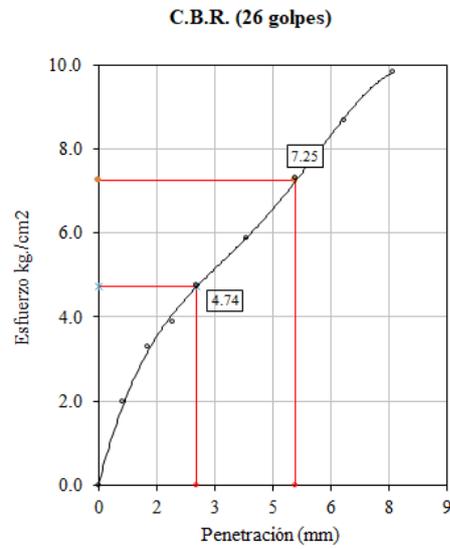
Datos de la muestra

Sondaje / Calicata : C - 3
Estrato : M3
Profundidad : 1.05 m
Ubicación : Comunidad de Chingora
Órganosilano : 1.5 l/m³

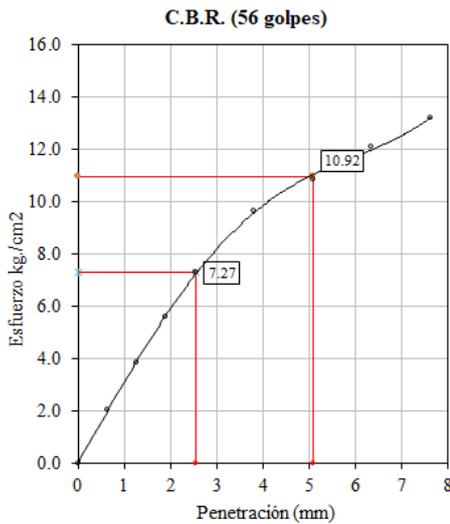
Ensayo de valor de soporte de California - ASTM D1883



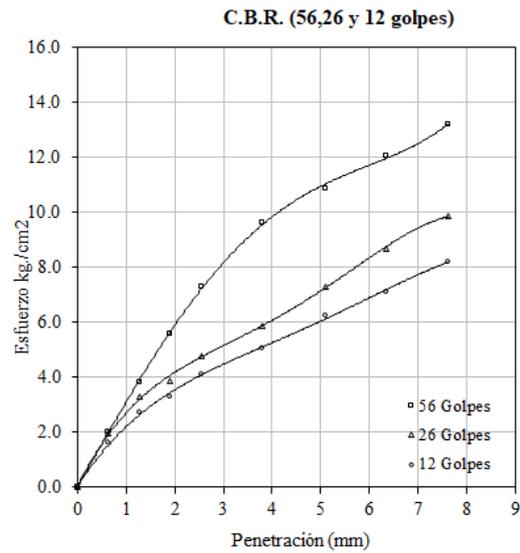
C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 5.80 %



C.B.R. (0.1") 26 GOLPES : 6.70 %

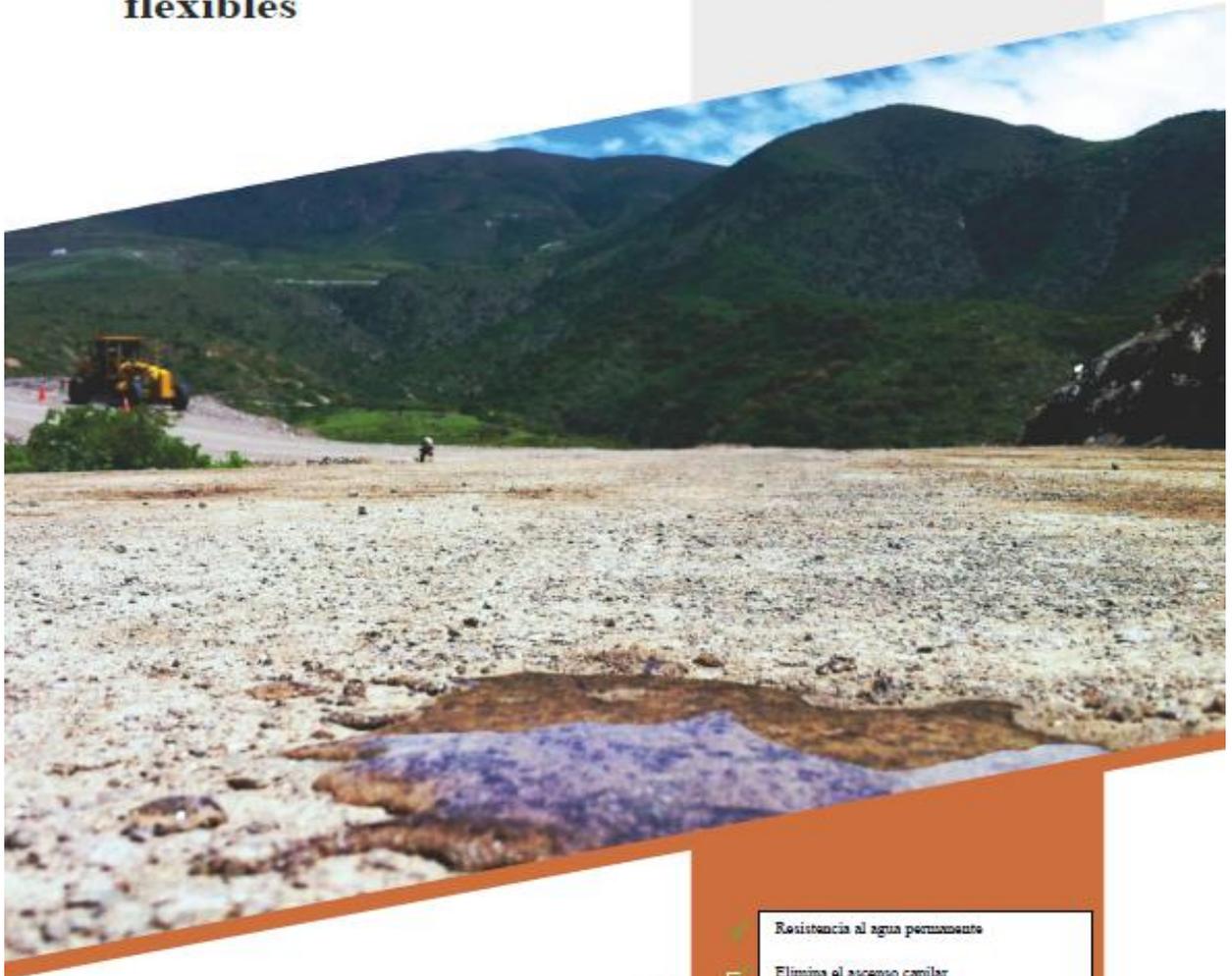


C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 10.30 %



Bases de suelo fuertes, resistentes al agua y flexibles

Zydex[®]
Innovating for Sustainability



TerraSil

El daño por humedad es la principal causa de fallas en las subcapas del suelo y en los caminos de tierra/grava. La infiltración de agua puede hacer que el suelo se expanda y pierda cohesión y se expanda, lo que provocará surcos, corrugaciones, grietas y desmoronamientos. TerraSil es un modificador de suelo fácil de aplicar que reduce permanentemente. Potencial de hinchazón e infiltración de agua en los suelos. Las bases del suelo impermeables al agua tienen un impacto significativo en la extensión general del ciclo de vida.

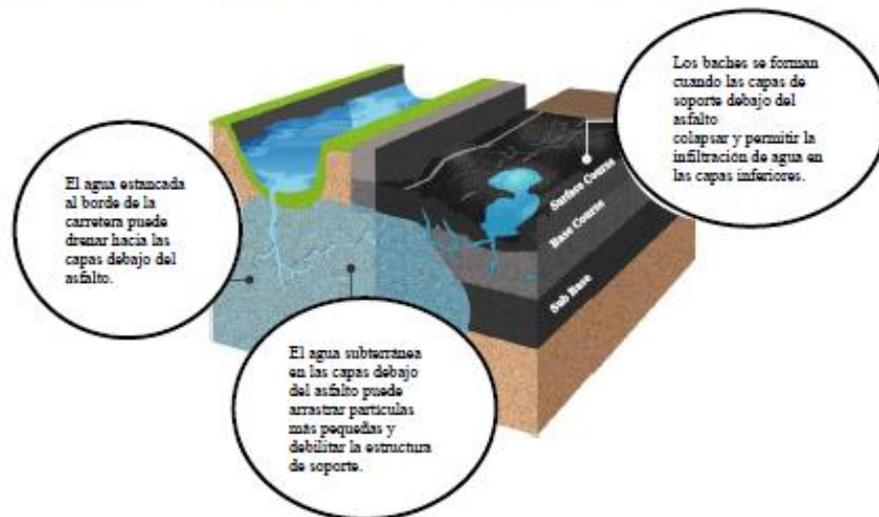
BENEFITS

- ✓ Resistencia al agua permanente
- Elimina el ascenso capilar
- ✓ Previene la congelación y descongelación.
- ✓ Reduce la expansividad
- ✓ Mejora la densidad de compactación
- ✓ Mejora la capacidad de carga
- ✓ Diluible en agua y fácil de aplicar.
- ✓ No lixiviación
- ✓ Respetuoso con el medio ambiente

www.zydesgroup.com

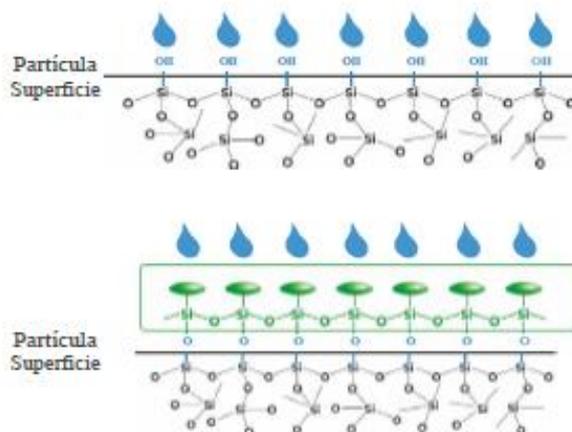
DESAFÍOS

Los daños por humedad son la principal causa de fallos en las subcapas del suelo y en los caminos de tierra/grava. La infiltración de agua puede hacer que el suelo se expanda y pierda cohesión, provocando surcos, corrugaciones, grietas y desmoronamientos. En última instancia, los daños causados por el agua aumentan drásticamente el coste del ciclo de vida de un pavimento.



ACCIÓN QUÍMICA DEL TERRASIL

TerraSil es un modificador reactivo del suelo que modifica permanentemente la superficie del suelo, volviéndolo hidrofóbico. Convierte químicamente los grupos hidroxilo que absorben agua en grupos alquilo resistentes al agua. TerraSil es un producto químico seguro y no lixiviable, y funciona con todo tipo de suelo.



Hidrofílico (amante del agua)

Superficie:

La alta permeabilidad al agua provoca ascenso capilar y entrada en arcones, lo que provoca daños en el pavimento.

Hidrofóbico (repelente al agua)

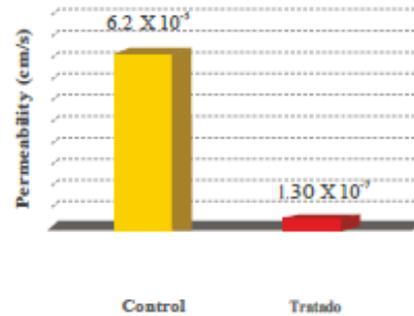
Superficie:

TerraSil reacciona al contacto con el suelo y crea una capa permanentemente repelente al agua en su superficie. Posteriormente el suelo se vuelve impermeable a la entrada de agua.

EXPANSIVIDAD REDUCIDA • RESISTENCIA AL AGUA • MAYOR COMPACTACIÓN

REDUCE LA PERMEABILIDAD DEL AGUA

La solución TerraSil (dilución 1: 200) cuando se aplica por aspersión y se mezcla puede reducir la permeabilidad al agua en un factor de 1000, disminuyendo así significativamente la tasa de infiltración de agua y el ascenso capilar hacia la capa del suelo. Como resultado, las bases de suelo tratadas con TerraSil permanecen significativamente secas durante los períodos de lluvia. Además, el suelo tratado con TerraSil es respirable y permite el escape del agua atrapada en la base del suelo en forma de vapor.



La penetración es entre 10 - 25 mm en bases de suelo compactadas.

REDUCE LA EXPANSIVIDAD

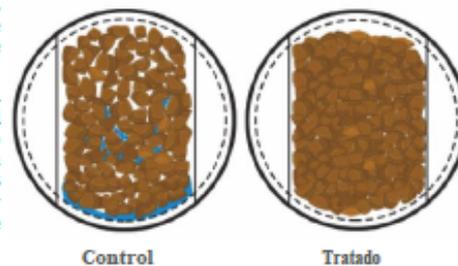
El suelo hidratado se expande horizontal y verticalmente creando una presión de hinchamiento en las bases del suelo debido a la absorción de agua. Esto provoca ondulaciones y también puede provocar grietas en las capas de pavimento. TerraSil reduce la expansividad hasta en un 90% en dosis de 0,5 a 1 kg por metro cúbico de suelo (Índice de Plasticidad de 5 a 25). La adición de cemento garantiza una resistencia húmeda adicional rápida y la adición de ZycoBond mejora la cohesión y flexibilidad del suelo.

MUESTRA	CBR 5 mm 4 días de remojo	% Absorción de agua	Expansión pulgadas
controlar el suelo	10.50	3.50	1.83
Tierra + 1 kg/ m ³ TerraSil + 1 kg/ m ³ ZycoBond	28.10	0.50	0.31
Tierra + TerraSil (1 kg/ m ³) + Cemento (3%)	57.10	0.80	0.08

AUMENTA LA COMPACTACIÓN

Además de impermeabilizar las bases del suelo, TerraSil mejora la facilidad de compactación de modo que se logran fácilmente densidades de supervisores de campo de 100 a 105.

El resultado neto de hacer que los suelos sean resistentes al agua y mejorar la compactación del suelo es el logro de valores de CBR en seco incluso en condiciones húmedas. La compactación mejorada es el resultado de cadenas alquílicas unidas químicamente que proporcionan lubricidad y protección de carga a las partículas del suelo durante el proceso de compactación.



EXPANSIVIDAD REDUCIDA • RESISTENCIA AL AGUA • COMPACTACIÓN AUMENTADA

ACERCA DE ZYDEX

Fundada en 1997, Zydex es una empresa de productos químicos especializados con el propósito de innovar para la sostenibilidad. Estamos comprometidos a crear un mundo sostenible a través de tecnologías innovadoras, respetuosas con el medio ambiente y patentadas en las áreas de AGRICULTURA, TEXTILES, PINTURAS E IMPERMEABILIZACIÓN y CARRETERAS. Nuestra cartera de productos abarca más de 200 soluciones innovadoras con presencia en más de 40 países en todo el mundo.

Química Verde Sostenible

Zydex está profundamente comprometido con las químicas sostenibles que garantizarán un futuro más ecológico para todos. Nuestro compromiso nos ha convertido en pioneros en la introducción de tecnologías no contaminantes y no peligrosas que conservan, protegen y mejoran el medio ambiente. Nuestra pasión es buscar innovaciones que signifiquen un mundo más verde, más seguro y con más recursos renovables. Nuestras tecnologías han sido reconocidas por su contribución a la sostenibilidad y son aceptadas globalmente.

PRESENCIA GLOBAL



Version No. VN05ZZ/2023



Zydex House,
61, Gotri-Sevasi Road,
Vadodara - 390 021,
Gujarat INDIA

+91 265 3312000 (India)
+1 919-744-6468 (USA)

roads@zydexgroup.com

www.zydexgroup.com

SA 8000
ISO 9001:2015 &
ISO 14001:2015
CERTIFIED COMPANY





ADITIVO
ESTABILIZADOR QUÍMICO

FICHA TÉCNICA

Definición

TERRASIL es un aditivo para suelos de última generación, formado al 100% por organosilanos, capaz de repeler el agua, eliminar el hinchamiento y la absorción de suelos. Es, por tanto, un agente impermeabilizante de suelos, que aporta ventajas adicionales a la estabilización tradicional de suelos.

Características físicas

Forma	Líquida
Color	Rojizo pálido
Punto de inflamación	> 80 °C (recipiente cerrado)
Punto de ebullición	200°C
Propiedades Explosiva	No Explosivo
Densidad	1,04 g/ml
Viscosidad(25°C)	100-500 cps

NOTA: Las características son típicas. Estas pueden variar sin que se vea afectado el desempeño del producto.

Dosificación Mezclada

Agua	Terrasil
Necesaria para alcanzar el óptimo de compactación	0,2-2 kg/m ³

Aplicar en el procedimiento mezclado con el material a estabilizar y en disolución con el agua óptima para alcanzar la densidad máxima.

Estas son dosificaciones recomendadas. La solución definitiva se obtiene de los ensayos de laboratorio realizados a cada tipo de material, evaluando el coste-beneficio en cada proyecto.

Dosificación Riegos

Agua	Terrasil	Dosificación
300 litros	1 kg	0,01 Kg/m ²

Aplicar sobre la superficie compactada con 3 l/m² de la disolución en dos fases

Estas son dosificaciones recomendadas. La solución definitiva se obtiene de los ensayos de laboratorio realizados a cada tipo de material, evaluando el coste-beneficio en cada proyecto.

Aplicación del sistema



Pasos a seguir:

1. Mezcla de TerraSil para impermeabilización de suelo existente. (Siempre que sea posible y se vaya a realizar una recarga u aportación de material)
2. Compactación del terreno existente
3. Riego de la solución 1:300. 3 litros/m² en dos fases. RIEGO-SECADO-RIEGO
4. Comprobar impermeabilidad.
5. Comprobación de datos de humedad y características del material a estabilizar
6. Mezcla de TerraSil en el agua necesaria para alcanzar la humedad óptima de compactación.
7. Colocación del material sobre el suelo existente impermeabilizado, si se aporta material o se realiza recarga.
8. Escarificado o reciclado en función de la maquinaria a emplear.
9. Aplicación de la mezcla de agua + TerraSil.
10. Mezclado con el material a estabilizar.
11. Nivelación, bombeos y pendientes.
12. Compactado de la tongada estabilizada.
13. Refinado del material.
14. Compactado al 100%.
15. Riego de sellado 1:300 de TerraSil.
16. Comprobación de impermeabilidad.



Av. Parque de las leyendas N° 210 Of. 802 Urb. Pando-San Miguel (51-1) 320 3767
(51) 971354248 E achavez@brem.com.pe www.brem.com.pe

2015-FTP-02-TER-v03



Beneficios

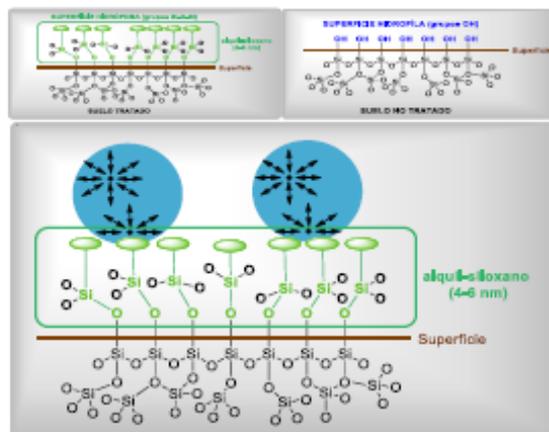
1. El suelo tratado consigue características hidrófobas de forma permanente.
2. El suelo mantiene la transpiración (expulsa el agua en forma de vapor).
3. Reduce el índice de plasticidad de los suelos.
4. Se aumentan los valores de CBR.
5. El Hinchamiento se reduce.
6. Mejora el Módulo Resiliente.
7. Se mejoran los datos de densidad y compactación en obra.
8. Es posible reducir el consumo de agua necesaria para la compactación del material.

Modo de Acción

TerraSil es un aditivo modificador de suelos compuesto al 100% por organosilanos, soluble en agua, estable al calor y la radiación ultravioleta. Su principal acción, por tanto, consiste en la impermeabilización de suelos y subsuelos.

Posee grupos silanol, que reaccionan con los silicatos presentes en el suelo, transformando su superficie y confiriéndoles propiedades hidrófobas permanentes.

Así, el suelo repelerá las moléculas de agua, impermeabilizándolo y evitando los problemas derivados de la presencia de la misma.



Repulsión de las gotas de agua sobre la superficie por interacciones desfavorables polar-apolar.

Debido a la inexistencia de grupos polares en la superficie de los suelos, las gotas de agua no sufren ruptura en sus moléculas constitutivas, al no formarse los enlaces de hidrógeno necesarios para ello. De esta manera, las repulsiones de tipo sustancia polar-sustancia apolar originan que se mantenga la tensión superficial en las gotas de agua, permaneciendo sobre la superficie del suelo.



Aspecto de gotas de agua depositadas sobre suelos tratados con TerraSil. Como se puede observar, la repelencia de la gota es total.

Presentación

La presentación de los productos se realiza en bidones de 20 kg.

Exposición a la humedad

El producto es reactivo a la humedad. La exposición excesiva a la humedad puede conducir a un aumento de la viscosidad y gelificación.

Almacenamiento

Almacenar en lugar fresco. Conservar el envase herméticamente cerrado en lugar seco y bien ventilado. Mantener alejado de cualquier material oxidante, inflamable, percloratos, ácido crómico o ácido nítrico.

Estabilidad del producto mezclado

No almacenar el producto después de la dilución en agua.

Comprobación del agua y del Terrasil.

Antes de comenzar es necesario comprobar la calidad del agua (TDS hasta 1.000 ppm). Si no requerimos de esta información, hacer una solución de 1 ml de Terrasil de Terrasil y 10 ml de agua para formar una solución transparente.

En caso de que la solución salga blanquecina no proceda a la aplicación y póngase en contacto con el representante de Zydex (Optimasoil).



Equipo necesario para la aplicación.

Camión cisterna o equipo de agua para hacer la solución.

Cisterna de agua con pulverizador (la cisterna debe estar limpia).

Fuente de Agua Portable (TDS hasta 1000 ppm).

Equipo de seguridad (casco, chaleco de seguridad..)

Preparación de la Solución.

Preparar una solución de agua con Terrasil.

Por ejemplo para riegos de impermeabilización se mezclara en la proporción 1 litro de Terrasil cada 300 litros de agua.

Se recomienda llenar el tanque o la cisterna con el agua necesaria y añadir posteriormente la cantidad de Terrasil previamente calculada.

Mezclar con movimiento previo a su aplicación.

Comprobación de la impermeabilización

Antes de la aplicación comprobar la permeabilidad en una zona mediante el Test de RILEM.

Después del secado realizar el Test de RILEM en la superficie tratada, y observar reducción en la tasa de percolación frente a la primera prueba.

Test de Rilem

Limpie la superficie

Fijar la arcilla alrededor del tubo RILEM, colocar en superficie de la carretera y presione la arcilla fuertemente

Llenar de agua el tubo RILEM con cuentagotas hasta el nivel. En el caso de aparición de burbujas de aire eliminar por gotero.

Inicie el cronómetro y registrar el tiempo que tarda en bajar el agua por debajo del nivel a partir de los 4 ml.

La duración del ensayo es de 20 minutos después del tratamiento aumentar la duración del ensayo RILEM 1 hora para simular condiciones fuertes lluvias.

Manipulación segura

Lavar exhaustivamente tras la manipulación.

Evítese el contacto con los ojos y la piel.

Los recipientes que se abren deben volverse a cerrar cuidadosamente y mantener en posición vertical para evitar pérdidas.

NOTA 1: En caso de contacto por cualquier vía proporcionar atención médica.

NOTA 2: La información y sugerencias son hechas con base en la experiencia e investigaciones realizadas, esto no implica una garantía ya que se recomienda que cada cliente realice las pruebas preliminares.

CONTACTE A SU ASESOR TÉCNICO COMERCIAL.
CONSULTE LA HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD.



Ficha de Datos de Seguridad

De conformidad con el Reglamento OSHA y el Reglamento Europeo estándar

1. Identificación de la sustancia y de la empresa

Nombre del producto: TERRASIL® / TERRASIL®
Compañía: Zydex Industries

106, Kitty Hawk Dr.,
Morrisville, NC 27560
Phone +1 (919) 544 3131
USA

2. Composición/Información sobre los componentes

Organosilano IONICO:	65-70%
Alcohol bencílico (CAS #100-51-6):	25-27 %
Etilenglicol (CAS #107-21-1):	3-5%

3. Identificación de los peligros

Clasificación de la sustancia o de la mezcla (HMIS)

Salud 1
Flamabilidad 0
Peligros físicos 1

Efectos potenciales sobre la salud

Ojos: Puede causar irritación
Cutáneo: Puede causar irritación
Inyección: Puede causar molestia gastrointestinal
Inhalación: Puede causar irritación del sistema respiratorio

4. Primeros auxilios

La persona debe retirarse de la fuente de exposición. Consultar a un especialista, mostrar la ficha de seguridad.

En caso de contacto con la piel o la ropa: Quitar la ropa, eliminar lavando con agua el área afectada durante al menos 10-15 minutos. Consultar a un especialista.

En caso de contacto con los ojos: Quitar las lentes de contacto. Lávese a fondo con agua tibia abundante durante al menos 10-15 minutos y consulte al especialista.

En caso de inhalación: Consultar al especialista.

5. Medidas de lucha contra incendios

Punto de inflamación > 90 °C (167 °F)

Temperatura de autoignición: 399 °C (750 °F)

Medios de extinción:

Información general	El producto es soluble en agua. Los contenedores pueden generar presión si se exponen al calor y/o llamas. Utilizar equipo de respiración autónomo para la lucha contra el fuego (aprobado por la MSHA/NIOSH o equivalente), y vestimenta apropiada. Los vapores pueden difundir hasta una fuente de ignición e incendiarse de nuevo. Se quemará si hay un fuego cercano. Los líquidos inflamables pueden provocar vapores que formen mezclas explosivas a temperaturas superiores al punto de inflamación. Utilizar agua pulverizada para mantener los contenedores expuestos al fuego frescos. Los contenedores pueden explotar en contacto con el fuego.
Medios de extinción	En caso de fuegos pequeños, utilizar polvo seco, dióxido de carbono, agua pulverizada o espuma resistente al alcohol. En caso de fuegos grandes, utilizar agua pulverizada o espuma resistente al alcohol. El agua pulverizada puede utilizarse para enfriar los contenedores cerrados.

6. Medidas en caso de vertido accidental

Precauciones relativas al medio ambiente	No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.
Métodos y material de contención y limpieza	Contener y recoger el derrame con un material absorbente y eliminarlo de acuerdo a las regulaciones locales y estatales. Limpiar con agua.
Precauciones personales, equipo de protección	Utilizar guantes y gafas de seguridad para el manejo del derrame.
Manipulación	Asegurar la manipulación en una zona bien ventilada.
Protección en caso de incendio	Retirar del calor y la fuente de ignición. Retirar de las chispas.

7. Manipulación y almacenamiento

Exposición a la humedad	El producto reacciona con la humedad y genera material polimérico.
Manipulación	Lavar exhaustivamente tras la manipulación. Utilizar únicamente en lugares bien ventilados. Usar equipamiento a prueba de chispas y explosiones. Evitar el contacto con los ojos, la piel y la ropa. Los contenedores vacíos pueden retener residuos del producto y constituir peligro. Mantener los contenedores cerrados y alejados de las chispas, fuego o calor. Evitar la ingestión y/o inhalación. No presurizar, cortar, taladrar o exponer los contenedores vacíos al calor, chispas o llamas.
Almacenamiento	Mantener alejado del calor, chispas y llamas. Mantener alejado de fuentes de ignición. Almacenar en contenedores cerrados y mantener alejado de materiales oxidantes. Almacenar en un lugar bien ventilado y fresco, lejos de materiales incompatibles (como por ejemplo, materiales inflamables). No almacenar cerca de percloratos, peróxidos, ácido crómico o ácido nítrico.

8. Controles de exposición/Protección individual

Controles técnicos apropiados: Utilizar materiales a prueba de explosión con ventilación. Los lugares de almacenamiento y manipulación deben estar equipados con lavabo de ojos y ducha de seguridad. Utilizar ventilación necesaria para mantener los valores de vapor en aire por debajo del límite permitido.

OSHA PELs: Etilenglicol: 1000 ppm TWA; 1900 mg/m³ TWA

Equipo de protección personal

Protección de los ojos/cara	Utilizar gafas de seguridad aprobadas por el reglamento OSHA (29 cfr 1910.133) o estándares europeos (EN166)
Protección de la piel	Manipular con guantes adecuados para evitar el contacto con la piel.
Protección corporal	Llevar equipamiento de protección adecuado para evitar el contacto con la piel.
Protección respiratoria	Usar un respirador testado y aprobado bajo los estándares apropiados: OSHA 29 CFR 1910.134 y ANSI Z88.2 o EN 149 (EU).

9. Propiedades físicas y químicas

Estado	Líquido
Color	Rojizo pálido
Punto de inflamación	> 90 °C
Peligro de explosión	No explosivo
Densidad	1.04 g/MI
Solubilidad	Miscible con agua
pH	Disolución al 10%: neutra o ligeramente ácida
Viscosidad	100 – 500 cps a 25 °C

10. Estabilidad y reactividad

Estabilidad química	Estable en condiciones normales de presión y temperatura.
Condiciones que deben evitarse	Materiales incompatibles, fuentes de ignición, calor excesivo, oxidantes.
Materiales incompatibles	Oxidantes fuertes, ácidos y bases.
Productos de descomposición peligrosa	No se produce polimerización peligrosa

11. Información toxicológica

Efectos de sobre exposición: No disponible

Carcinogenia: No disponible

Neuro-toxicidad: No disponible

12. Información ecológica

Eco-toxicidad: información específica no disponible.

13. Consideraciones relativas a la eliminación

El departamento encargado de la eliminación de residuos deberá determinar si el producto químico desechado es considerado peligroso de acuerdo a los reglamentos locales y estatales. Además, dicho departamento debe actuar de acuerdo a dichos reglamentos, y asegurar el cumplimiento riguroso de los mismos.

14. Información relativa al transporte

El producto no constituye una sustancia peligrosa para el transporte nacional/internacional por vía terrestre, marítima o aérea.

DOT Transporte terrestre	No aplica UN-No: 9003 Grupo de empaquetado: No regulado Nombre para distribución: Disolución en alcohol bencílico
IMDG-Transporte marítimo	No aplica UN-No: 9003 Grupo de empaquetado: No regulado Nombre para distribución: Disolución en alcohol bencílico
ICAO-TI/IATA-DGR- Transporte aéreo	No aplica UN-No: 9003 Grupo de empaquetado: no regulado Nombre para distribución: Disolución en alcohol bencílico

15. Información reglamentaria

EEUU: (TSCA): Todos los componentes están incluidos en el inventario TSCA

UE: (EINECS): 263-413-7

16. Información adicional

La información contenida arriba se considera correcta pero no pretende ser exhaustiva y deberá utilizarse únicamente de forma orientativa. La información contenida en este documento está basada en nuestro conocimiento actual, y es aplicable a las precauciones de seguridad apropiadas para el producto. No presenta ninguna garantía de las propiedades del producto. Cada usuario deberá revisar y aplicar las recomendaciones específicas y determinar su adecuación o no a las regulaciones y condiciones locales y estatales. *BREM ENVIRONMENTAL SOLUTIONS SAC* no responderá por ningún daño resultante de la manipulación o contacto con el producto indicado arriba.

ANEXO 9: Evidencias fotográficas



Extracción de muestra



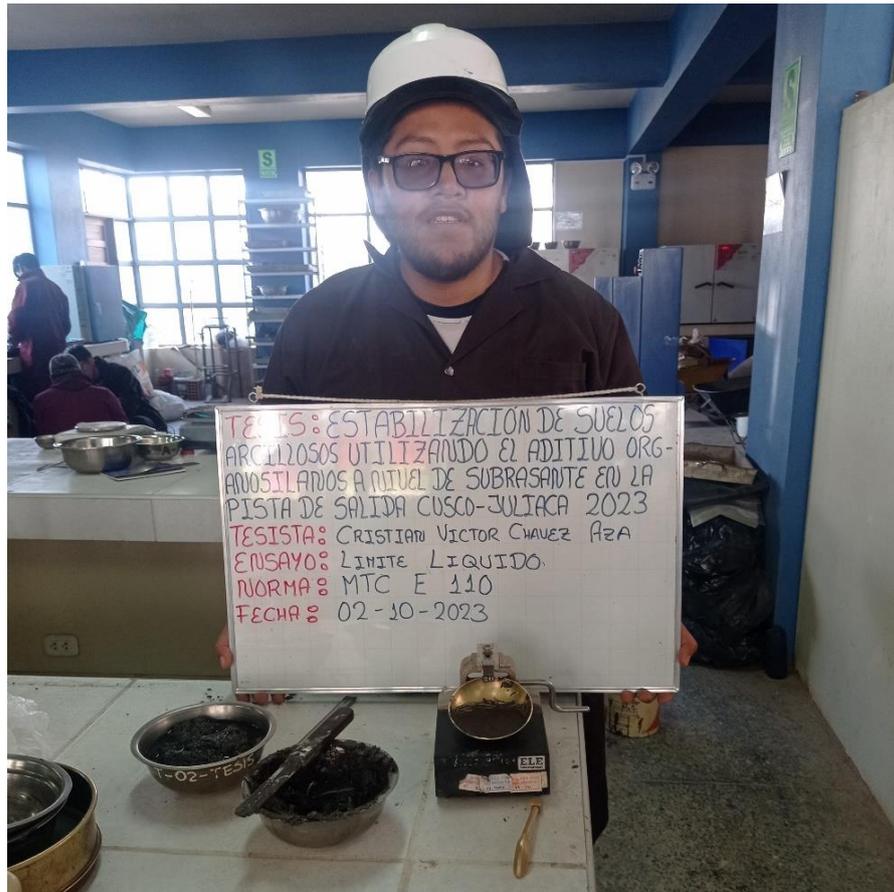
Ensayo de cuarteo de material



Análisis granulométrico del suelo



Límites de Consistencia



Ensayo de Límite Líquido



Ensayo de Limite Plástico



Ensayo de Proctor Modificado



Compactación de muestra de Proctor Modificado



Ensayo de CBR



Muestras de CBR



Rotura de Moldes de CBR



Materiales para el ensayo de Permeabilidad



Ensayo de Permeabilidad



Medición de vía

ANEXO 10: Plano de ubicación de calicatas

