

FACULTAD DE INGENIERÍA
Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE DE
SUELOS ARENO ARCILLOSOS UTILIZANDO
22%, 34% Y 48% DE CONCHAS DE ABANICO EN
LA ZONA SUR DE LIMA”

Tesis para optar al título profesional de:
Ingeniera Civil

Autoras:

Alessandra Rabines Chavez
Gianella Antuanet Garcia Chiara

Asesor:

MBA. Ing. Jose Luis Neyra Torres
<https://orcid.org/0000-0002-6470-2998>

Lima - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1	NEICER CAMPOS VASQUEZ	42584435
Presidente(a)	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 2	RUBEN KEVIN MANTURANO CHIPANA	42584435
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 3	ERICK HUMBERTO RABANAL CHAVEZ	42009981
	Nombre y Apellidos	N° DNI

INFORME DE SIMILITUD

TESIS-GARCIA-RABINES-FV

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.upse.edu.ec Fuente de Internet	2%
2	dspace.uazuay.edu.ec Fuente de Internet	1%
3	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%

DEDICATORIA

La presente tesis va dedicada a mis padres Dina y Alejandro por todo su apoyo, amor y ser mi guía durante este camino universitario. Asimismo, por todos los valores y principios inculcados. A mi abuelo Lorenzo quién constantemente me aconsejó hasta el final nunca rendirme y obtener mi título de ingeniera. A mis abuelos Margarita, Ubaldo y Juana porque jamás dejaron de creer en mí y son mis ángeles guardianes.

Alessandra Rabines

Dedicada a mis padres Lucia y Carlos, por apoyarme en alcanzar mis metas, enseñarme a seguir adelante. Para mi hermano Giancarlo por su complicidad, su gran cariño y ser mi motivación. Para mi familia por siempre brindarme su amor incondicional y unión en todo momento. En la memoria de mi querido abuelo Jorge Chiara A. y mi tío Jorge Chiara T.

Gianella García

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi fortaleza en los momentos difíciles, a mi familia, a todos mis profesores por transmitirme sus valiosos conocimientos, compañeros de clases y a la universidad en general. A mis amigos que siempre estuvieron presentes.

Alessandra Rabines

Agradezco a toda mi familia quienes son mi motor y han creído en mí siempre. A mis profesores, compañeros y amigos que he tenido durante mi etapa universitaria, que han fomentado en mí el deseo de superación y logros para mi vida.

Gianella García

Un sincero y especial agradecimiento a nuestro asesor de tesis, el Ing. José Luis Neyra, quien nos guió y orientó en el desarrollo de la presente tesis con sus valiosos conocimientos y experiencia profesional. A nuestros profesores de laboratorio que nos orientaron y apoyaron, Enzo Pacahuala, John Rodríguez y Lorena Nuñez. A los profesores del curso de Taller de Tesis, el Ing. Gram Rivas y el Ing. Carlos Luy. A nuestros compañeros, Antonio LL., Jorge T. y Manuel H.

Alessandra Rabines & Gianella García

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	18
ABSTRACT	19
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	20
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	54
CAPÍTULO III. RESULTADOS	140
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	197
REFERENCIAS	206
ANEXOS.....	210

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Cantidad mínima de muestra representativa</i>	43
Tabla 2 <i>Matriz de consistencia</i>	57
Tabla 3 <i>Cantidad mínima de puntos de investigación</i>	61
Tabla 4 <i>Cantidad mínima de muestra representativa</i>	81
Tabla 5 <i>Contenido de humedad de la muestra de cada calicata</i>	140
Tabla 6 <i>Contenido de humedad de las CA</i>	141
Tabla 7 <i>Peso específico de la muestra M1</i>	142
Tabla 8 <i>Granulometría de la muestra M1, M2 y M3 del SAA</i>	143
Tabla 9 <i>Granulometría 22%,34%, y 48% de CA y SAA</i>	148
Tabla 10 <i>Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de cada calicata</i>	153
Tabla 11 <i>Límites del 22%,34% y 48% de CA y SAA</i>	154
Tabla 12 <i>Clasificación SUCS de la muestra por cada calicata</i>	161
Tabla 13 <i>Clasificación SUCS por muestra de SAA y CA</i>	168
Tabla 14 <i>Clasificación de materiales para subrasantes de carreteras</i>	169
Tabla 15 <i>Clasificación de materiales para subrasantes de carreteras</i>	170
Tabla 16 <i>Clasificación de materiales para subrasantes de carreteras</i>	171
Tabla 17 <i>Clasificación AASHTO por muestra de cada calicata</i>	172
Tabla 18 <i>Clasificación AASHTO por muestra de SAA y CA</i>	176
Tabla 19 <i>Densidad máxima seca y humedad óptima del SAA</i>	177
Tabla 20 <i>Proctor modificado de 78% SAA + 22% CA</i>	178
Tabla 21 <i>Proctor modificado de 66% SAA + 34% CA</i>	179
Tabla 22 <i>Proctor modificado de 52% SAA + 48% CA</i>	180
Tabla 23 <i>Densidad máxima seca y humedad óptima de las mezclas de SAA y CA</i>	181
Tabla 24 <i>California bearing ratio (CBR) del SAA</i>	182

Tabla 25 <i>Cantidades de mezcla de SAA y CA</i>	184
Tabla 26 <i>California Bearing Ratio (CBR) de 78% SAA + 22% CA</i>	184
Tabla 27 <i>California Bearing Ratio (CBR) de 66% SAA + 34% CA</i>	186
Tabla 28 <i>California Bearing Ratio (CBR) de 52% SAA + 48% CA</i>	187
Tabla 29 <i>CBR al 95% de cada mezcla de CA y SAA</i>	188
Tabla 30 <i>Promedio muestral y desviación estándar de SAA y 78% SAA + 22% CA</i>	191
Tabla 31 <i>Promedio muestral y desviación estándar de SAA y 66% SAA + 34% CA</i>	193
Tabla 32 <i>Promedio muestral y desviación estándar de SAA y 52% SAA + 48% CA</i>	194
Tabla 33 <i>Categorías de Sub rasante</i>	197
Tabla 34 <i>Porcentajes de mejora del CBR</i>	199

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Capas de pavimentos</i>	29
Figura 2 <i>Proceso para la Identificación del Tipo del suelo</i>	31
Figura 3 <i>Proceso de selección del Tipo de Estabilización</i>	32
Figura 4 <i>Unidad de vibroflotación</i>	35
Figura 5 <i>Principios de pre-compresión</i>	36
Figura 6 <i>Drenes de arena</i>	37
Figura 7 <i>Parte externa e interna de los residuos de conchas de abanico del botadero</i>	38
Figura 8 <i>Concha de abanico</i>	39
Figura 9 <i>Mapa de la zona sur de Lima Metropolitana</i>	55
Figura 10 <i>Diagrama de flujo del procedimiento de la tesis</i>	60
Figura 11 <i>Perfil estratigráfico de la calicata C1</i>	62
Figura 12 <i>Perfil estratigráfico de la calicata C2</i>	63
Figura 13 <i>Perfil estratigráfico de la calicata C3</i>	64
Figura 14 <i>Mapa de ubicación de los residuos de conchas de abanico en Ica</i>	65
Figura 15 <i>Panorama del botadero en dirección a la carretera</i>	67
Figura 16 <i>Panorama del botadero en dirección al Sur</i>	68
Figura 17 <i>Panorama del botadero en dirección al mar</i>	68
Figura 18 <i>Recolección de residuos de conchas de abanico por Alessandra Rabines</i>	69
Figura 19 <i>Recolección de residuos de conchas de abanico por Gianella Garcia</i>	69
Figura 20 <i>Residuos de conchas de abanico del botadero</i>	70
Figura 21 <i>Ejemplo de residuos de conchas de abanico roto</i>	70
Figura 22 <i>Sitio de limpieza ubicado al lado del muelle Chaco</i>	71
Figura 23 <i>Limpieza de los residuos de conchas de abanico</i>	71
Figura 24 <i>Secado bajo el sol de los residuos de conchas de abanico</i>	72

Figura 25 Vista de los residuos de conchas de abanico secando bajo el sol	72
Figura 26 Ejemplo de tamaño de 5 residuos de conchas de abanico del botadero	73
Figura 27 Medidas en milímetros de 5 residuos de conchas de abanico del botadero	74
Figura 28 Saco de conchas de abanico para la máquina de abrasión de los ángeles	75
Figura 29 Colocación de las conchas de abanico en la máquina de abrasión de los ángeles	75
Figura 30 Máquina de abrasión de los ángeles con conchas de abanico	76
Figura 31 Colocación de las billas de acero a la máquina de abrasión de los ángeles	76
Figura 32 Retiro de las conchas de abanico de la máquina de abrasión de los ángeles	77
Figura 33 Conchas de abanico trituradas y las billas de acero usadas.....	77
Figura 34 Colocación de las conchas de abanico en la malla N°04	78
Figura 35 Tamizado de las conchas de abanico con la malla N°04	78
Figura 36 Separación de lo retenido de conchas de abanico de la malla N°04	79
Figura 37 Colocación en la máquina de abrasión de los ángeles de lo retenido de la malla N°04	79
Figura 38 Detalle de lo pasante de la malla N°04 de conchas de abanico	80
Figura 39 Bolsas con todo lo pasante de la malla N°04 de conchas de abanico	80
Figura 40 Taras con las muestras M1, M2 y M3 con 500g cada uno	82
Figura 41 Muestras M1, M2 y M3 colocadas en el horno de secado.....	82
Figura 42 Retiro de las muestras M1, M2 y M3 cumplidas las 24 horas	83
Figura 43 Registro del peso de las muestras M1, M2 y M3	83
Figura 44 Lavado de la muestra en el tamiz N°200	85
Figura 45 Muestras M1, M2 y M3 colocadas en el horno de secado.....	85
Figura 46 Retiro de las muestras M1, M2 y M3 cumplidas las 24 horas	86

Figura 47 Registro del peso de las muestras M1, M2 y M3	86
Figura 48 Tamices ordenados de mayor a menor diámetro	87
Figura 49 Proceso de tamizado de cada muestra del suelo natural.....	87
Figura 50 Peso de cada tamiz del suelo natural M1	88
Figura 51 Peso de cada tamiz del suelo natural M2	89
Figura 52 Peso de cada tamiz del suelo natural M3	90
Figura 53 Muestra de 200g del suelo natural en el tamiz N°40	91
Figura 54 Muestra retenida y pasante del suelo natural en el tamiz N°40	92
Figura 55 Calibración de la copa Casagrande	92
Figura 56 Mezclado de la muestra del suelo	93
Figura 57 Colocación de la mezcla en la copa Casagrande y creación de la línea central	93
Figura 58 Inicio de los golpes a la copa Casagrande	94
Figura 59 Contacto de las mitades de la mezcla del suelo	94
Figura 60 Recipientes con cada prueba de la copa Casagrande	95
Figura 61 Muestra del suelo areno arcilloso tamizado por la malla N°40	96
Figura 62 Mezcla del suelo areno arcilloso	96
Figura 63 Elaboración de los cilindros encima del vidrio esmerilado	97
Figura 64 Recipientes con suelo natural del ensayo	97
Figura 65 Enrasamiento de los moldes	99
Figura 66 Pesos del molde N°1, N°2 y N°3 con material compactado	99
Figura 67 Pesos de PA-4, PA-5, PA-2 y PA-3 para contenido de humedad	99
Figura 68 Mezcla manual del material.....	101
Figura 69 Colocación por capa del material en el molde	101
Figura 70 Golpes con el pistón en cada molde para 10, 25 y 56 golpes.....	102

Figura 71 Enrasamiento de los moldes	102
Figura 72 Colocación del molde A2, B2 y C2 en el tanque durante horas	103
Figura 73 Escurrimiento por 15 min del molde A2, B2 y C2	103
Figura 74 Colocación del molde A2, B2 y C2 en la prensa para ensayos CBR.....	104
Figura 75 Pesos de A1, B1 y C1 para contenido de humedad y densidad seca	104
Figura 76 Pesos de las conchas de abanico trituradas	105
Figura 77 Procedimiento del Peso específico de CA.....	106
Figura 78 Cuarteo y tamizado de las conchas de abanico	107
Figura 79 Peso de cada tamiz de las conchas de abanico M1	108
Figura 80 Proceso de tamizado para cada SAA + 22%, 34% y 48% CA	109
Figura 81 Peso de cada tamiz de 78% de SAA + 22% de CA	110
Figura 82 Peso de cada tamiz de 66% de SAA + 34% de CA	111
Figura 83 Peso de cada tamiz de 52% de SAA + 48% de CA	112
Figura 84 Pesos del 78% de suelo areno arcilloso para 10, 25 y 56 golpes.....	115
Figura 85 Pesos del 22% de conchas de abanico para 10, 25 y 56 golpes.....	115
Figura 86 Mezcla manual del material con 22% de conchas de abanico	116
Figura 87 Bolsas con material con 22% de CA para 10, 25 y 56 golpes	116
Figura 88 Pesos del molde A2, B2 y C2 vacíos	117
Figura 89 Colocación por capa del material en el molde	117
Figura 90 Golpes con el pistón en cada molde para 10, 25 y 56 golpes.....	118
Figura 91 Enrasamiento de los moldes	118
Figura 92 Pesos de M1, M2 y M3 para contenido de humedad y densidad seca.....	119
Figura 93 Pesos del molde A2, B2 y C2 con material compactado.....	119
Figura 94 Colocación del molde A2, B2 y C2 en el tanque durante 96 horas	120

Figura 95	<i>Escurrimiento por 15 min del molde A2, B2 y C2</i>	120
Figura 96	<i>Pesos del molde A2, B2 y C2 saturados</i>	121
Figura 97	<i>Colocación del molde A2, B2 y C2 en la prensa para ensayos CBR</i>	121
Figura 98	<i>Extracción de material central de cada molde para determinar la humedad</i>	122
Figura 99	<i>Pesos de A1, B1 y C1 para contenido de humedad y densidad seca</i>	122
Figura 100	<i>Pesos del 66% de suelo areno arcilloso para 10, 25 y 56 golpes</i>	123
Figura 101	<i>Pesos del 34% de conchas de abanico para 10, 25 y 56 golpes</i>	123
Figura 102	<i>Mezcla manual del material con 34% de conchas de abanico</i>	124
Figura 103	<i>Bolsas del material con 34% de CA para 10, 25 y 56 golpes</i>	124
Figura 104	<i>Pesos del molde A2, B2 y C2 vacíos</i>	125
Figura 105	<i>Colocación por capa del material en el molde</i>	125
Figura 106	<i>Golpes con el pistón en cada molde para 10, 25 y 56 golpes</i>	126
Figura 107	<i>Enrasamiento de los moldes</i>	126
Figura 108	<i>Pesos de PA-2, PA-3 y PA-4 para contenido de humedad y densidad seca</i>	127
Figura 109	<i>Pesos del molde A2, B2 y C2 con material compactado</i>	127
Figura 110	<i>Colocación del molde A2, B2 y C2 en el tanque durante 96 horas</i>	128
Figura 111	<i>Escurrimiento por 15 min del molde A2, B2 y C2</i>	128
Figura 112	<i>Pesos del molde A2, B2 y C2 saturados</i>	129
Figura 113	<i>Colocación del molde A2, B2 y C2 en la prensa para ensayos CBR</i>	129
Figura 114	<i>Extracción de material central de cada molde</i>	130
Figura 115	<i>Pesos de A1, B1 y C1 para contenido de humedad y densidad seca</i>	130
Figura 116	<i>Pesos del 52% de suelo areno arcilloso para 10, 25 y 56 golpes</i>	131
Figura 117	<i>Pesos del 48% de conchas de abanico para 10, 25 y 56 golpes</i>	131
Figura 118	<i>Mezcla manual del material con 48% de conchas de abanico</i>	132

Figura 119 Bolsas con material con 48% de CA para 10, 25 y 56 golpes	132
Figura 120 Pesos del molde A2, B2 y C2 vacíos	133
Figura 121 Colocación por capa del material en el molde	133
Figura 122 Golpes con el pistón en cada molde para 10, 25 y 56 golpes	134
Figura 123 Enrasamiento de los moldes	134
Figura 124 Pesos de M1, M2 y M3 para contenido de humedad y densidad seca	135
Figura 125 Pesos del molde A2, B2 y C2 con material compactado	135
Figura 126 Colocación del molde A2, B2 y C2 en el tanque durante 96 horas	136
Figura 127 Escurrimiento por 15 min del molde A2, B2 y C2	136
Figura 128 Pesos de los moldes A2, B2 y C2 saturados	137
Figura 129 Colocación de los moldes A2, B2 y C2 en la prensa para ensayos CBR	137
Figura 130 Extracción de material central de cada molde	138
Figura 131 Pesos de A1, B1 y C1 para contenido de humedad y densidad seca	138
Figura 132 Distribución porcentual del contenido de humedad según calicata	140
Figura 133 Distribución porcentual del contenido de humedad según n° de muestra	141
Figura 134 Distribución porcentual de gravas, arenas y finos según calicata	144
Figura 135 Curva granulométrica de la muestra M1(C1) del suelo areno arcilloso	145
Figura 136 Curva granulométrica de la muestra M2(C2) del suelo areno arcilloso	146
Figura 137 Curva granulométrica de la muestra M3(C3) del suelo areno arcilloso	147
Figura 138 Distribución porcentual de gravas, arenas y finos de mezclas de SAA y CA	149
Figura 139 Curva granulométrica de 78% de SAA + 22% de CA	150
Figura 140 Curva granulométrica de 66% de SAA + 34% de CA	151
Figura 141 Curva granulométrica de 52% de SAA + 48% de CA	152
Figura 142 Distribución porcentual de los límites de consistencia según calicata	153

Figura 143 <i>Distribución porcentual de los límites de consistencia de SAA y CA</i>	154
Figura 144 <i>Cuadro de plasticidad</i>	155
Figura 145 <i>Sistema Unificado de clasificación; símbolos de grupo para suelos arenosos</i>	155
Figura 146 <i>Diagrama de flujo para nombres de grupo suelos tipo grava y arenosos (según ASTM, 1998)</i>	156
Figura 147 <i>Cuadro de plasticidad</i>	157
Figura 148 <i>Sistema Unificado de clasificación; símbolos de grupo para suelos arenosos</i>	157
Figura 149 <i>Diagrama de flujo para nombres de grupo suelos tipo grava y arenosos (según ASTM, 1998)</i>	158
Figura 150 <i>Cuadro de plasticidad</i>	159
Figura 151 <i>Sistema Unificado de clasificación; símbolos de grupo para suelos arenosos</i>	159
Figura 152 <i>Diagrama de flujo para nombres de grupo suelos tipo grava y arenosos (según ASTM, 1998)</i>	160
Figura 153 <i>Cuadro de plasticidad</i>	162
Figura 154 <i>Sistema Unificado de clasificación; símbolos de grupo para suelos arenosos</i>	162
Figura 155 <i>Diagrama de flujo para nombres de grupo suelos tipo grava y arenosos (según ASTM, 1998)</i>	163
Figura 156 <i>Cuadro de plasticidad</i>	164
Figura 157 <i>Sistema Unificado de clasificación; símbolos de grupo para suelos arenosos</i>	164

Figura 158 <i>Diagrama de flujo para nombres de grupo suelos tipo grava y arenosos (según ASTM, 1998).</i>	165
Figura 159 <i>Cuadro de plasticidad</i>	166
Figura 160 <i>Sistema Unificado de clasificación; símbolos de grupo para suelos arenosos</i>	166
Figura 161 <i>Diagrama de flujo para nombres de grupo suelos tipo grava y arenosos (según ASTM, 1998).</i>	167
Figura 162 <i>Clasificación de materiales para subrasantes de carreteras</i>	173
Figura 163 <i>Clasificación de materiales para subrasantes de carreteras</i>	174
Figura 164 <i>Clasificación de materiales para subrasantes de carreteras</i>	175
Figura 165 <i>Relación Humedad optima y densidad seca del Proctor modificado del SAA</i>	177
Figura 166 <i>Humedad optima y densidad seca de 78% de SAA + 22% de CA</i>	178
Figura 167 <i>Humedad optima y densidad seca de 66% de SAA+ 34% de CA</i>	179
Figura 168 <i>Humedad optima y densidad seca de 52% de SAA + 48% de CA</i>	180
Figura 169 <i>Distribución porcentual de la máxima densidad seca de SAA y CA</i>	181
Figura 170 <i>Distribución porcentual de la humedad óptima según mezclas de SAA y CA</i>	182
Figura 171 <i>CBR del suelo areno arcilloso de 56 golpes</i>	183
Figura 172 <i>CBR del suelo areno arcilloso de 25 golpes</i>	183
Figura 173 <i>CBR del suelo areno arcilloso de 10 golpes</i>	183
Figura 174 <i>CBR del 78% de SAA + 22% de CA de 56 golpes</i>	184
Figura 175 <i>CBR de 78% de SAA y 22% de CA de 25 golpes</i>	185
Figura 176 <i>CBR de 78% de SAA y 22% de CA de 10 golpes</i>	185
Figura 177 <i>CBR de 66% de SAA y 34% de CA de 56 golpes</i>	186
Figura 178 <i>CBR de 66% de SAA y 34% de CA de 25 golpes</i>	186

Figura 179 <i>CBR de 66% de SAA y 34% de CA de 10 golpes</i>	187
Figura 180 <i>CBR de 52% de SAA y 48% de CA de 56 golpes</i>	187
Figura 181 <i>CBR de 52% de SAA y 48% de CA de 25 golpes</i>	188
Figura 182 <i>CBR de 52% de SAA y 48% de CA de 10 golpes</i>	188
Figura 183 <i>Distribución porcentual de CBR según mezclas de SAA y CA</i>	189
Figura 184 <i>Porcentaje de CBR vs. porcentaje de CA</i>	198

RESUMEN

En la presente tesis se realizan los ensayos con la finalidad de mejorar la sub rasante de suelos areno arcillosos utilizando 22%,34% y 48% de conchas de abanico.

Para este estudio se ubicó en la zona sur de Lima, un terreno cuyo suelo era areno arcilloso, al cual se le ha realizado el mejoramiento. La muestra extraída fue llevada a analizar en los laboratorios de la UPN Sede Breña.

Los ensayos que se le realizaron fueron: Contenido de humedad, Análisis Granulométrico por tamizado, Límites de consistencia, Proctor Modificado y CBR (California Bearing Ratio). Luego, al hallar el CBR del suelo natural se procedió a escoger los porcentajes de concha de abanico triturada a agregar, los cuáles fueron de 22%,34% y 48%. Y con dichos porcentajes se contrastó para poder observar el comportamiento de la curva del CBR con cada uno de ellos.

Se pudo observar que con 34% de conchas de abanico se obtuvo un valor máximo de CBR de 16.07%. Finalmente, se concluye que con la utilización de conchas de abanico trituradas se obtiene una mejora los suelos areno arcillosos, por ello, es posible utilizarlo como un material estabilizador de este tipo de suelos.

PALABRAS CLAVES: Suelos areno arcillosos, Conchas de abanico, CBR, Proctor modificado, Sub rasante.

ABSTRACT

In the present thesis the tests are carried out with the purpose of improving the subgrade of clayey sandy soils using 22%, 34% and 48% of scallops.

For this study, sandy clayey material was located in the southern area of Lima, to which improvement has been made. The extracted sample was taken for analysis in the laboratories of the UPN Breña Headquarters.

The tests that were carried out were: Moisture content, Granulometric Analysis by sieving, Limits of consistency, Modified Proctor and CBR (California Bearing Ratio). Then, when finding the CBR of the natural soil, we proceeded to choose the percentages of crushed fan shell to add, which were 22%, 34% and 48%. And with these percentages it was contrasted to be able to observe the behavior of the CBR curve with each one of them.

It was observed that with 34% scallops, a maximum CBR value of 16.07% was obtained. Finally, it is concluded that with the use of crushed fan shells an improvement is obtained in sandy clayey soils, therefore, it is possible to use it as a stabilizing material for this type of soil.

KEYWORDS: Clay soils, Fan shells, CBR, Modified Proctor, Subgrade.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad resulta muy común, la existencia de residuos orgánicos e inorgánicos en lugares como botaderos especiales o en el peor de los casos en las calles. En Perú, se generan aproximadamente un promedio de 21 000 toneladas de residuos municipales diariamente resultante de los 30 millones de habitantes. Es decir, 0.8 kilogramos de generación de residuos por persona. Más de la mitad de dicho total son materia orgánica como alimentos o vegetales. La directora general de Gestión de Residuos Sólidos del Ministerio del Ambiente (Minam), Sonia Aránibar, comenta que es indispensable el rol de la ciudadanía para poder desarrollar principios relacionados a la minimización de residuos y generar un consumo responsable (El Peruano, 2021).

Hoy en día, el problema de los suelos expansivos ha alcanzado notoriedad en el mundo por su extensión e impacto económico que generan sus daños. Este problema empezó a ser reconocido a finales de los años 30 por el agrietamiento producido en las construcciones causado por el efecto del suelo. El aumento de las construcciones en zonas áridas luego de la segunda Guerra Mundial elevó el número de daños en estructuras construidas sobre arcillas expansivas (Rojas & Alva, 2011).

El proceso más utilizado para mejorar las propiedades mecánicas de las arcillas es adicionar cal o cemento, de manera que al ser tan utilizados y explotados para la construcción puede conllevar a la escasez de estos en el futuro. (Flores, 2019).

Ante dicho panorama resulta necesario e interesante poder aportar una alternativa de solución en la cual el campo de la ingeniería civil se incorpore, y que mejor que aportar al mejoramiento de dos cosas en simultáneo, contribuyendo al medio ambiente y mejorar la estabilidad de suelos malos con la incorporación de algún residuo.

En el caso de Farfán (2015), quién fue pionero en el Perú en la experimentación de residuos de conchas de abanico, al notar e identificar los botaderos de dichos residuos en Sechura decidió recolectar una cantidad determinada de conchas de abanico y evaluar su comportamiento en diferentes porcentajes de añadidura, obteniendo el mejor y hallando el porcentaje ideal para el tipo de suelo estudiado, que fue areno-limoso.

Existen diversas aplicaciones de residuos los cuáles son con motivos de estudio para evaluar su comportamiento en el mejoramiento del concreto o suelos. Sin embargo, es necesario continuar con las investigaciones, ya que, cada tipo de suelo es distinto y según sus propiedades la resistencia y dosificación de un mismo material cambia.

En el presente trabajo se requiere responder a la siguiente interrogante: ¿De qué manera la utilización de 22%, 34% y 48% de conchas de abanico mejorará la sub rasante de los suelos areno arcillosos en la zona sur de Lima?

Por ello, el objetivo de la investigación es: Determinar el comportamiento de la sub rasante al utilizar 22%, 34% y 48% de conchas de abanico en el suelo areno arcilloso de la zona sur de Lima.

Realidad Problemática

Las vías de pavimentación son de gran importancia en el desarrollo de la sociedad, teniendo un papel importante en las actividades de la vida diaria como, por ejemplo, realizar compras de alimentos, ir al trabajo, estudiar, entre otros. A ellas se les atribuye el desarrollo económico y social, así como el bienestar común que acostumbramos y buscamos como sociedad. Dependemos de las vías de comunicación como la infraestructura de transportes, calles, avenidas, autopistas, estacionamientos, veredas, etc. (Estrada & Ventura, 2019).

Hay distintos tipos de composiciones en los suelos, que se pueden clasificar como suelos estables y suelos inestables, ello suele llegar a crear ciertos problemas significativos tanto para las estructuras como para las vías de pavimentación en el futuro. Cuando en la ejecución de vías de pavimentación se llegan a presentar problemas por tener un tipo de suelo desfavorable se buscan otras alternativas, una opción puede ser la estabilización de suelos (Estrada & Ventura, 2019).

Para las poblaciones aledañas a las vías que constantemente presentan fallas, huecos profundos, etc, se les dificulta transportarse y ello afecta en su desarrollo económico, ya que, el mal estado de la vía imposibilita su libre circulación y su uso adecuado y seguro (Camacho & Villanueva, 2022).

La vida útil o el tiempo de duración de un proyecto va a depender mucho del factor del terreno o el factor del suelo, a este último en su mayoría se le realizan mejoras para obtener gratos procesos constructivos y así ejecutar el proyecto en condiciones óptimas que ampare su vida útil (Estrada & Ventura, 2019).

La estabilización es un tema constante y presente en el rubro de la construcción de carreteras y ante eso se busca brindar una técnica de cómo tratarlas. Esta estabilización será posible al utilizar diferentes materiales que logren aumentar su CBR, a la vez de tener un procedimiento correcto como predecible en las pruebas que se realicen con el Proctor modificado o estándar (Camacho & Villanueva, 2022).

Dentro de los tipos de estabilización, el uso más común es de la combinación de un suelo natural con material de préstamo. Ello implica la explotación de canteras para obtener los agregados generando un aumento en la demanda de este agregado a escala mundial. Ante esta situación, es a partir del año 2000 que comienzan las investigaciones, estudios que dan como propuesta que un material de agregado sean los residuos de distintos productos que puedan reemplazar a los materiales comunes, además de lograrse un desarrollo sostenible (Quezada, 2017).

Antecedentes

En el desarrollo de la tesis a presentar, se recurrió a la búsqueda de información sobre el tema del presente estudio. De esta manera, la información encontrada serviría como guía a la cual consultar, algunas de las mismas se presentan a continuación.

Investigaciones Nacionales

Según Delgado (2021), en su tesis “Estabilización del suelo no pavimentado adicionando conchas de abanico en la avenida Naranjal, San Martín de Porres 2021” tuvo como propósito incrementar la resistencia del suelo por medio de la adición de conchas de abanico, y que de esta forma sea utilizado como elemento estabilizador en futuras aplicaciones. Se extrajo la muestra de una zona no pavimentada en la Avenida Naranjal de San Martín de Porres. Se realizaron 3 calicatas en la zona de estudio para su posterior clasificación de suelos. Se extrajo una cantidad de conchas de abanico, las cuáles fueron

lavadas, trituradas manualmente hasta quedar pulverizadas, se tamizaron por la malla 200 y fue enviado al laboratorio para un análisis térmico diferencia (ATD) para activar el material estabilizante. Se efectuaron los siguientes ensayos y análisis: Análisis granulométrico, Límites de consistencia y Clasificación de suelos. Se clasificó el suelo como arcilla arenosa con baja plasticidad. Se realizó el ensayo de CBR al suelo natural y este fue de 17.9%. Luego, se ejecutaron los ensayos de CBR y Proctor modificado para el material con diversos porcentajes de conchas de abanico, estos fueron de 2%, 4% y 6%. Los resultados del valor del CBR para dichos porcentajes fueron de 20.3%, 23% y 17.6%. Es decir, se logró incrementar su resistencia del suelo.

Según Jacinto (2021), en su tesis “Mejoramiento mecánico de suelos blandos en la sub rasante, utilizando residuos de bivalvos de la bahía de Sechura. 2020” tuvo como objetivo conocer el aumento de resistencia mecánica mediante la adición de bivalvos triturados. El material fue extraído del Jr. San Pedro del AA. HH San José, perteneciente al distrito de Vice, provincia de Sechura, departamento de Piura. Los bivalvos fueron extraídos de los botaderos municipales #01 y #02 del distrito de Sechura. Ambos botaderos tienen un área total de 121 000 m² con una producción anual de 100 toneladas de bivalvos al año. Los ensayos realizados al suelo fueron: Contenido de Humedad ASTM D-2216, Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, Gravedad Específica de los sólidos ASTM D-854, Límite de Atterberg, Proctor Modificado ASTM D-1557 y CBR (California Bearing Ratio) ASTM D-1883. El CBR del suelo natural resultó de 5.4%. Se realizaron pruebas del ensayo de CBR y Proctor Modificado para las muestras de suelo incorporado con proporciones variables de bivalvos triturados (80%, 75%, 70%, 60%, 65%, 55%, 40%), 7 mezclas en total. Y el mejor CBR se obtuvo al aplicar 35% de suelo natural y 65% de bivalvos, obteniéndose un CBR promedio de 35%. Se concluyó que el material de bivalvos recolectados se puede utilizar para la sustitución de agregado grueso para la estabilización de la sub rasante del pavimento del Jr. San Pedro del A.H San José del distrito de Vice.

Según Farfán (2015), en su tesis "Uso de concha de abanico triturada para mejoramiento de subrasantes arenosas" tuvo como objetivo evaluar el uso de la concha de abanico triturada como un material estabilizador mediante cambio de granulometría. La muestra fue el uso de las conchas de abanico y el suelo con clasificación areno-limoso de la

provincia de Sechura. Se recolectaron las conchas de abanico del Botadero de residuos hidrológicos de Sechura, y fueron trituradas, primero manualmente y luego con una moladora casera, obteniendo mejores resultados con la segunda. Se realizaron los ensayos de análisis granulométrico, abrasión de los ángeles, CBR y Proctor modificado. Su método fue realizar 4 mezclas por combinación utilizando porcentaje de concha de abanico de 20%, 45%, 65% y 80%. Se pasó a evaluar sus propiedades físicas y mecánicas a través de ensayos en laboratorio. Con el ensayo de abrasión de los ángeles, se observó que la concha de abanico tiene una resistencia al desgaste por la abrasión del 25%, por lo que es posible considerarla como un agregado grueso de alta resistencia al desgaste. Como resultado se obtuvo que la concha de abanico triturada tiene una dureza similar a la de los agregados pétreos locales y que, con su uso, el CBR mejora el suelo con un valor máximo de 121% con un 45% agregado de dicho material. La forma orbicular de la concha ocasiona que las partículas obtenidas sean chatas y angulosas. A pesar de que la forma achatada de las partículas puede minimizar la resistencia mecánica, la forma angulosa ayuda en que haya una trabazón entre las partículas, lo que favorece a la resistencia mecánica y solucionando los posibles problemas por la forma achatada de las partículas. Debido a ello es que el incremento máximo del CBR se da para un determinado porcentaje de reemplazo, valores superiores a dicho valor, el CBR vuelve a disminuir. Finalmente, se concluye que el empleo de la concha de abanico triturada es viable como un material estabilizador de suelos tipo arenosos a nivel de base y subbase.

Investigaciones Internacionales

Según Carnero et. al (2009), en su paper “Mezclas de zahorras naturales y concha de mejillón para firmes de vías forestales” tuvo como objetivo evaluar las posibilidades del uso de residuos de concha de mejillón como material de construcción de capas de firme para vías forestales. Se recolectaron residuos de concha de mejillón y muestras de tres zahorras naturales, para luego mezclar ambos con distintos porcentajes de conchas. Primero, se identificaron los tipos de suelos mediante ensayos realizados en el laboratorio. Luego, se determinaron los porcentajes de mezclas de concha de mejillón con cada una de las zahorras estudiadas. Se observó que la mezcla más acertada fue de 82% de zahorra natural y 18% de concha de mejillón. Según los resultados obtenidos, se concluyó que es idónea la utilización de dicho residuo como material de construcción de capas de firme de vías forestales.

Según Rowland & Ifechukwude (2014), en su paper “Estabilización mecánica de un suelo deltaico arcilloso usando residuos de conchas de bígaro trituradas” tuvo como objetivo examinar la influencia de la aplicación de conchas de bígaro trituradas a un suelo arcilloso y evaluar las propiedades del suelo con dicho elemento agregado. Debido a que el suelo del área delta de Nigeria carece de ciertos atributos como para ser un “buen suelo” se requiere de incorporar agentes químicos o mezclar con otros materiales para estabilizarlos y de esta manera poder construir en ellos. Usualmente, se usa el cemento portland y la cal hidratada. Y aproximadamente se botan en las instalaciones de desechos de 5 a 6 toneladas diarias de conchas de bígaro, y 3000 toneladas anualmente en Port Harcourt. La reutilización de estas resulta beneficiosa, ya que, contribuiría al impacto medioambiental. En este paper se hizo uso del Laboratorio del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad Estatal de Ciencia y Tecnología de Rivers. La muestra de suelo se recolectó de Emilaghan, Abua Central en el área de Rivers del gobierno local de Abua/Odua, Nigeria. Las conchas de bígaro fueron recolectadas de Illoabuchi en Diobu, Port Harcourt, Nigeria. Fueron trituradas, y según su granulometría se observó que el 96 % pasó por el tamiz de 600 μm y alrededor del 17 % pasó por el tamiz de 75 μm . Al aumentar la cantidad de bígaro, el suelo se transforma de arcilla de plasticidad intermedia a una arcilla arenosa. La clasificación inicial del suelo CI cambia a SC. El valor del peso unitario seco máximo se obtuvo con un porcentaje de bígaro del 20% así como el mínimo contenido de humedad óptimo. No hubo cambio significativo del CBR hasta agregar a la muestra 48% de bígaro, a partir de ahí este incrementó linealmente. Se concluye, que se requiere una mayor proporción de bígaro para incrementar el CBR y poder utilizarlo como material estabilizador. Se logró convertir el suelo de una clasificación pobre a media con la adición de conchas de bígaro. Con la incorporación de estas hubo una reducción significativa del límite líquido, el índice de plasticidad e hinchamiento del suelo estudiado. Se requiere más del 48% para lograr incrementos de CBR mayores para suelos con un valor CBR inicial bajo. Se recomienda agregar pequeñas cantidades de otros aditivos y con ello aumentar significativamente la resistencia, así como proporciones más bajas de las cáscaras de bígaro trituradas. Reducir el índice de plasticidad del suelo con un contenido más bajo de bígaro es excelente, ya que, vuelve arcilloso el suelo, por lo tanto, más fácil de manejar durante la construcción.

Según Bisanal & Badiger (2015), en su paper “Estudio sobre la dureza del suelo arcilloso con conchas de mar y emulsión de betún” tuvo como objetivo estabilizar el suelo arcilloso con concha de mar y emulsión de betún. Debido a que los suelos expansivos tienen tendencia a dilatarse o contraerse según su contenido de humedad causan problemas serios a las estructuras construidas encima de ellos, es por ello, que requieren ser estabilizados previamente a construir sobre ellos. Los métodos más comunes de estabilización de suelos son: cal, cemento, polvo de horno, escoria de hierro, cenizas de desechos de ganado y desechos industriales. Debido a que las conchas están disponibles en la orilla del mar y contienen un 90% de carbonato de calcio (componente principal de la cal) y las emulsiones de betún actúan como aglutinante entre las partículas de suelo y evitan la entrada del agua dentro del suelo, es posible utilizarlos como material estabilizante de suelos arcillosos. Se recolectó la muestra de un lugar cercano a Chikodi Taluk, Distrito de Belagavi (KARNATAKA) a 2 m de profundidad. Las conchas marinas se trituraron e hicieron polvo. Se realizó la prueba de compresión no confinada (U.C.S), prueba del California Bearing Ratio (C.B.R), entre otras. Luego, se hicieron las pruebas para el 6 %, 8 %, 10 %, 12 %, 14 %, 16 %, 18 % y 20 % de porcentaje de concha marina añadido y se observaron los resultados a los 3, 7, 14, 21 y 28 días. Se realizó la prueba UCS, para los porcentajes del 6 %, 8 %, 10 %, 12 %, 14 %, 16 %, 18 %, 20 %, 22 %, 24 %, 26 % y 28 % de emulsión bituminosa y se observaron los resultados a los 3, 7, 14, 21 y 28 días. El valor UCS óptimo que se obtuvo fue de 500.31 KN/m² para 22% de adición de emulsión de betún y 441.45 KN/m² para un 16% de adición de conchas marinas trituradas. La adición de un 16 % de polvo de concha marina da los siguientes valores de CBR: 5,28 % y 27,53 % para la prueba remojada y no remojada respectivamente. La adición de emulsión bituminosa al 22 % da valores de CBR de 7,83 % y 28,63 % para la prueba remojada y no remojada respectivamente. Finalmente, se observó que con la adición de polvo de concha marina los valores de CBR incrementaron lográndose reducir eficazmente sus índices de plasticidad.

Bases teóricas

Suelo

El suelo es un conjunto de organización definida con propiedades que determinan su variación "vectorial". En la dirección vertical, sus propiedades suelen cambiar mucho más rápido que en la dirección horizontal. Los suelos tienen un perfil que se usa mucho. "Suelo" es un término usado por varios profesionales. Las interpretaciones varían según sus respectivos intereses. Por ejemplo, para los agrónomos, el término se refiere a la parte de la superficie de la corteza que sustenta la vida vegetal, una interpretación demasiado restrictiva para los ingenieros. Para los geólogos, es todo material duradero en su ubicación actual y que contiene material orgánico cerca de la superficie; sin embargo, esta definición está sesgada en ingeniería, porque no tiene en cuenta el material transportado que no se ha desgastado después del transporte. Asimismo, el agua contenida es tan importante en el comportamiento mecánico del suelo que debe ser considerada como un componente del mismo (Juárez & Rico, 2005).

Tipos de suelo

Arcillas

Las arcillas son agregados de partículas microscópicas y submicroscópicas que resultan de la descomposición química de los componentes de las rocas. Son suelos plásticos con un amplio contenido de humedad, los cuales se endurecen al secarse. De igual manera, presentan una permeabilidad extremadamente baja. Las arcillas orgánicas son un tipo de suelo en el que algunas de las propiedades físicas más importantes resultan de la presencia de materia orgánica finamente dividida. Suelen ser muy comprimibles cuando están saturados y muy resistentes cuando están secos. Varían en color de gris oscuro a negro y pueden tener un olor característico (Terzaghi & Peck, 1973).

Arcillas orgánicas

Los suelos de este tipo derivan algunas veces de materia orgánica finamente dividida. Tienen colores variados entre gris oscuro a negro y pueden tener un olor característico. Cuando están saturados son usualmente compresibles y secos tienen una alta resistencia (Terzaghi & Peck, 1973).

Arena y grava

Ambos son agregados sin cohesión de fragmentos granulares o redondeados, poco o muy alterados de rocas y minerales. Aquellas partículas menores a 2 mm se consideran arena, y las de mayor tamaño de hasta 15 o 20 cm son consideradas como grava, ripio o canto rodado. Los fragmentos de diámetros mayores son conocidos como piedras- bolas, rodados-grandes, etc. (Terzaghi & Peck, 1973).

Limo

Limos inorgánicos

Suelos de grano fino con muy poca o nula plasticidad. Los tipos menos plásticos contienen partículas equidimensionales de cuarzo. Los tipos más plásticos tienen un gran porcentaje de partículas en forma de escamas. Es posible distinguirlo de las arcillas de la siguiente forma, se forma una pasta, se la toma con la mano y se espera a que seque, luego si es posible despegarla con los dedos fácilmente es limo inorgánico (Terzaghi & Peck, 1973).

Limos orgánicos

Suelos de granos finos más o menos plásticos, con una mezcla de partículas de materia orgánica dividida. A veces tienen fragmentos de materia vegetal, o de otros elementos vegetales descompuestos. Puede tener un olor característico debido a H₂S, CO₂ u otros productos gaseosos producidos por la descomposición de la materia orgánica. Tienen una alta compresibilidad y baja permeabilidad (Terzaghi & Peck, 1973).

Turbas

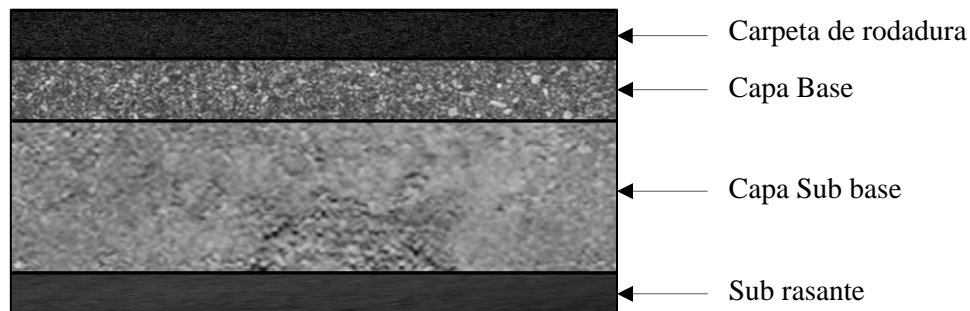
Son agregados fibrosos de fragmentos muy pequeños de materia orgánica descompuesta. Su color varía de castaño claro a negro. Son demasiado compresibles, tanto que son inadecuadas para soportar fundaciones (Terzaghi & Peck, 1973).

Pavimentos

Estructura formada por capas dispuestas por toda la superficie sobre el terreno y dispuestas para brindar soporte durante lo que se conoce como periodo de diseño y dentro de un rango de vida útil. La definición de este término incluye vías, estacionamientos, aceras, ciclovías, entre otros (Instituto de la Construcción y Gerencia [ICG], 2010).

Figura 1

Capas de pavimentos



Capa de rodadura

Es la capa que está en la superficie de un pavimento, y este puede ser un pavimento de tipo flexible o un pavimento de tipo rígido. Su función es de sujetar de manera directa el tránsito vehicular (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2014).

Capa Base

Es la capa debajo de la capa de rodadura y su función principal es soportar, distribuir y transferir la carga creada por el flujo del tránsito. Esta capa será de material drenante granular ($CBR \geq 80\%$) o tratada con asfalto, cal o cemento (MTC, 2014).

Capa Sub base

Es una capa de un material determinado, cuyo espesor está destinado a soportar la base y la carpeta. También actúa como la capa de drenaje y controlador de la acción capilar del agua. Dependiendo del tipo, diseño y tamaño del recubrimiento, se puede omitir esta capa. Esta capa puede ser de material granular ($CBR \geq 40\%$) o tratada con asfalto, cal o cemento (MTC, 2014).

Sub rasante

La sub rasante es la capa que recibe la carga directa de la estructura del pavimento y forma parte del prisma vial construido entre el terreno naturalmente plano o explanada y la estructura del pavimento. La sub rasante es la capa superior del terraplén o el fondo de excavación en un terreno natural que soportará una estructura de pavimento consistente en un suelo seleccionado con propiedades aceptables y compactado en capas para formar un

cuerpo estable en un estado óptimo, manteniéndolo monolítico ante el impacto de las cargas de diseño provenientes del tráfico (MTC, 2014).

Mejoramiento del suelo

También definido como la estabilización del suelo por ingenieros de la rama de Geotecnia. Es el proceso en que se altera las propiedades de un suelo in situ o llegando a tomar un costo más bajo y con mayor control de calidad. Tiene dos técnicas de mejora o estabilización del suelo: la estabilización química y la estabilización mecánica (Das, 2015).

Estabilización de suelos

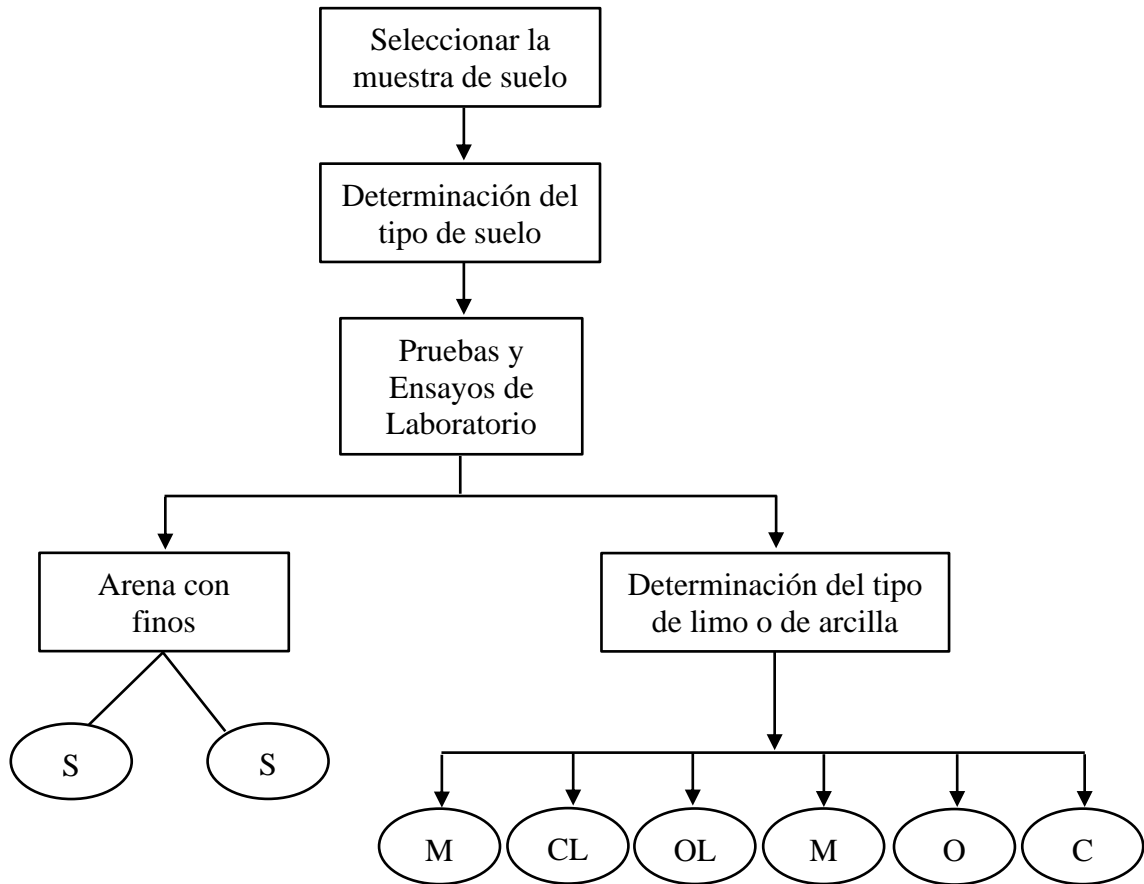
Es el mejoramiento de las propiedades físicas mediante procedimientos mecánicos y la incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Dichas estabilizaciones se realizan usualmente en suelos de sub rasante inadecuado o insuficiente. Las más conocidas son: suelos cemento, suelo cal y suelos asfalto. La estabilización de suelos se define como dotarlos de resistencia mecánica y permanencia de ciertas propiedades en el tiempo. Las técnicas son: adición de otro suelo, o la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Seguido de un proceso de compactación (MTC, 2014).

Criterios geotécnicos para establecer la estabilización de suelos:

1. Se considerarán como materiales aptos para las capas de la sub rasante en suelos aquellos que tengan un $CBR \geq 6\%$.
2. Si la capa de sub rasante es arcillosa o limosa, y al humedecerse sus partículas pueden penetrar en las capas granulares del pavimento contaminándolas, se deberá considerar una capa de material anticontaminante de 10cm. De espesor como mínimo o un geotextil.
3. La superficie de la sub rasante debe estar posicionada por encima del nivel de napa freática 0.60 m como mínimo (para sub rasante extraordinaria o muy buena), a 0.80 m (para sub rasante buena y regular), a 1.00 m (para sub rasante insuficiente), y a 1.20 (para sub rasante inadecuada). Si es necesario se deberán colocar drenes o elevar la rasante hasta el nivel necesario.
4. En aquellas zonas sobre los 4,000 msnm, se analizará la acción de las heladas en los suelos.
5. Para establecer el tipo de estabilización adecuado se debe determinar el tipo de suelo existente. Usualmente predominan los limos, las arcillas o las arenas limosas o arcillosas.

Figura 2

Proceso para la Identificación del Tipo del suelo

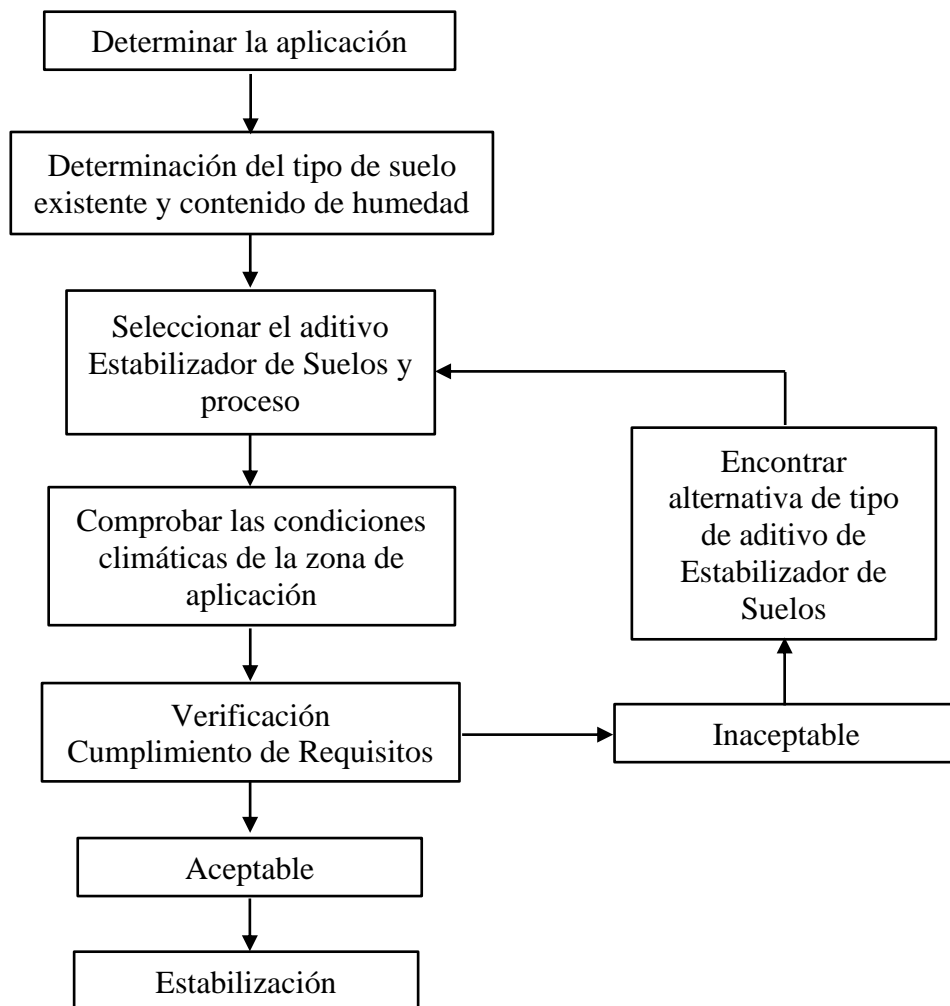


Nota. Tomado de *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección: Suelos y Pavimentos*, por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.

6. Factores considerados al determinar el método más conveniente de estabilización:
 - a. Tipo de suelo a estabilizar
 - b. Uso propuesto del suelo estabilizado
 - c. Tipo de aditivo estabilizador de suelos
 - d. Experiencia en el tipo de estabilización que se aplicará
 - e. Disponibilidad del tipo de aditivo estabilizador
 - f. Disponibilidad del equipo adecuado
 - g. Costos comparativos (MTC, 2014).

Figura 3

Proceso de selección del Tipo de Estabilización



Nota. Tomado del *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*, Sección: *Suelos y Pavimentos*, por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.

Tipos de estabilización de suelos

Son denominados los diferentes estabilizadores de suelos como la estabilización con cal, con cemento y con ceniza volante (Estabilización química) y vibroflotación, compactación dinámica, blasting, pre-compresión y drenes de arena (Estabilización mecánica) (Das, 2015).

Estabilización Química

Es la aplicación de aditivos químicos que mejorarán el comportamiento del suelo. Es utilizado para optimizar el manejo del suelo dejando el material con mayor facilidad de uso como material de construcción. Además, se usa para la reducción de la plasticidad y el

potencial expansión-contracción. Esta estabilización se da mediante el uso de la cal, del cemento y cenizas volantes (Das, 2015).

Estabilización con cal

Es la estabilización usada para modificar el suelo. Para estabilizar los suelos de grano fino se usan varios tipos de cal, como la cal hidratada alta en calcio, la cal viva calcítica, cal dolomítica monohidratada y la cal viva dolomítica. Su cantidad para estabilizar el suelo en su mayoría se rige del intervalo de 5%-10%. Sus propiedades de curado en suelos estabilizados con cal conllevan al aumento de la resistencia a la compresión no confinada y la resistencia a la tracción (Das, 2015).

Estabilización con cemento

Este material es utilizado para estabilizar los suelos arenosos y arcillosos. Así como la cal, el cemento aporta en la disminución del límite líquido, aumenta en el índice de plasticidad y mejora el manejo en los suelos arcillosos. Ayuda en aumentar la resistencia de suelos y la fuerza con el tiempo de curado. Además, que los suelos granulares y arcillosos que presentan baja plasticidad, son los suelos más adecuados para estabilizar con cemento (Das, 2015).

Estabilización con ceniza volante

La ceniza volante es un polvo fino granular compuesto principalmente de sílice, alúmina, variados óxidos y álcalis. Se obtiene como subproducto del proceso de combustión del carbón pulverizado. Esta ceniza es puzolánica en la naturaleza, al estar en contacto con cal hidratada su reacción llega a producir productos cementosos. Por este motivo, la mezcla de cal y ceniza volante es usada para estabilizar bases y sub-bases de carreteras (Das, 2015).

Estabilización Mecánica

Es el uso de metodologías que mejoren las propiedades del suelo elegido sin adicionar de agentes o energías que unen partículas. Es decir, no posee efectos químicos o de unión dentro de esta metodología. Esta estabilización se da mediante el uso de la compactación, la compactación dinámica, el blasting, la vibroflotación, la pre-compresión y los drenes de arena (Das, 2015).

Compactación

Esta técnica aumenta las características de resistencia de los suelos, incrementa de esta forma su capacidad de carga de las cimentaciones que se construirán encima de ellos. A su vez, la compactación llega a disminuir la cantidad de problemas que no se desean de las estructuras, aumentando la estabilidad de taludes de los terraplenes. Durante su proceso se utilizan por lo general rodillos de ruedas lisas, rodillos compactadores de suelo, rodillos de neumáticos de goma y rodillos vibratorios. El resultado de la compactación es consolidar el suelo eliminando el aire de este, requiriendo energía mecánica para su labor (Das, 2015).

Compactación Dinámica

Es una técnica popular en Estados Unidos, utilizada para densificar o compactar los depósitos de suelos granulares. Su empleo consiste en dejar caer un enorme peso en el suelo en reiteradas ocasiones a intervalos regulares. El peso del martillo que se utiliza va desde 80-360 kN, y la altura de la caída de este va desde 7.5-30.5 m. Las ondas de tensión que se crean cuando el martillo cae, ayudan en la densificación (Das, 2015).

Blasting

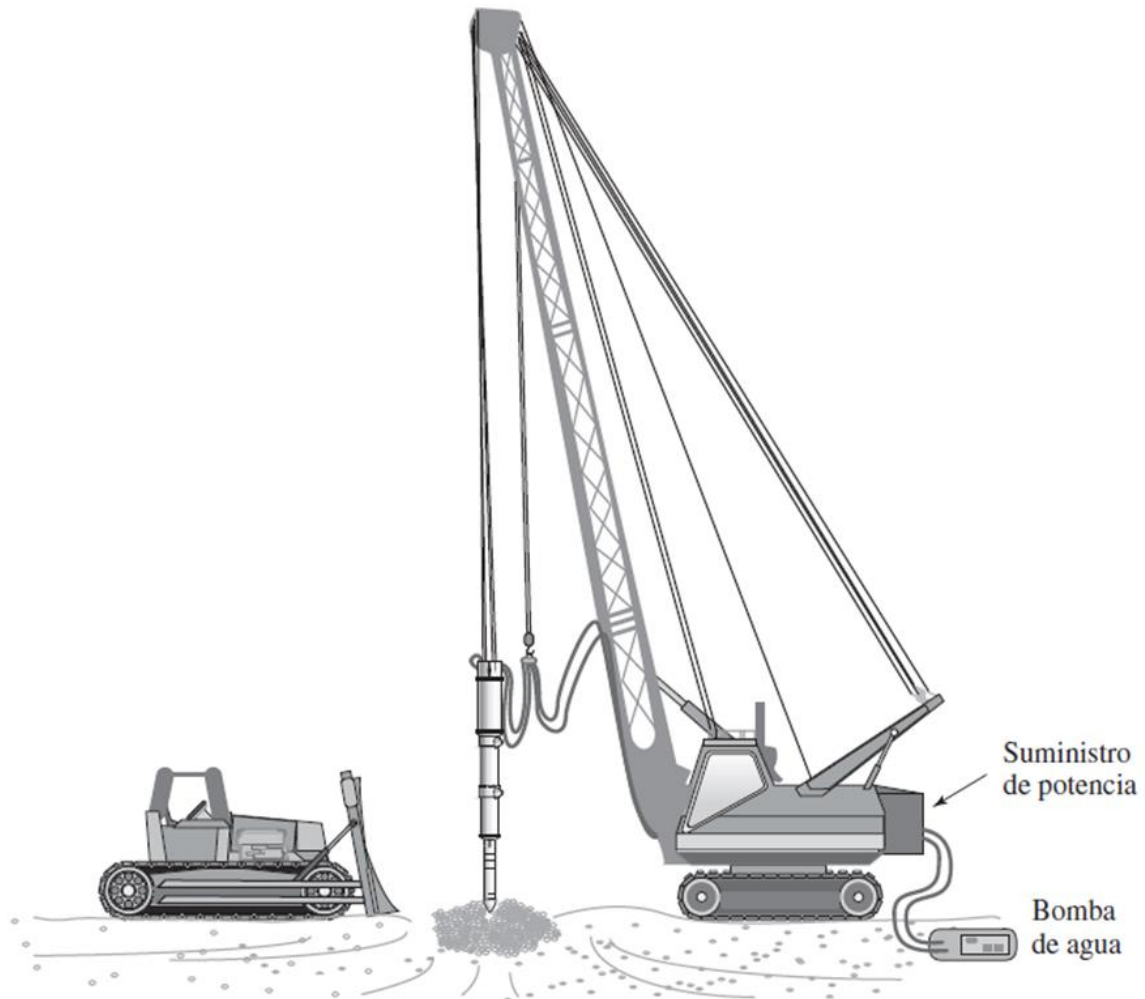
El proceso de esta técnica implica detonar cargas explosivas, como 60% de dinamita a una profundidad por debajo del suelo. Por lo general llega a ser necesario entre 3-5 detonaciones con éxito para obtener una compactación deseada. En general, las cargas explosivas se ubican a una profundidad de dos tercios del espesor de la capa del suelo que se requiere compactar (Das, 2015).

Vibroflotación

Es una técnica utilizada para la densificación in situ de las capas gruesas de depósitos de suelos granulares dispersos. Este proceso emplea el uso del dispositivo vibroflot o unidad vibratoria, posee un peso extravagante en su interior y puede generar una fuerza centrífuga, esto permite que la unidad vibratoria vibre en sentido horizontal. Hay aberturas tanto en la parte superior como inferior para los chorros de agua, además la unidad de vibración permanece conectada a una tubería de seguimiento (Das, 2015).

Figura 4

Unidad de vibroflotación



Nota. Tomado de *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (p. 271), por B. M. Das, 2015, Cengage Learning.

Pre-compresión

Cuando hay capas de suelo arcilloso que están consolidados en lo normal y con una compresión alta a una profundidad limitada, y la consolidación de asentamientos grandes es anhelada como el resultado de construcción de grandes edificios, carreteras, etc., la pre-compresión del suelo puede ser empleada para la reducción al mínimo al asentamiento post-construcción. Los principios de pre-compresión se comprenden mejor con la siguiente figura (Das, 2015).

Donde:

$\Delta\sigma_{(p)}$ = Carga estructural propuesta por unidad de área.

H = Espesor de la capa de arcilla sometida a la consolidación.

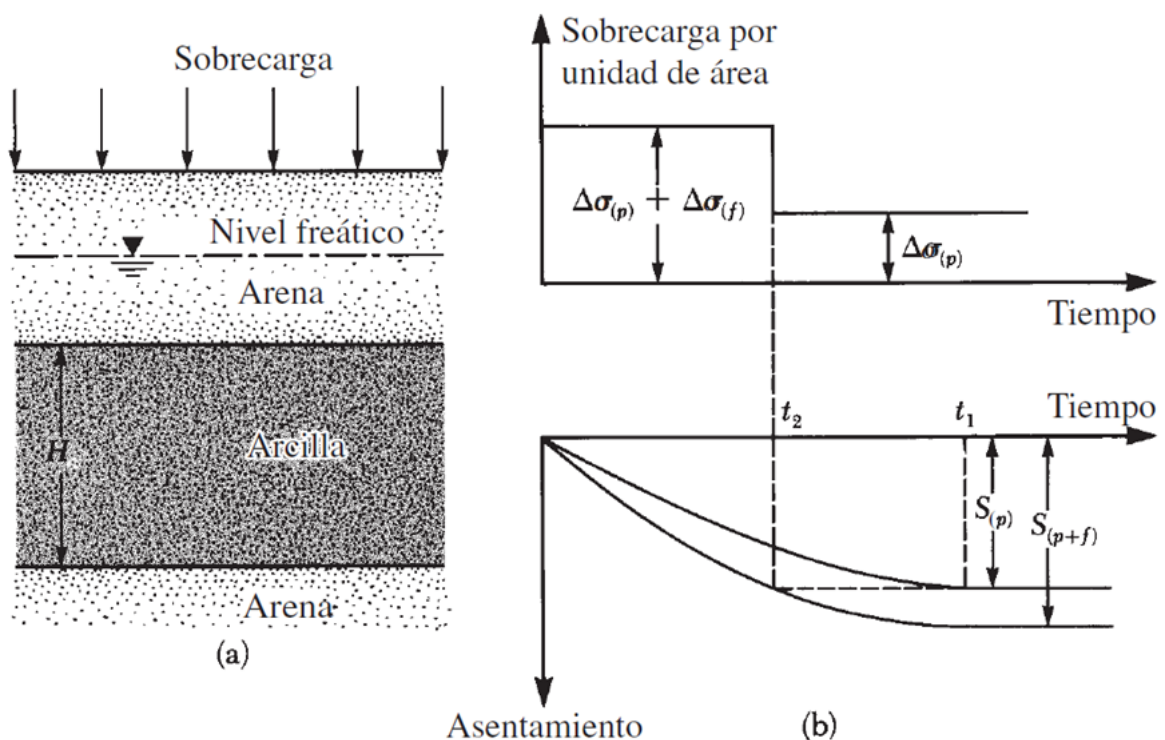
S_p = Asentamiento máximo de la consolidación primaria causada por la carga estructural.

$\Delta\sigma_{(p)} + \Delta\sigma_{(f)}$ = Una sobrecarga.

$S_{(p+f)}$ = Asentamiento de la consolidación primaria.

Figura 5

Principios de pre-compresión



Nota. Tomado de *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (p. 275), por B. M. Das, 2015, Cengage Learning.

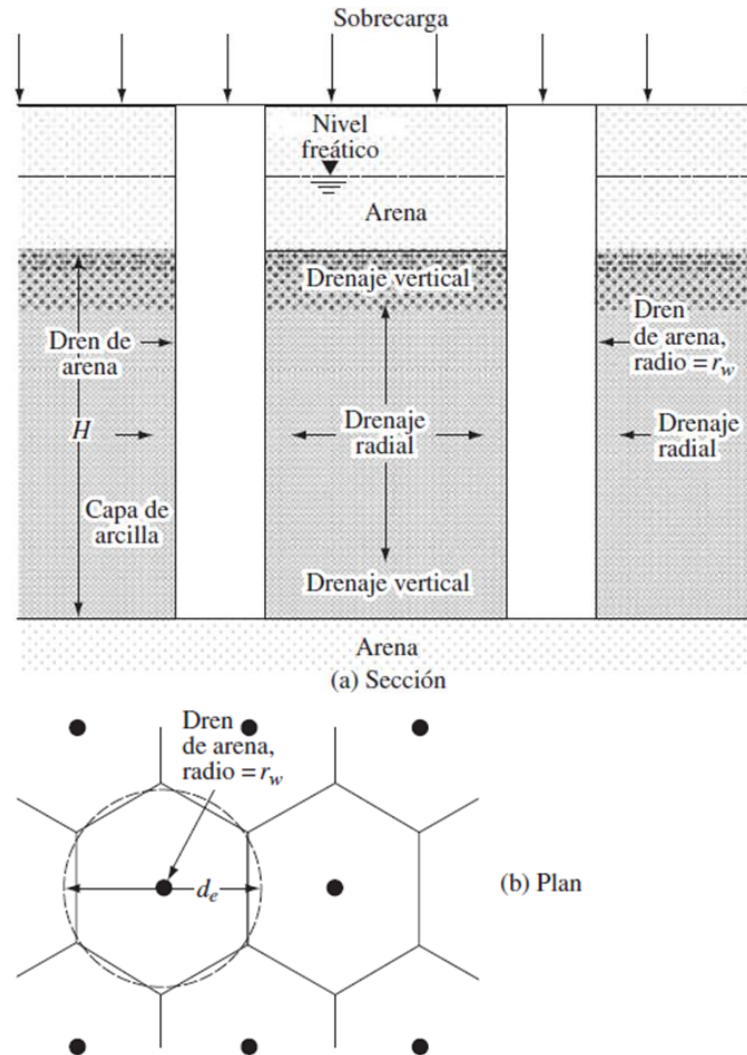
Drenes de arena

Esta técnica es una manera en que se acelere el asentamiento de la consolidación de las capas de arcilla blanda consolidadas en lo normal, para lograr la pre-compresión previo a la construcción de cimientos. Estos drenes de arena se construyen a través de perforar varios agujeros en las capas de arcilla a intervalos regulares. Estos orificios se rellenan de arena muy permeable y se aplica una sobrecarga en la superficie del suelo. Esta acción de la

sobrecarga hace aumentar la presión de los poros de la arcilla y estos se disipan por el drenaje, tanto de forma vertical como de forma radial, a los drenes de arena. De esta manera se acelera el asentamiento de la capa de arcilla (Das, 2015).

Figura 6

Drenes de arena



Nota. Tomado de *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (p. 280), por B. Das, 2015, Cengage Learning.

Concha de abanico

Es un molusco que, entre los bivalvos, es el más representativo, tiene una demanda muy alta debido a su sabor y textura. En Perú se ha tenido un crecimiento de producción en las principales regiones de Piura, Ancash e Ica formándose así bancos naturales en la Bahía de Paracas, Bahía Samanco y la Bahía Sechura respectivamente. Su descripción taxonómica de la concha de abanico en Phylum es un Molusco, su clase es Bivalva, de orden Pectinoida, está en la familia de los Pectinidae, con sub familia es Pedinae, su género el *Argopecten* y de especie *Argopecten Purpuratus*. Habita en zonas de la costa entre 3-30 metros de profundidad y bajo temperaturas que van desde 14°-20°C. Su parte externa consiste en 2 valvas de forma oblicuar, estas presentan expansiones laterales llamadas orejas que tienen entre 23-25 estrías radiales y los anillos de crecimiento están representados por líneas concéntricas. Su parte interna consiste en un musculo aductor denominado callo utilizado para la apertura y cierre de las valvas. Lleva branquias de color marrón claro, su especie es hermafrodita teniendo una gónada con parte femenina naranja y otra masculina blanco. Su alimento es el fitoplancton, zooplancton y detritus (Ministerio de la Producción & FONDEPES, 2021).

Figura 7

Parte externa e interna de los residuos de conchas de abanico del botadero



Figura 8

Concha de abanico



Nota. Tomado del *Manual de Concha de Abanico*, por PRODUCE y FONDEPES, 2021.

Concha de abanico como material estabilizador

Estudios ya realizados, como es el caso de Carnero et. al (2009), mediante diversas pruebas de laboratorios se llegó a la conclusión de que se lograba una estabilización del suelo estudiado con un 82% de zahorra natural y 18% de concha de mejillón. En el caso de Farfán (2015), se observó que con un 45% de conchas de abanico trituradas se obtuvo un incremento en el CBR del suelo natural obteniéndose un valor de 121%. La forma angulosa ayuda en que haya una trabazón entre las partículas, lo que favorece a la resistencia mecánica y solucionando los posibles problemas por la forma achatada de las partículas. En el caso de Jacinto (2021), obtuvo un incremento del CBR del suelo al 35% de suelo y 65% de bivalvos obteniendo un valor de CBR del 35% mejorando el CBR natural del suelo que era de 5.4%. En los tres casos, tanto en el extranjero cómo en Perú se observó que con la aplicación de conchas de abanico trituradas se generó una mejora notable del CBR del suelo estudiado, por ende, hay registro de que las conchas de abanico trituradas es posible emplearlas como un material estabilizador de suelos.

Propiedades físicas de los suelos

Son establecidas principalmente por los minerales que componen las partículas del suelo y la roca de la cual procedió. A su vez las propiedades físicas del suelos son dictadas por el tamaño, forma y composición química de sus granos (Das, 2015).

Textura de suelo

Son los componentes inorgánicos de distintas formas y tamaños de la arena, limo, y arcilla presentados en proporciones. La textura del suelo se representa como una propiedad importante por su influencia como factor en la fertilidad y retención del agua, la aireación, drenaje, el contenido de materia orgánica, entre otros (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], s. f).

Color del suelo

Depende de los componentes que tenga el suelo, así como su contenido de humedad, materia orgánica y su grado de oxidación de minerales. Su uso es para diferenciar las secuencias en el perfil del suelo, determinar su origen de la materia parental, si hay materia orgánica presente, ver el estado de drenaje, las sales y carbonato existente también (FAO, s. f).

Consistencia del suelo

Se refiere a la propiedad que define la resistencia del suelo, su deformación/ruptura que aplican sobre este. En base a su contenido de humedad la consistencia del suelo puede variar entre dura, muy dura y suave. Esta consistencia es medida por medio de 3 niveles de humedad: Aire-seco, húmedo y mojado (FAO, s. f).

Porosidad del suelo

Los espacios porosos del suelo significan el porcentaje del volumen de un suelo que no está siendo ocupado por sólidos. En este espacio poroso están los macro poros y los micro poros donde el agua, nutrientes, aire y gases pueden circular o ser retenidos. Los macro poros no retienen agua si esta contra la fuerza de gravedad, se encargan del drenaje, la aireación y componen el espacio donde crecen las raíces. Los micro poros son los que retienen el agua y lo disponen para las plantas (FAO, s. f).

Densidad del suelo

Es mediante esta propiedad que se puede obtener la porosidad total que hay en un suelo. Se define como el peso por volumen del suelo. Está dividido en densidad real y densidad aparente. La densidad real trata sobre las partículas densas que varían con la proporción de elementos que constituyen del suelo. La densidad aparente se divide en alta y baja, la densidad alta es indicador de un suelo compacto con partículas granulares elevadas como es la arena. Por último, la densidad aparente baja no señala que un ambiente sea favorable para que crezcan plantas (FAO, s. f).

Relación Peso-Volumen

La relación peso-volumen para suelos describen las relaciones entre unidad de peso, la relación de vacíos, la porosidad, el contenido de humedad y la gravedad específica de sólidos del suelo. Para su desarrollar las relaciones se debe separar en las tres fases: sólido, agua y aire (Das, 2015).

Peso Específico

Se define como la división de la cantidad de peso por unidad (w) entre el volumen de una sustancia (V). El peso específico es representado por la letra griega γ (gamma) (Mott, 2006).

Granulometría

Es la distribución de tamaños que tiene el agregado a través del tamizado según las especificaciones técnicas. Su finalidad es establecer la proporción de sus diferentes elementos que lo constituyen, clasificándolos según su tamaño (MTC, 2014).

Plasticidad

Es la propiedad de estabilidad del suelo representándolos hasta un límite de humedad sin llegar a disgregarse. La plasticidad de un suelo depende únicamente de sus elementos finos (MTC, 2014).

Límites de Atterberg

Son los 6 límites de consistencia definidos así por Albert Atterberg y estos son el límite superior de flujo viscoso, límite líquido, límite de pegajosidad, límite de cohesión, límite

plástico y límite de contracción (Norma Técnica Peruana, 1999).

Límite líquido

Es el porcentaje de contenido de humedad del suelo, se halla entre los límites de estado líquido y estado plástico (Norma Técnica Peruana, 1999). Se define como el cambio de estado del suelo que pasa de un estado semilíquido a un estado plástico. Se puede moldear (MTC, 2014).

Límite plástico

Es el porcentaje de contenido de humedad del suelo, se halla entre los límites de estado plástico y estado semisólido (Norma Técnica Peruana, 1999). Se define como el cambio de estado del suelo que pasa de un estado plástico a un estado semisólido. Se puede romper (MTC, 2014).

Índice de plasticidad

Definido por el rango de contenido de humedad del suelo y tiene un comportamiento plástico. Es la diferencia entre el límite líquido y límite plástico (Norma Técnica Peruana, 1999). Es el que indica la magnitud del intervalo de las humedades donde el suelo tiene consistencia plástica y posibilita clasificar muy bien un suelo (MTC, 2014).

Mecánica de suelos

Aplicación de la ciencia física que se encarga del estudio de las propiedades del suelo y el estudio del comportamiento de las masas de suelos sometidos a diversos tipos de fuerzas (Das, 2015).

Ensayos de suelos

Contenido de humedad NTP 339.127

Las muestras deben ser preservadas cuidadosamente almacenadas en recipientes los cuáles prevengan o minimicen la condensación de humedad. El ensayo se debe realizar lo más pronto a la fecha de muestreo, en especial si se usan contenedores corrosibles (MTC E108, 1999). La cantidad mínima de material húmedo escogido representativo debe ser según lo siguiente:

Tabla 1

Cantidad mínima de muestra representativa

Máximo tamaño de partícula (pasa el 100°)	Tamaño de malla estándar	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a $\pm 0.1\%$	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a $\pm 1\%$
2 mm. o menos	ITINTEC 2.00 mm. (N°10)	20 g	20 g*
4.75 mm.	ITINTEC 4.75 mm. (N°4)	100 g	20 g*
9.5 mm.	ITINTEC 9.51 mm. (3/8")	500 g	50 g
19.0 mm.	ITINTEC 19.0 mm. (3/4")	2.5 kg	250 g
37.5 mm.	ITINTEC 38.1mm. (1/2")	10 kg	1kg
75.0 mm.	ITINTEC 76.1mm. (3")	50 kg	5kg

Nota. - *Se usará no menos de 20 g para que sea representativa.

Nota. Tomado de *NTP 339.127 SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo*, por INACAL y NTP, 1998.

Si el espécimen de ensayo es de mayor cantidad de material, dicho espécimen será representativo del contenido de humedad de la cantidad total de material. La forma de selección del espécimen es según el propósito y aplicación del ensayo, de la condición de humedad, del tipo de material y tipo de muestra.

Instrumentos:

- Horno de secado
- Balanza
- Recipientes
- Utensilios de manipulación de recipientes
- Otros utensilios

Para el ensayo de contenido de humedad se debe registrar la masa de un recipiente limpio y seco, seleccionar especímenes representativos de ensayo, colocar el espécimen de ensayo húmedo en el recipiente y pesar el contenedor más el material húmedo. Colocar el recipiente con material húmedo al horno y secar el material hasta obtener una masa constante. Luego de ello sacar el recipiente con el material seco del horno, dejar enfriar y determinar el nuevo

peso. Posteriormente, realizar los cálculos pertinentes para obtener el contenido de humedad (MTC E108, 1999).

Clasificación de suelos

Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería NTP 339.134

Según la Norma Técnica Peruana (1999), el método describe el sistema de clasificación de suelos minerales y orgánico para la determinación de su granulometría, límite líquido e índice plástico. No es necesaria la realización de un análisis hidrométrico para la clasificación del suelo. Cualquier material mayor que la malla de 3” debe ser determinado y reportado como información auxiliar. Para la granulometría de las partículas se debe utilizar mínimamente un grupo de tamices (el más grande debe ser compatible con el tamaño máximo de partículas de la muestra de suelo) lo cuáles son:

3 pulg.	(75mm.)
3/4 pulg.	(19,0 mm.)
N°4	(4,75 mm.)
N°10	(2,00 mm.)
N°40	(425 µm.)
N°200	(75 µm.)

Procedimiento preliminar de clasificación

- Se clasifica el suelo como grano fino si el 50% o más del peso seco pasa la malla N°200 (45 µm).
- Se clasifica el suelo como grano grueso si más del 50% del peso seco del espécimen es retenido en la malla N°200 (45 µm).

Procedimiento para la clasificación de suelos de grano fino

- Se debe clasificar al suelo como arcilla de baja plasticidad, CL, si el límite líquido es menor de 50.
- Se debe clasificar al suelo como arcilla de alta plasticidad, CH, si el límite líquido es igual o mayor que 50.
- Se debe clasificar al suelo como arcilla limosa, CL-ML, si su posición cae en o sobre la línea “A” en la carta de plasticidad.

- Se debe clasificar al suelo como limo, ML, si el límite líquido es menor que 50.
- Se debe clasificar al suelo como limo elástico, MH, si el límite líquido es igual o mayor que 50. Si el suelo presenta un color oscuro y olor inorgánico cuando está húmedo y caliente se deberá realizar otro ensayo para halla el límite líquido luego del secado al horno a 110°C + - 5°C a un peso constante.
- Se debe clasificar al suelo como limo orgánico o arcilla inorgánica si el límite líquido después de secarlo al horno es menor del 75% del límite líquido del espécimen original antes del secado.
- Se debe clasificar al suelo como limo orgánico o arcilla inorgánica, OL, si el límite líquido sin secado al horno es menor de 50%. Clasificar al suelo como limo inorgánico, OL, si el índice plástico es menor de 4 o su posición cae debajo de la línea A en la carta de plasticidad. Clasificar al suelo como arcilla orgánica, OL, si el índice plástico es mayor o igual a 4 y su posición cae en o sobre la línea A en la carta de plasticidad.
- Se debe clasificar al suelo como limo orgánico o arcilla inorgánica, OH, si el límite líquido sin secado al horno es mayor o igual que 50%. Clasificar al suelo como limo inorgánico, OH, si su posición cae debajo de la línea A en la carta de plasticidad. Clasificar al suelo como arcilla orgánica, OH, si su posición cae en o sobre la línea A en la carta de plasticidad.
- Se deben añadir las palabras “arena y/o grava” si menos del 30% pero el 15% o más del material ensayado es retenido en la malla N° 200. Ejemplo: Arcilla poco plástica con arena, CL; limo con arena y grava, ML.
- Se deben añadir las palabras “arenoso y/o gravoso” si igual o más del 30% del material ensayado es retenido en la malla N° 200. La palabra “arenoso” se añade si el 30% o más del espécimen es retenido en la malla N° 200. Ejemplo: Arcilla arenosa de baja plasticidad, CL; arcilla gravosa de alta plasticidad, CH; limo arenoso, ML.

Procedimiento para la clasificación de suelos de grano grueso

- Se clasifica el suelo como grava si más del 50% de lo retenido en la malla N°200 es retenido en la malla N° 4.
- Se clasifica el suelo como arena si el 50% o más de lo retenido en la malla N°200 pasa la malla N° 4.
- Si el 12% o menos de la muestra de ensayo pasa la malla N° 200 se debe graficar la curva

granulométrica y se debe calcular los coeficientes de uniformidad y curvatura, C_u y C_c respectivamente.³

$$C_u = D_{60}/D_{10}$$

$$C_c = (D_{30})^2/(D_{10} \times D_{60})$$

Donde:

D_{10} , D_{30} y D_{60} = diámetros de partículas correspondientes al 10%, 30% y 60%, respectivamente, del peso acumulado que pasa en la curva granulométrica.

- Si menos del 5% del material ensayado pasa la malla N°200 se clasifica el suelo como grava bien graduada, GW, o arena bien graduada, SW, si $C_u > 4$ para grava o $C_u > 6$ para arena y $C_c \geq 1$ pero $C_c < 3$.
- Si menos del 5% del material ensayado pasa la malla N°200 se clasifica el suelo como grava pobremente graduada, GP, o arena pobremente graduada, SP, si el C_u y C_c no cumplen los requerimientos para suelos bien graduados.
- Si más del 12% del material ensayado pasa la malla N°200 se considera el suelo como grano grueso con finos.
- Se clasifica el suelo como grava limosa, GC, o arena arcillosa, SC, si los finos son arcillosos. Es decir, si caen en o sobre la línea A o su índice plástico > 7 .
- Se clasifica el suelo como grava arcillosa, GM, o arena limosa, SM, si los finos son limosos. Es decir, si caen en o sobre la línea A o su índice plástico < 4 .
- Si el gráfico de los finos es una arcilla limosa, CL-ML, se debe clasificar al suelo como una grava limosa, GC-GM, o como arena limosa, SC-SM.
- Si del 5-12% del material ensayado pasa la malla N°200 se debe asignar al suelo una clasificación dual asignando dos símbolos de grupo. El primer símbolo deberá ser el designado para grava o arena con menos del 5% de finos (GW, GP, SW, SP) y el segundo símbolo será para una grava o arena con más del 12% de finos (GC, GM, SC, SM). El nombre debe corresponder al del primer símbolo adicionándoles “con arcilla” o “con limo” para indicar las características de plasticidad de los finos. Ejemplo: Grava bien graduada con arcilla, GW-GC; arena pobremente graduada con limo SP-SM.
- Si la muestra de material ensayado es en su mayoría arena o grava, pero contiene 15% o más de otro tipo de grano grueso se deben usar las palabras “con grava” o “con arena”. Ejemplo: Grava pobremente graduada con arena, arena arcillosa con grava.

- Si la muestra de material ensayado presenta bolones o bloque se deben utilizar las palabras “con bolones” o “con bolones y bloques”. Ejemplo: Grava limosa con bolones, GM.

Ensayo de los límites de consistencia NTP 339.129

Se elimina todo material retenido del tamiz N°40 y se trabaja con lo pasante, aproximadamente 300 gramos. Se agrega agua hasta formar una mezcla pastosa y se deja reposar 18 horas para una adecuada saturación. Se calibra adecuadamente la copa de Casagrande hasta que el punto que hace contacto con la base al caer sea de 1 cm encima de esta. Asegurar la platina de ajuste H con los tornillos del calibrador (Norma Técnica Peruana, 1999).

Límite Líquido

Instrumentos:

- Recipiente de almacenaje – vasija de porcelana
- Espátula
- Copa de Casagrande
- Acanalador
- Calibrador
- Recipientes
- Balanza con sensibilidad de 0.1 gr
- Estufa (Martinelli et al., 2016).

Para el límite líquido se coloca una porción de la muestra en la copa de Casagrande dividida por el acanalador en 2 y logrando que fluya a causa de los golpes generados por las caídas repetidas de la copa ocasionadas con el giro de la manija en un dispositivo mecánico estándar. Se deben realizar tres o más pruebas en un rango de contenidos de humedad, efectuar los cálculos necesarios y elaborar el Diagrama de fluidez que consiste en graficar la curva N° de golpes vs. Contenido de humedad, y establecer una relación a partir de la cual se determine el límite líquido (Norma Técnica Peruana, 1999).

Límite Plástico

Instrumentos:

- Espátula
- Recipiente de almacenaje
- Balanza con sensibilidad de 0.1 gr
- Horno o estufa
- Tamiz N°40
- Agua destilada
- Recipientes
- Superficie de rodadura - vidrio esmerilado (Martinelli et al. 2016).

Para el límite plástico se debe tomar una porción de la muestra en forma de elipsoide, rodando con los dedos sobre la superficie de rodadura hasta formar bastones de 3.2 mm de diámetro (1/8”) su contenido de humedad se reduzca y el bastón se quiebre. El contenido de humedad en dicho punto es el límite plástico. El índice de plasticidad es la diferencia entre el límite líquido y límite plástico (Norma Técnica Peruana, 1999).

Proctor Modificado NTP 339.141

Hay 3 procedimientos, el adecuado se debe realizar como se indica en la especificación para el material utilizado. O de lo contrario, si no se indica ningún procedimiento, la elección se basará en la gradación del material (Norma Técnica Peruana, 1999).

Procedimiento A:

- Molde de 4” de diámetro
- Material que pasa la malla N° 4
- Cinco capas
- N° de golpes por capa: 25
- Uso: Si la malla N°4 retiene el 20% o menos del peso del material.

Procedimiento B:

- Molde de 4” de diámetro
- Material que pasa la malla 3/8”
- Cinco capas

- N° de golpes por capa: 25
- Uso: Si la malla N°4 retiene más del 20% en peso del material y el tamiz de 3/8” retiene el 20% o menos en peso del material.

Procedimiento C:

- Molde de 6” de diámetro
- Material que pasa la malla 3/4”
- Cinco capas
- N° de golpes por capa: 56
- Uso: Si la malla de 3/8” retiene más del 20% en peso del material y el tamiz de 3/4” retiene menos del 30% del peso del material (Norma Técnica Peruana, 1999).

Se coloca el suelo a un contenido de agua seleccionado por capas en el molde, cada capa compactada con 25 o 56 golpes de un pisón 44.5 N (10-lbf) con una altura de caída de 18”, sometiendo al suelo a un esfuerzo de compactación de 2700 Kn m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³) en total aproximadamente. Se halla el peso unitario seco resultante. Repetir con cantidades de agua con el fin de establecer una relación entre el peso unitario seco y contenido de agua del suelo. Luego con dicha información generar una relación curvilínea llamada curva de compactación. Los valores de óptimo contenido de agua y máximo peso unitario seco modificado se determinan según la curva de compactación (Norma Técnica Peruana, 1999).

Si el espécimen tiene más el 5% de peso de fracción gruesa y dicho material no se incluye en el ensayo, se debe corregir el peso unitario y contenido de agua del espécimen o la densidad de campo (Norma Técnica Peruana, 1999).

El método genera un peso unitario seco máximo muy bien definido en suelos que no drenan libremente. Se puede utilizar para suelos que drenan libremente, sin embargo, no se definirá bien el peso unitario máximo y puede ser que resulte menos que el obtenido con el método de ensayo NTP 339.117 (Norma Técnica Peruana, 1999).

California Bearing Ratio – Relación de soporte de california (CBR) NTP 339.145

Instrumentos:

- Máquina de carga
- Molde
- Disco espaciador
- Apisonador
- Aparato para medir la expansión
- Pesas
- Pistón de penetración
- Dial de deformación
- Diversos aparatos

Para ensayos en materiales compactados a un contenido de agua se realizan 3 especímenes y son compactados a 3 diferentes esfuerzos para obtener los pesos unitarios, superior e inferior al peso unitario deseado. Luego se debe cubrir de agua los especímenes para humedecerse y deben ser penetrados por un vástago cilíndrico. Se obtendrán resultados de esfuerzo (carga) vs. penetración para determinar el CBR de cada espécimen. Y finalmente el CBR a la densidad especificada se obtiene con un gráfico de CBR vs. Peso unitario seco (Norma Técnica Peruana, 1999).

Para ensayos en los que el resultado se halla para un rango de contenido de agua, los especímenes con cada uno de los 3 esfuerzos de compactación son preparados en el rango de contenido de agua de interés. Se seleccionan los esfuerzos de compactación para generar pesos unitarios superiores e inferiores al peso unitario deseado. Luego de humedecer los especímenes cada uno es penetrado y sus resultados se grafican para obtener el CBR para cada uno. Se realiza una gráfica de los valores de CBR vs. Peso unitario por cada contenido de agua para hallar el mínimo CBR para el rango de contenido de agua (Norma Técnica Peruana, 1999).

Impacto Ambiental

Es la alteración de la calidad del medio ambiente causada por acciones humanas. No obstante, es importante destacar que no todos los cambios mensurables en los factores

ambientales pueden ser considerados como impactos ambientales, ya que, esto podría restar utilidad al concepto de impacto en la evaluación del medio ambiente. Esto implica que no se deben incluir las variaciones naturales causadas por las estaciones del año ni las perturbaciones cíclicas como incendios o terremotos (Garmendia et al., 2005).

Ley General del Ambiente - Ley N°28611

La Ley General del Ambiente fue aprobada en el año 2005, establece los principios y normas básicas para garantizar el derecho a un ambiente saludable, equilibrado e idóneo para el desarrollo pleno de la vida. Asimismo, cumplir con el deber de la contribución efectiva de gestión ambiental y de protección del ambiente y sus componentes, con el fin de lograr el desarrollo sostenible del país y mejorar la calidad de vida de la población (Congreso de la República, 2017).

Formulación del problema

Problema General

¿De qué manera la utilización de 22%, 34% y 48% de conchas de abanico mejorará la sub rasante de los suelos areno arcillosos en la zona sur de Lima?

Problemas Específicos

- ¿De qué manera la utilización del 22% de conchas de abanico mejorará la sub rasante de los suelos areno arcillosos de la zona sur de Lima?
- ¿De qué manera la utilización del 34% de conchas de abanico mejorará la sub rasante de los suelos areno arcillosos de la zona sur de Lima?
- ¿De qué manera la utilización del 48% de conchas de abanico mejorará la sub rasante de los suelos areno arcillosos de la zona sur de Lima?

Objetivos

Objetivo General

Determinar el comportamiento de la sub rasante al utilizar 22%, 34% y 48% de conchas de abanico en el suelo areno arcilloso de la zona sur de Lima.

Objetivos Específicos

- Determinar el comportamiento de la sub rasante al utilizar 22% de conchas de abanico en el suelo areno arcilloso de la zona sur de Lima.

- Determinar el comportamiento de la sub rasante al utilizar 34% de conchas de abanico en el suelo areno arcilloso de la zona sur de Lima.
- Determinar el comportamiento de la sub rasante al utilizar 48% de conchas de abanico en el suelo areno arcilloso de la zona sur de Lima.

Hipótesis

Hipótesis General

La sub rasante del suelo areno arcilloso mejorará mínimo un 10% del CBR utilizando 22%, 34% y 48% de conchas de abanico en la zona sur de Lima.

Hipótesis Específicos

- La sub rasante del suelo areno arcilloso mejorará mínimo un 10% del CBR utilizando 22% de conchas de abanico en la zona sur de Lima.
- La sub rasante del suelo areno arcilloso mejorará mínimo un 10% del CBR utilizando 34% de conchas de abanico en la zona sur de Lima.
- La sub rasante del suelo areno arcilloso mejorará mínimo un 10% del CBR utilizando 48% de conchas de abanico en la zona sur de Lima.

Justificación

Ante las dificultades de trabajabilidad del suelo presentes en la previa ejecución de proyectos de pavimentación en suelos areno arcillosos, y la búsqueda de opciones de mejora que, al implementarse, se desee obtener un suelo mejorado y extender la vida útil del proyecto.

Resulta de especial interés conocer las opciones y tipos de estabilizadores de suelos que mejorarían un suelo areno arcilloso. Por ello, surge proponer una alternativa moderna que aportaría en mejorar dicho suelo, con la adición de un material orgánico reciclado siendo elegidas para este caso, las conchas de abanico.

La presente tesis tiene el propósito de aportar e incentivar a nuestros colegas con futuras investigaciones sobre el mismo o similar tema y brindar una mayor visualización de otras alternativas que tienen el objetivo de mejorar los suelos areno arcillosos para proyectos de pavimentación. Cómo en este caso, la adición de porcentajes de conchas de abanico como material estabilizador.

En nuestra tesis se busca proporcionar información útil para la comunidad académica y que motive en continuar investigando, experimentando y agregando conocimientos novedosos para la problemática antes mencionada.

Es de considerar que se cuenta con algunos estudios y trabajos de alcance nacional sobre el tema, pero no alcanzan a ser numerosos y visibles para mayores investigaciones. La presente tesis es favorable para aportar mayor conocimiento sobre los porcentajes de agregado de concha de abanico demostrando sus beneficios en mejorar el suelo areno arcilloso para la ejecución de un proyecto de losa de pavimentación y extensión de la vida útil de esta.

Este trabajo es de utilidad metodológica, porque podrían continuar elaborando futuras investigaciones que adoptaran metodologías compatibles, de modo que efectuaran análisis conjuntos, el estudio en laboratorio de cada ensayo y realizar comparaciones entre los resultados obtenidos.

Por otro lado, la tesis brinda y contribuye al mensaje de apoyo sobre el reciclaje, en este caso, de materiales orgánicos. De esta manera incentivando y creando conciencia al cuidado del medio ambiente, el bienestar común de todos y de nuestro entorno. La investigación presente es de carácter viable, porque posee los recursos necesarios para realizarse

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Tipo de investigación

Es aplicada, ya que, su finalidad es de hallar mecanismos y/o estrategias con las que se pueda conseguir un objetivo determinado. Y el tipo de ámbito al cual se aplique será bastante específico y muy delimitado (Oblitas, 2018).

Nivel de Investigación

Es experimental, ya que, en ella el investigador actúa conscientemente sobre el objeto de estudio y los objetivos de estos estudios son de conocer los efectos de los actos producidos por el propio investigador como mecanismo o técnica para probar sus hipótesis (Bernal, 2006).

Diseño de investigación

Es experimental puro, ya que, es la situación de control en la cual se manipulan las variables independientes (causas) sobre una o más variables dependientes (efectos) (Morán y Alvarado, 2010).

Población y muestra

Unidad de estudio

El terreno se encuentra ubicado en un distrito en la zona sur de Lima.

Población

Según Pineda et al. (1994), la población es aquel conjunto de personas u objetos de los cuáles se pretende conocer algo por medio de una investigación. En este caso, la población de la presente tesis es: Todos los suelos areno arcillosos de la zona sur de Lima.

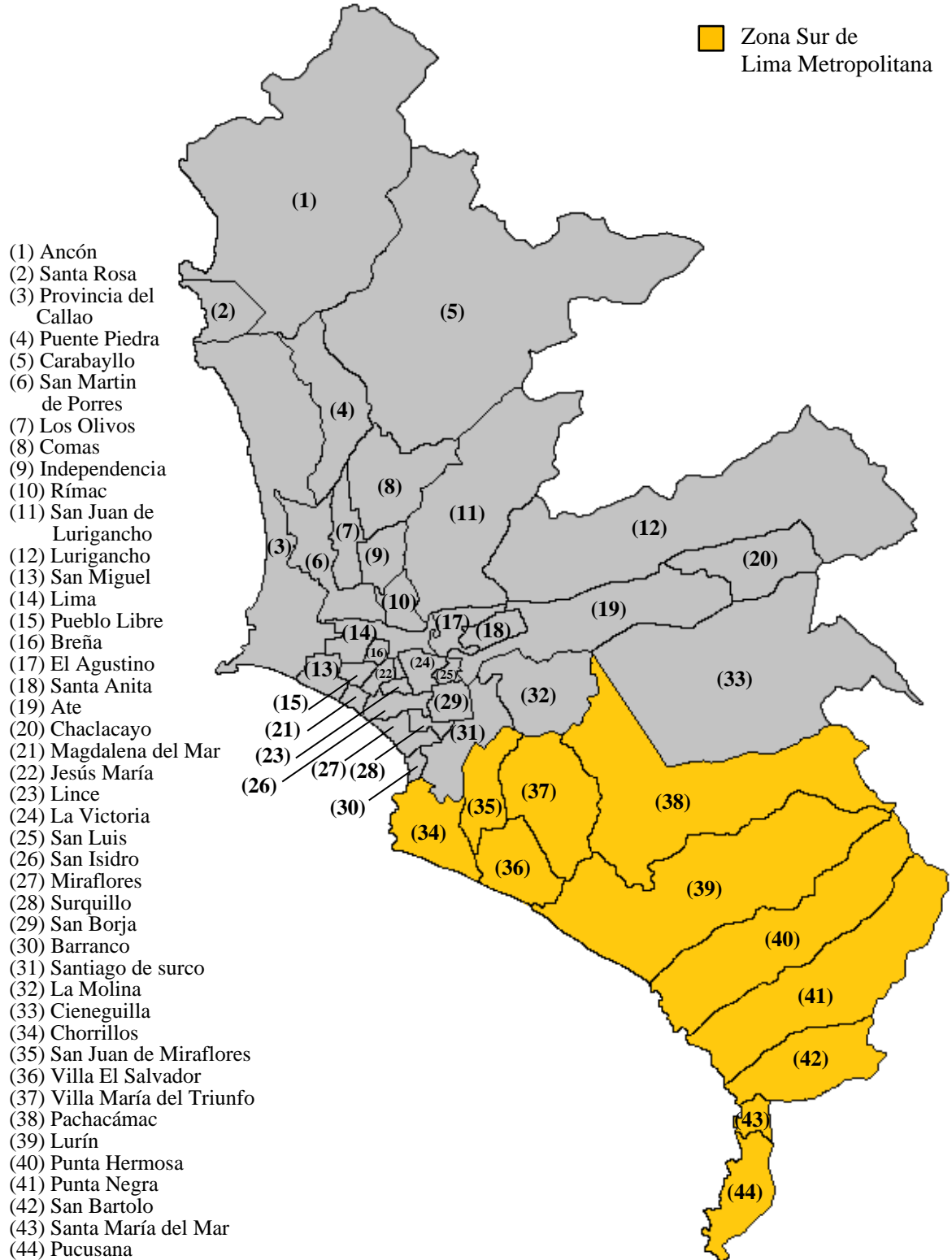
Muestra

Según McDaniel y Gates (2016), la muestra por conveniencia es un tipo de muestreo no probabilístico y se emplea mayormente por motivos de conveniencia. Es un método en que las unidades de muestra son seleccionadas en base a la conveniencia o disponibilidad del investigador para acceder a ellas. La tesis utiliza una muestra por conveniencia por que se eligió obtener la muestra en una zona sur de Lima en donde se nos permitió el acceso. La

muestra de la presente tesis es: El suelo areno arcilloso de la zona sur de Lima.

Figura 9

Mapa de la zona sur de Lima Metropolitana



Operacionalización de las variables

Variable Independiente

Conocida también como variable estimulante, de entrada o input, e incluso se le llama variable causal o experimental porque es manipulada por el investigador. Puede surgir tanto del objeto de estudio como de su entorno. Tiene la capacidad de ejercer influencia, incidir, condicionar o generar el comportamiento de otras variables de salida (output). A través de esta variable, el investigador establece el grado de relación con la variable objeto de estudio. En un primer acercamiento a los estudios de causalidad, el investigador examina qué sucedería con la variable efecto o respuesta al cambiar los valores de la variable causa o variable independiente (Rodríguez et al., 2021).

Variable Dependiente

Denominada también como variable de efecto o variable de acción condicionada que se utiliza para caracterizar el problema en estudio. Esta variable representa el fenómeno o la situación que se busca explicar, es decir, es la respuesta o efecto que se ve influenciado por la presencia o acción de la variable independiente. Desde una perspectiva conductual, la variable dependiente es el resultado del comportamiento del objeto de estudio que ha sido estimulado. Esta variable surge, desaparece y se modifica como consecuencia de la manipulación de la variable independiente realizada por el investigador. En otras palabras, los valores de la variable dependiente dependen de los valores de la variable independiente. Por tanto, la variable dependiente refleja las consecuencias de los cambios realizados en el objeto de estudio (Rodríguez et al., 2021).

Matriz de consistencia

Es una herramienta esencial en un trabajo de investigación. Su función principal es permitir al investigador evaluar la conexión lógica y la coherencia entre elementos clave como el título, el problema, los objetivos, las hipótesis, las variables, el tipo de estudio, el método, el diseño y los instrumentos de investigación. También es utilizada para analizar la población y la muestra correspondiente al estudio. A través de esta herramienta, se busca validar o corregir la estructura mencionada, garantizando así la cohesión, la solidez y la consistencia en todas las partes del trabajo de investigación (Oblitas, 2018).

Tabla 2

Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA – PROYECTO DE INVESTIGACIÓN						
“MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE DE SUELOS ARENO ARCILLOSOS UTILIZANDO 22%,34% Y 48% DE CONCHAS DE ABANICO EN LA ZONA SUR DE LIMA”						
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS PRINCIPAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	DISEÑO METODOLÓGICO
¿De qué manera la utilización de 22%, 34% y 48% de conchas de abanico mejorará la sub rasante de los suelos areno arcillosos en la zona sur de Lima?	Determinar el comportamiento de la sub rasante al utilizar 22%, 34% y 48% de conchas de abanico en el suelo areno arcilloso de la zona sur de Lima.	La sub rasante del suelo areno arcilloso mejorará mínimo un 10% del CBR utilizando 22%, 34% y 48% de conchas de abanico en la zona sur de Lima.	VARIABLE INDEPENDIENTE Mejoramiento de la sub rasante de suelos areno arcillosos	Proctor Modificado CBR	- Cantidad de golpes - Porcentaje de humedad óptima - Máxima densidad seca - Alta - Media - Baja	Tipo de investigación Aplicada Nivel de Investigación Experimental En ella el investigador actúa conscientemente sobre el objeto de estudio y los objetivos de estos estudios son de conocer los efectos de los actos producidos por el propio investigador como mecanismo o técnica para probar sus hipótesis (Bernal, 2006).
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECIFICA	VARIABLE DEPENDIENTE			Diseño de investigación Experimental Puro Es la situación de control en la cual se manipulan las variables independientes (causas) sobre una o más variables dependientes (efectos) (Morán y Alvarado, 2010). Unidad de estudio El terreno se encuentra ubicado en un distrito en la zona sur de Lima. Población Todos los suelos areno arcillosos de la zona sur de Lima. Muestra El suelo areno arcilloso de la zona sur de Lima. Instrumentos Formato del Contenido de humedad Formato del Análisis granulométrico por tamizado Formato de Límites de Atterberg Formato de Proctor Modificado Formato de CBR Ficha de Observación Valoración estadística Prueba de hipótesis
¿De qué manera la utilización del 22% de conchas de abanico mejorará la sub rasante de los suelos areno arcillosos de la zona sur de Lima?	Determinar el comportamiento de la sub rasante al utilizar 22% de conchas de abanico en el suelo areno arcilloso de la zona sur de Lima.	La sub rasante del suelo areno arcilloso mejorará mínimo un 10% del CBR utilizando 22% de conchas de abanico en la zona sur de Lima.	Utilizando 22%, 34% y 48% de conchas de abanico	Análisis granulométrico por tamizado	- Porcentaje pasante por las mallas de cada tamiz	
¿De qué manera la utilización del 34% de conchas de abanico mejorará la sub rasante de los suelos areno arcillosos de la zona sur de Lima?	Determinar el comportamiento de la sub rasante al utilizar 34% de conchas de abanico en el suelo areno arcilloso de la zona sur de Lima.	La sub rasante del suelo areno arcilloso mejorará mínimo un 10% del CBR utilizando 34% de conchas de abanico en la zona sur de Lima.		Límites de Atterberg	- Límite líquido - Límite Plástico	
¿De qué manera la utilización del 48% de conchas de abanico mejorará la sub rasante de los suelos areno arcillosos de la zona sur de Lima?	Determinar el comportamiento de la sub rasante al utilizar 48% de conchas de abanico en el suelo areno arcilloso de la zona sur de Lima.	La sub rasante del suelo areno arcilloso mejorará mínimo un 10% del CBR utilizando 48% de conchas de abanico en la zona sur de Lima.		Contenido de humedad	- Porcentaje de humedad	

Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Técnicas de recolección de datos

Tanto en el enfoque cualitativo como en el cuantitativo, la recolección de datos es indispensable, ya que, su propósito es obtener datos de seres vivos, personas, comunidades, situaciones o procesos en profundidad en las formas de expresión de cada uno. Se recolectan con la finalidad de analizarlos y comprenderlos, y así responder a las preguntas de investigación y generar conocimiento (Hernández et. al, 2014).

Las técnicas utilizadas en la presente tesis son:

- Observación directa

Permite obtener información confiable, si se hace uso de un procedimiento sistematizado y controlado, para lo cual se utilizan medios audiovisuales completos (Bernal, 2006).

- Notas de campo

Es el registro de acontecimientos que suceden en una actividad. Su uso permite al observador apuntar todo lo que considere relevante y su memoria podría olvidar. Usualmente, en una nota de campo se pueden registrar datos como: la hora del evento, una descripción de las características del evento, interpretación o comentarios del observador acerca de los hechos registrados (Universidad de Las Américas, 2015).

- Documentos, registros, materiales y artefactos

Ayudan a comprender adecuadamente el fenómeno central de estudio. La mayoría de las personas, comunidades, grupos y sociedades narran o escriben sus historias y estatus actuales. Ello sirve para conocer los antecedentes de un tema específico (Hernández et. al., 2014).

Instrumentos de recolección de datos

- Acanalador
- Agua destilada
- Aparato para medir la expansión
- Apisonador
- Balanza con sensibilidad de 0.1 gr

- Calibrador
- Copa de Casagrande
- Dial de deformación
- Disco espaciador
- Espátula
- Estufa
- Horno
- Máquina de carga
- Molde de 4” de diámetro
- Molde de 6” de diámetro
- Pesas
- Pistón de penetración
- Recipientes de almacenaje
- Superficie de rodadura/vidrio esmerilado
- Tamices
- Utensilios de manipulación de recipientes
- Vasija de porcelana

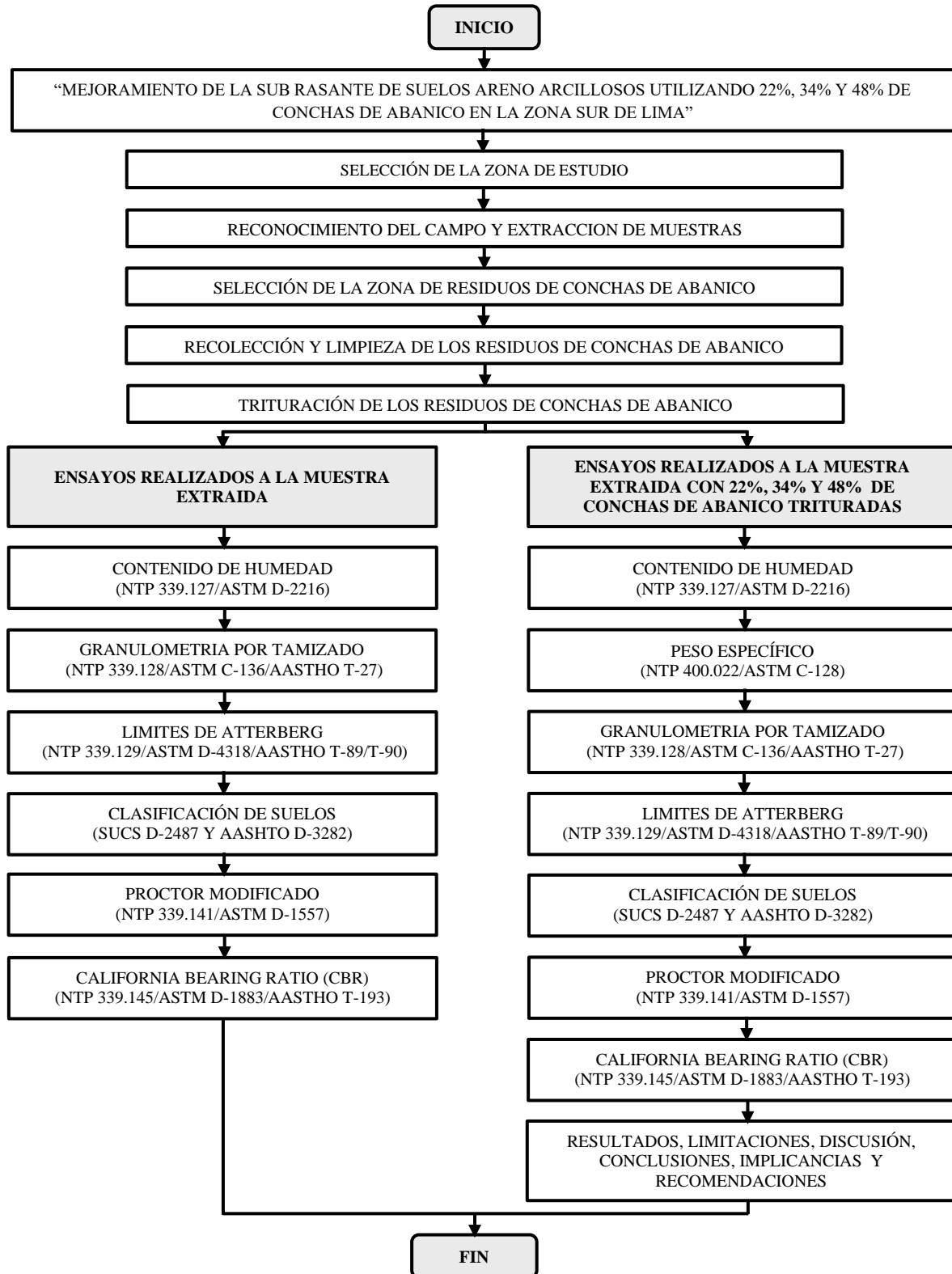
Análisis de datos

Al culminar con la recolección de datos se continua su análisis respectivo. Usamos para ello el programa Microsoft Excel que nos permite analizar los resultados mediante las gráficas y tablas de acuerdo con el formato de cada ensayo elaborado.

Procedimiento

Figura 10

Diagrama de flujo del procedimiento de la tesis



a) Selección de la zona de estudio

a.1) Reconocimiento del campo y extracción de muestras

Primero, se realizó un reconocimiento del terreno para identificar a simple vista los diferentes tipos de suelo que puedan presentarse. Luego, se procedió a la ejecución de las calicatas para extraer la muestra de suelo a analizar posteriormente en los laboratorios de la universidad por medio de los ensayos pertinentes. La muestra fue extraída de tres calicatas realizadas dentro del área con una profundidad de 1.5 m. Ya que, según la norma CE. 010, Capítulo 3 refiere que “El número de puntos de investigación será de acuerdo con el tipo de vía según se indica en la Tabla 2, con un mínimo de tres (03)”.

Tabla 3

Cantidad mínima de puntos de investigación

Tipo de vía	Número de puntos de investigación	Área (m²)
Expresas	1 cada	1000
Arteriales	1 cada	1200
Colectoras	1 cada	1500
Locales	1 cada	1800

Nota. Tomado de *Norma CE.010 Pavimentos Urbanos*, por Reglamento Nacional de Edificaciones RNE, 2010.

Tratándose de una zona urbana, se consideró el tipo de vía “Local”, según la tabla debido al área, hubiera sido necesario realizar un solo punto, pero debido a que el mínimo es tres, se realizó esta última.

Figura 11

Perfil estratigráfico de la calicata C1

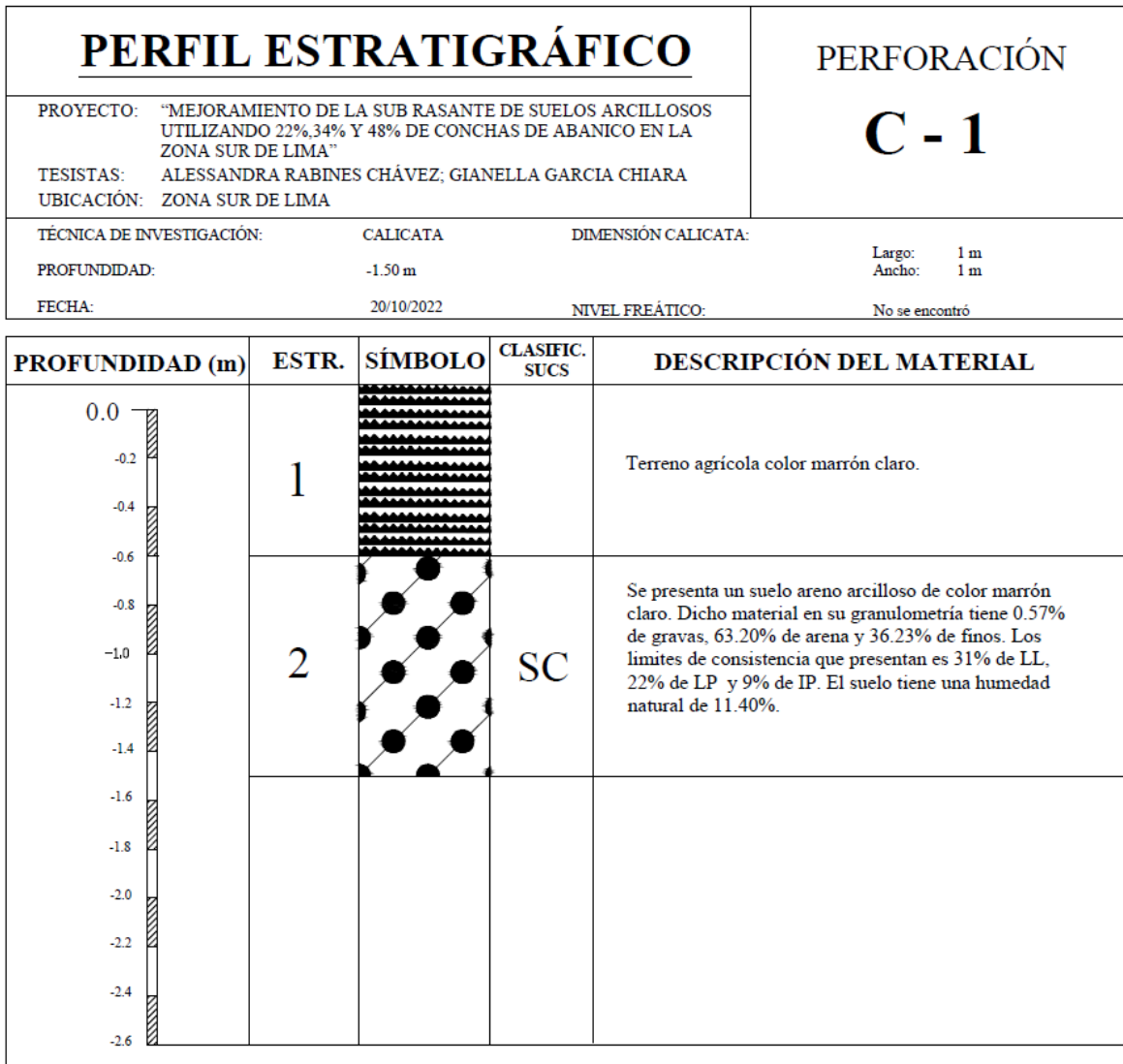


Figura 12

Perfil estratigráfico de la calicata C2

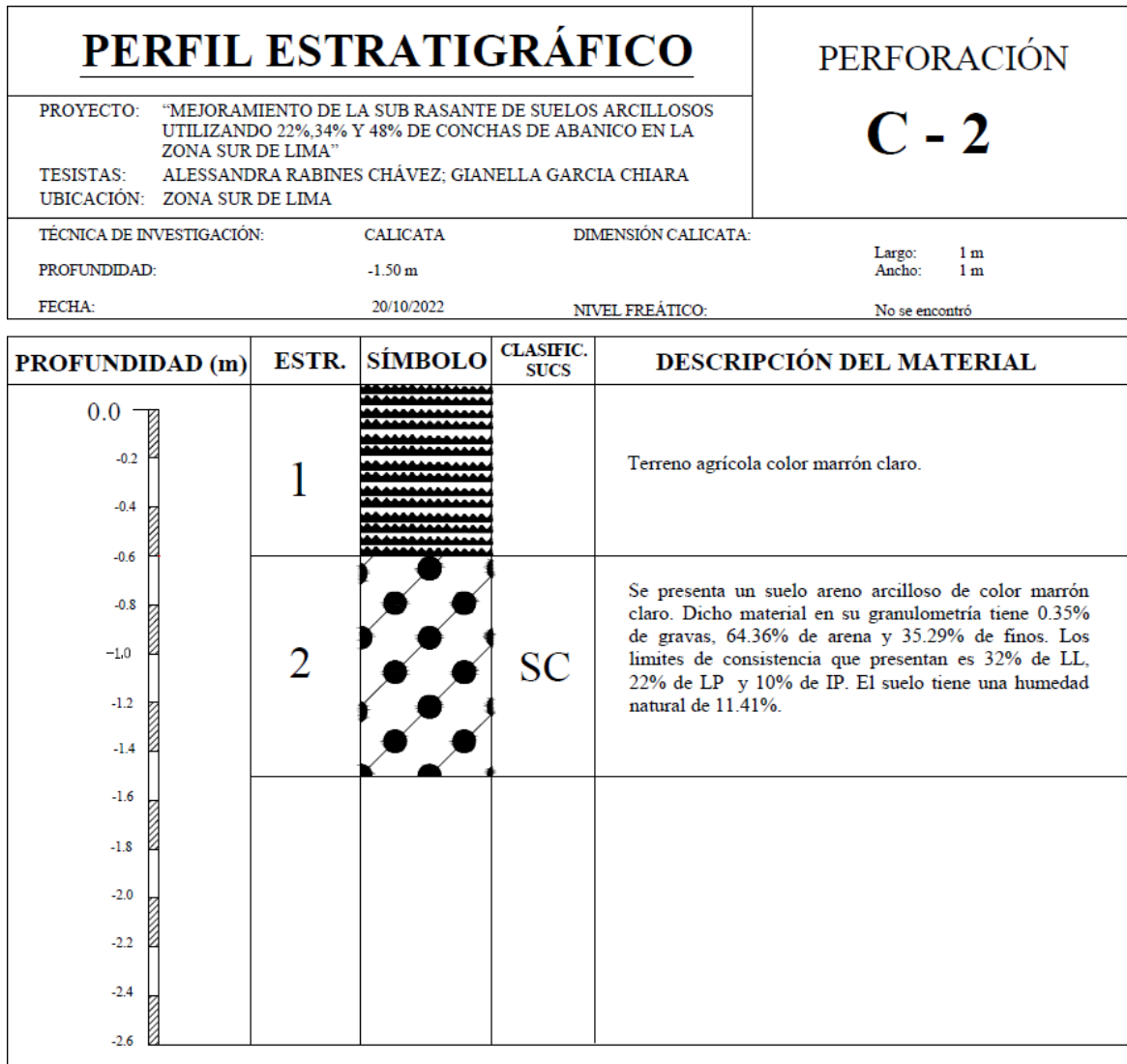
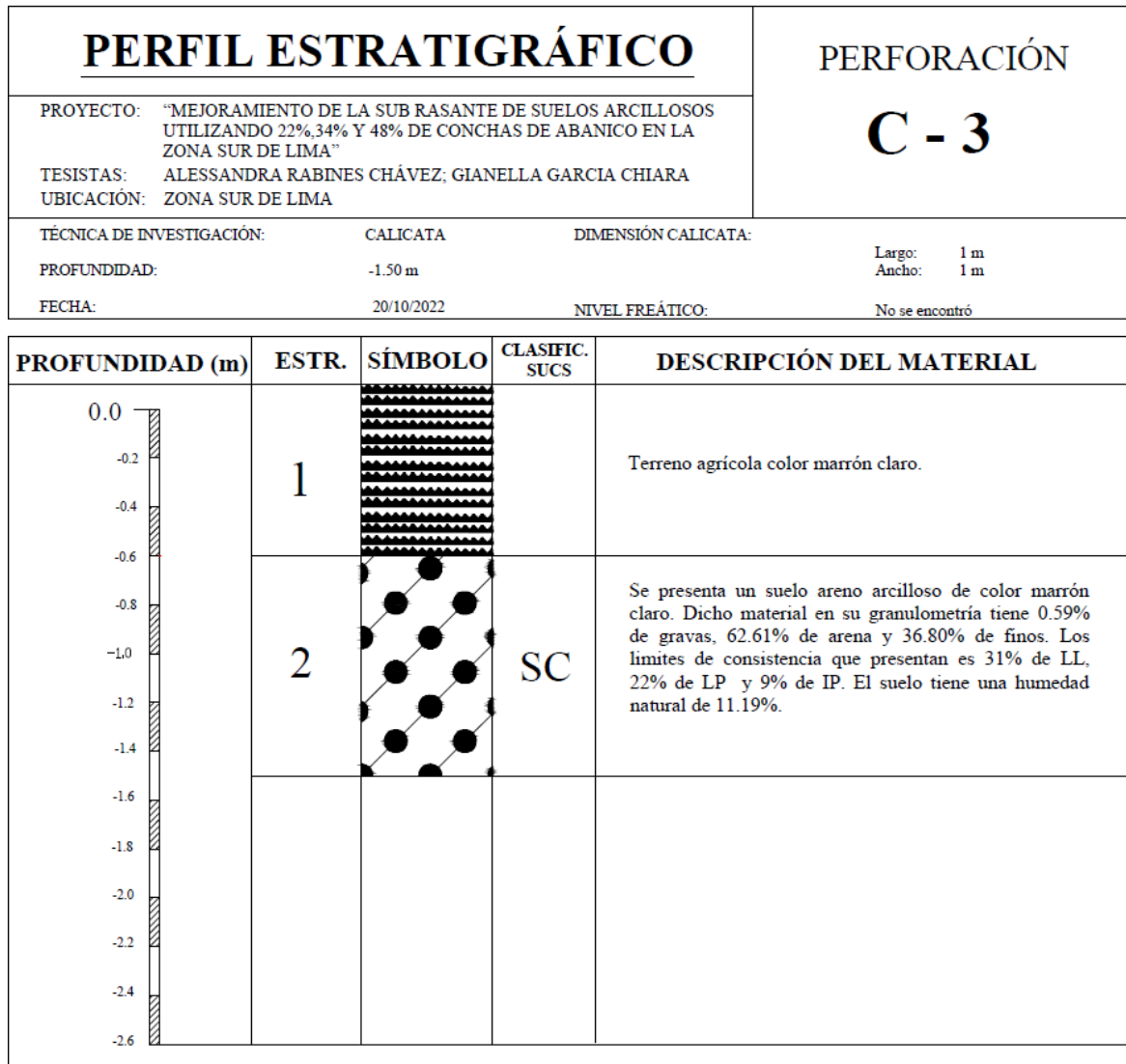


Figura 13

Perfil estratigráfico de la calicata C3

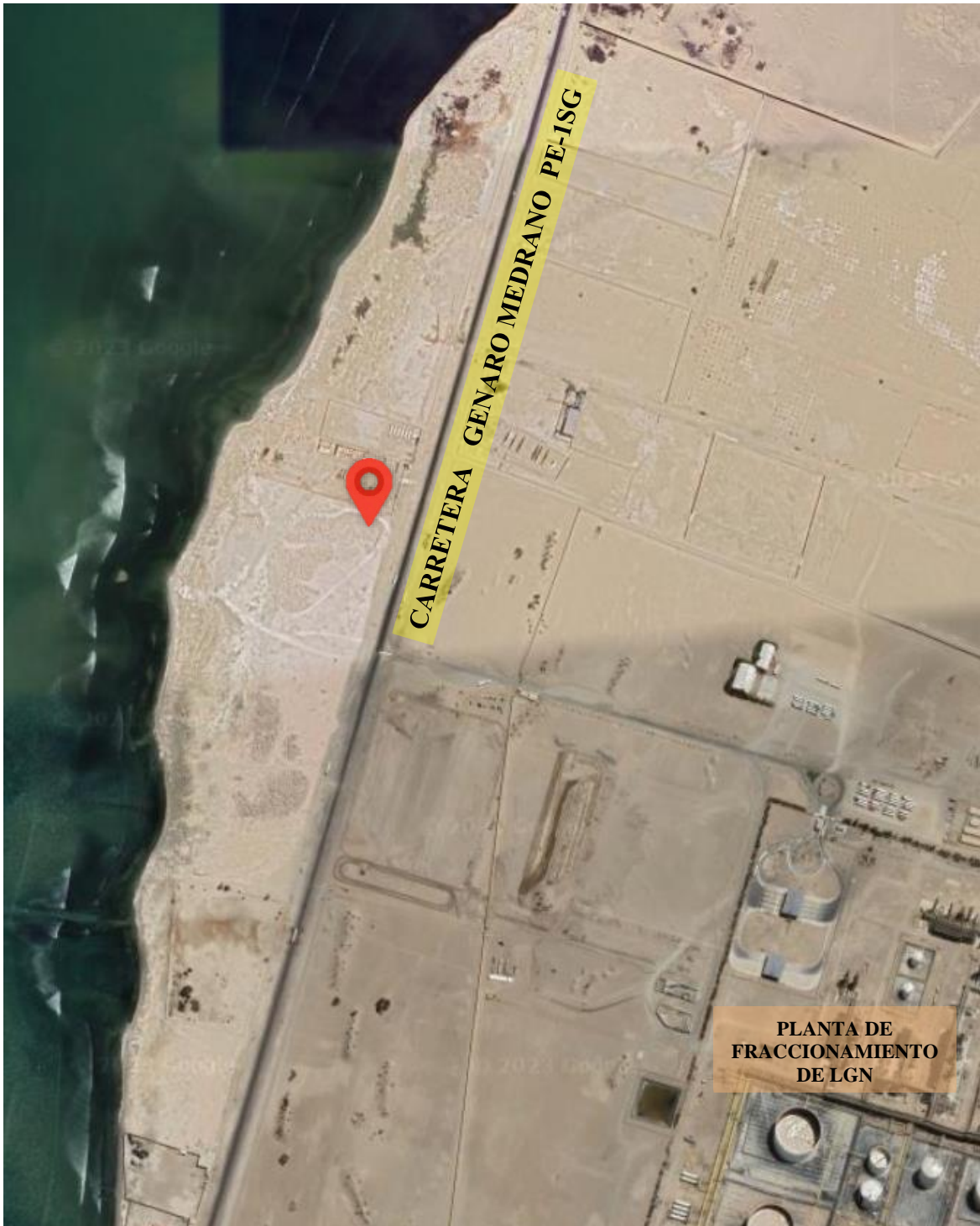


b) Selección de la zona de residuos de conchas de abanico

Para la obtención de residuos de conchas de abanico, se realizó una previa búsqueda informativa sobre botaderos hidrobiológicos y/o botaderos industriales que contengan este material en Perú. Tras la búsqueda, se eligió un botadero cercano y accesible para su movilización desde Lima. Este botadero se encuentra ubicado en la carretera Pisco - Paracas - Genaro Medrano, distrito de San Andrés perteneciente a la Provincia de Pisco, Departamento de Ica. Como referencia queda cercano a la altura de la pista de acceso a la Empresa Plus Petrol.

Figura 14

Mapa de ubicación de los residuos de conchas de abanico en Ica



Nota. Tomado de Google Earth. (s. f.).

b.1) Recolección y limpieza de los residuos de conchas de abanico

Para acceder al botadero de residuos de conchas de abanico, es posible mediante el traslado en movilidad propia o taxi. Al llegar al lugar, se visualizó que el botadero era amplio, en su extensión contenía varios montículos de conchas de abanico y no había presencia de desechos orgánicos o basura en los alrededores. Se encontró todo el material encima de la arena de playa y aledaño a terrenos descampados. Mediante la información obtenida de los ciudadanos de la zona, estos botaderos fueron de categoría industrial y surgieron a raíz de los criaderos de conchas de abanico existentes en la ciudad de Pisco; puesto que, al exportar su contenido de manera industrial, les queda sobrante grandes cantidades conchas de abanico vacías. Para lo cual, proceden a desechar todo el material sobrante en lugares similares a la zona de residuos a usar en la realización de la presente tesis. Los lugares destinados para este fin son aquellos ubicados cerca de playas desoladas y poco transitadas.

Durante la recolección, se identificó que los residuos de conchas de abanico presentaban un manto de arena de playa adherido en toda su superficie, esto se dió a consecuencia de permanecer mucho tiempo en la intemperie. Las conchas de abanico recogidas fueron de tamaño variado, en su mayoría se recolectaron de mayor y mediano tamaño, las mismas que se encontraron en perfectas condiciones siendo muy escasas las unidades rotas o quebradas. Se eligió hacer uso de las conchas de abanico enteras; es decir, que no se encuentren rotas ni quebradas. La recolección de las muestras fue de manera asequible y tuvo una duración de alrededor de 1 hora, lográndose recolectar aproximadamente 20 kilos de conchas de abanico.

Previo a la movilización de retorno hacia Lima con las conchas de abanico recolectadas se procedió a realizar la limpieza de estas, con el fin de quitarles la arena sobrante adherida en toda su superficie y poder obtener de manera más pulcra las muestras a usar. Para realizar esta acción, se procedió al traslado con las muestras hasta una playa aledaña al muelle de Chaco.

En primer lugar, se enjuagó dentro del mar cada concha de abanico y luego con el uso de una escobilla quitar el exceso de arena tanto en su superficie exterior como interior. De manera más sencilla se realizó el retiro de la suciedad en la superficie interna a diferencia de la externa, ya que, en esta última se presentaban los relieves de la concha de abanico y se procuraba quitar de cada relieve la suciedad presente. En caso de observar restos de arena o suciedad luego del proceso de limpieza, se procedía a repetir la misma acción hasta obtener

una superficie limpia. Durante la limpieza, surgió otra alternativa al método de limpieza inicial, el cual consistía en sumergir las conchas de abanico en bolsas que contenían agua de mar y proceder a agitarlas, este método se realizó en paralelo a la inicial propuesta. Con ello, se logró agilizar la limpieza de las conchas de abanico.

Al finalizar el proceso de limpieza, se verificó su pulcritud y se procedió a colocar cada concha de abanico encima de un saco limpio para su posterior secado bajo la luz del sol. Luego de unos minutos de secado al sol, se comprobó que la superficie expuesta de cada concha de abanico se encontrase seca y se pasaba a voltear cada muestra para que la otra superficie pudiese secarse. Una vez obtenidas las conchas de abanico completamente limpias y secas, se procedió a guardarlas dentro de otro saco limpio para su transporte de manera adecuada a Lima.

Habiendo tenido el material en Lima, se procedió a enjuagar por última vez cada concha de abanico con agua potable, posterior a ello se realizó su respectivo secado de cada concha. Ello se realizó con la finalidad de poder prevenir la presencia alguna de suciedad y salvaguardar la integridad de los resultados de los ensayos a realizar. Finalmente, se transportó los sacos con conchas de abanico al laboratorio de suelos de la UPN – Sede Breña para elaborar los ensayos respectivos.

Figura 15

Panorama del botadero en dirección a la carretera



Figura 16

Panorama del botadero en dirección al Sur



Figura 17

Panorama del botadero en dirección al mar



Figura 18

Recolección de residuos de conchas de abanico por Alessandra Rabines



Figura 19

Recolección de residuos de conchas de abanico por Gianella Garcia



Figura 20

Residuos de conchas de abanico del botadero



Figura 21

Ejemplo de residuos de conchas de abanico roto



Figura 22

Sitio de limpieza ubicado al lado del muelle Chaco



Figura 23

Limpieza de los residuos de conchas de abanico



Figura 24

Secado bajo el sol de los residuos de conchas de abanico



Figura 25

Vista de los residuos de conchas de abanico secando bajo el sol



b.2) Trituración de los residuos de conchas de abanico

Dentro de las bolsas con las conchas de abanico obtenidas del botadero se visualizó con anterioridad que estas presentaban diferentes tamaños; por lo que, se procedió a escoger 5 ejemplares para determinar sus medidas. Por medio del uso del vernier digital, se verificó que la de mayor tamaño fue de 8.6cm x 9.5cm y la de menor tamaño de 4.2cm x 4.3cm. El tamaño más frecuente que se pudo observar fue de 6.5cm x 6.9cm aproximadamente.

Para la trituración de las conchas, se procedió a seccionar de manera uniforme en 4 tandas los 20kg de conchas de abanico y luego se utilizó la máquina de abrasión de los ángeles dentro de la cual se colocaron 12 billas de acero con el fin de acelerar el proceso de triturado y se esperó que culmine cada ciclo de 500 revoluciones (15 minutos c/u).

Al culminar cada proceso, el material triturado depositado en la bandeja del tambor se procedía a colocar dentro de una bandeja distinta para el tamizado del material por la malla N°04. Todo material pasante de la malla se procedió a seleccionar y guardar; mientras que, todo material retenido se volvió a colocar nuevamente en la máquina de abrasión. Este mismo procedimiento de selección y tamizado se repitió hasta lograr que todo el material de conchas de abanico pasara la malla N°04.

Figura 26

Ejemplo de tamaño de 5 residuos de conchas de abanico del botadero



Figura 27

Medidas en milímetros de 5 residuos de conchas de abanico del botadero

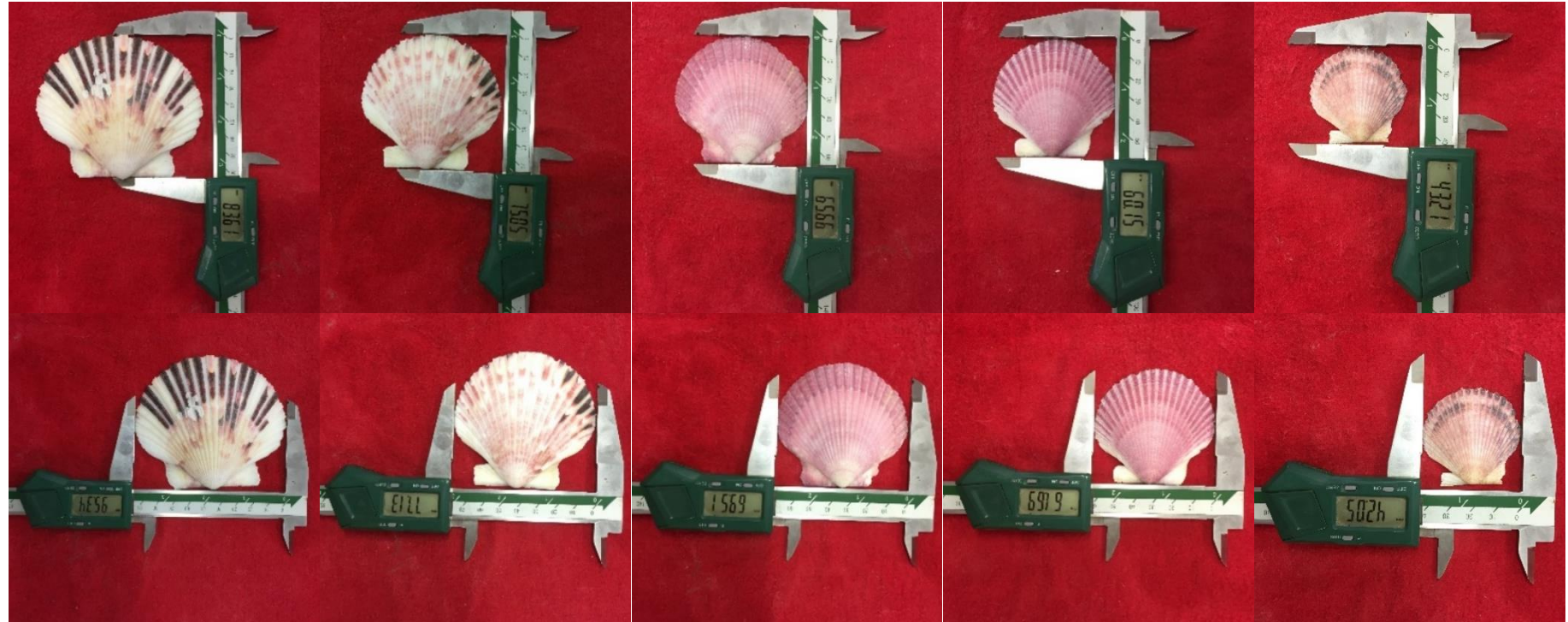


Figura 28

Saco de conchas de abanico para la máquina de abrasión de los ángeles

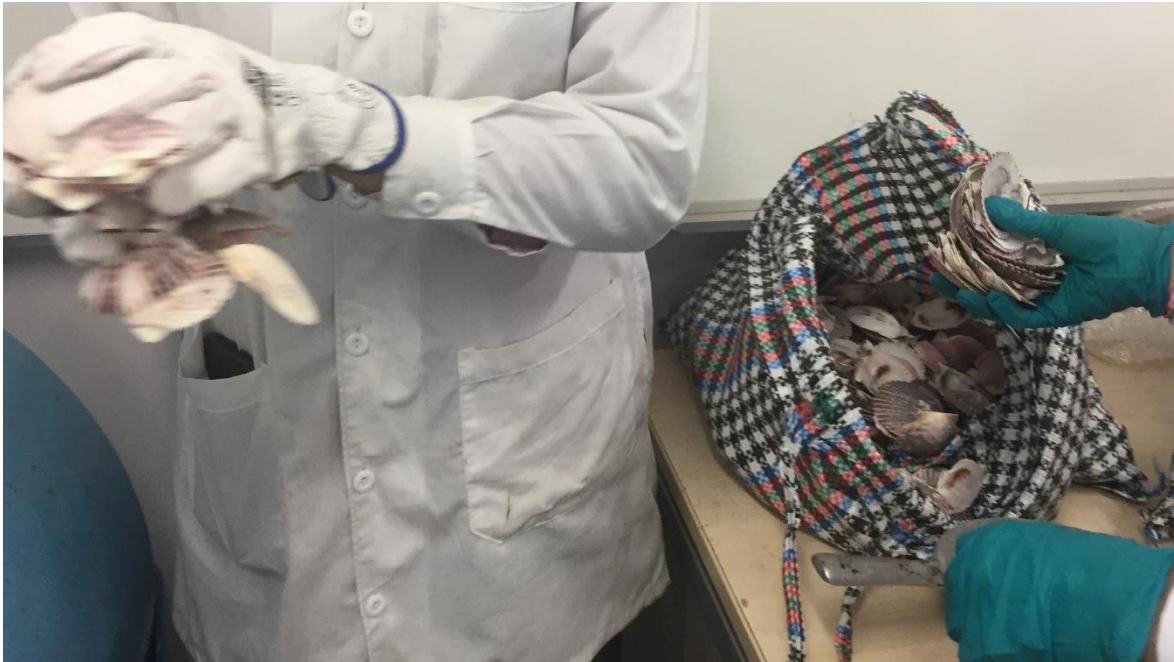


Figura 29

Colocación de las conchas de abanico en la máquina de abrasión de los ángeles



Figura 30

Máquina de abrasión de los ángeles con conchas de abanico



Figura 31

Colocación de las billas de acero a la máquina de abrasión de los ángeles



Figura 32

Retiro de las conchas de abanico de la máquina de abrasión de los ángeles



Figura 33

Conchas de abanico trituradas y las billas de acero usadas



Figura 34

Colocación de las conchas de abanico en la malla N°04



Figura 35

Tamizado de las conchas de abanico con la malla N°04



Figura 36

Separación de lo retenido de conchas de abanico de la malla N°04



Figura 37

Colocación en la máquina de abrasión de los ángeles de lo retenido de la malla N°04



Figura 38

Detalle de lo pasante de la malla N°04 de conchas de abanico



Figura 39

Bolws con todo lo pasante de la malla N°04 de conchas de abanico



c) Ensayos realizados a la muestra extraída

c.1) Contenido de humedad

Se procedió a seleccionar 2 kg de cada material por cada calicata realizada y colocarlos con el cucharón metálico en el cuarteador. Luego, se esparció uniformemente la muestra en la parte superior del cuarteador para que pueda distribuirse por cada cajuela en los recipientes de la parte inferior. Después, se escogió uno de los recipientes y se repitió el procedimiento anterior hasta reducir su tamaño y obtener los 500 g necesarios para realizar el ensayo. Se escogieron 500 g ya que, según la siguiente tabla indicada por la NTP. 339.127 indica que lo mínimo son 100 g para poder hallar el contenido de humedad:

Tabla 4

Cantidad mínima de muestra representativa

Máximo tamaño de partícula (pasa el 100°)	Tamaño de malla estándar	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a $\pm 0.1\%$	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a $\pm 1\%$
2 mm. o menos	ITINTEC 2.00 mm. (N°10)	20 g	20 g*
4.75 mm.	ITINTEC 4.75 mm. (N°4)	100 g	20 g*
9.5 mm.	ITINTEC 9.51 mm. (3/8")	500 g	50 g
19.0 mm.	ITINTEC 19.0 mm. (3/4")	2.5 kg	250 g
37.5 mm.	ITINTEC 38.1mm. (1/2")	10 kg	1kg
75.0 mm.	ITINTEC 76.1mm. (3")	50 kg	5kg

Nota.- *Se usará no menos de 20 g para que sea representativa.

Nota. Tomado de NTP 339.127 SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo, por INACAL y NTP, 1998.

Se determinó y registró los pesos de las taras (limpias y secas) para las 3 muestras de las 3 calicatas extraídas. M1, M2 y M3. Se agregaron los 500 g de muestra húmeda a cada una y fueron llevadas al horno de secado a 110 ± 5 °C por 24 horas.

Luego de que el material se secó pasado el tiempo establecido, se removió el contenedor del horno y se dejó enfriar a temperatura ambiente. Posteriormente, se determinó y registró el peso del material seco en las taras en la balanza. Luego, se realizaron los cálculos pertinentes para determinar el contenido de humedad de la muestra.

Figura 40

Taras con las muestras M1, M2 y M3 con 500g cada uno

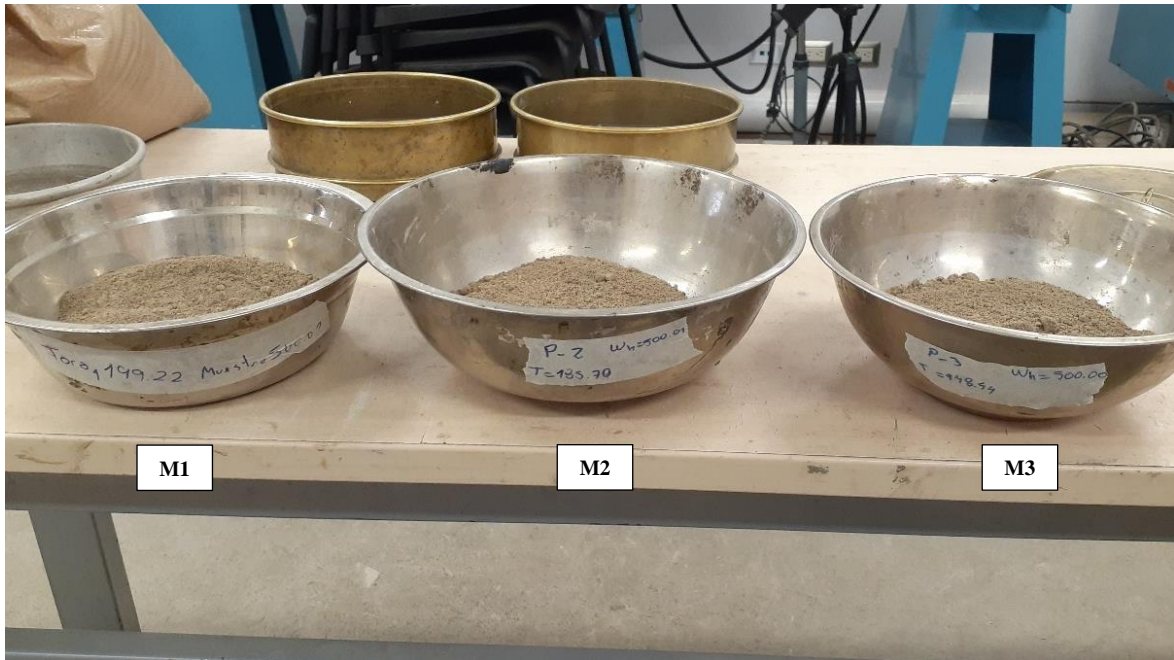


Figura 41

Muestras M1, M2 y M3 colocadas en el horno de secado



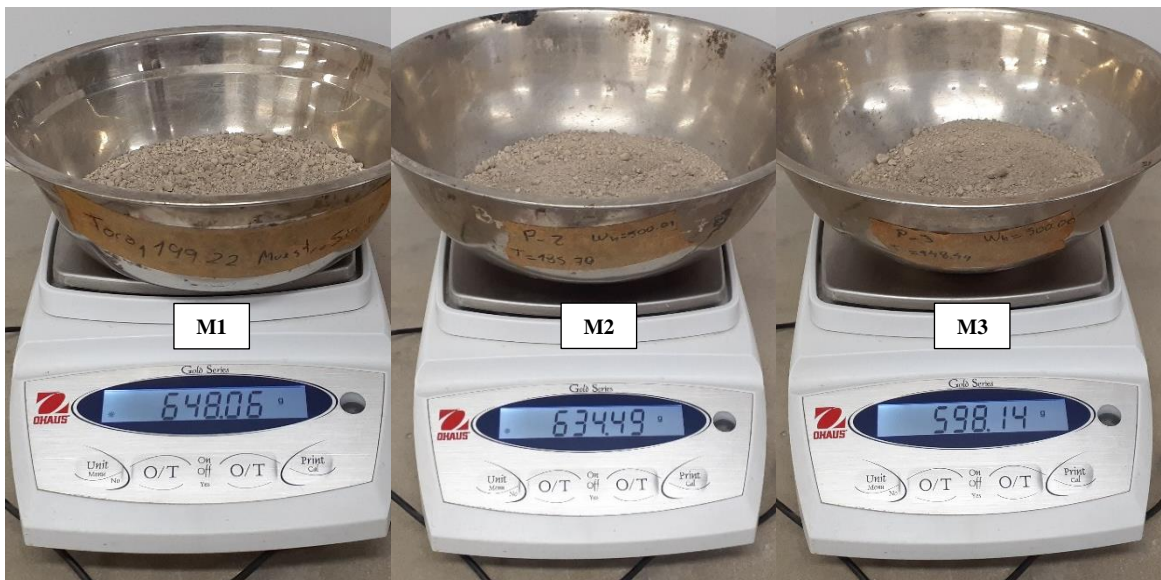
Figura 42

Retiro de las muestras M1, M2 y M3 cumplidas las 24 horas



Figura 43

Registro del peso de las muestras M1, M2 y M3



c.2) Granulometría por tamizado

Para determinar el tamaño de las partículas y clasificación de la muestra del suelo inicialmente se obtuvo por método del cuarteo una muestra uniforme de suelo (800 g a 1000 g), luego se procedió a realizar el ensayo usando la norma ASTM C-136, la cual consiste en hacer pasar la muestra de suelo seco a través de una serie de mallas de dimensiones estandarizadas. Para ello, se lavó de manera cuidadosa la muestra en el tamiz N°200, en porciones controladas de tal modo que no se pierda ninguna de las partículas mayores al tamiz N°200.

Al culminar el proceso, se pasó a un recipiente limpio todo el material retenido y se llevó al horno de secado por 24 horas hasta obtener un peso constante. Al terminar el plazo de secado se sacó del horno, se llevó la muestra a enfriar y se registró el peso de la muestra lavada seca. Luego, con la muestra a temperatura ambiente se realizó el tamizado manual, que consiste en colocar la muestra en las mallas de la serie de tamices ordenados de mayor a menor de acuerdo con su diámetro (3/8”, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200). Colocados los tamices y la muestra puesta, se procede a sacudir los tamices de un lado a otro, al mismo tiempo, efectuando movimientos laterales y verticales acompañado de golpeteos ligeros con la palma de las manos para mantener la muestra en continuo movimiento sobre la superficie durante unos 8 a 10 min, hasta que el residuo que pasa por cada tamiz sea menor al 1% en peso de lo tamizado.

Al culminar ello, se pasó a separar cada tamiz y se volvió a tamizar de manera individual. Se pesaron las masas de cada fracción retenida en una balanza con una sensibilidad de 0,1 % y se anotó cada peso. Finalmente, con los datos obtenidos se realizaron los cálculos pertinentes para obtener los porcentajes retenidos, la curva granulométrica y la clasificación del suelo de estudio.

Figura 44

Lavado de la muestra en el tamiz N°200



Figura 45

Muestras M1, M2 y M3 colocadas en el horno de secado



Figura 46

Retiro de las muestras M1, M2 y M3 cumplidas las 24 horas



Figura 47

Registro del peso de las muestras M1, M2 y M3



Nota. Las muestras pasaron por un enfriamiento a temperatura ambiente antes de ser pesadas.

Figura 48

Tamices ordenados de mayor a menor diámetro

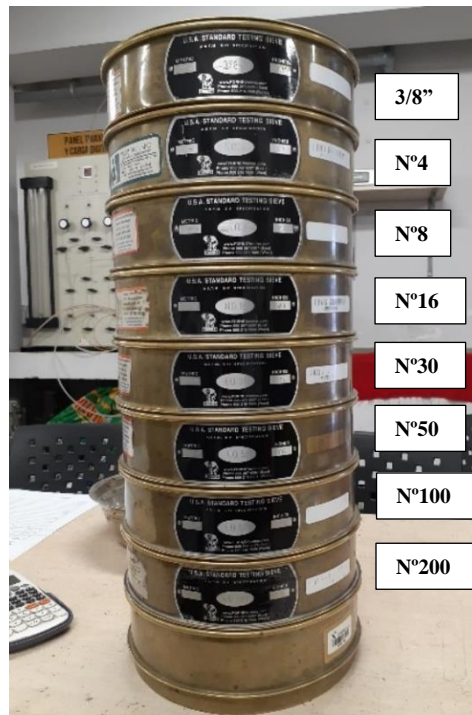


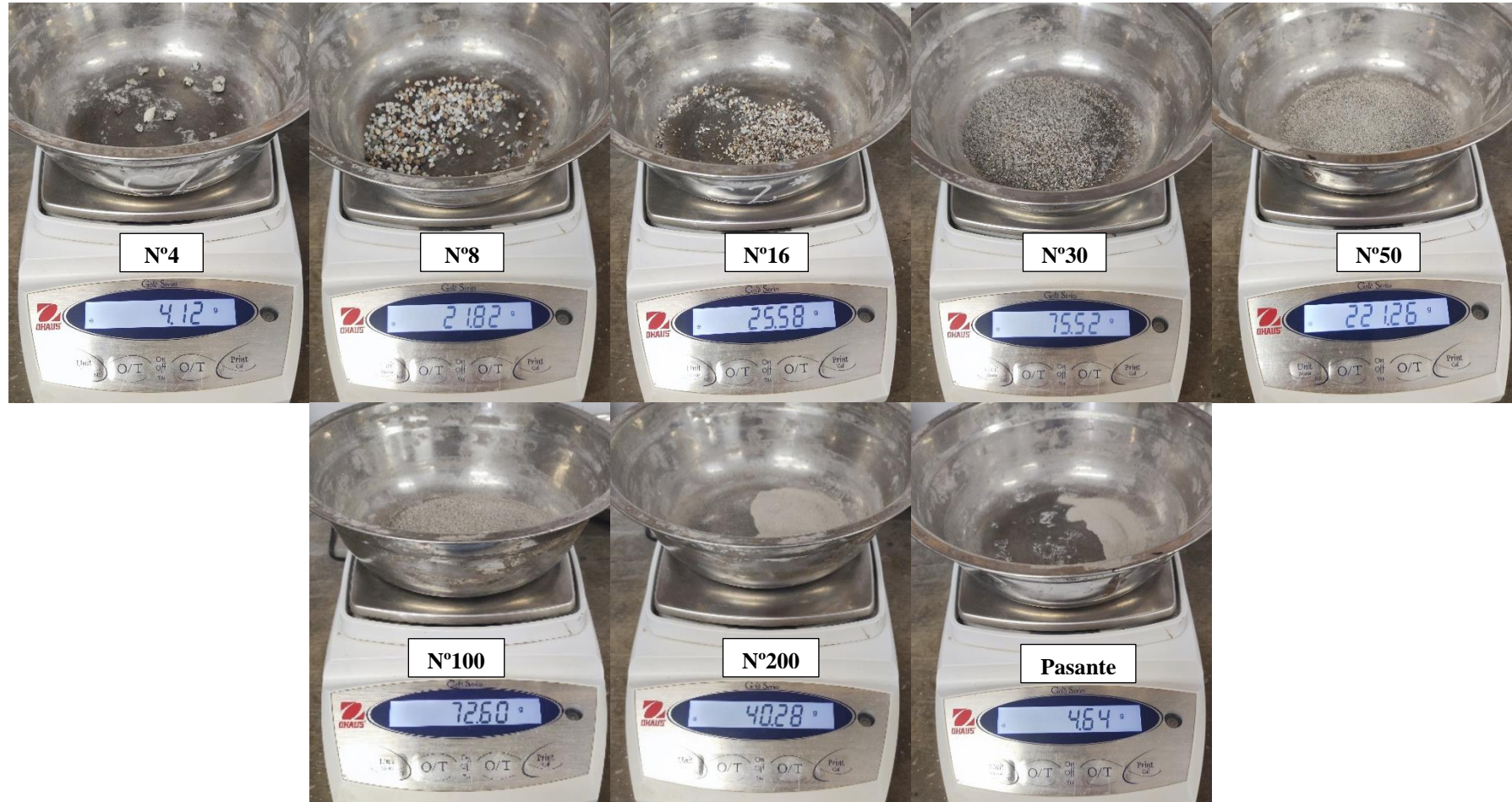
Figura 49

Proceso de tamizado de cada muestra del suelo natural



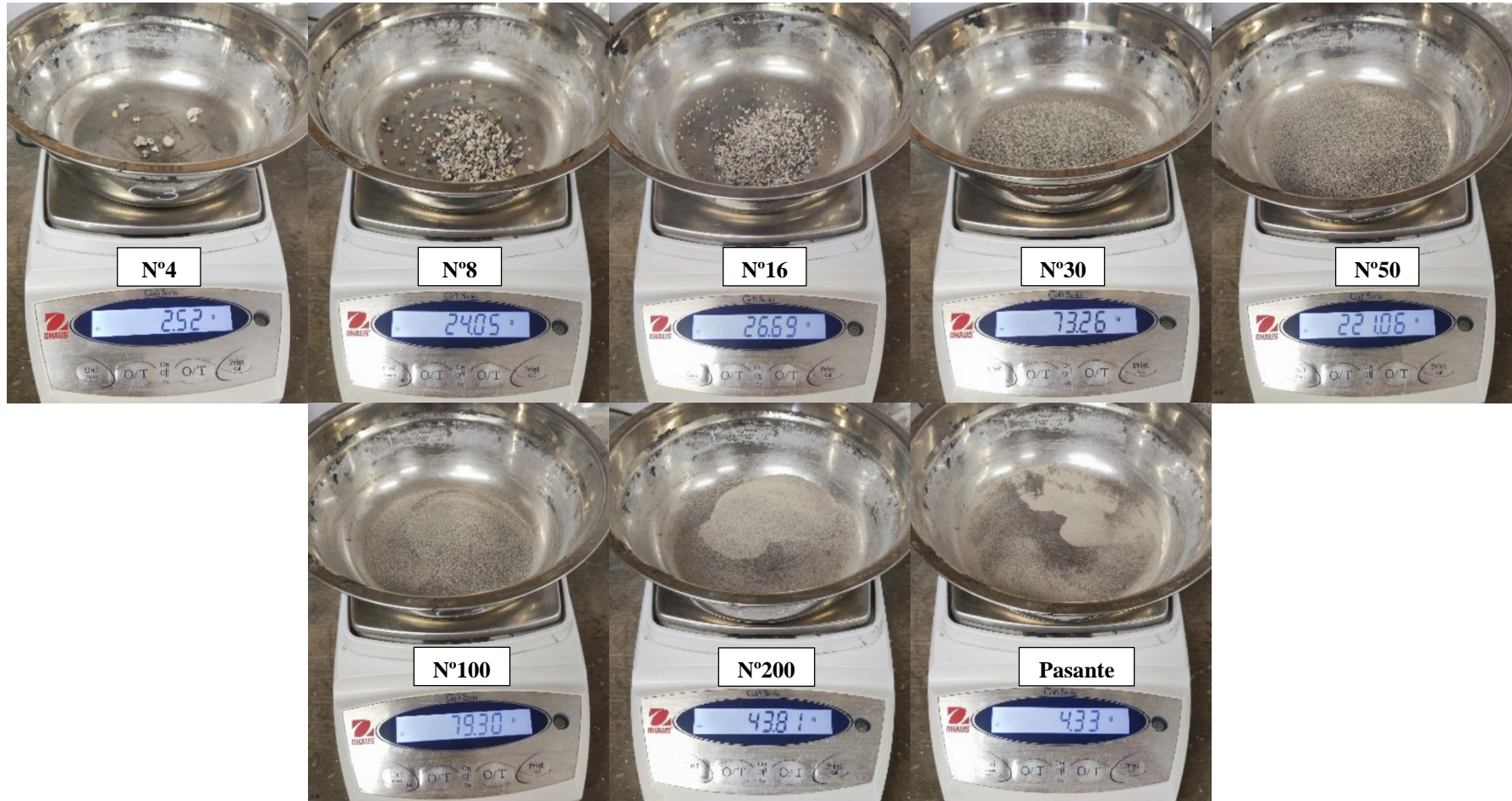
Figura 50

Peso de cada tamiz del suelo natural M1



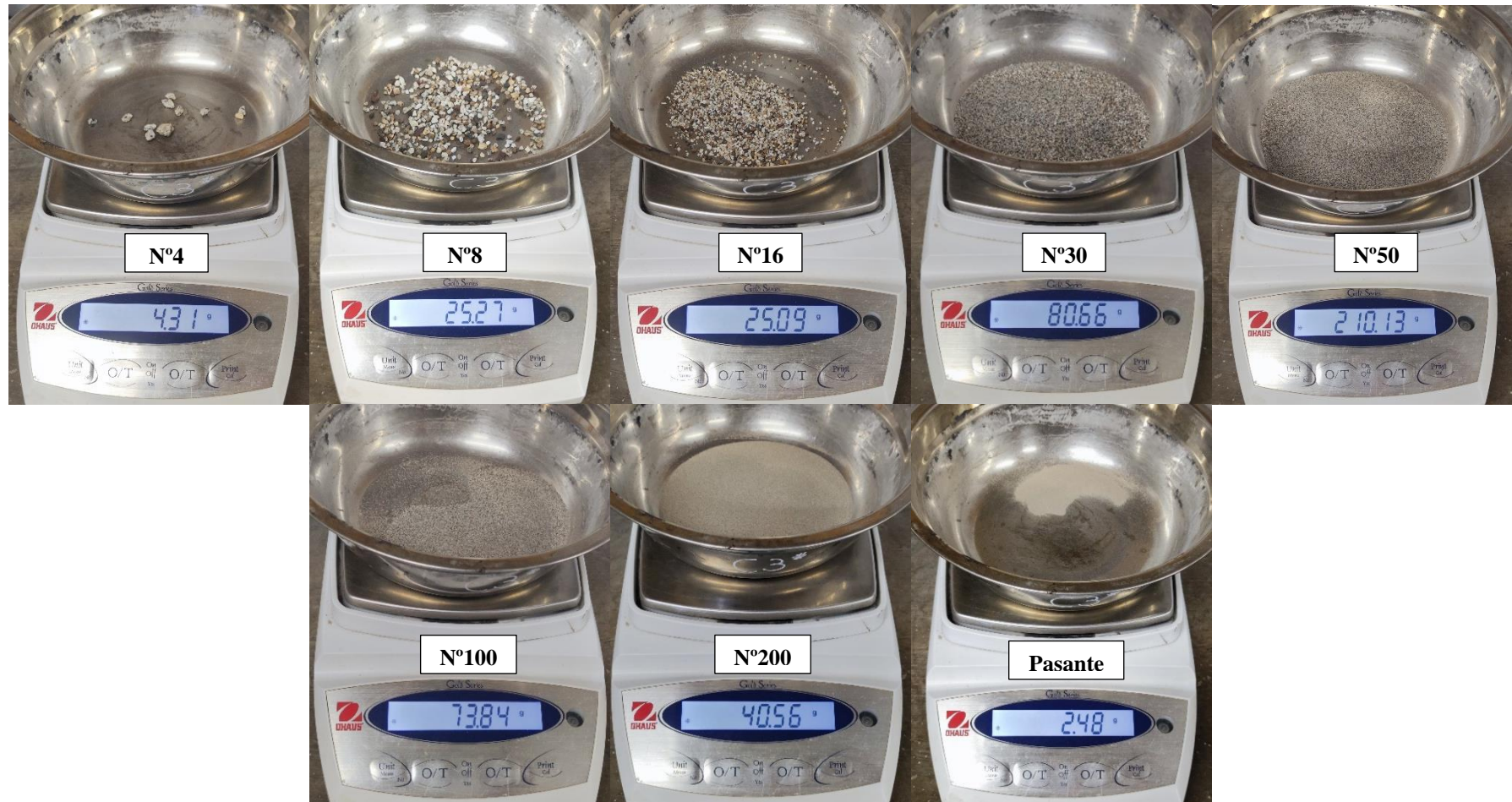
Nota. Los pesos mostrados pasaron luego a una corrección según la normativa de granulometría por tamizado.

Peso de cada tamiz del suelo natural M2



Nota. Los pesos mostrados pasaron luego a una corrección según la normativa de granulometría por tamizado.

Peso de cada tamiz del suelo natural M3



Nota. Los pesos mostrados pasaron luego a una corrección según la normativa de granulometría por tamizado.

c.3) Límites de Atterberg

Límite líquido

Para ello, se tomó una porción de material que pese 200 g por cada muestra por calicata y pasante del tamiz N°40. Se calibró adecuadamente la copa de Casagrande con la certeza de que el punto que hace contacto con la base al caer esté exactamente ubicado a 1cm sobre esta, y asegurando la platina de ajuste apretando los tornillos con el calibrador. Se colocó cada muestra en una vasija de porcelana y se mezcló con agua destilada con una espátula amasándola y tajándola constantemente. Al obtener la consistencia buscada, se colocó dicha muestra en forma de pasta en la copa emparejándolo hasta conseguir una profundidad de 1cm aproximadamente en el punto de espesor máximo. Se pasó el acanalador formando una línea central en el diámetro de la masa creando una ranura limpia. Así, se formaron las dos mitades.

Luego, se evaluaron a distintas cantidades de golpes según su consistencia hasta que ambas mitades de la pasta de suelo se pusieran en contacto en el fondo de la ranura a una distancia cerca de 13mm. Se registraron los números de golpes requeridos para cerrar la ranura. Posteriormente, se extrajo una tajada del suelo del ancho de la espátula por cada prueba y se colocó en los recipientes adecuados (previamente pesados y registrados) y fueron llevados al horno a 110 ± 5 °C hasta obtener el peso constante, el cual fue registrado para determinar el contenido de humedad. Todo ello se elaboró para finalmente graficar el diagrama de fluidez.

Figura 53

Muestra de 200g del suelo natural en el tamiz N°40



Figura 54

Muestra retenida y pasante del suelo natural en el tamiz N°40



Figura 55

Calibración de la copa Casagrande



Figura 56

Mezclado de la muestra del suelo



Figura 57

Colocación de la mezcla en la copa Casagrande y creación de la línea central

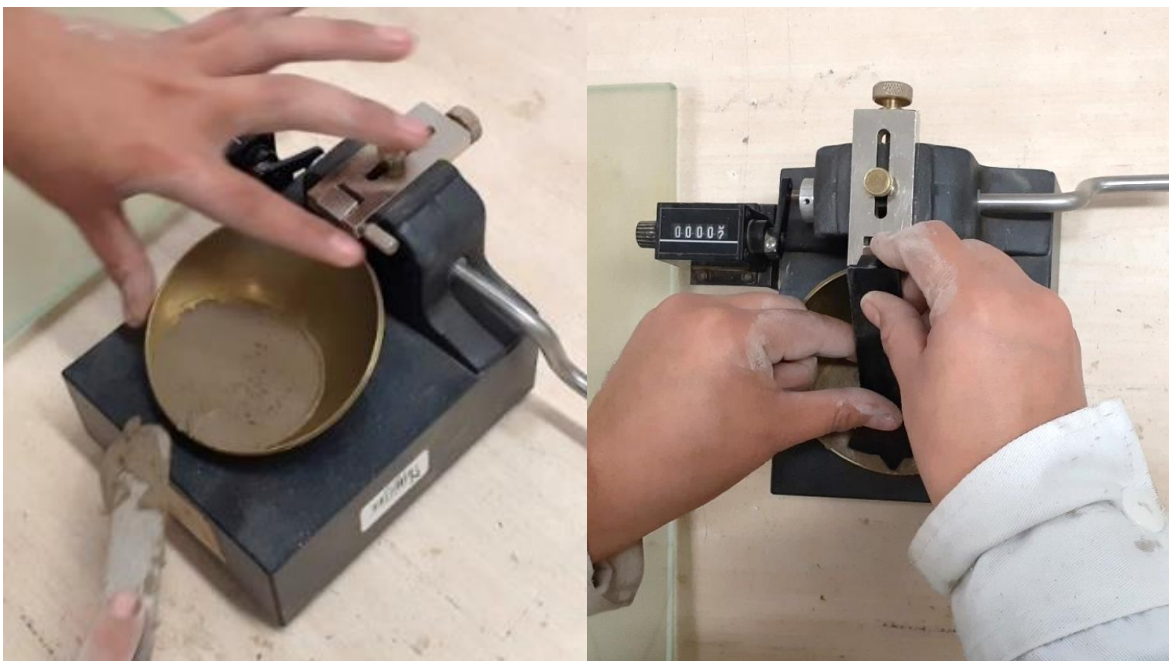


Figura 58

Inicio de los golpes a la copa Casagrande



Figura 59

Contacto de las mitades de la mezcla del suelo



Figura 60

Recipientes con cada prueba de la copa Casagrande



Nota. Para culminar el ensayo, los recipientes fueron llevados al horno de secado por 24 horas.

Límite plástico

Para ello, se tomaron 60 g por cada muestra de calicata y se hizo pasar por el tamiz N°40. La muestra obtenida se colocó en una vasija de porcelana, se mezcló con agua destilada con una espátula amasándola y tajándola constantemente hasta obtener una masa trabajable. Que se pueda formar con facilidad una esfera sin que se pegue demasiado a los dedos al aplastarla.

Luego de obtener la consistencia buscada de la masa, se procedió a formar bastones con los dedos sobre el vidrio esmerilado con una presión adecuada, hasta que la muestra perdió humedad y se empezó a desmoronar cercano al valor de 3.2 mm. En ese punto, se pesaron mínimo 6 g de suelo en unos recipientes (previamente pesados y registrados) y luego se cubrieron de manera inmediata para evitar alguna pérdida de humedad. Al tener ya listos todos los recipientes con las muestras se llevaron al horno a 110 ± 5 °C hasta obtener el peso constante. Luego, se registró el peso de cada muestra ya enfriada y seca. Finalmente, con dichos datos obtenidos se realizaron los cálculos pertinentes para determinar el contenido de humedad.

Figura 61

Muestra del suelo areno arcilloso tamizado por la malla N°40



Figura 62

Mezcla del suelo areno arcilloso



Figura 63

Elaboración de los cilindros encima del vidrio esmerilado



Figura 64

Recipientes con suelo natural del ensayo



Nota. Para culminar el ensayo, los recipientes fueron llevados al horno de secado por 24 horas.

c.4) Clasificación de suelos

- **Clasificación por SUCS**

Con los datos obtenidos de la granulometría según la tabla de SUCS se fueron descartando los tipos de suelos que no cumplían las características del suelo de estudio y de esta manera se halló el único que sí cumplía todas las características.

- **Clasificación por AASHTO**

Con los datos obtenidos de la granulometría según la tabla de AASHTO se fueron descartando los tipos de suelos que no cumplían las características del suelo de estudio y de esta manera se halló el único que sí cumplía todas las características.

c.5) Proctor Modificado

Para determinar la humedad óptima (relación densidad vs humedad) de la muestra patrón se usó la norma NTP 339.141, Proctor modificado, el método A, que consiste en usar un molde de 4” de diámetro y generar 5 capas de compactación con 25 golpes cada una.

Se realizaron 4 especímenes para lo cual se preparó aproximadamente 4 kg de material cada uno, se colocó la muestra en un bowl grande para su mezclado con la humedad calculada (diversas humedades) y se pasó esa mezcla a una bandeja para dividirlo en 5 proporciones homogéneas. Se ensambló y aseguró el molde, además de colocar el disco espaciador y un papel filtro en la base.

Se empezó a llenar por capas el molde y se aplicaron 25 golpes con el pistón para compactar cada capa. Procurando mantener el pistón de la forma más recta posible mientras se hacían los golpes para evitar incurrir en posibles errores. Se repitió esta operación hasta formar 5 capas compactadas del mismo espesor. Al terminar la última capa se removió el material sobrante sobre el collarín, se enrasó correctamente y se registró la masa del peso más el suelo compactado e inmediatamente se tomó una porción central del material resultante para determinar el contenido de humedad. Se realizó el mismo procedimiento en los 3 especímenes restantes. Finalmente, con dichos datos obtenidos se realizaron los cálculos pertinentes para determinar la humedad óptima del suelo de estudio

Figura 65

Enrasamiento de los moldes



Figura 66

Pesos del molde N°1, N°2 y N°3 con material compactado



Figura 67

Pesos de PA-4, PA-5, PA-2 y PA-3 para contenido de humedad



Nota. Para culminar el ensayo, los recipientes fueron llevados al horno de secado por 24 horas.

c.6) California bearing ratio (CBR)

Primero, se tomaron las medidas de cada molde y disco espaciador, para calcular el volumen de la muestra. La diferencia de alturas se usó para hallar el volumen del material, y se pesó el molde, registrándose dichos datos. Se realizó el CBR para las muestras de estudio a 10, 25 y 56 golpes. En total 3 muestras. Por ende, se pesaron 3 bandejas a las cuales se colocó la muestra mezclada con el porcentaje necesario de agua para que esté en su óptimo contenido de humedad.

Se guardó el material en bolsas herméticas hasta el día siguiente para que cada partícula se integre homogéneamente. Al día siguiente, se dividió en 5 porciones homogéneas debido a las 5 capas necesarias para el ensayo. Inmediatamente, ya con el disco espaciador dentro del molde y el papel filtro en la base, se procedió a compactar con el pistón a la cantidad de golpes requeridos. Procurando mantener el pistón de la forma más recta posible mientras se hacían los golpes para evitar incurrir en posibles errores. Luego de compactar las 5 capas, se retiró el collarín y enrasó correctamente cada muestra. Se volteó el molde y se volteó en el collarín para retirar el disco espaciador. Se colocó el papel filtro en la parte superior de la muestra, se pusieron 2 pesas en la parte superior y se sumergió bajo el agua cada molde durante 96 horas. De esta manera, se dejó saturar por 96 horas, con la placa, el trípode y dial colocados en cada uno para medir la expansión. Se tomó lectura del dial diariamente. Transcurrido ese tiempo, se retiraron los moldes del tanque con agua y se llevó cada uno (previamente escurridos 15 minutos y sin los discos superiores) a la prensa CBR. Se tomaron medidas a las 0.025, 0.050, 0.075, 0.100, 0.150, 0.200, 0.250, 0.300, 0.400 y 0.500 pulgadas de penetración.

Por otro lado, se pesaron unos recipientes vacíos para posteriormente colocar una muestra de cada espécimen compactado y saturado, sacada de la parte central de cada molde. Al tener ya listos todos los recipientes con las muestras se los llevó al horno a 110 ± 5 °C hasta obtener el peso constante. Luego, se registró el peso de cada muestra a temperatura ambiente y seca. Finalmente, con dichos datos obtenidos se realizaron los cálculos pertinentes para determinar el contenido de humedad de cada uno y su densidad seca.

Figura 68

Mezcla manual del material



Figura 69

Colocación por capa del material en el molde



Figura 70

Golpes con el pistón en cada molde para 10, 25 y 56 golpes



Figura 71

Enrasamiento de los moldes



Figura 72

Colocación del molde A2, B2 y C2 en el tanque durante horas



Figura 73

Escurrecimiento por 15 min del molde A2, B2 y C2



Figura 74

Colocación del molde A2, B2 y C2 en la prensa para ensayos CBR



Figura 75

Pesos de A1, B1 y C1 para contenido de humedad y densidad seca



Nota. Para culminar el ensayo, los recipientes fueron llevados al horno de secado por 24 horas.

d) Ensayos realizados a la muestra extraída con los porcentajes de conchas de abanico añadidos

d.1) Contenido de humedad

- **Contenido de humedad de conchas de abanico**

Se realizó el mismo procedimiento del contenido de humedad del suelo natural para las conchas de abanico trituradas, con 500 g cada bowl, Se realizaron los cálculos pertinentes.

Figura 76

Pesos de las conchas de abanico trituradas



- **Contenido de humedad del suelo areno arcilloso + conchas de abanico**

De igual forma para el suelo areno arcilloso + conchas de abanico, con 1000 g cada bowl que se obtuvo de la mezcla para el CBR y se empleó el mismo material posteriormente para la granulometría.

d.2) Peso Específico de las conchas de abanico

Se pesó 220 g aproximadamente de conchas de abanico trituradas y se colocó en un picnómetro, se le agregó agua destilada hasta el 90% de su capacidad. Se agitó manualmente hasta eliminar todas las burbujas de aire y espuma, y se registró ese nuevo peso de picnómetro + conchas + agua. Luego, se llevó la muestra de conchas de abanico con agua al horno hasta obtener el peso constante. Se registró el peso de cada muestra a temperatura ambiente y seca. Y con dichos datos obtenidos se realizaron los cálculos pertinentes para determinar el peso específico de las conchas de abanico.

Figura 77

Procedimiento del Peso específico de CA



d.3) Granulometría por tamizado

- **Granulometría de las conchas de abanico**

Se realizó el cuarteo de los 20 kg de conchas de abanico trituradas para obtener una muestra de 800 g aproximadamente. Se usó la norma ASTM C-136, con la cual se utilizaron los tamices en orden decreciente (3/8”, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200). Se sacudieron los tamices de un lado a otro con movimientos laterales y verticales con golpeteos ligeros con la palma de las manos para mantener la muestra en continuo movimiento sobre la superficie durante unos 8 a 10 min.

Luego, se separó cada tamiz y se volvió a tamizar de manera individual. Se pesaron las masas de cada fracción retenida en una balanza con una sensibilidad de 0,1 % y se anotó cada peso. Finalmente, se realizaron los cálculos pertinentes para obtener los porcentajes retenidos, la curva granulométrica y la clasificación teórica de las conchas de abanico.

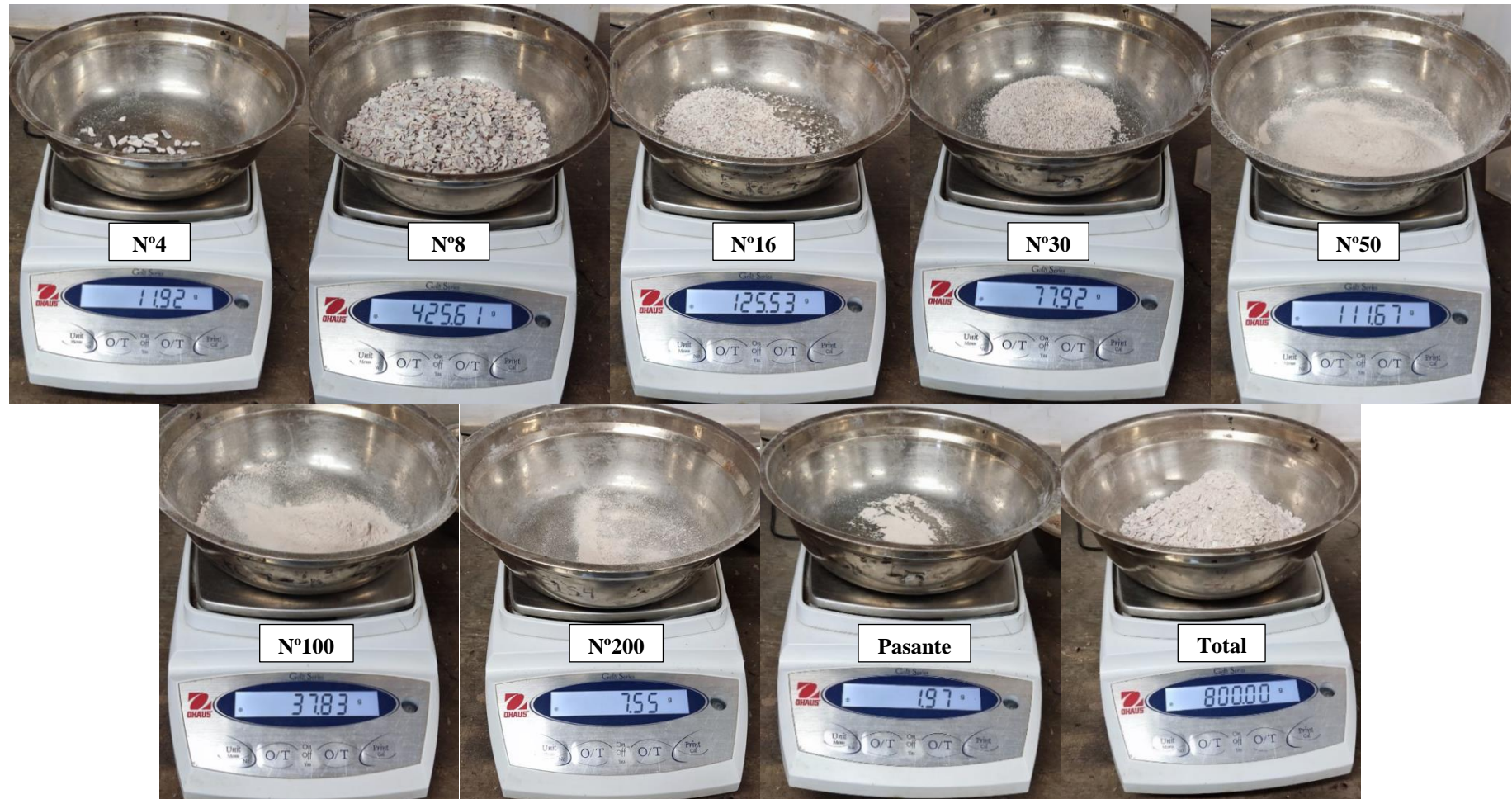
Figura 78

Cuarteo y tamizado de las conchas de abanico



Figura 79

Peso de cada tamiz de las conchas de abanico M1



Nota. Los pesos mostrados pasaron luego a una corrección según la normativa de granulometría por tamizado

- **Granulometría del Suelo areno arcilloso + 22%, 34% y 48% Conchas de abanico**

Se ejecutó el cuarteo de la mezcla de conchas de abanico trituradas para obtener una muestra de 800 g aproximadamente. Se usó la norma ASTM C-136, con la cual se utilizaron los tamices en orden decreciente (3/8”, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200). Se tamizó de un lado a otro con movimientos laterales y verticales con golpeteos ligeros con la palma de las manos para mantener la muestra en continuo movimiento sobre la superficie durante unos 8 a 10 min.

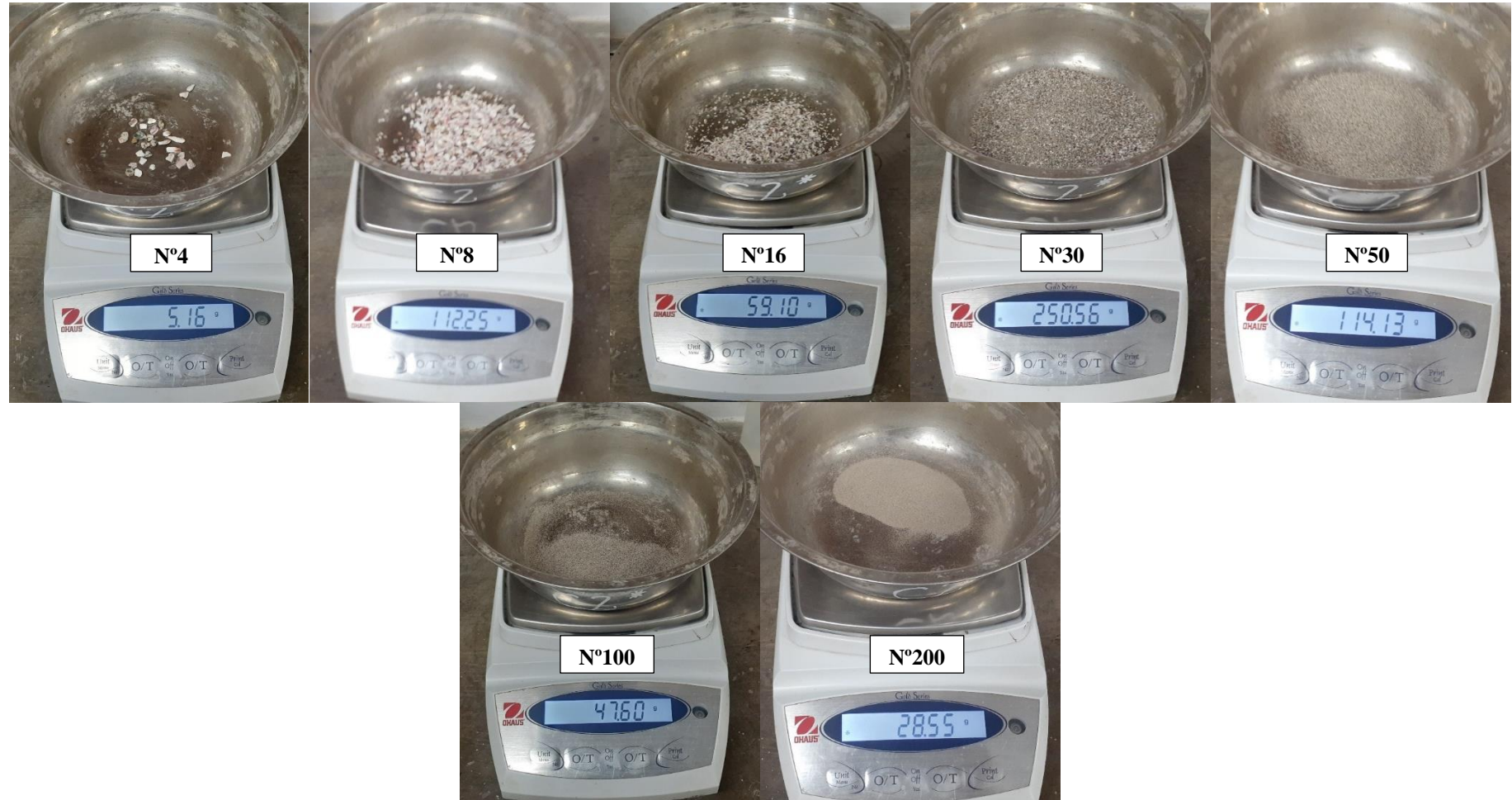
Se pesaron las masas de cada fracción retenida en una balanza con una sensibilidad de 0,1 % y se anotó cada peso. Posteriormente, se realizaron los cálculos pertinentes para obtener los porcentajes retenidos, la curva granulométrica y la clasificación teórica de las conchas de abanico.

Figura 80

Proceso de tamizado para cada SAA + 22%, 34% y 48% CA



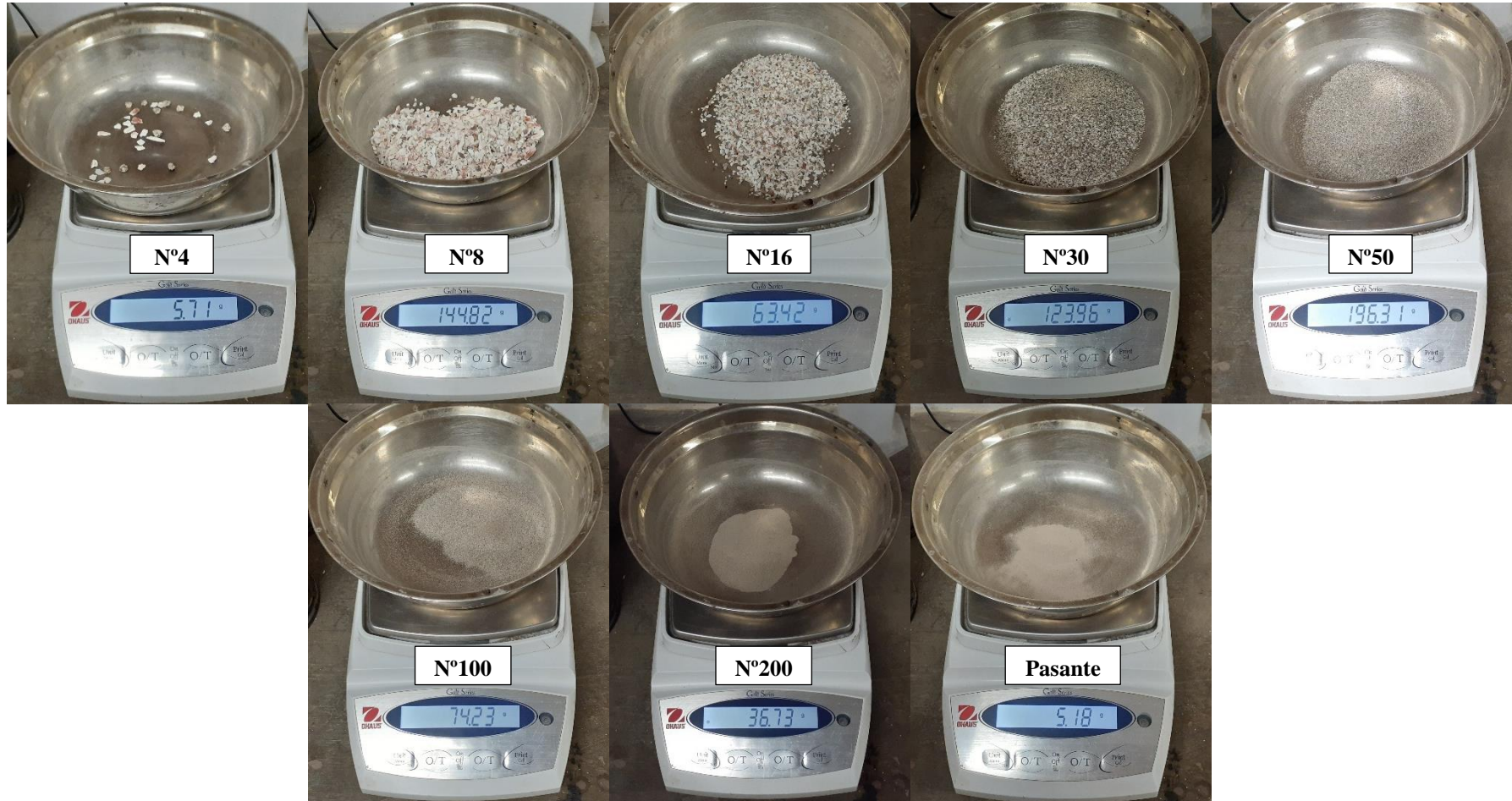
Peso de cada tamiz de 78% de SAA + 22% de CA



Nota. Los pesos mostrados pasaron luego a una corrección según la normativa de granulometría por tamizado.

Figura 82

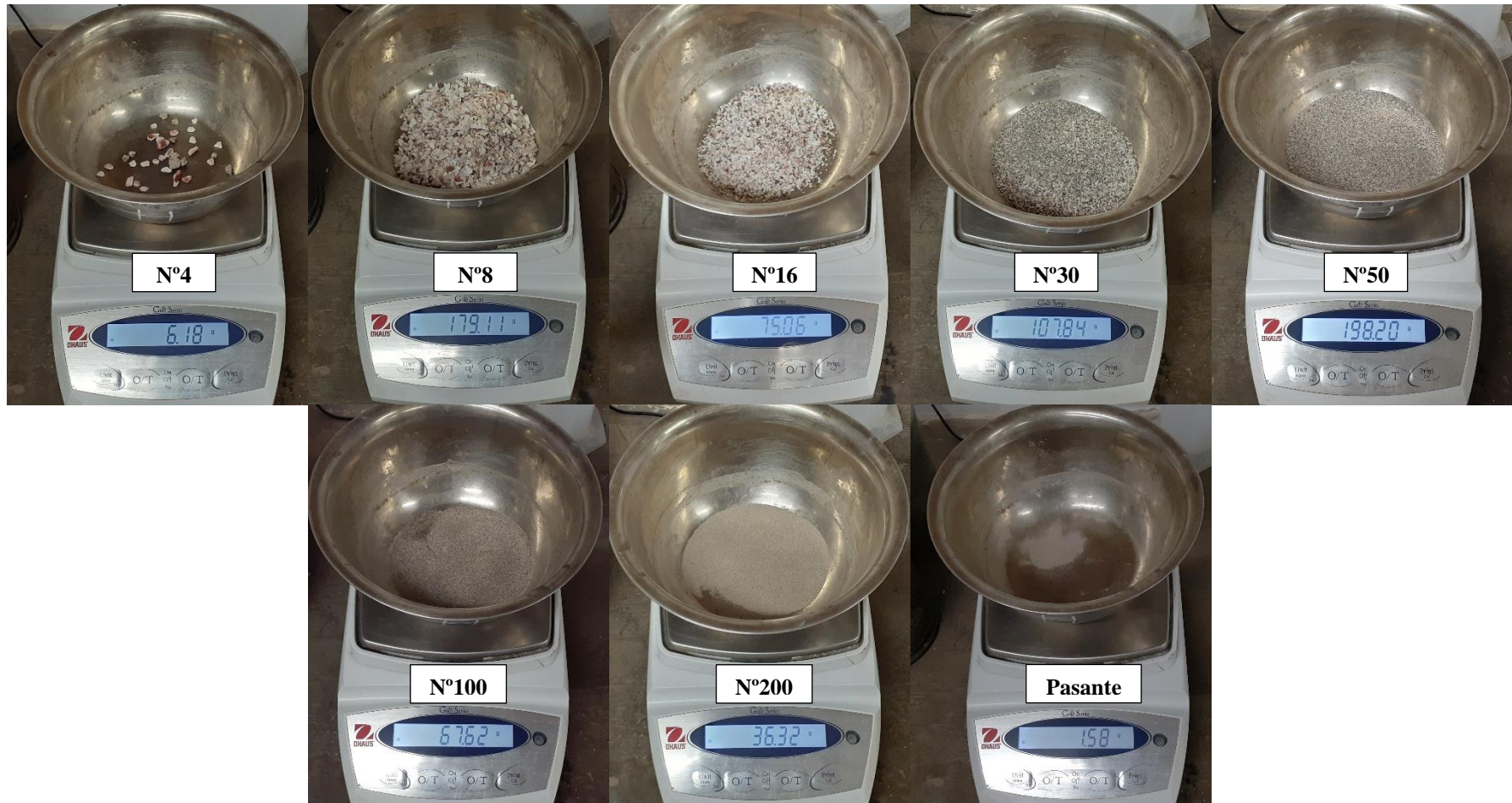
Peso de cada tamiz de 66% de SAA + 34% de CA



Nota. Los pesos mostrados pasaron luego a una corrección según la normativa de granulometría por tamizado.

Figura 83

Peso de cada tamiz de 52% de SAA + 48% de CA



Nota. Los pesos mostrados pasaron luego a una corrección según la normativa de granulometría por tamizado.

d.4) Límites de Atterberg

Límites de Atterberg de Suelo areno arcilloso + 22%, 34% y 48% Conchas de abanico

Se realizó el mismo proceso que para el suelo natural para hallar los límites líquido y plástico para los tres porcentajes de concha de abanico mezclados con el suelo. Con dichos datos se elaboró el diagrama de fluidez y se determinó el contenido de humedad respectivos para hallar los límites líquido y plástico.

d.5) Clasificación de suelos

Clasificación por SUCS y AASHTO del suelo areno arcilloso + 22%, 34% y 48% conchas de abanico

Se hizo uso de las tablas SUCS y AASHTO para la clasificación del suelo con los datos ya previamente obtenidos de la granulometría y límites de Atterberg. Con ello se pudo ir descartando opciones de las tablas hasta quedar con una sola que cumpla con todas las condiciones.

d.6) Proctor Modificado

Proctor Modificado de Suelo areno arcilloso + 22%, 34% y 48% Conchas de abanico

Se realizaron 4 especímenes para lo cual se preparó material de suelo areno arcilloso + conchas de abanico en las 3 dosificaciones estudiadas cada uno, se colocó la muestra en un bowl grande para su mezclado con la humedad calculada (diversas humedades) y se pasó esa mezcla a una bandeja para dividirlo en 5 proporciones homogéneas. Se ensambló y aseguró el molde, además de colocar el disco espaciador y un papel filtro en la base.

Se compactó en 5 capas de 25 golpes cada una. Al terminar la última capa se removió el material sobrante sobre el collarín, se enrasó correctamente y se registró la masa del molde más el suelo compactado e inmediatamente se tomó una porción central del material resultante para determinar el contenido de humedad. Se realizó el mismo procedimiento en cada espécimen.

Con los datos obtenidos se realizaron los cálculos pertinentes para determinar la humedad óptima y la máxima densidad seca del suelo de estudio.

d.7) California bearing ratio (CBR)

California bearing ratio (CBR) de suelo areno arcilloso + 22%, 34% y 48% de conchas de abanico

Se realizó el CBR para las muestras de suelo areno arcilloso + 22%, 34% y 48% de conchas de abanico a 10, 25 y 56 golpes. En total 9 especímenes. Por ende, se pesaron 9 bandejas a las cuales se les colocó la muestra con el porcentaje necesario de agua para que estén en su óptimo contenido de humedad.

Se humedeció la muestra de cada bandeja y se mezcló con los porcentajes añadidos de concha de abanico trituradas rápidamente hasta que se integren bien si perder humedad. Se guardó el material en bolsas herméticas hasta el día siguiente para que cada partícula de suelo se integre homogéneamente. Al día siguiente, se dividió en 5 porciones homogéneas debido a las 5 capas necesarias para el ensayo. Inmediatamente, ya con el disco espaciador dentro del molde y el papel filtro en la base, se procedió a compactar con el pistón a la cantidad de golpes requerida. Procurando mantener el pistón de la forma más recta posible mientras se hacían los golpes para evitar incurrir en posibles errores. Luego de compactar las 5 capas, se retiró el collarín y enrasó correctamente cada muestra. Se volteó el molde y se volteó en el collarín para retirar el disco espaciador. Se colocó el papel filtro en la parte superior de la muestra, se pusieron 2 pesas en la parte superior y se sumergió bajo el agua cada molde durante 96 horas. De esta manera, se dejó saturar por 96 horas, con las pesas, el trípode y dial colocados en cada uno para medir la expansión. Se tomó lectura del dial diariamente. Transcurrido ese tiempo, se retiraron los moldes del tanque con agua y se llevó cada uno (previamente escurridos 15 minutos y sin los discos superiores) a la prensa CBR. Se tomaron medidas a las 0.025, 0.050, 0.075, 0.100, 0.150, 0.200, 0.250, 0.300, 0.400 y 0.500 pulgadas de penetración.

Por otro lado, se pesaron unos recipientes vacíos para posteriormente colocar una muestra de cada espécimen compactado y saturado, sacada de la parte central de cada molde. Al tener ya listos todos los recipientes con las muestras se los llevó al horno a 110 ± 5 °C hasta obtener el peso constante. Luego, se registró el peso de cada muestra a temperatura ambiente y seca. Finalmente, con dichos datos obtenidos se realizaron los cálculos pertinentes para determinar el contenido de humedad de cada uno y su densidad seca.

- **California bearing ratio de 78% Suelo areno arcilloso + 22% Conchas de abanico**

Se comparte a continuación las imágenes del proceso del ensayo mencionado:

Figura 84

Pesos del 78% de suelo areno arcilloso para 10, 25 y 56 golpes

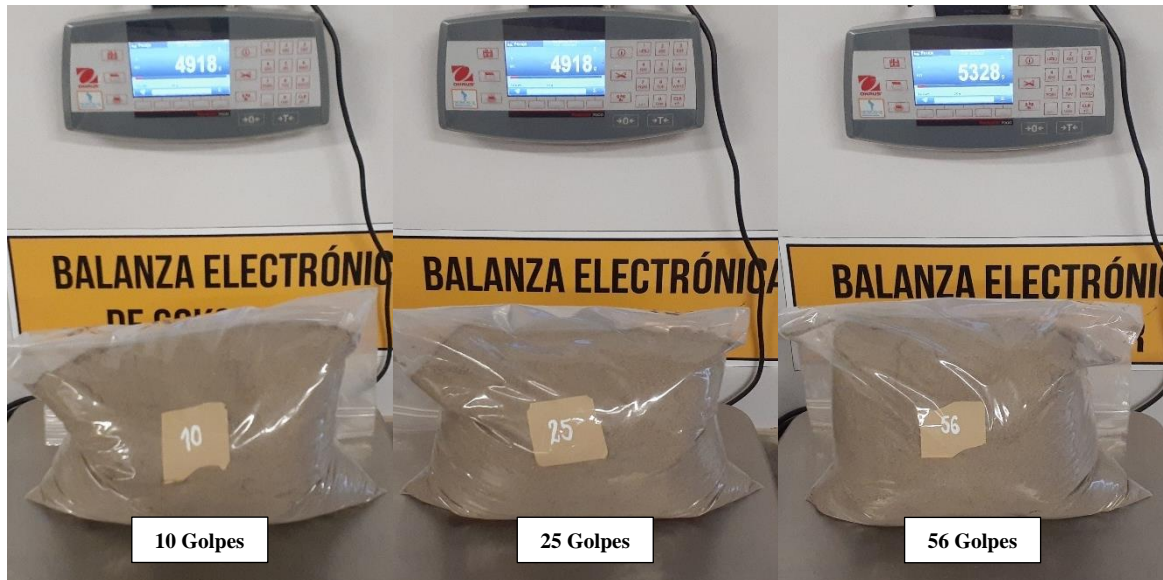


Figura 85

Pesos del 22% de conchas de abanico para 10, 25 y 56 golpes



Figura 86

Mezcla manual del material con 22% de conchas de abanico



Figura 87

Bolsas con material con 22% de CA para 10, 25 y 56 golpes



Figura 88

Pesos del molde A2, B2 y C2 vacíos



Figura 89

Colocación por capa del material en el molde



Figura 90

Golpes con el pistón en cada molde para 10, 25 y 56 golpes



Figura 91

Enrasamiento de los moldes



Figura 92

Pesos de M1, M2 y M3 para contenido de humedad y densidad seca



Nota. Los recipientes fueron llevados al horno de secado por 24 horas.

Figura 93

Pesos del molde A2, B2 y C2 con material compactado



Figura 94

Colocación del molde A2, B2 y C2 en el tanque durante 96 horas

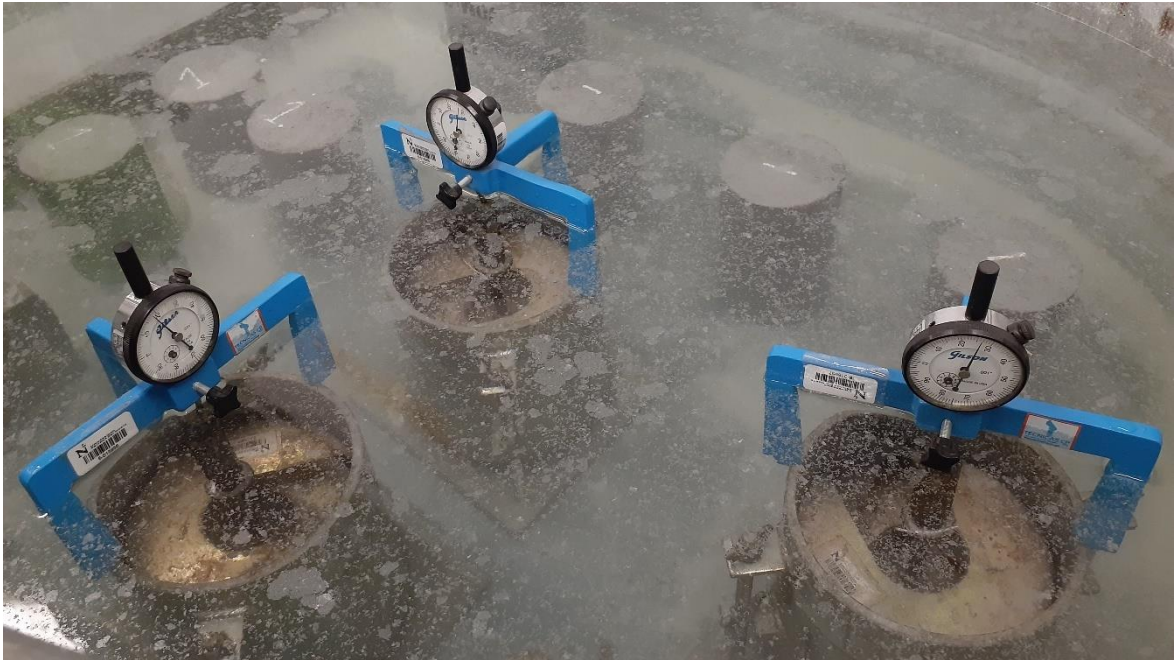


Figura 95

Escurrecimiento por 15 min del molde A2, B2 y C2



Figura 96

Pesos del molde A2, B2 y C2 saturados



Figura 97

Colocación del molde A2, B2 y C2 en la prensa para ensayos CBR



Figura 98

Extracción de material central de cada molde para determinar la humedad



Figura 99

Pesos de A1, B1 y C1 para contenido de humedad y densidad seca



Nota. Para culminar el ensayo, los recipientes serán llevados al horno de secado por 24 horas.

- **California bearing ratio de 66% Suelo areno arcilloso + 34% Conchas de abanico**

Se comparte a continuación las imágenes del proceso del ensayo mencionado:

Figura 100

Pesos del 66% de suelo areno arcilloso para 10, 25 y 56 golpes



Figura 101

Pesos del 34% de conchas de abanico para 10, 25 y 56 golpes



Figura 102

Mezcla manual del material con 34% de conchas de abanico



Figura 103

Bolsas del material con 34% de CA para 10, 25 y 56 golpes



Figura 104

Pesos del molde A2, B2 y C2 vacíos



Figura 105

Colocación por capa del material en el molde



Figura 106

Golpes con el pistón en cada molde para 10, 25 y 56 golpes



Figura 107

Enrasamiento de los moldes



Figura 108

Pesos de PA-2, PA-3 y PA-4 para contenido de humedad y densidad seca



Nota. Los recipientes fueron llevados al horno de secado por 24 horas.

Figura 109

Pesos del molde A2, B2 y C2 con material compactado



Figura 110

Colocación del molde A2, B2 y C2 en el tanque durante 96 horas



Figura 111

Escurrencimiento por 15 min del molde A2, B2 y C2

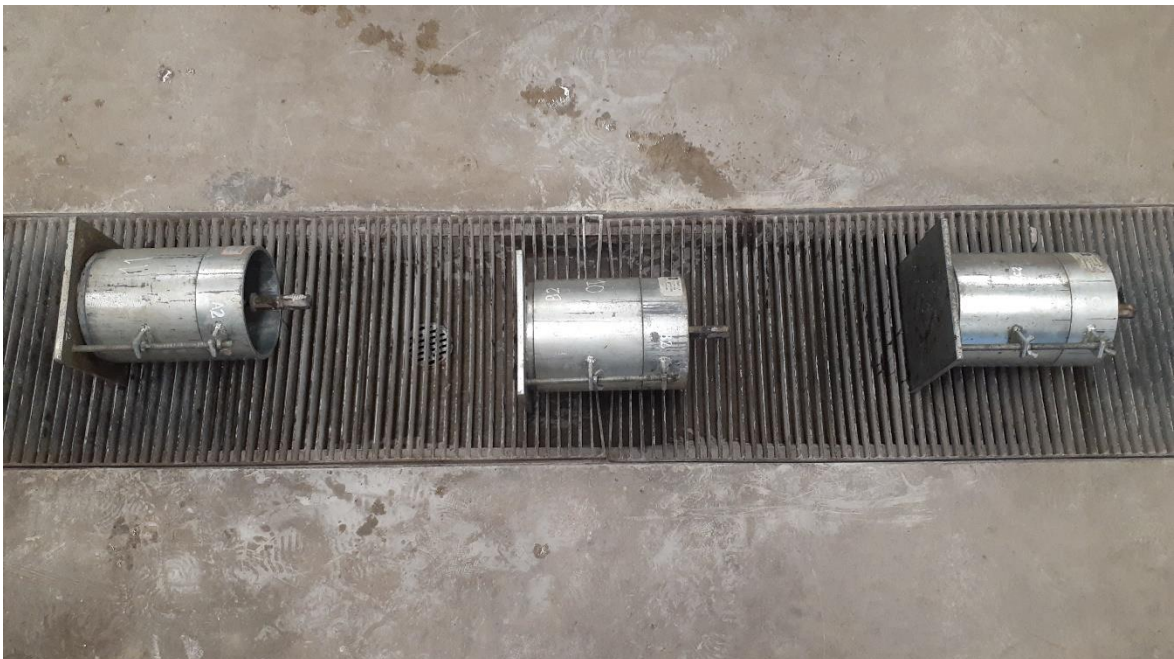


Figura 112

Pesos del molde A2, B2 y C2 saturados



Figura 113

Colocación del molde A2, B2 y C2 en la prensa para ensayos CBR



Figura 114

Extracción de material central de cada molde



Figura 115

Pesos de A1, B1 y C1 para contenido de humedad y densidad seca



Nota. Para culminar el ensayo, los recipientes fueron llevados al horno de secado por 24 horas.

- **California bearing ratio de 52% Suelo areno arcilloso + 48% Conchas de abanico**
Se comparte a continuación las imágenes del proceso del ensayo mencionado:

Figura 116

Pesos del 52% de suelo areno arcilloso para 10, 25 y 56 golpes

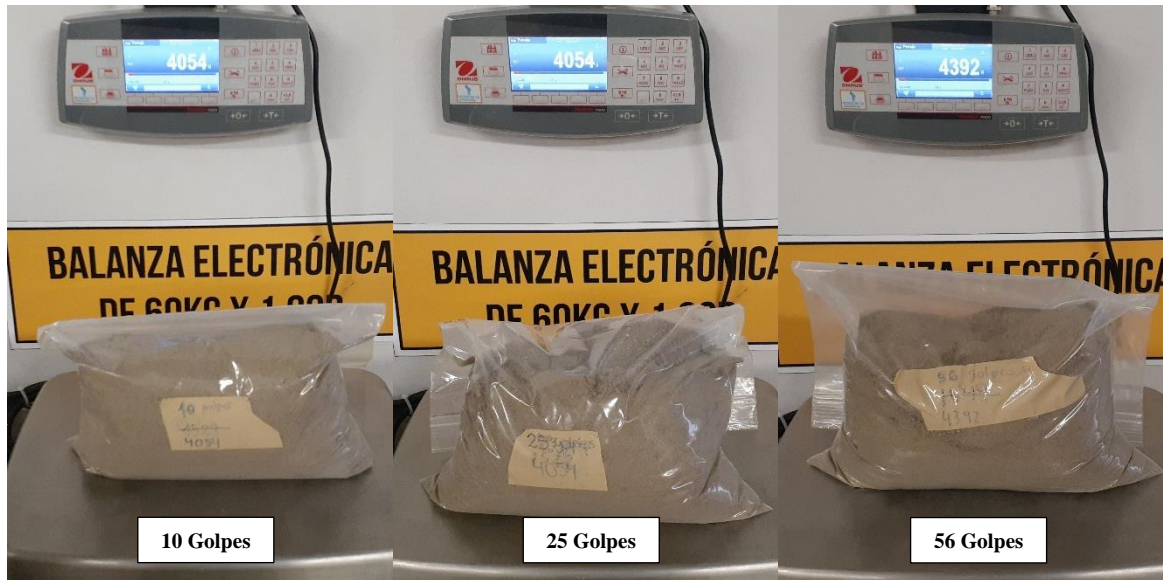


Figura 117

Pesos del 48% de conchas de abanico para 10, 25 y 56 golpes



Figura 118

Mezcla manual del material con 48% de conchas de abanico



Figura 119

Bolsas con material con 48% de CA para 10, 25 y 56 golpes



Figura 120

Pesos del molde A2, B2 y C2 vacíos



Figura 121

Colocación por capa del material en el molde



Figura 122

Golpes con el pistón en cada molde para 10, 25 y 56 golpes



Figura 123

Enrasamiento de los moldes



Figura 124

Pesos de M1, M2 y M3 para contenido de humedad y densidad seca



Nota. Los recipientes fueron llevados al horno de secado por 24 horas

Figura 125

Pesos del molde A2, B2 y C2 con material compactado



Figura 126

Colocación del molde A2, B2 y C2 en el tanque durante 96 horas

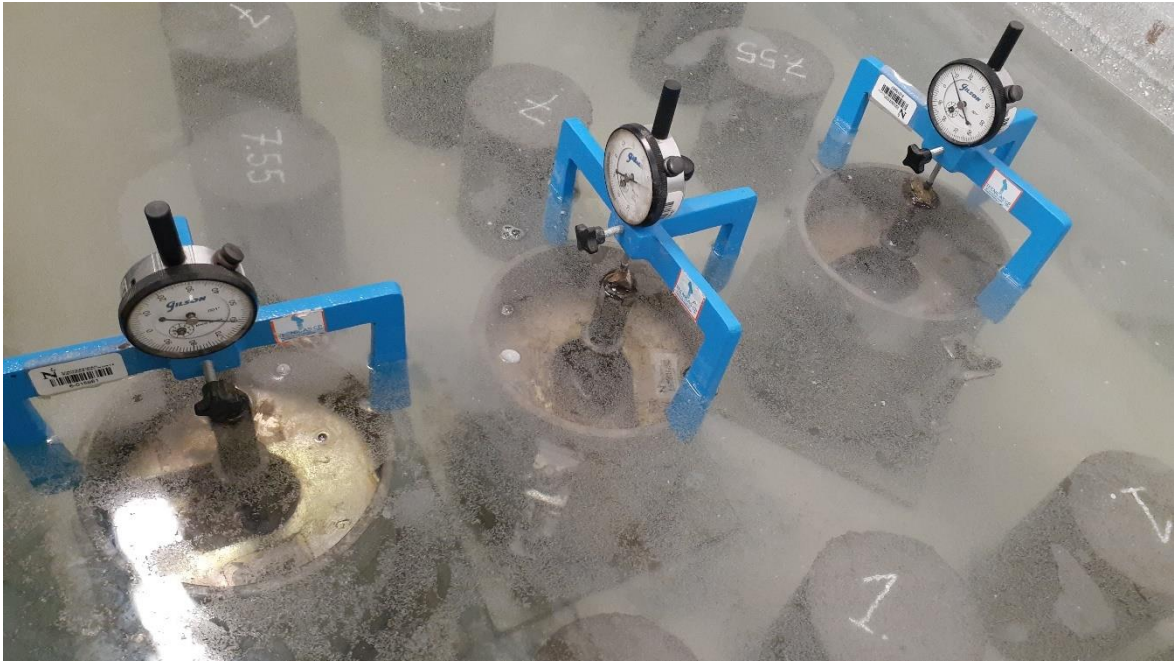


Figura 127

Escurrencimiento por 15 min del molde A2, B2 y C2



Figura 128

Pesos de los moldes A2, B2 y C2 saturados



Figura 129

Colocación de los moldes A2, B2 y C2 en la prensa para ensayos CBR

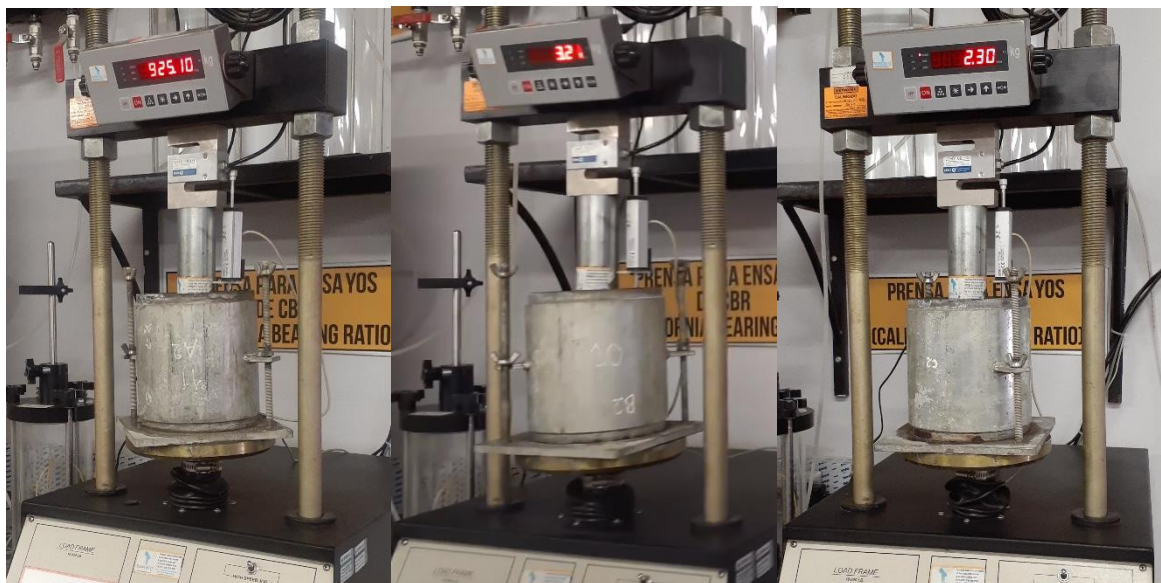


Figura 130

Extracción de material central de cada molde



Figura 131

Pesos de A1, B1 y C1 para contenido de humedad y densidad seca



Nota. Para culminar el ensayo, los recipientes fueron llevados al horno de secado por 24 horas.

Aspectos éticos

Según Delgado (2002), cada vez que se realice un proyecto de investigación resulta indispensable considerar los aspectos éticos de la misma y los principios éticos que la rigen son: el respeto por las personas, la beneficencia y la justicia. Por ello, se destaca que en la presente tesis se respetó la autoría de terceras personas, citando y referenciando pertinentemente cada información recabada de ellos con el formato APA 7^{ma} edición. Asimismo, se respetó el código ético del Colegio de Ingenieros del Perú (CIP) durante el procedimiento y no hubo manipulación de datos de los ensayos en el laboratorio de suelos UPN. También, se respetaron las normas y procedimientos indicados según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), el American Society for Testing and Materials (ASTM) y las Normas Técnicas Peruanas (NTP).

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Contenido de humedad

Contenido de humedad del suelo areno arcilloso

Los resultados obtenidos del contenido de humedad de la muestra por cada calicata a una altura de 1.50 metros según la NTP 339.127, se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 5

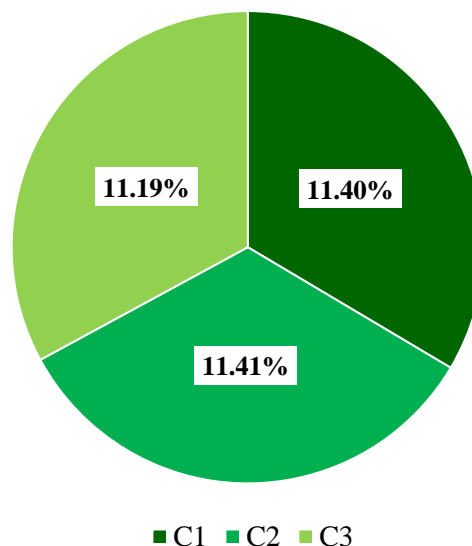
Contenido de humedad de la muestra de cada calicata

N° Calicata	Contenido de humedad (%)
C1	11.40
C2	11.41
C3	11.19
Promedio	11.33

Figura 132

Distribución porcentual del contenido de humedad según calicata

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN CALICATA



Cómo es posible observar en la tabla 5 y la figura 132 se obtuvo un contenido de humedad promedio de 11.33% del suelo natural.

Contenido de humedad de las conchas de abanico

Los resultados obtenidos del contenido de humedad de las conchas de abanico (CA), se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 6

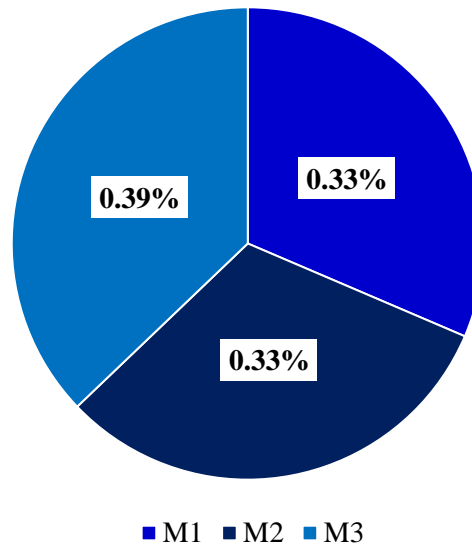
Contenido de humedad de las CA

N° de muestra	Contenido de humedad (%)
M1	0.33
M2	0.33
M3	0.39
Promedio	0.35

Figura 133

Distribución porcentual del contenido de humedad según n° de muestra

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN N° DE MUESTRA



Cómo es posible observar en la tabla 6 y la figura 133 se obtuvo un contenido de humedad promedio de 0.35% de las conchas de abanico trituradas.

Peso Específico

Peso específico de las conchas de abanico

Tabla 7

Peso específico de la muestra M1

N° Muestra	M 1
(A) Peso muestra SSS (g)	100.07
(B) Peso Picnómetro + agregado SSS + agua (g)	732.42
(C) Peso Picnómetro + agua (g)	670.17
(D) Peso de bandeja (g)	120.44
(E) Peso de bandeja + agregado seco	219.45
(F) Peso muestra seca en horno (E-D)	99.01
(G) Volumen agregado S.S.S. = (A) + (C) - (B)	37.82
Peso Específico de masa seca = (F) / (G)	2.62
Peso Específico de masa S.S.S. = (A) / (G)	2.65
Peso Específico Aparente S.S.S. = (F) / [(F) - (A) + (G)]	2.69
Humedad de Absorción = [(A) - (F)] / (F) x 100	1.07

En la tabla 7 se pueden visualizar los resultados del peso específico de masa, peso específico aparente y la humedad de absorción de las conchas.

Granulometría por tamizado

Granulometría por tamizado del suelo areno arcilloso

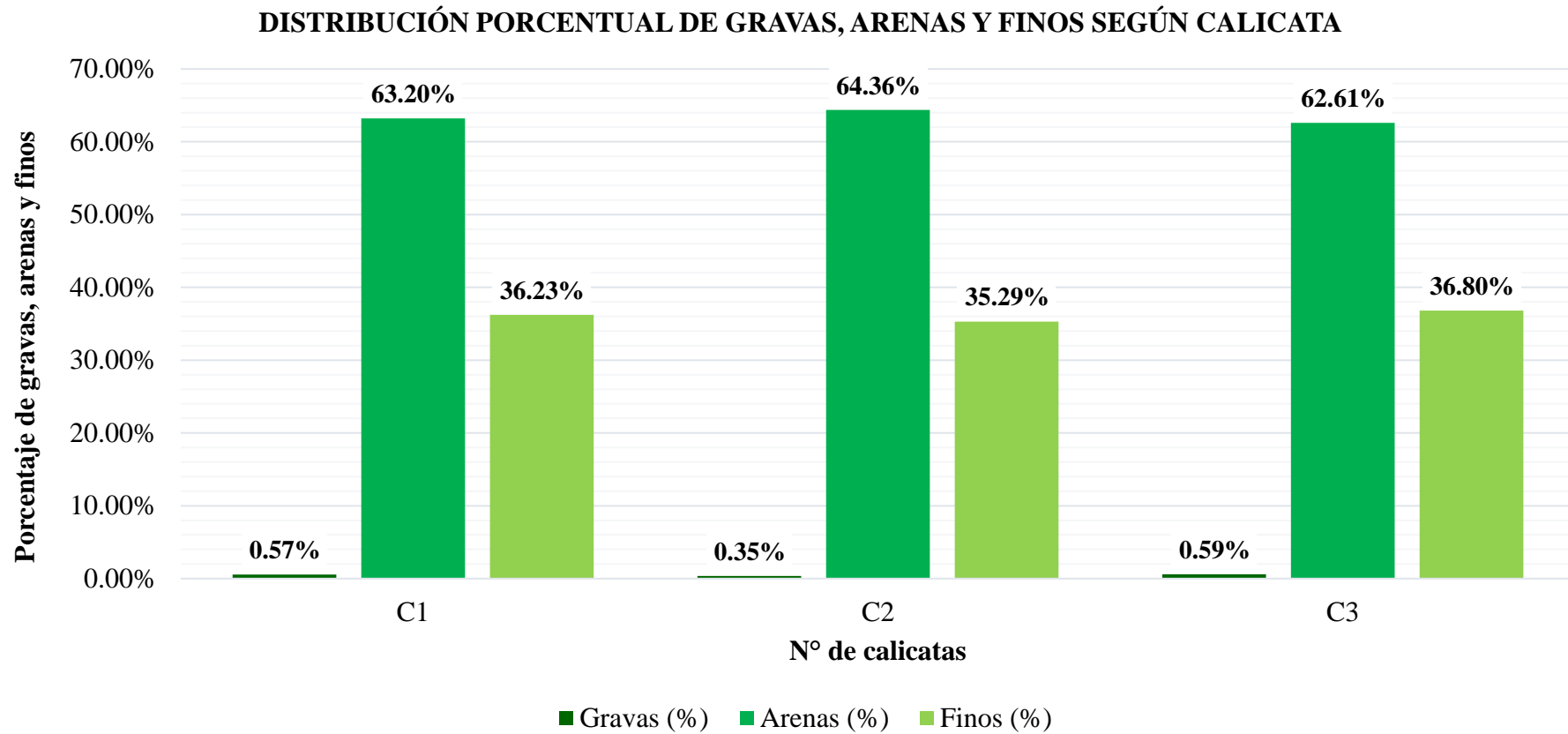
Para el análisis de la granulometría por tamizado se realizaron las siguientes tablas con su respectivo gráfico de la curva granulométrica y se determinó su clasificación granulométrica por calicata según la norma ASTM C-136 y la NTP 339.128.

Tabla 8

Granulometría de la muestra M1, M2 y M3 del SAA

Tamiz	Abertura (mm)	Suelo Areno Arcilloso (SAA)		
		M1	M2	M3
		% que pasa		
3/8"	9.520	100.00%	100.00%	100.00%
N° 4	4.750	99.43%	99.65%	99.41%
N° 8	2.360	96.41%	96.34%	95.94%
N° 16	1.190	92.87%	92.67%	92.49%
N° 30	0.600	82.43%	82.60%	81.40%
N° 50	0.300	51.84%	52.21%	52.52%
N° 100	0.150	41.80%	41.31%	42.37%
N° 200	0.074	36.23%	35.29%	36.80%
Gravas (%)		0.57%	0.35%	0.59%
Arenas (%)		63.20%	64.36%	62.61%
Finos (%)		36.23%	35.29%	36.80%
Clasificación SUCS		SC	SC	SC
Clasificación AASHTO		A-4 (0)	A-4 (0)	A-4 (0)

Distribución porcentual de gravas, arenas y finos según calicata



Cómo es posible observar en la tabla 8 y la figura 134 la granulometría de las muestras extraídas las tres calicatas fueron similares.

Figura 135

Curva granulométrica de la muestra M1(C1) del suelo areno arcilloso

CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA MUESTRA M1 DEL SUELO ARENO ARCILLOSO

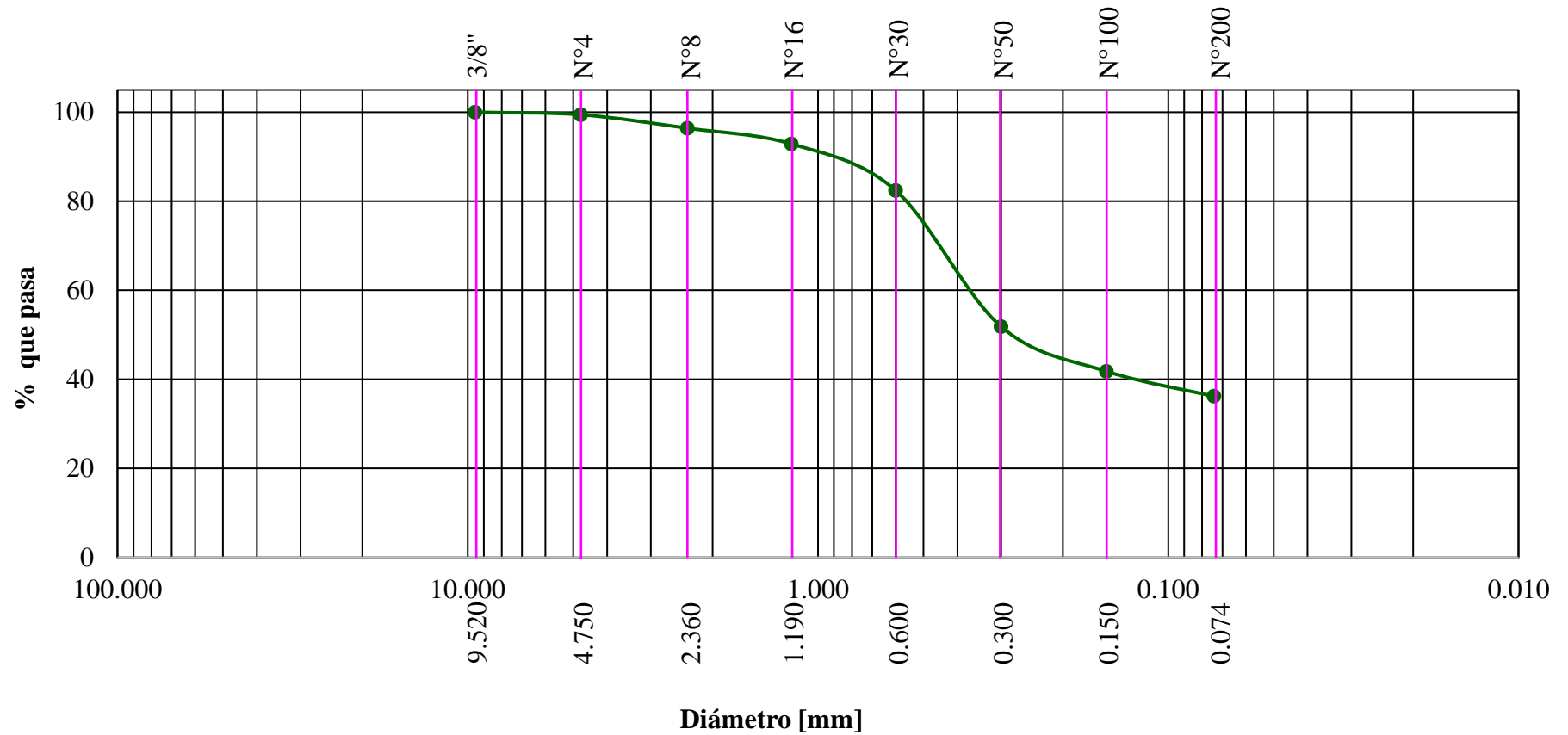


Figura 136

Curva granulométrica de la muestra M2(C2) del suelo areno arcilloso

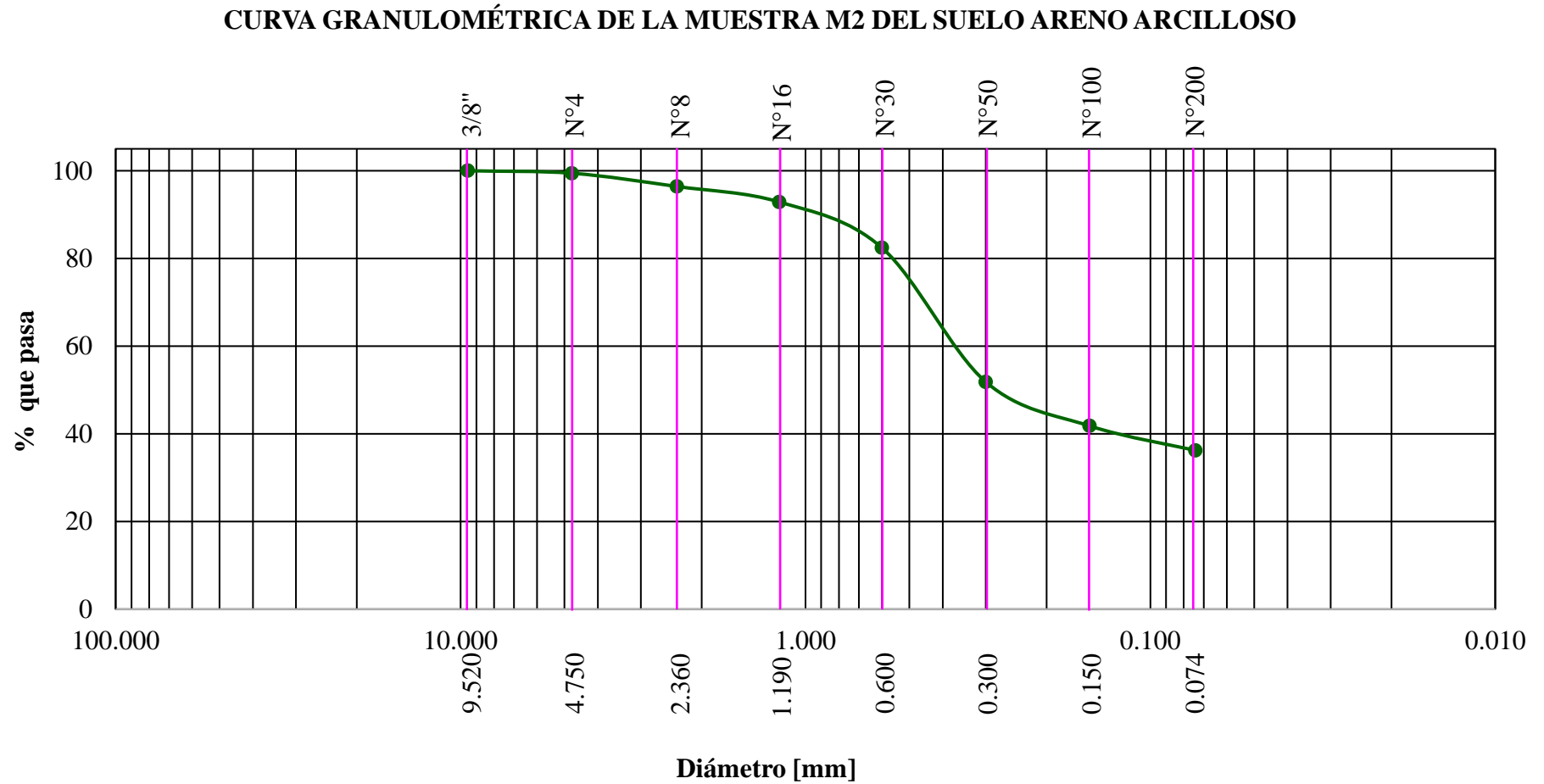
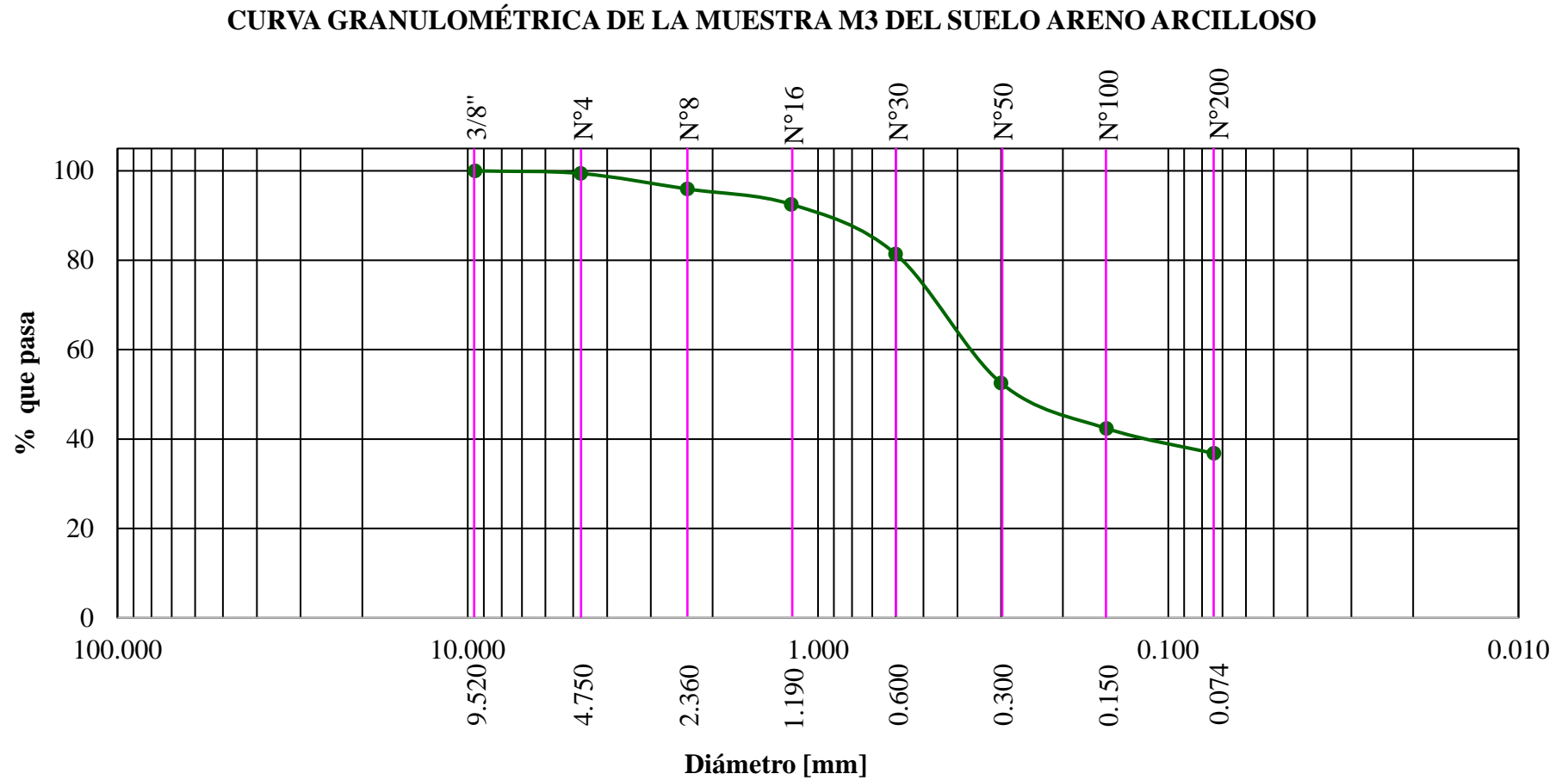


Figura 137

Curva granulométrica de la muestra M3(C3) del suelo areno arcilloso



Granulometría por tamizado del suelo areno arcilloso + conchas de abanico

Para el análisis de la granulometría por tamizado se realizaron las siguientes tablas con su respectivo gráfico de la curva granulométrica y se determinó su clasificación granulométrica para los porcentajes de 22%, 34% y 48% de conchas de abanico (CA) y el suelo areno arcilloso (SAA) según la norma ASTM C-136 y la NTP 339.128 como se puede observar a continuación:

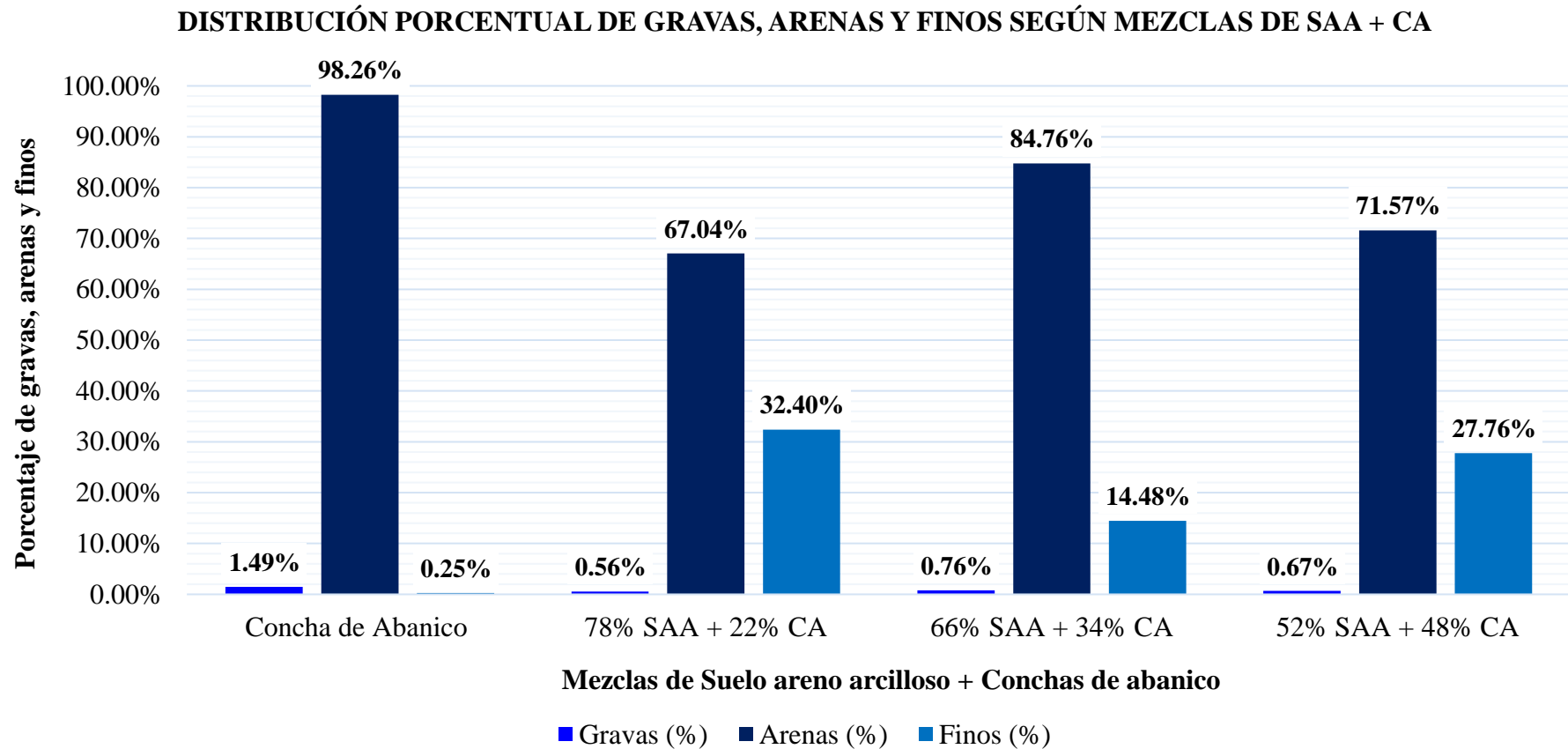
Tabla 9

Granulometría 22%,34%, y 48% de CA y SAA

Tamiz	Abertura (mm)	Concha de Abanico	78% SAA +	66% SAA +	52% SAA +
			22% CA	34% CA	48% CA
% que pasa					
3/8"	9.520	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
N° 4	4.750	98.51%	99.44%	99.24%	99.33%
N° 8	2.360	45.31%	87.15%	80.05%	80.03%
N° 16	1.190	29.62%	80.68%	71.64%	71.94%
N° 30	0.600	19.88%	53.24%	55.21%	60.32%
N° 50	0.300	5.92%	40.74%	29.19%	38.96%
N° 100	0.150	1.19%	35.53%	19.35%	31.67%
N° 200	0.074	0.25%	32.40%	14.48%	27.76%
Gravas (%)		1.49%	0.56%	0.76%	0.67%
Arenas (%)		98.26%	67.04%	84.76%	71.57%
Finos (%)		0.25%	32.40%	14.48%	27.76%
Clasificación SUCS		SW	SC	SC	SM
Clasificación AASHTO		A-1-b (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)

Figura 138

Distribución porcentual de gravas, arenas y finos de mezclas de SAA y CA



Es posible observar que la granulometría de las muestras del suelo areno arcilloso (SAA) con los tres porcentajes añadidos de conchas de abanico (CA), son ligeramente diferentes.

Figura 139

Curva granulométrica de 78% de SAA + 22% de CA

CURVA GRANULOMETRICA DE 78% SUELO ARENO ARCILLOSO + 22% CONCHAS DE ABANICO

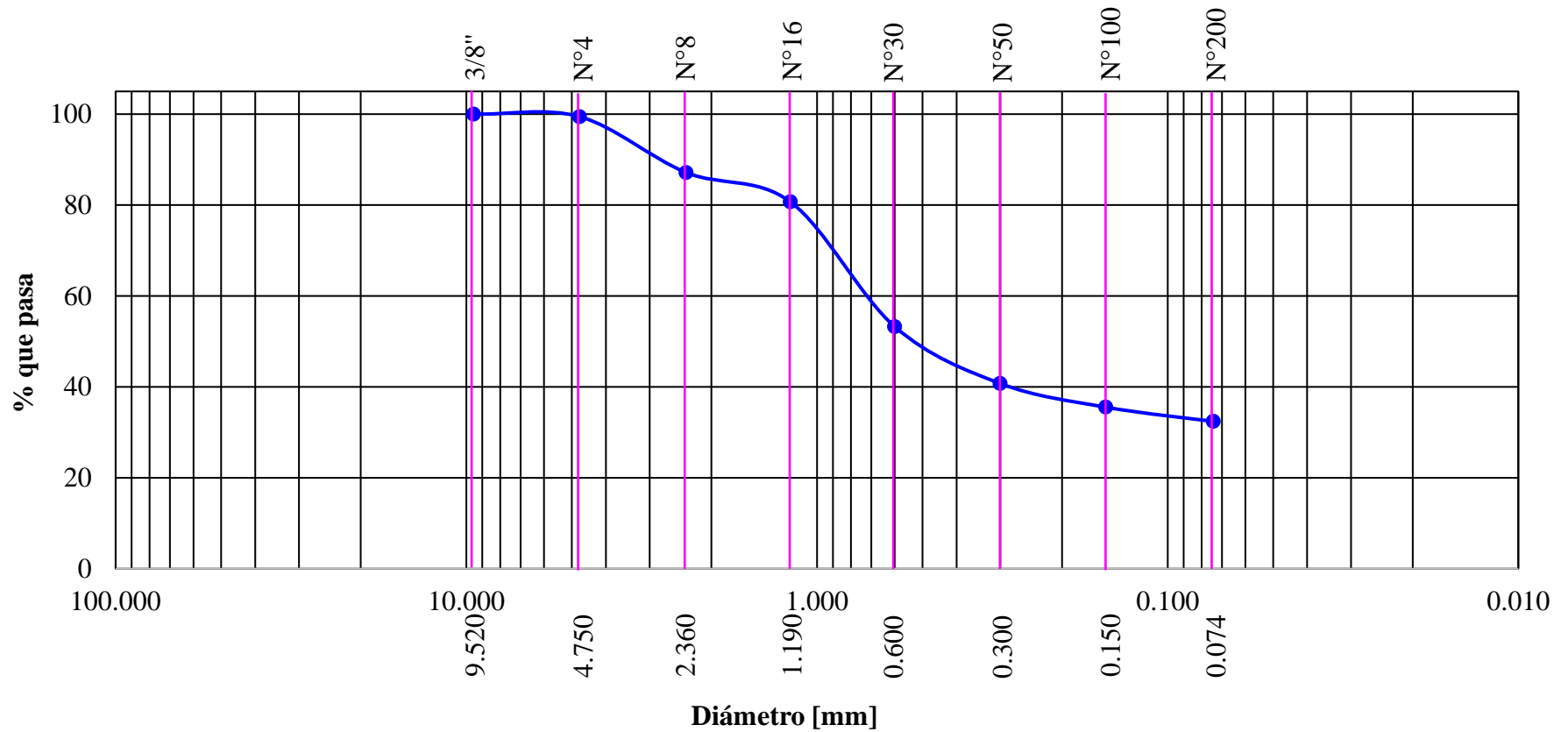


Figura 140

Curva granulométrica de 66% de SAA + 34% de CA

CURVA GRANULOMETRICA DE 66% SUELO ARENO ARCILLOSO + 34% CONCHAS DE ABANICO

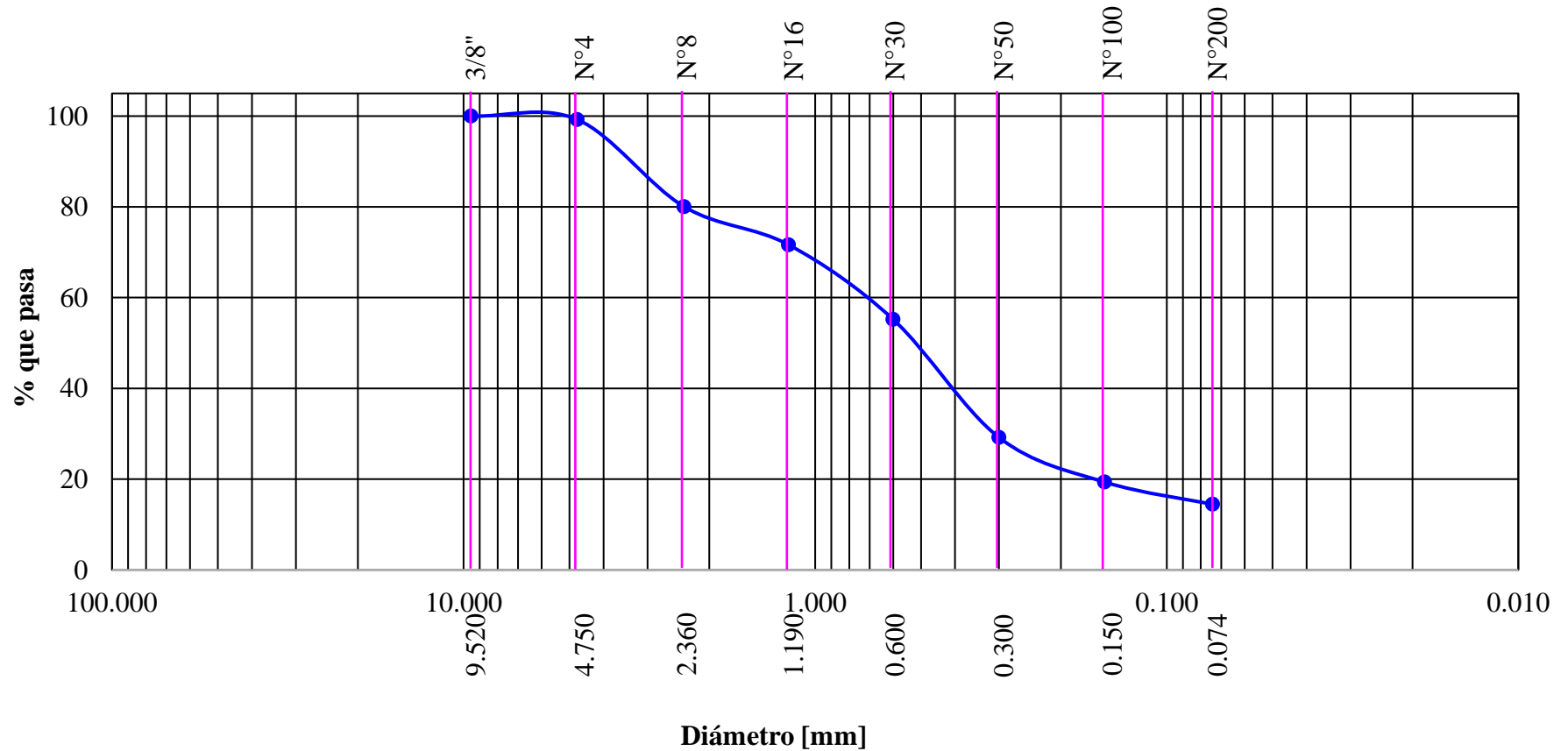
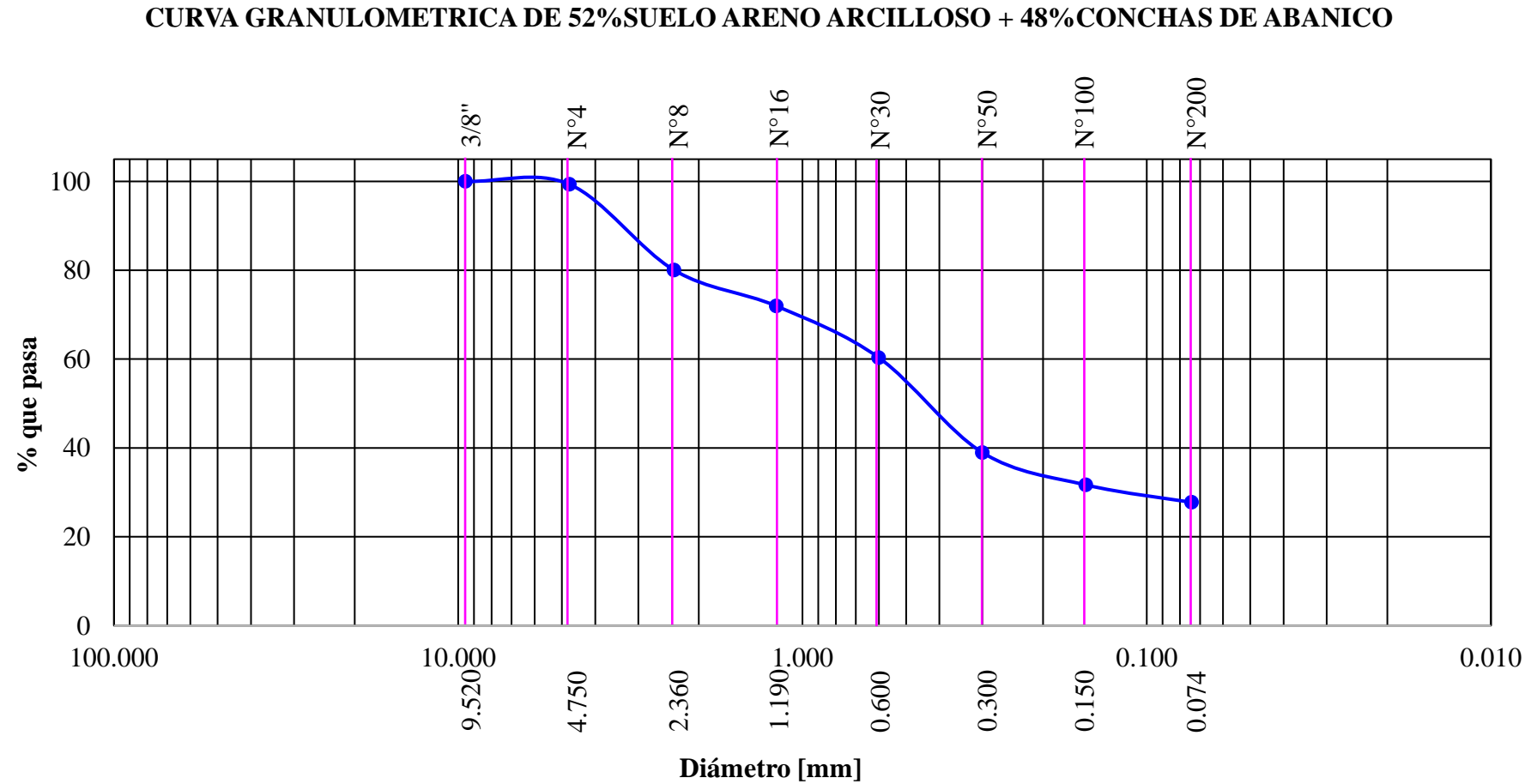


Figura 141

Curva granulométrica de 52% de SAA + 48% de CA



Límites de Atterberg

Límites de Atterberg del suelo areno arcilloso

Los resultados obtenidos del límite líquido (LL), límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP) de la muestra extraída por cada calicata a una profundidad de 1.50 metros según la NTP 339.129, se pueden observar en la siguiente tabla:

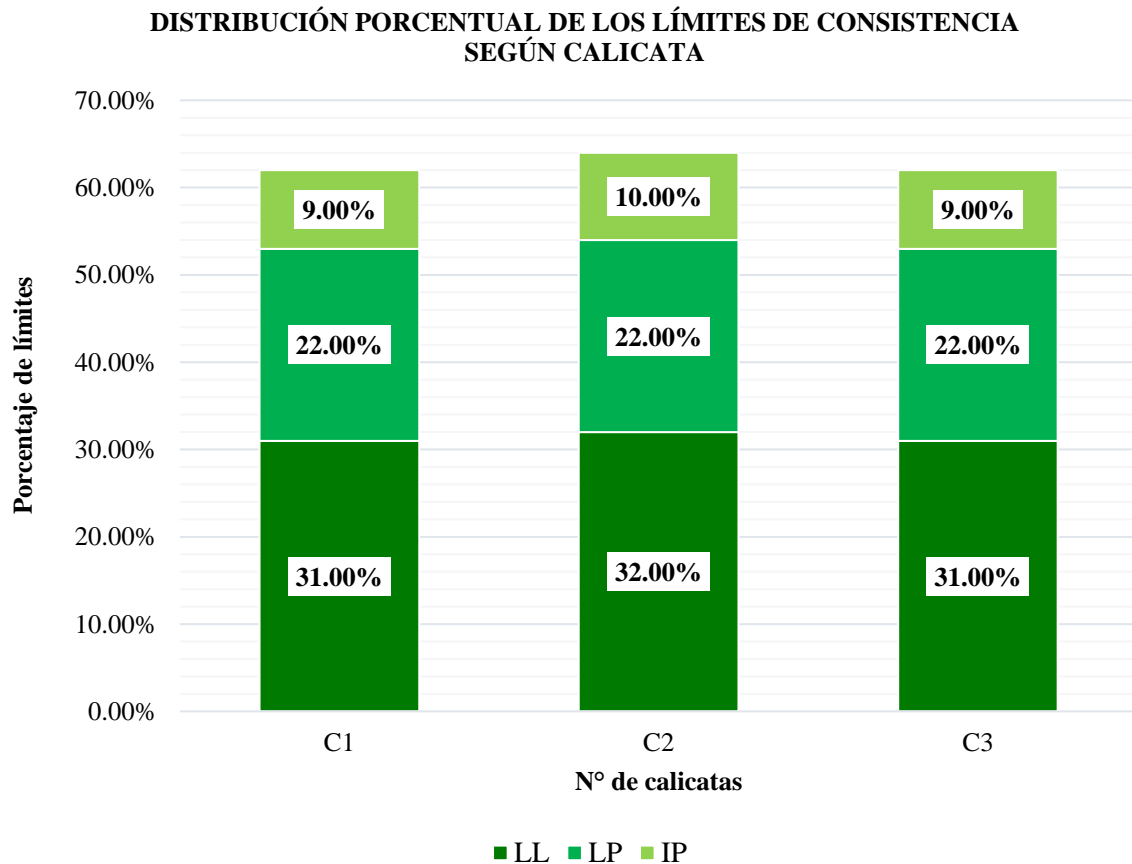
Tabla 10

Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de cada calicata

N° Calicata	LL	LP	IP
C1	31	22	9
C2	32	22	10
C3	31	22	9

Figura 142

Distribución porcentual de los límites de consistencia según calicata



Límites de Atterberg del suelo areno arcilloso + conchas de abanico

Los resultados obtenidos del límite líquido (LL), límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP) de la muestra por cada mezcla realizada, se pueden observar en la siguiente tabla:

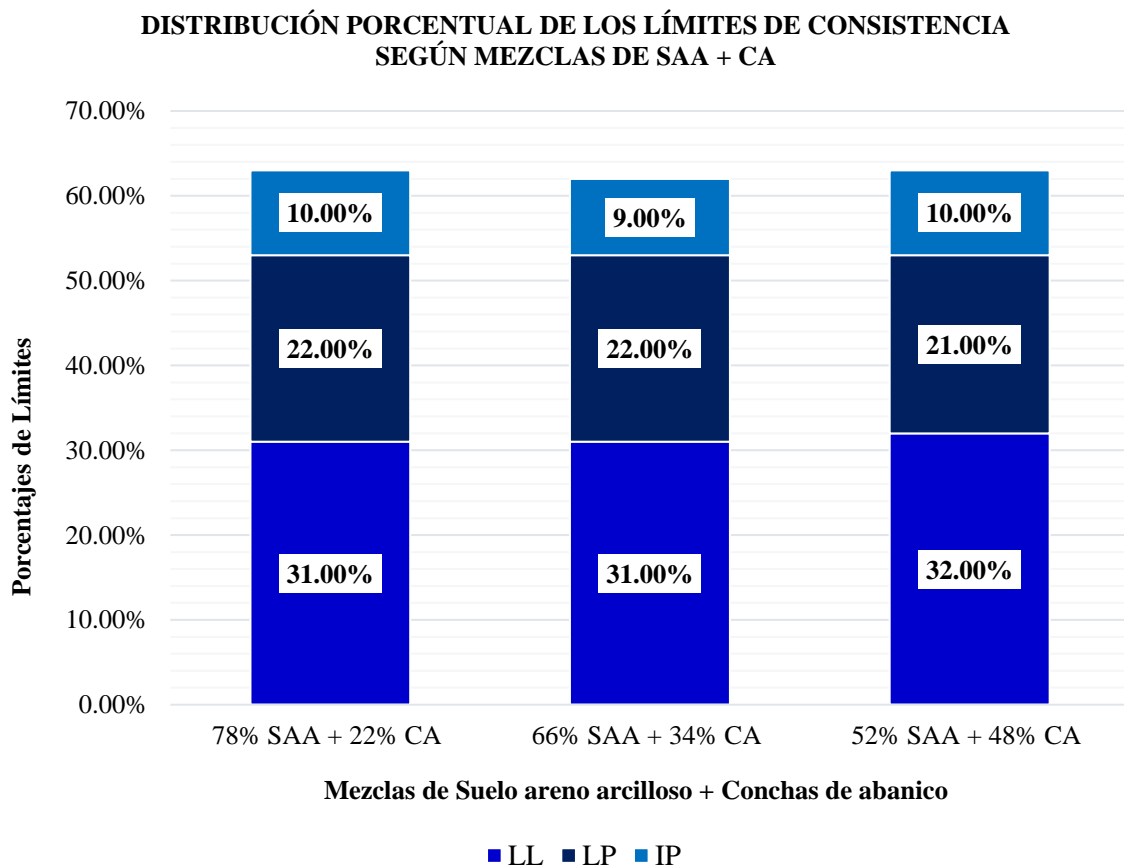
Tabla 11

Límites del 22%,34% y 48% de CA y SAA

Muestra	LL	LP	IP
78% SAA + 22% CA	31	22	10
66% SAA + 34% CA	31	22	9
52% SAA + 48% CA	32	21	10

Figura 143

Distribución porcentual de los límites de consistencia de SAA y CA



Clasificación de suelos

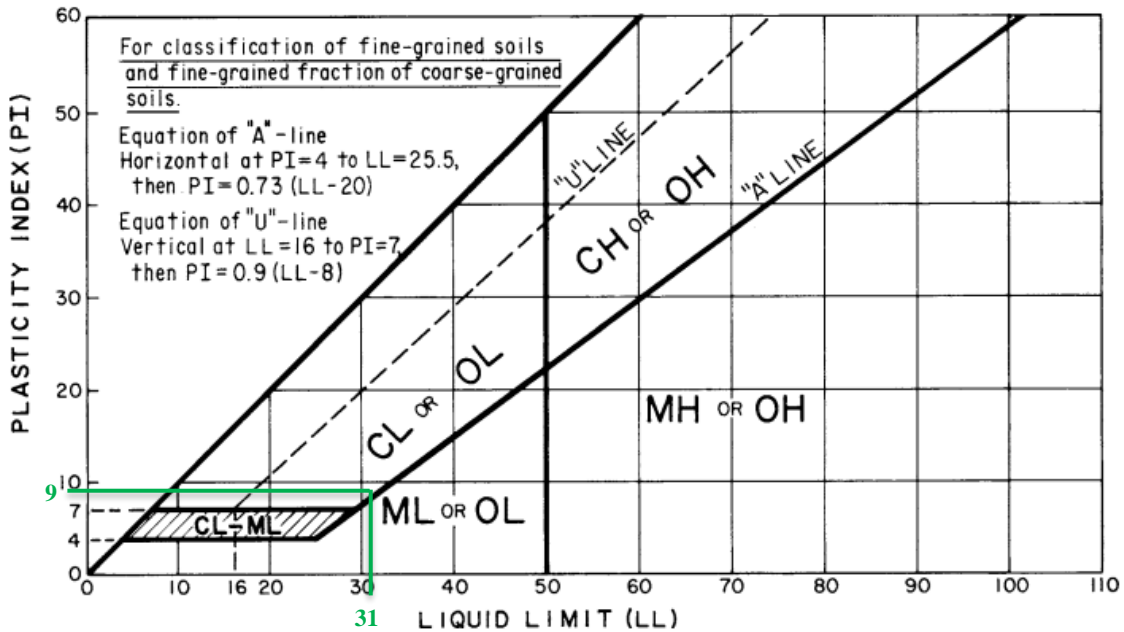
Clasificación por SUCS del suelo areno arcilloso

• **Clasificación por SUCS de la muestra C1**

Pasa la malla N°200 = 36.23% > 12%; IP = 9 > 7; LL = 31.

Figura 144

Cuadro de plasticidad



Nota. Tomado de *ASTM D2487-11* (p. 13), por ASTM International, 2011.

El punto cae arriba de la línea A.

Figura 145

Sistema Unificado de clasificación; símbolos de grupo para suelos arenosos

Símbolo de grupo	Criterios
SW	Menos de 5% pasa la malla No. 200; $C_u = D_{60} / D_{10}$ mayor que o igual a 6; $C_z = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ entre 1 y 3
SP	Menos de 5% pasa la malla No. 200; no cumple ambos criterios para SW
SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea A; o índice de plasticidad menor que 4
SC	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican arriba de la línea A; índice de plasticidad mayor que 7
SC-SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg caen en el área sombreada marcada CL-ML
SW-SM	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SM
SW-SC	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SC
SP-SM	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SM
SP-SC	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SC

Nota. Tomado de *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (p. 40), por B. Das, 2001, Thompson Learning.

Se obtuvo que es un SC

Figura 146

Diagrama de flujo para nombres de grupo suelos tipo grava y arenosos (según ASTM, 1998).

Símbolo de grupo			Nombre de grupo
GW	→	<15% arena	→ Grava bien graduada
	↘	≥15% arena	→ Grava bien graduada con arena
GP	→	<15% arena	→ Grava mal graduada
	↘	≥15% arena	→ Grava mal graduada con arena
GW-GM	→	<15% arena	→ Grava bien graduada con limo
	↘	≥15% arena	→ Grava bien graduada con limo y arena
GW-GC	→	<15% arena	→ Grava bien graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	↘	≥15% arena	→ Grava bien graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)
GP-GM	→	<15% arena	→ Grava mal graduada con limo
	↘	≥15% arena	→ Grava mal graduada con limo y arena
GP-GC	→	<15% arena	→ Grava mal graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	↘	≥15% arena	→ Grava mal graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)
GM	→	<15% arena	→ Grava limosa
	↘	≥15% arena	→ Grava limosa con arena
GC	→	<15% arena	→ Grava arcillosa
	↘	≥15% arena	→ Grava arcillosa con arena
GC-GM	→	<15% arena	→ Grava limo-arcillosa
	↘	≥15% arena	→ Grava limo-arcillosa con arena
SW	→	<15% grava	→ Arena bien graduada
	↘	≥15% grava	→ Arena bien graduada con grava
SP	→	<15% grava	→ Arena mal graduada
	↘	≥15% grava	→ Arena mal graduada con grava
SW-SM	→	<15% grava	→ Arena bien graduada con limo
	↘	≥15% grava	→ Arena bien graduada con limo y grava
SP-SC	→	<15% grava	→ Arena bien graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	↘	≥15% grava	→ Arena bien graduada con arcilla y grava (o arcilla limosa y grava)
SP-SM	→	<15% grava	→ Arena mal graduada con limo
	↘	≥15% grava	→ Arena mal graduada con limo y grava
SP-SC	→	<15% grava	→ Arena mal graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	↘	≥15% grava	→ Arena mal graduada con arcilla y grava (o arcilla limosa y grava)
SM	→	<15% grava	→ Arena limosa
	↘	≥15% grava	→ Arena limosa con grava
SC	→	<15% grava	→ Arena arcillosa
	↘	≥15% grava	→ Arena arcillosa con grava
SC-SM	→	<15% grava	→ Arena limo-arcillosa
	↘	≥15% grava	→ Arena limo-arcillosa con grava

Nota. Tomado de *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (p. 42), por B. Das, 2001, Thompson Learning.

Grava = 0.57% < 15%.

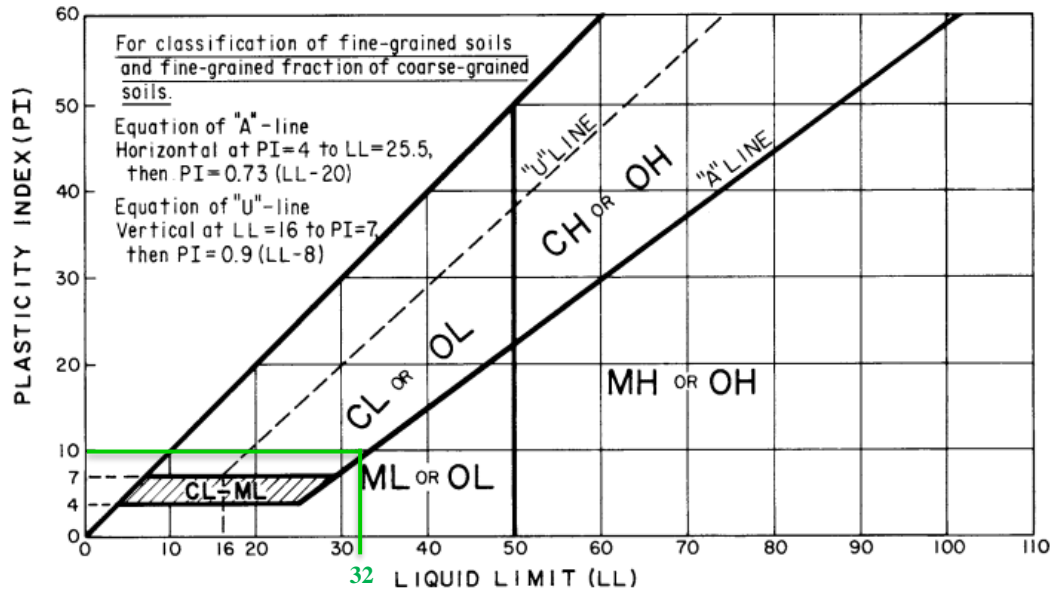
Se obtuvo que es una Arena arcillosa (SC).

• **Clasificación por SUCS de la muestra C2**

Pasa la malla N°200 = 35.29% > 12%; IP=10 < 7; LL=32

Figura 147

Cuadro de plasticidad



Nota. Tomado de ASTM D2487-11 (p. 13), por ASTM International, 2011.

El punto cae arriba de la línea A.

Figura 148

Sistema Unificado de clasificación; símbolos de grupo para suelos arenosos

Símbolo de grupo	Criterios
SW	Menos de 5% pasa la malla No. 200; $C_u = D_{60} / D_{10}$ mayor que o igual a 6; $C_z = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ entre 1 y 3
SP	Menos de 5% pasa la malla No. 200; no cumple ambos criterios para SW
SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea A; o índice de plasticidad menor que 4
SC	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican arriba de la línea A; índice de plasticidad mayor que 7
SC-SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg caen en el área sombreada marcada CL-ML
SW-SM	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SM
SW-SC	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SC
SP-SM	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SM
SP-SC	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SC

Nota. Tomado de *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (p. 40), por B. Das, 2001, Thompson Learning.

Se obtuvo que es un SC.

Figura 149

Diagrama de flujo para nombres de grupo suelos tipo grava y arenosos (según ASTM, 1998).

Símbolo de grupo		Nombre de grupo	
GW	→ <15% arena	→ Grava bien graduada	
	↘ ≥15% arena	→ Grava bien graduada con arena	
GP	→ <15% arena	→ Grava mal graduada	
	↘ ≥15% arena	→ Grava mal graduada con arena	
GW-GM	→ <15% arena	→ Grava bien graduada con limo	
	↘ ≥15% arena	→ Grava bien graduada con limo y arena	
GW-GC	→ <15% arena	→ Grava bien graduada con arcilla (o arcilla limosa)	
	↘ ≥15% arena	→ Grava bien graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)	
GP-GM	→ <15% arena	→ Grava mal graduada con limo	
	↘ ≥15% arena	→ Grava mal graduada con limo y arena	
GP-GC	→ <15% arena	→ Grava mal graduada con arcilla (o arcilla limosa)	
	↘ ≥15% arena	→ Grava mal graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)	
GM	→ <15% arena	→ Grava limosa	
	↘ ≥15% arena	→ Grava limosa con arena	
GC	→ <15% arena	→ Grava arcillosa	
	↘ ≥15% arena	→ Grava arcillosa con arena	
GC-GM	→ <15% arena	→ Grava limo-arcillosa	
	↘ ≥15% arena	→ Grava limo-arcillosa con arena	
SW	→ <15% grava	→ Arena bien graduada	
	↘ ≥15% grava	→ Arena bien graduada con grava	
SP	→ <15% grava	→ Arena mal graduada	
	↘ ≥15% grava	→ Arena mal graduada con grava	
SW-SM	→ <15% grava	→ Arena bien graduada con limo	
	↘ ≥15% grava	→ Arena bien graduada con limo y grava	
SP-SC	→ <15% grava	→ Arena bien graduada con arcilla (o arcilla limosa)	
	↘ ≥15% grava	→ Arena bien graduada con arcilla y grava (o arcilla limosa y grava)	
SP-SM	→ <15% grava	→ Arena mal graduada con limo	
	↘ ≥15% grava	→ Arena mal graduada con limo y grava	
SP-SC	→ <15% grava	→ Arena mal graduada con arcilla (o arcilla limosa)	
	↘ ≥15% grava	→ Arena mal graduada con arcilla y grava (o arcilla limosa y grava)	
SM	→ <15% grava	→ Arena limosa	
	↘ ≥15% grava	→ Arena limosa con grava	
SC	→ <15% grava	→ Arena arcillosa	
	↘ ≥15% grava	→ Arena arcillosa con grava	
SC-SM	→ <15% grava	→ Arena limo-arcillosa	
	↘ ≥15% grava	→ Arena limo-arcillosa con grava	

Nota. Tomado de *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (p. 42), por B. Das, 2001, Thompson Learning.

Grava = 0.35% < 15%

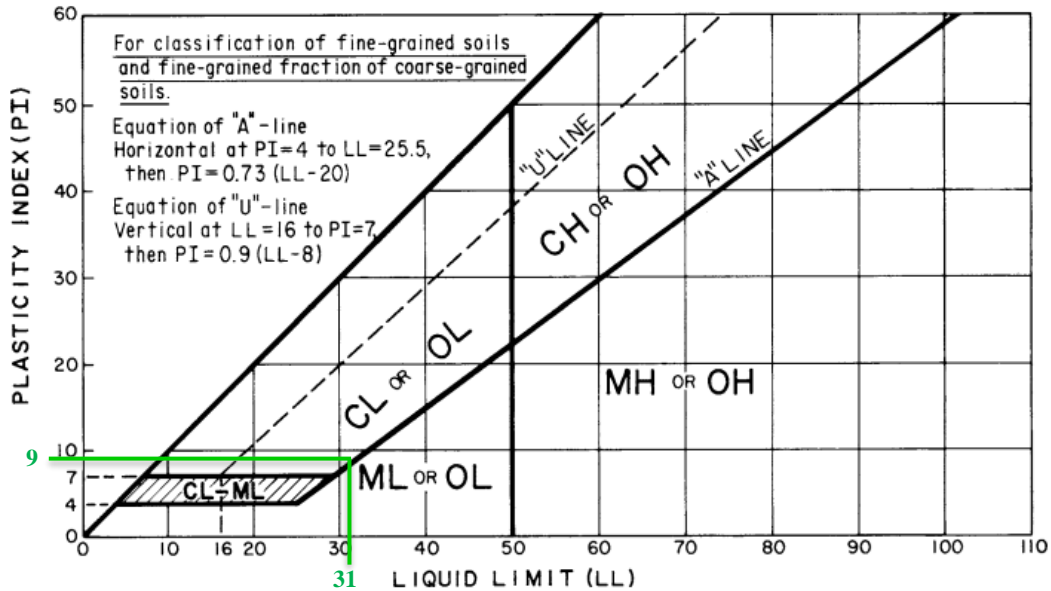
Se obtuvo que es una Arena arcillosa (SC).

• **Clasificación por SUCS de la muestra C3**

Pasa la malla N°200 = 36.80% > 12%; IP=9 < 7; LL=31

Figura 150

Cuadro de plasticidad



Nota. Tomado de *ASTM D2487-11* (p. 13), por ASTM International, 2011.

El punto cae arriba de la línea A.

Figura 151

Sistema Unificado de clasificación; símbolos de grupo para suelos arenosos

Símbolo de grupo	Criterios
SW	Menos de 5% pasa la malla No. 200; $C_u = D_{60} / D_{10}$ mayor que o igual a 6; $C_z = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ entre 1 y 3
SP	Menos de 5% pasa la malla No. 200; no cumple ambos criterios para SW
SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea A; o índice de plasticidad menor que 4
SC	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican arriba de la línea A; índice de plasticidad mayor que 7
SC-SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg caen en el área sombreada marcada CL-ML
SW-SM	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SM
SW-SC	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SC
SP-SM	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SM
SP-SC	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SC

Nota. Tomado de *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (p. 40), por B. Das, 2001, Thompson Learning.

Se obtuvo que es un C.

Figura 152

Diagrama de flujo para nombres de grupo suelos tipo grava y arenosos (según ASTM, 1998).

Símbolo de grupo		Nombre de grupo	
GW	→ <15% arena	→	Grava bien graduada
	↘ ≥15% arena	→	Grava bien graduada con arena
GP	→ <15% arena	→	Grava mal graduada
	↘ ≥15% arena	→	Grava mal graduada con arena
GW-GM	→ <15% arena	→	Grava bien graduada con limo
	↘ ≥15% arena	→	Grava bien graduada con limo y arena
GW-GC	→ <15% arena	→	Grava bien graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	↘ ≥15% arena	→	Grava bien graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)
GP-GM	→ <15% arena	→	Grava mal graduada con limo
	↘ ≥15% arena	→	Grava mal graduada con limo y arena
GP-GC	→ <15% arena	→	Grava mal graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	↘ ≥15% arena	→	Grava mal graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)
GM	→ <15% arena	→	Grava limosa
	↘ ≥15% arena	→	Grava limosa con arena
GC	→ <15% arena	→	Grava arcillosa
	↘ ≥15% arena	→	Grava arcillosa con arena
GC-GM	→ <15% arena	→	Grava limo-arcillosa
	↘ ≥15% arena	→	Grava limo-arcillosa con arena
SW	→ <15% grava	→	Arena bien graduada
	↘ ≥15% grava	→	Arena bien graduada con grava
SP	→ <15% grava	→	Arena mal graduada
	↘ ≥15% grava	→	Arena mal graduada con grava
SW-SM	→ <15% grava	→	Arena bien graduada con limo
	↘ ≥15% grava	→	Arena bien graduada con limo y grava
SP-SC	→ <15% grava	→	Arena bien graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	↘ ≥15% grava	→	Arena bien graduada con arcilla y grava (o arcilla limosa y grava)
SP-SM	→ <15% grava	→	Arena mal graduada con limo
	↘ ≥15% grava	→	Arena mal graduada con limo y grava
SP-SC	→ <15% grava	→	Arena mal graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	↘ ≥15% grava	→	Arena mal graduada con arcilla y grava (o arcilla limosa y grava)
SM	→ <15% grava	→	Arena limosa
	↘ ≥15% grava	→	Arena limosa con grava
SC	→ <15% grava	→	Arena arcillosa
	↘ ≥15% grava	→	Arena arcillosa con grava
SC-SM	→ <15% grava	→	Arena limo-arcillosa
	↘ ≥15% grava	→	Arena limo-arcillosa con grava

Nota. Tomado de *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (p. 42), por B. Das, 2001, Thompson Learning.

Grava = 0.59% < 15%

Se obtuvo que es una Arena arcillosa (SC).

Finalmente, los resultados obtenidos de la clasificación del suelo SUCS de las muestras por cada calicata a una altura de 1.50 metros según la ASTM D-2487 se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 12

Clasificación SUCS de la muestra por cada calicata

N° Calicata	Clasificación del suelo SUCS
C1	SC - Arena Arcillosa
C2	SC - Arena Arcillosa
C3	SC - Arena Arcillosa

Clasificación por SUCS del suelo areno arcilloso + conchas de abanico

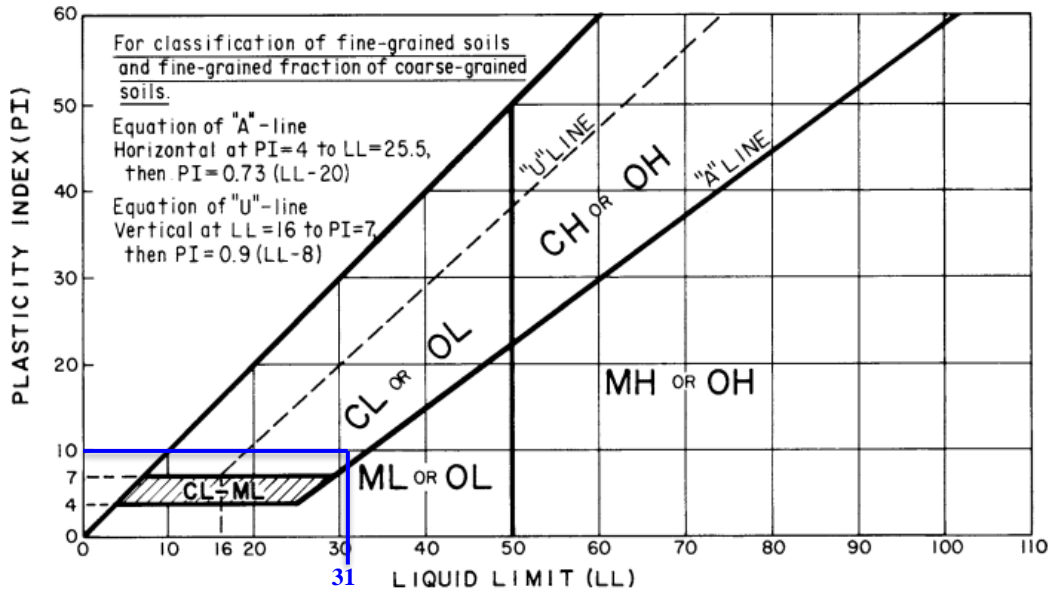
- **Clasificación por SUCS de 78% Suelo areno arcilloso + 22% Conchas de abanico**

Para la muestra: 22% Conchas de abanico + 78% Suelo arcillo limoso.

Pasa la malla N°200 = 32.40% > 12%; IP = 10 > 7; LL = 31.

Figura 153

Cuadro de plasticidad



Nota. Tomado de ASTM D2487-11 (p. 13), por ASTM International, 2011.

El punto cae arriba de la línea A.

Figura 154

Sistema Unificado de clasificación; símbolos de grupo para suelos arenosos

Símbolo de grupo	Criterios
SW	Menos de 5% pasa la malla No. 200; $C_u = D_{60} / D_{10}$ mayor que o igual a 6; $C_z = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ entre 1 y 3
SP	Menos de 5% pasa la malla No. 200; no cumple ambos criterios para SW
SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea A; o índice de plasticidad menor que 4
SC	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican arriba de la línea A; índice de plasticidad mayor que 7
SC-SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg caen en el área sombreada marcada CL-ML
SW-SM	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SM
SW-SC	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SC
SP-SM	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SM
SP-SC	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SC

Nota. Tomado de Fundamentos de ingeniería geotécnica (p. 40), por B. Das, 2001, Thompson Learning.

Se obtuvo que es un SC.

Figura 155

Diagrama de flujo para nombres de grupo suelos tipo grava y arenosos (según ASTM, 1998).

Símbolo de grupo			Nombre de grupo
GW	→	<15% arena	→ Grava bien graduada
	↘	≥15% arena	→ Grava bien graduada con arena
GP	→	<15% arena	→ Grava mal graduada
	↘	≥15% arena	→ Grava mal graduada con arena
GW-GM	→	<15% arena	→ Grava bien graduada con limo
	↘	≥15% arena	→ Grava bien graduada con limo y arena
GW-GC	→	<15% arena	→ Grava bien graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	↘	≥15% arena	→ Grava bien graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)
GP-GM	→	<15% arena	→ Grava mal graduada con limo
	↘	≥15% arena	→ Grava mal graduada con limo y arena
GP-GC	→	<15% arena	→ Grava mal graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	↘	≥15% arena	→ Grava mal graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)
GM	→	<15% arena	→ Grava limosa
	↘	≥15% arena	→ Grava limosa con arena
GC	→	<15% arena	→ Grava arcillosa
	↘	≥15% arena	→ Grava arcillosa con arena
GC-GM	→	<15% arena	→ Grava limo-arcillosa
	↘	≥15% arena	→ Grava limo-arcillosa con arena
SW	→	<15% arena	→ Arena bien graduada
	↘	≥15% arena	→ Arena bien graduada con grava
SP	→	<15% arena	→ Arena mal graduada
	↘	≥15% arena	→ Arena mal graduada con grava
SW-SM	→	<15% grava	→ Arena bien graduada con limo
	↘	≥15% grava	→ Arena bien graduada con limo y grava
SP-SC	→	<15% grava	→ Arena bien graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	↘	≥15% grava	→ Arena bien graduada con arcilla y grava (o arcilla limosa y grava)
SP-SM	→	<15% grava	→ Arena mal graduada con limo
	↘	≥15% grava	→ Arena mal graduada con limo y grava
SP-SC	→	<15% grava	→ Arena mal graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	↘	≥15% grava	→ Arena mal graduada con arcilla y grava (o arcilla limosa y grava)
SM	→	<15% grava	→ Arena limosa
	↘	≥15% grava	→ Arena limosa con grava
SC	→	<15% grava	→ Arena arcillosa
	↘	≥15% grava	→ Arena arcillosa con grava
SC-SM	→	<15% grava	→ Arena limo-arcillosa
	↘	≥15% grava	→ Arena limo-arcillosa con grava

Nota. Tomado de *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (p. 42), por B. Das, 2001, Thompson Learning.

Grava = 0.56% < 15%.

Se obtuvo que es una Arena arcillosa (SC).

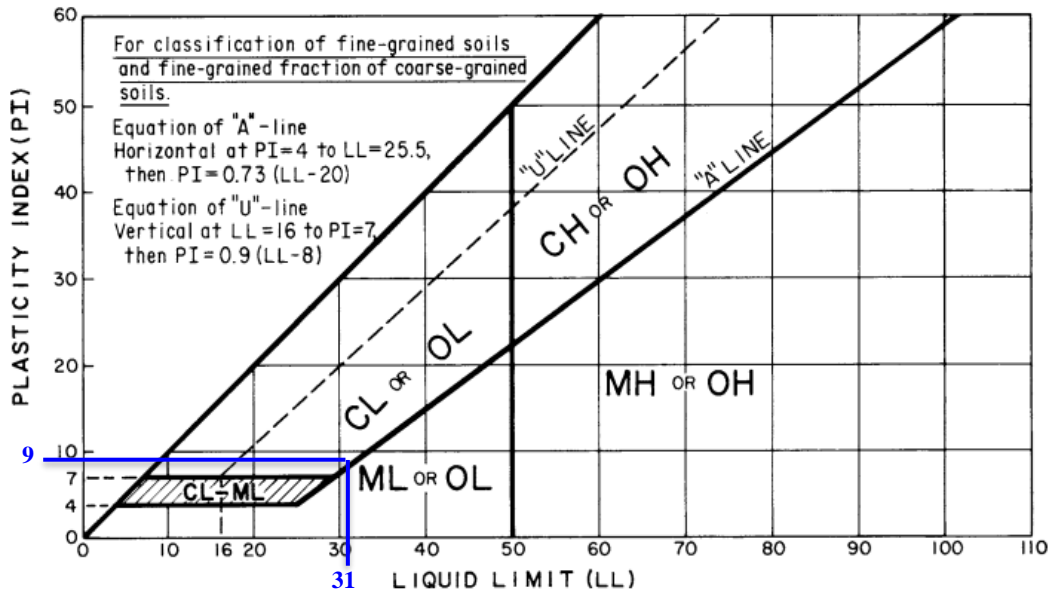
• **Clasificación por SUCS de 66% Suelo arenoso arcilloso + 34% Conchas de abanico**

Para la muestra: 34% Conchas de abanico + 66% Suelo arcillo limoso.

Pasa la malla N°200 = 14.48% > 12%; IP = 9 > 7; LL = 31.

Figura 156

Cuadro de plasticidad



Nota. Tomado de ASTM D2487-11 (p. 13), por ASTM International, 2011.

El punto cae arriba de la línea A.

Figura 157

Sistema Unificado de clasificación; símbolos de grupo para suelos arenosos

Símbolo de grupo	Criterios
SW	Menos de 5% pasa la malla No. 200; $C_u = D_{60} / D_{10}$ mayor que o igual a 6; $C_z = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ entre 1 y 3
SP	Menos de 5% pasa la malla No. 200; no cumple ambos criterios para SW
SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea A; o índice de plasticidad menor que 4
SC	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican arriba de la línea A; índice de plasticidad mayor que 7
SC-SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg caen en el área sombreada marcada CL-ML
SW-SM	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SM
SW-SC	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SC
SP-SM	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SM
SP-SC	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SC

Nota. Tomado de Fundamentos de ingeniería geotécnica (p. 40), por B. Das, 2001, Thompson Learning.

Se obtuvo que es un SC.

Figura 158

Diagrama de flujo para nombres de grupo suelos tipo grava y arenosos (según ASTM, 1998).

Símbolo de grupo		Nombre de grupo	
GW	→ <15% arena	→	Grava bien graduada
	↘ ≥15% arena	→	Grava bien graduada con arena
GP	→ <15% arena	→	Grava mal graduada
	↘ ≥15% arena	→	Grava mal graduada con arena
GW-GM	→ <15% arena	→	Grava bien graduada con limo
	↘ ≥15% arena	→	Grava bien graduada con limo y arena
GW-GC	→ <15% arena	→	Grava bien graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	↘ ≥15% arena	→	Grava bien graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)
GP-GM	→ <15% arena	→	Grava mal graduada con limo
	↘ ≥15% arena	→	Grava mal graduada con limo y arena
GP-GC	→ <15% arena	→	Grava mal graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	↘ ≥15% arena	→	Grava mal graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)
GM	→ <15% arena	→	Grava limosa
	↘ ≥15% arena	→	Grava limosa con arena
GC	→ <15% arena	→	Grava arcillosa
	↘ ≥15% arena	→	Grava arcillosa con arena
GC-GM	→ <15% arena	→	Grava limo-arcillosa
	↘ ≥15% arena	→	Grava limo-arcillosa con arena
SW	→ <15% arena	→	Arena bien graduada
	↘ ≥15% arena	→	Arena bien graduada con grava
SP	→ <15% arena	→	Arena mal graduada
	↘ ≥15% arena	→	Arena mal graduada con grava
SW-SM	→ <15% grava	→	Arena bien graduada con limo
	↘ ≥15% grava	→	Arena bien graduada con limo y grava
SP-SC	→ <15% grava	→	Arena bien graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	↘ ≥15% grava	→	Arena bien graduada con arcilla y grava (o arcilla limosa y grava)
SP-SM	→ <15% grava	→	Arena mal graduada con limo
	↘ ≥15% grava	→	Arena mal graduada con limo y grava
SP-SC	→ <15% grava	→	Arena mal graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	↘ ≥15% grava	→	Arena mal graduada con arcilla y grava (o arcilla limosa y grava)
SM	→ <15% grava	→	Arena limosa
	↘ ≥15% grava	→	Arena limosa con grava
SC	→ <15% grava	→	Arena arcillosa
	↘ ≥15% grava	→	Arena arcillosa con grava
SC-SM	→ <15% grava	→	Arena limo-arcillosa
	↘ ≥15% grava	→	Arena limo-arcillosa con grava

Nota. Tomado de *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (p. 42), por B. Das, 2001, Thompson Learning.

Grava = 0.76% < 15%

Se obtuvo que es una Arena arcillosa (SC).

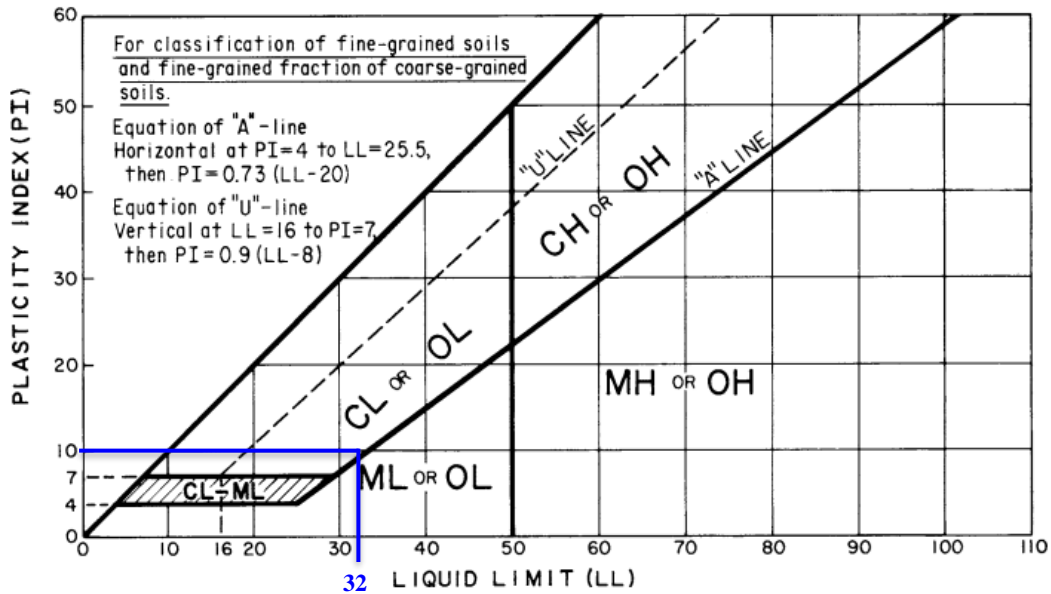
• **Clasificación SUCS de 52% Suelo areno arcilloso + 48% Conchas de abanico**

Para la muestra: 48% Conchas de abanico + 52% Suelo arcillo limoso.

Pasa la malla N°200 = 27.76% > 12% IP = 10 > 7; LL = 32.

Figura 159

Cuadro de plasticidad



Nota. Tomado de *ASTM D2487-11* (p. 13), por ASTM International, 2011.

El punto cae debajo de la línea A.

Figura 160

Sistema Unificado de clasificación; símbolos de grupo para suelos arenosos

Símbolo de grupo	Criterios
SW	Menos de 5% pasa la malla No. 200; $C_u = D_{60} / D_{10}$ mayor que o igual a 6; $C_z = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ entre 1 y 3
SP	Menos de 5% pasa la malla No. 200; no cumple ambos criterios para SW
SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea A; o índice de plasticidad menor que 4
SC	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican arriba de la línea A; índice de plasticidad mayor que 7
SC-SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg caen en el área sombreada marcada CL-ML
SW-SM	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SM
SW-SC	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SC
SP-SM	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SM
SP-SC	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SC

Nota. Tomado de *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (p. 40), por B. Das, 2001, Thompson Learning.

Se obtuvo que es un SM.

Figura 161

Diagrama de flujo para nombres de grupo suelos tipo grava y arenosos (según ASTM, 1998).

Símbolo de grupo		Nombre de grupo	
GW	→ <15% arena	→	Grava bien graduada
	↘ ≥15% arena	→	Grava bien graduada con arena
GP	→ <15% arena	→	Grava mal graduada
	↘ ≥15% arena	→	Grava mal graduada con arena
GW-GM	→ <15% arena	→	Grava bien graduada con limo
	↘ ≥15% arena	→	Grava bien graduada con limo y arena
GW-GC	→ <15% arena	→	Grava bien graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	↘ ≥15% arena	→	Grava bien graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)
GP-GM	→ <15% arena	→	Grava mal graduada con limo
	↘ ≥15% arena	→	Grava mal graduada con limo y arena
GP-GC	→ <15% arena	→	Grava mal graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	↘ ≥15% arena	→	Grava mal graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)
GM	→ <15% arena	→	Grava limosa
	↘ ≥15% arena	→	Grava limosa con arena
GC	→ <15% arena	→	Grava arcillosa
	↘ ≥15% arena	→	Grava arcillosa con arena
GC-GM	→ <15% arena	→	Grava limo-arcillosa
	↘ ≥15% arena	→	Grava limo-arcillosa con arena
SW	→ <15% arena	→	Arena bien graduada
	↘ ≥15% arena	→	Arena bien graduada con grava
SP	→ <15% arena	→	Arena mal graduada
	↘ ≥15% arena	→	Arena mal graduada con grava
SW-SM	→ <15% grava	→	Arena bien graduada con limo
	↘ ≥15% grava	→	Arena bien graduada con limo y grava
SP-SC	→ <15% grava	→	Arena bien graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	↘ ≥15% grava	→	Arena bien graduada con arcilla y grava (o arcilla limosa y grava)
SP-SM	→ <15% grava	→	Arena mal graduada con limo
	↘ ≥15% grava	→	Arena mal graduada con limo y grava
SP-SC	→ <15% grava	→	Arena mal graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	↘ ≥15% grava	→	Arena mal graduada con arcilla y grava (o arcilla limosa y grava)
SM	→ <15% grava	→	Arena limosa
	↘ ≥15% grava	→	Arena limosa con grava
SC	→ <15% grava	→	Arena arcillosa
	↘ ≥15% grava	→	Arena arcillosa con grava
SC-SM	→ <15% grava	→	Arena limo-arcillosa
	↘ ≥15% grava	→	Arena limo-arcillosa con grava

Nota. Tomado de *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (p. 42), por B. Das, 2001, Thompson Learning.

Grava = 0.67% < 15%

Se obtuvo que es una Arena limo-arcillosa (SM).

Finalmente, los resultados obtenidos de la clasificación por SUCS del suelo areno arcilloso y la adición de diferentes porcentajes de conchas de abanico, se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 13

Clasificación SUCS por muestra de SAA y CA

Muestra	Clasificación del suelo SUCS
78% SAA + 22% CA	SC - Arena Arcillosa
66% SAA + 34% CA	SC - Arena Arcillosa
52% SAA + 48% CA	SM - Arena Limo-arcillosa

Clasificación por AASHTO del suelo areno arcilloso

- Clasificación por AASHTO de la muestra C1**

Porcentaje que pasa el tamiz: N°200 = 36.23%; LL = 31; IP = 9.

$$I.G = (F - 35)(0.2 + 0.005(LL - 40)) + 0.01(F - 15)(IP - 10)$$

$$I.G = (36.23 - 35)(0.2 + 0.005(31 - 40)) + 0.01(36.23 - 15)(9 - 10)$$

$$I.G = -0.022$$

$$I.G = 0$$

Tabla 14

Clasificación de materiales para subrasantes de carreteras

Clasificación General	Materiales granulares (35% o menos de la muestra que pasa la malla No. 200)							
	A-1			A-3	A-2			
Clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b			A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis por cribado (porcentaje que pasa las mallas)								
No. 10	50 máx.							
No. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.					
No. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	
Características de la fracción que pasa la malla No. 40								
Limite liquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	
Índice de plasticidad 6 máx.				NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos usuales de materiales componentes significativos								
	Fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa				
Tasa general de los subrasantes								
	De excelente a bueno							

Clasificación general	Materiales limo-arcilla (35% o menos de la muestra que pasa la malla No. 200)			
	A-4	A-5	A-6	A-7
Clasificación de grupo				A-7-5* A-7-6†
Análisis por cribado (porcentaje que pasa por las mallas)				
No. 10				
No. 40				
No. 200	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción que pasa la malla No. 40				
Limite liquido	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos usuales de materiales componentes significativos				
	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Tasa general de los sobrantes				
	De mediano a pobre			

Nota. Tomado de *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (p. 36), por B. Das, 2001, Thompson Learning.

Según la tabla de clasificación de suelos AASHTO el suelo es de A-4 (0).

• **Clasificación por AASHTO de la muestra C2**

Porcentaje que pasa el tamiz: N°200 = 35.29%; LL = 32; IP = 10.

$$I.G = (F - 35)(0.2 + 0.005(LL - 40)) + 0.01(F - 15)(IP - 10)$$

$$I.G = (35.29 - 35)(0.2 + 0.005(32 - 40)) + 0.01(35.29 - 15)(10 - 10)$$

$$I.G = 0.046$$

$$I.G = 0$$

Tabla 15

Clasificación de materiales para subrasantes de carreteras

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos de la muestra que pasa la malla No. 200)							
	A-1		A-3	A-2				
Clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	
Análisis por cribado (porcentaje que pasa las mallas)								
No. 10	50 máx.		51 mín.					
No. 40	30 máx.	50 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	
No. 200	15 máx.	25 máx.						
Características de la fracción que pasa la malla No. 40								
Limite liquido			NP	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	
Índice de plasticidad 6 máx.				10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	
Tipos usuales de materiales componentes significativos	Fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa				
Tasa general de los subrasantes	De excelente a bueno							

Clasificación general	Materiales limo-arcilla (35% o menos de la muestra que pasa la malla No. 200)			
	A-4	A-5	A-6	A-7
Clasificación de grupo				A-7-5* A-7-6†
Análisis por cribado (porcentaje que pasa por las mallas)				
No. 10				
No. 40				
No. 200	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción que pasa la malla No. 40				
Limite liquido	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos usuales de materiales componentes significativos	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Tasa general de los sobrantes	De mediano a pobre			

*Para A-7-5, PI LL – 30
†Para A-7-6, PI LL – 30

Nota. Tomado de *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (p. 36), por B. Das, 2001, Thompson Learning.

Según la tabla de clasificación de suelos AASHTO el suelo es de A-4 (0).

• **Clasificación por AASHTO de la muestra C3**

Porcentaje que pasa el tamiz: N°200 = 36.80%; LL = 31; IP = 9.

$$I.G = (F - 35)(0.2 + 0.005(LL - 40)) + 0.01(F - 15)(IP - 10)$$

$$I.G = (36.80 - 35)(0.2 + 0.005(31 - 40)) + 0.01(36.80 - 15)(9 - 10)$$

$$I.G = 0.061$$

$$I.G = 0$$

Tabla 16

Clasificación de materiales para subrasantes de carreteras

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos de la muestra que pasa la malla No. 200)							
	A-1		A-3	A-2				
Clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	
Análisis por cribado (porcentaje que pasa las mallas)								
No. 10	50 máx.		51 mín.					
No. 40	30 máx.	50 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	
No. 200	15 máx.	25 máx.						
Características de la fracción que pasa la malla No. 40								
Limite liquido			NP	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	
Índice de plasticidad 6 máx.				10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	
Tipos usuales de materiales componentes significativos	Fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa				
Tasa general de los subrasantes	De excelente a bueno							

Clasificación general	Materiales limo-arcilla (35% o menos de la muestra que pasa la malla No. 200)			
	A-4	A-5	A-6	A-7
Clasificación de grupo				A-7-5* A-7-6†
Análisis por cribado (porcentaje que pasa por las mallas)				
No. 10				
No. 40				
No. 200	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción que pasa la malla No. 40				
Limite liquido	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos usuales de materiales componentes significativos	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Tasa general de los sobrantes	De mediano a pobre			

*Para A-7-5, PI LL – 30
†Para A-7-6, PI LL – 30

Nota. Tomado de *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (p. 36), por B. Das, 2001, Thompson Learning.

Según la tabla de clasificación de suelos AASHTO el suelo es de A-4 (0).

Finalmente, los resultados obtenidos de la clasificación del suelo AASHTO de las muestras por cada calicata a una altura de 1.50 metros según la ASTM D-2487 se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 17

Clasificación AASHTO por muestra de cada calicata

N° Calicata	Clasificación del suelo AASHTO
C1	A-4 (0)
C2	A-4 (0)
C3	A-4 (0)

Clasificación por AASHTO del suelo areno arcilloso + conchas de abanico

- Clasificación AASHTO de 78% Suelo areno arcilloso + 22% Conchas de abanico**

Para la muestra: 22% Conchas de abanico + 78% Suelo areno arcilloso.

Porcentaje que pasa el tamiz: N°200 = 32.40%; LL = 31; IP = 10.

$$I.G = (F - 35)(0.2 + 0.005(LL - 40)) + 0.01(F - 15)(IP - 10)$$

$$I.G = (32.40 - 35)(0.2 + 0.005(31 - 40)) + 0.01(32.40 - 15)(10 - 10)$$

$$I.G = -0.403$$

$$I.G = 0$$

Figura 162

Clasificación de materiales para subrasantes de carreteras

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos de la muestra que pasa la malla No. 200)						
	A-1		A-3	A-2-4	A-2-5	A-2	
Clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis por cribado (porcentaje que pasa las mallas)							
No. 10	50 máx.						
No. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
No. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características de la fracción que pasa la malla No. 40							
Limite liquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad 6 máx.			NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos usuales de materiales componentes significativos	Fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina		Grava y arena limosa o arcillosa		
Tasa general de los subrasantes	De excelente a bueno						

Clasificación general	Materiales limo-arcilla (35% o menos de la muestra que pasa la malla No. 200)			
	A-4	A-5	A-6	A-7
Clasificación de grupo				A-7-5* A-7-6†
Análisis por cribado (porcentaje que pasa por las mallas)				
No. 10				
No. 40				
No. 200	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción que pasa la malla No. 40				
Limite liquido	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos usuales de materiales componentes significativos	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Tasa general de los sobrasantes	De mediano a pobre			

Nota. Tomado de *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (p. 36), por B. Das, 2001, Thompson Learning.

Según la tabla de clasificación de suelos AASHTO el suelo es de A-2-4 (0).

• **Clasificación AASHTO de 66% Suelo arenoso arcilloso + 34% Conchas de abanico**

Para la muestra: 34% Conchas de abanico + 66% Suelo arenoso arcilloso.

Porcentaje que pasa el tamiz: N°200 = 14.48%; LL = 31; IP = 9.

$$I.G = (F - 35)(0.2 + 0.005(LL - 40)) + 0.01(F - 15)(IP - 10)$$

$$I.G = (14.48 - 35)(0.2 + 0.005(31 - 40)) + 0.01(14.48 - 15)(9 - 10)$$

$$I.G = -3.175$$

$$I.G = 0$$

Figura 163

Clasificación de materiales para subrasantes de carreteras

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos de la muestra que pasa la malla No. 200)						
	A-1		A-3	A-2-4	A-2-5	A-2	
	A-1-a	A-1-b				A-2-6	A-2-7
Clasificación de grupo							
Análisis por cribado (porcentaje que pasa las mallas)							
No. 10	50 máx.						
No. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
No. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características de la fracción que pasa la malla No. 40							
Límite líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad 6 máx.			NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos usuales de materiales componentes significativos	Fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa			
Tasa general de los subrasantes	De excelente a bueno						
Clasificación general	Materiales limo-arcilla (35% o menos de la muestra que pasa la malla No. 200)						
		A-4	A-5	A-6	A-7		
Clasificación de grupo					A-7-5* A-7-6†		
Análisis por cribado (porcentaje que pasa por las mallas)							
No. 10							
No. 40							
No. 200		36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.		
Características de la fracción que pasa la malla No. 40							
Límite líquido		40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.		
Índice de plasticidad		10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.		
Tipos usuales de materiales componentes significativos		Suelos limosos		Suelos arcillosos			
Tasa general de los sobrantes		De mediano a pobre					

Nota. Tomado de *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (p. 36), por B. Das, 2001, Thompson Learning.

Según la tabla de clasificación de suelos AASHTO el suelo es de A-2-4 (0).

• **Clasificación AASHTO de 52% Suelo arenoso arcilloso + 48% Conchas de abanico**

Para la muestra: 48% Conchas de abanico + 52% Suelo arenoso arcilloso.

Porcentaje que pasa el tamiz: N°200 = 27.76%; LL = 32; IP = 10.

$$I.G = (F - 35)(0.2 + 0.005(LL - 40)) + 0.01(F - 15)(IP - 10)$$

$$I.G = (27.76 - 35)(0.2 + 0.005(32 - 40)) + 0.01(27.76 - 15)(10 - 10)$$

$$I.G = -1.1584$$

$$I.G = 0$$

Figura 164

Clasificación de materiales para subrasantes de carreteras

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos de la muestra que pasa la malla No. 200)							
	A-1			A-2				
Clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	
Análisis por cribado (porcentaje que pasa las mallas)								
No. 10	50 máx.							
No. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.					
No. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	
Características de la fracción que pasa la malla No. 40								
Limite líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	
Índice de plasticidad 6 máx.			NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	
Tipos usuales de materiales componentes significativos								
	Fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa				
Tasa general de los subrasantes								
	De excelente a bueno							

Clasificación general	Materiales limo-arcilla (35% o menos de la muestra que pasa la malla No. 200)				
	A-4	A-5	A-6	A-7	
Clasificación de grupo				A-7-5*	A-7-6†
Análisis por cribado (porcentaje que pasa por las mallas)					
No. 10					
No. 40					
No. 200	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	
Características de la fracción que pasa la malla No. 40					
Limite líquido	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	
Índice de plasticidad	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	
Tipos usuales de materiales componentes significativos					
	Suelos limosos			Suelos arcillosos	
Tasa general de los sobrantes					
	De mediano a pobre				

Nota. Tomado de *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (p. 36), por B. Das, 2001, Thompson Learning.

Según la tabla de clasificación de suelos AASHTO el suelo es de A-2-4 (0).

Finalmente, los resultados obtenidos de la clasificación por AASHTO del suelo areno arcilloso y la adición de diferentes porcentajes de conchas de abanico, se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 18

Clasificación AASHTO por muestra de SAA y CA

Muestra	Clasificación del suelo AASHTO
78% SAA + 22% CA	A-2-4 (0)
66% SAA + 34% CA	A-2-4 (0)
52% SAA + 48% CA	A-2-4 (0)

Proctor Modificado

Proctor Modificado del suelo areno arcilloso

En la elaboración del Proctor modificado para el suelo areno arcilloso se siguió la NTP 339.141 y ASTM D-1557 que sugieren 3 métodos, en este caso se usó el método A. Al terminar su elaboración se obtuvieron los siguientes resultados:

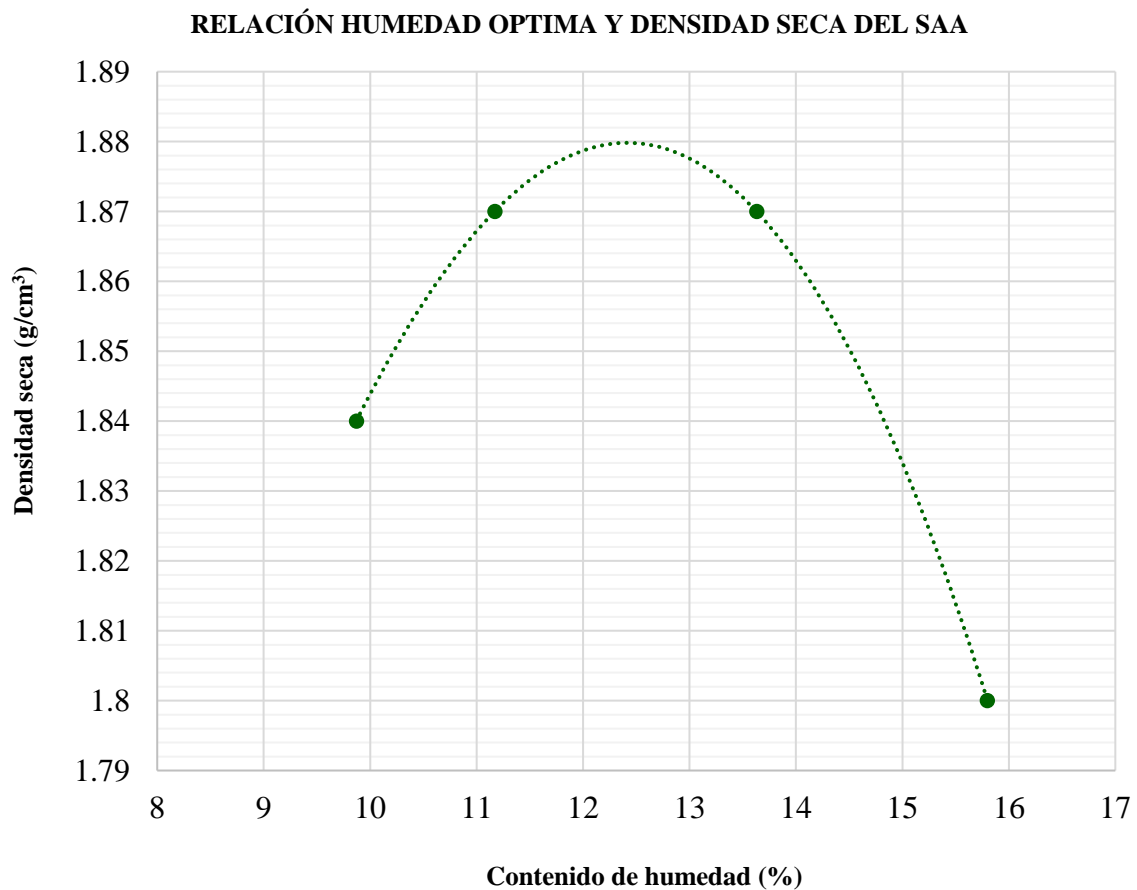
Tabla 19

Densidad máxima seca y humedad óptima del SAA

Muestra	Densidad máxima seca (g/cm ²)	Humedad óptima (%)
Suelo areno arcilloso	1.88	12.50

Figura 165

Relación Humedad óptima y densidad seca del Proctor modificado del SAA



Proctor Modificado del suelo areno arcilloso + conchas de abanico

En la elaboración del Proctor modificado para el suelo areno arcilloso y la adición de diferentes porcentajes de conchas de abanico, se siguió la NTP 339.141 y ASTM D-1557. Al terminar su elaboración se obtuvo los siguientes resultados:

- **Proctor Modificado de 78% Suelo areno arcilloso + 22% Conchas de abanico**

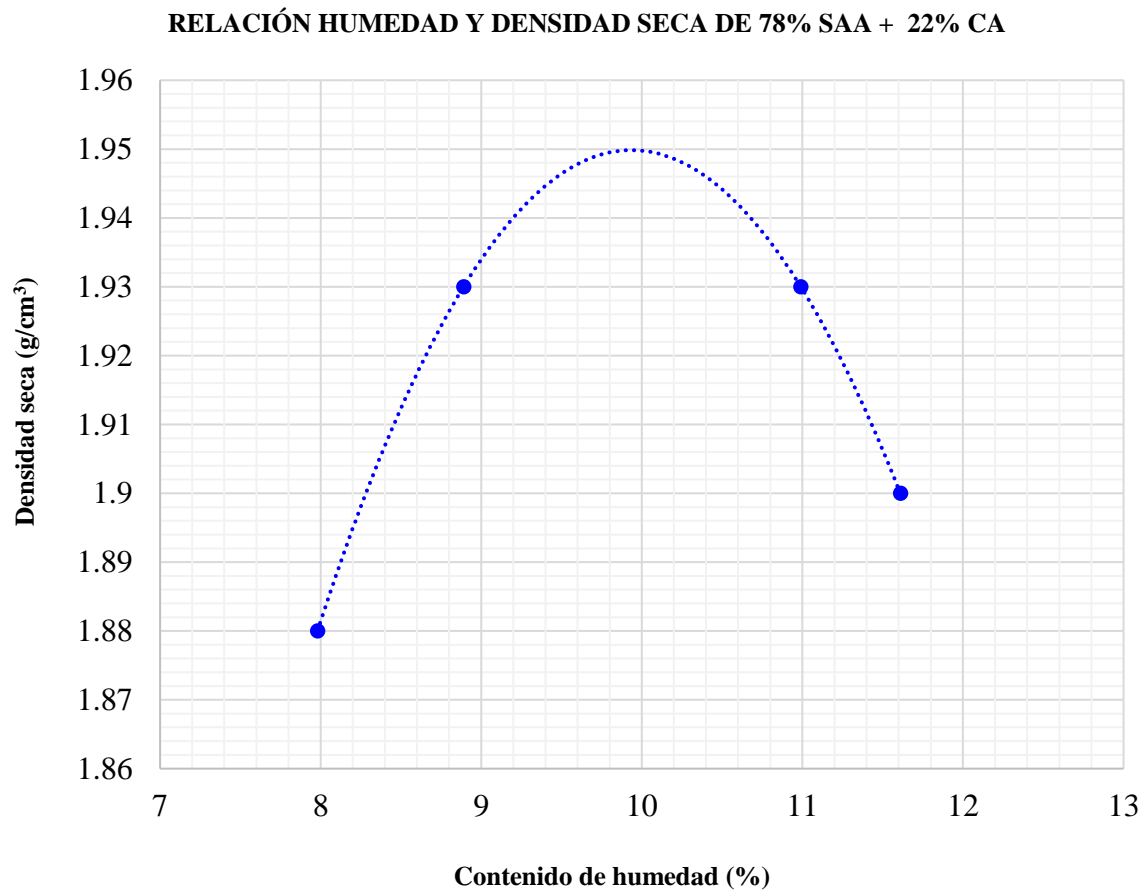
Tabla 20

Proctor modificado de 78% SAA + 22% CA

Mezcla	Densidad máxima seca (g/cm ²)	Humedad optima (%)
78% SAA + 22% CA	1.95	9.97%

Figura 166

Humedad optima y densidad seca de 78% de SAA + 22% de CA



- **Proctor Modificado de 66% Suelo areno arcilloso + 34% Conchas de abanico**

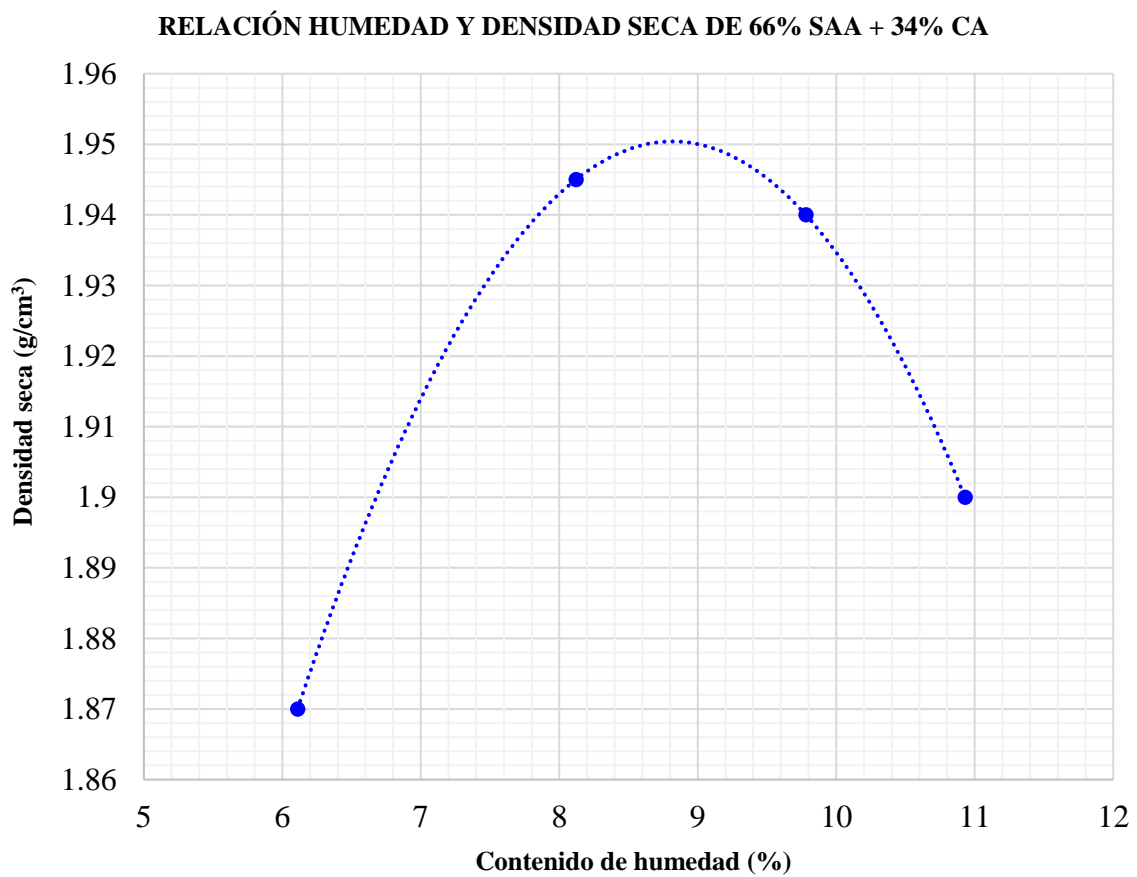
Tabla 21

Proctor modificado de 66% SAA + 34% CA

Mezcla	Densidad máxima seca (g/cm ²)	Humedad optima (%)
66% SAA + 34% CA	1.95	8.97 %

Figura 167

Humedad optima y densidad seca de 66% de SAA+ 34% de CA



- **Proctor Modificado de 52% Suelo areno arcilloso + 48% Conchas de abanico**

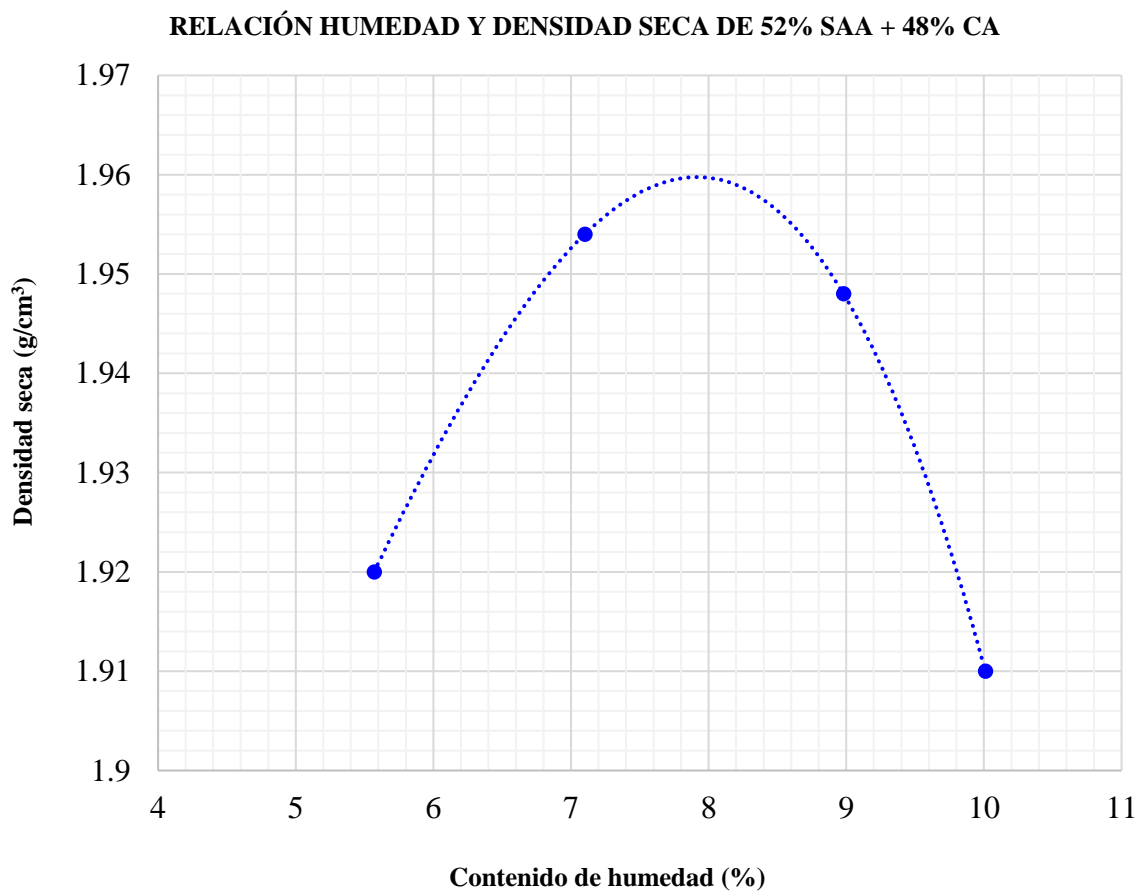
Tabla 22

Proctor modificado de 52% SAA + 48% CA

Mezcla	Densidad máxima seca (g/cm ²)	Humedad optima (%)
52% SAA + 48% CA	1.96	7.95%

Figura 168

Humedad optima y densidad seca de 52% de SAA + 48% de CA



Se muestra finalmente un resumen de los resultados del Proctor modificado de la mezcla de suelo areno arcilloso y los 03 diferentes porcentajes de conchas de abanico:

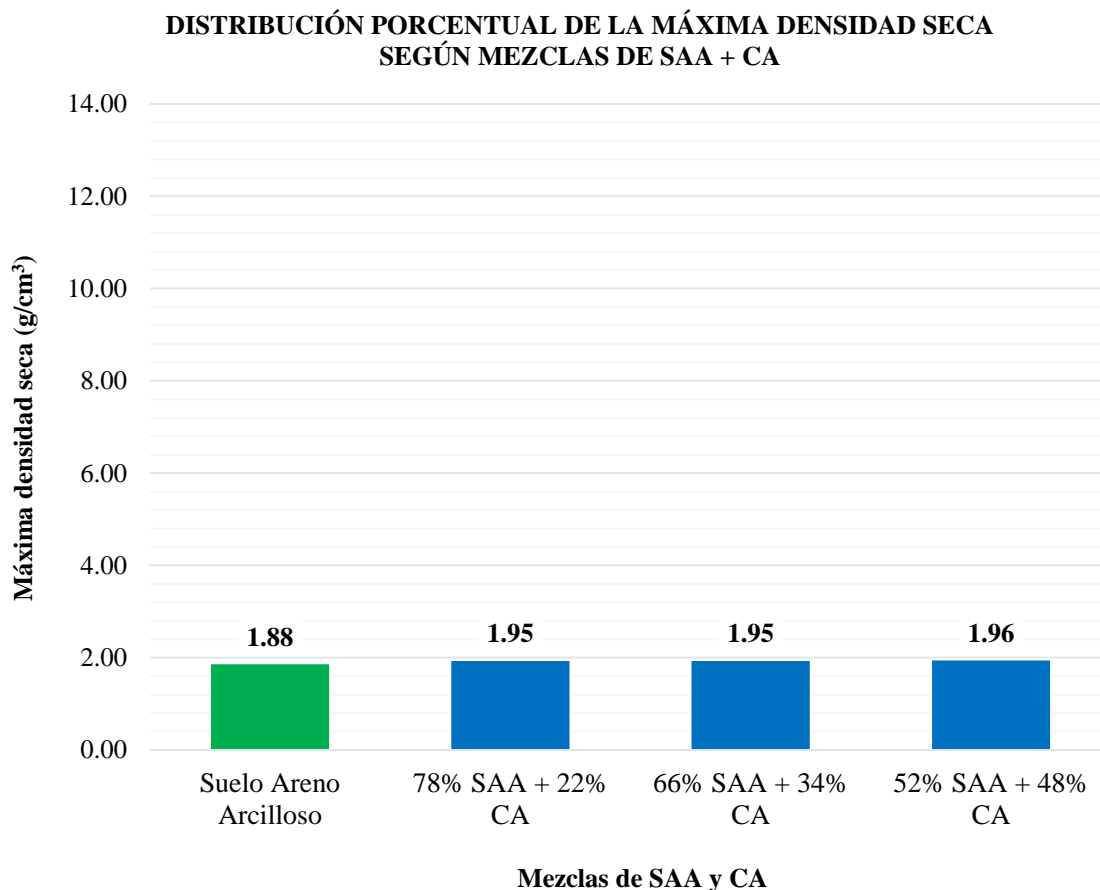
Tabla 23

Densidad máxima seca y humedad óptima de las mezclas de SAA y CA

Mezcla	Máxima densidad seca (g/cm ³)	Humedad óptima (%)
Suelo Areno Arcilloso	1.88	12.50
78% SAA + 22% CA	1.95	9.97
66% SAA + 34% CA	1.95	8.97
52% SAA + 48% CA	1.96	7.95

Figura 169

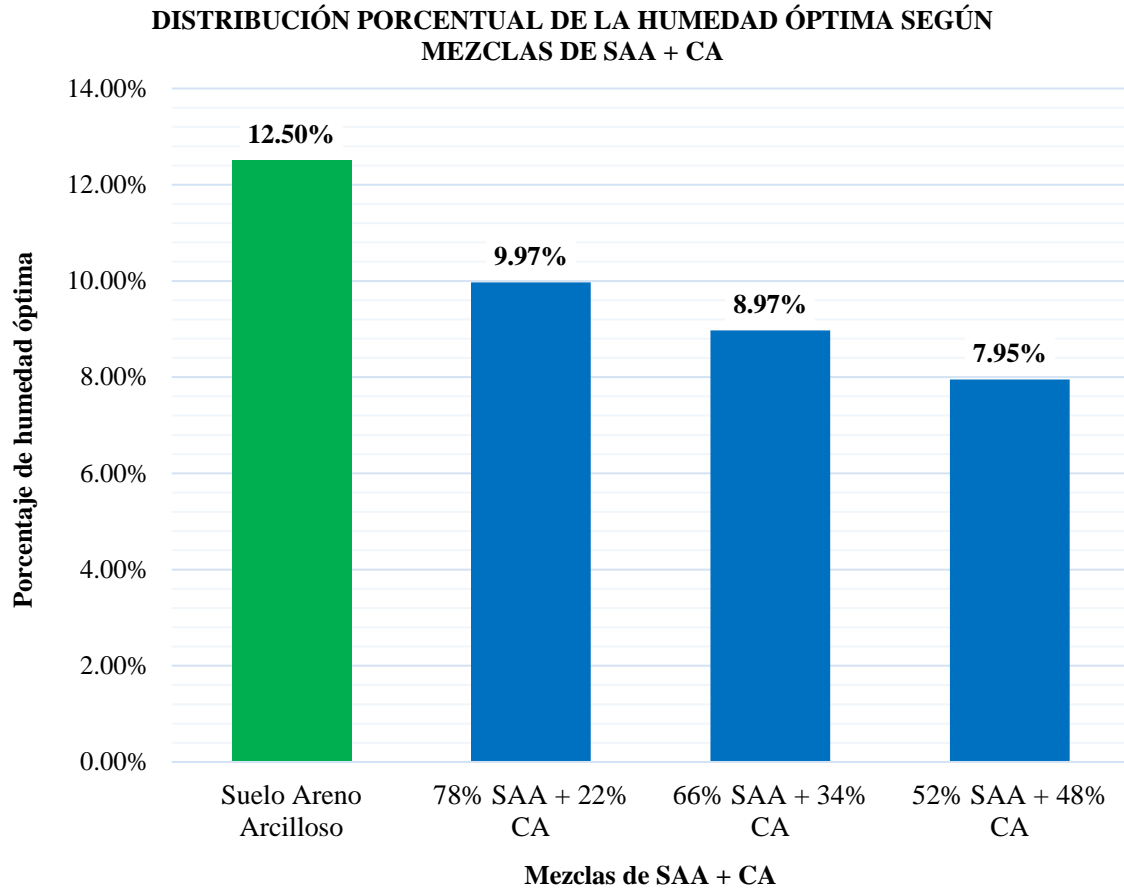
Distribución porcentual de la máxima densidad seca de SAA y CA



Como es posible apreciar, se observa que la máxima densidad seca incrementa a medida que aumenta el porcentaje de añadidura de conchas de abanico.

Figura 170

Distribución porcentual de la humedad óptima según mezclas de SAA y CA



Se puede observar que el porcentaje de humedad óptima va disminuyendo a medida que aumenta el porcentaje de adición de conchas de abanico.

California Bearing Ratio (CBR)

California Bearing Ratio del suelo areno arcilloso

Para el CBR del suelo areno arcilloso, se obtuvo lo siguiente:

Tabla 24

California bearing ratio (CBR) del SAA

Valores	Resultado
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	24.35
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	11.31
Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. a 1"	2.90

Figura 171

CBR del suelo areno arcilloso de 56 golpes

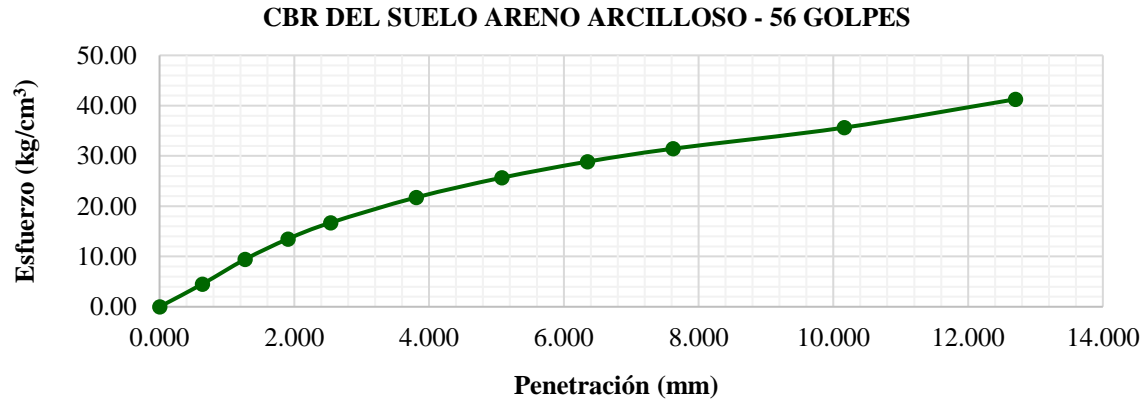


Figura 172

CBR del suelo areno arcilloso de 25 golpes

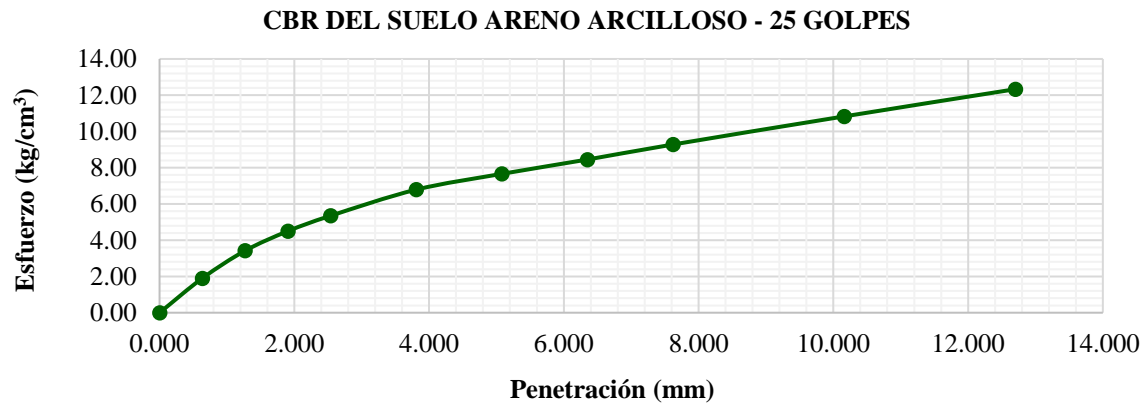
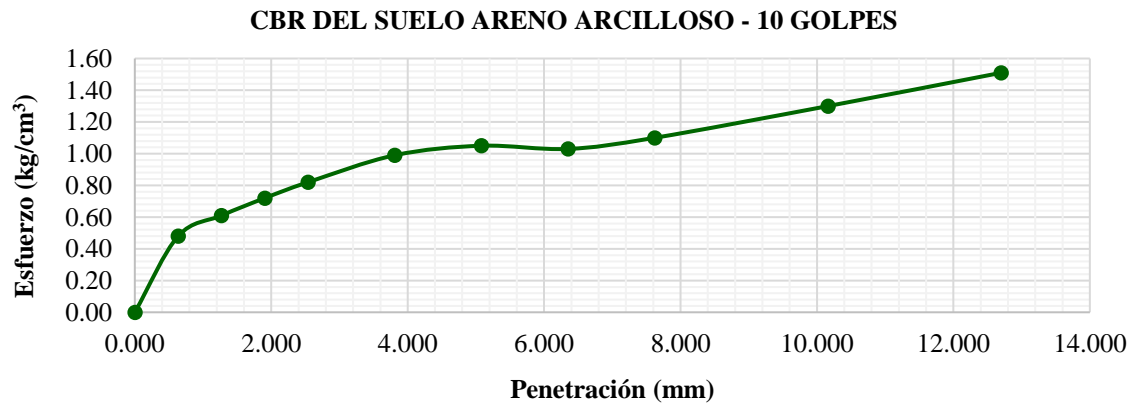


Figura 173

CBR del suelo areno arcilloso de 10 golpes



California bearing ratio del suelo areno arcilloso + conchas de abanico

Para este ensayo, se calculó previamente las cantidades de suelo areno arcilloso y las cantidades a usar de cada porcentaje de conchas de abanico. Se muestran las cantidades empleadas para cada material en la siguiente tabla:

Tabla 25

Cantidades de mezcla de SAA y CA

Mezclas	SAA (g)	CA (g)	Total de material (g)	Agua (g)
78% SAA + 22% CA	4918	1082	6000	132.31
66% SAA + 34% CA	4478	1522	6000	63.98
52% SAA + 48% CA	4054	1946	6000	63.39

- **California bearing ratio de 78% Suelo areno arcilloso + 22% Conchas de abanico**

Tabla 26

California Bearing Ratio (CBR) de 78% SAA + 22% CA

Valores	Resultado
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	26.01
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	14.41
Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. a 1"	6.75

Figura 174

CBR del 78% de SAA + 22% de CA de 56 golpes

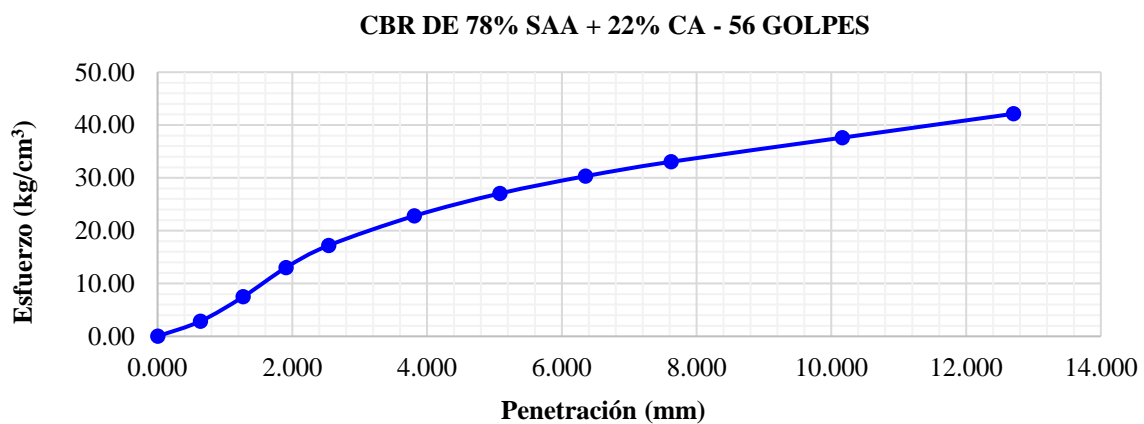


Figura 175

CBR de 78% de SAA y 22% de CA de 25 golpes

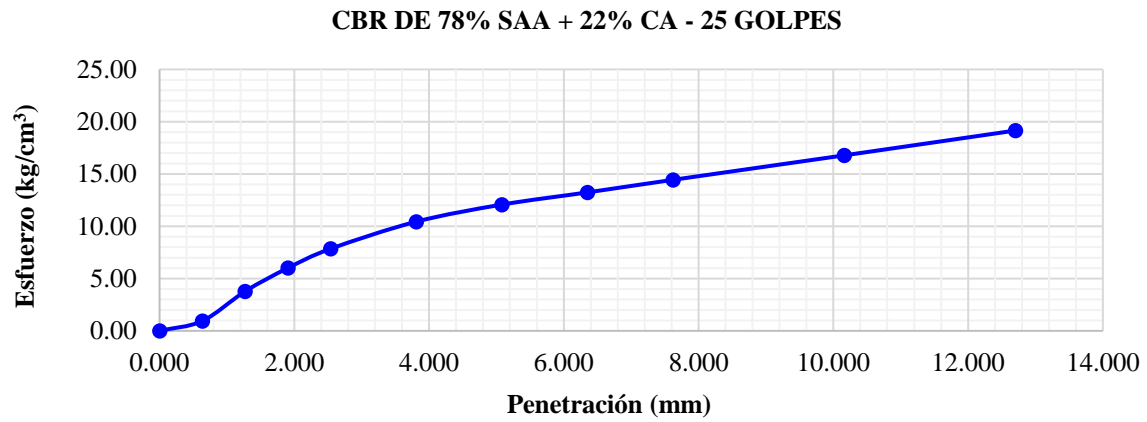
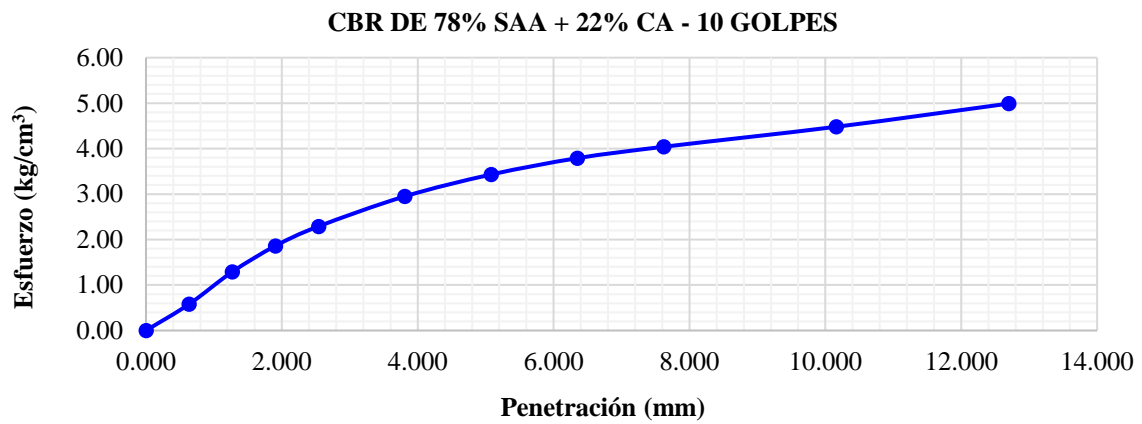


Figura 176

CBR de 78% de SAA y 22% de CA de 10 golpes



- California bearing ratio de 66% Suelo areno arcilloso + 34% Conchas de abanico

Tabla 27

California Bearing Ratio (CBR) de 66% SAA + 34% CA

Valores	Resultado
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	41.72
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	16.07
Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. a 1"	3.58

Figura 177

CBR de 66% de SAA y 34% de CA de 56 golpes

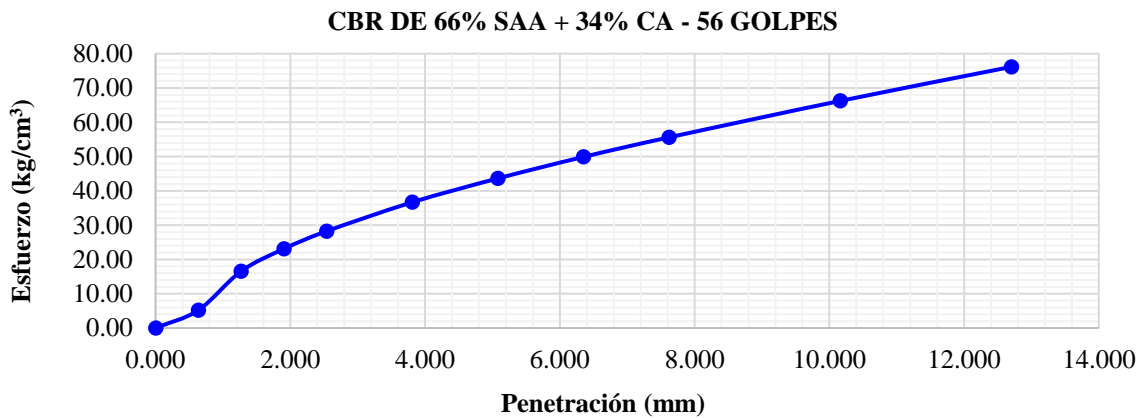


Figura 178

CBR de 66% de SAA y 34% de CA de 25 golpes

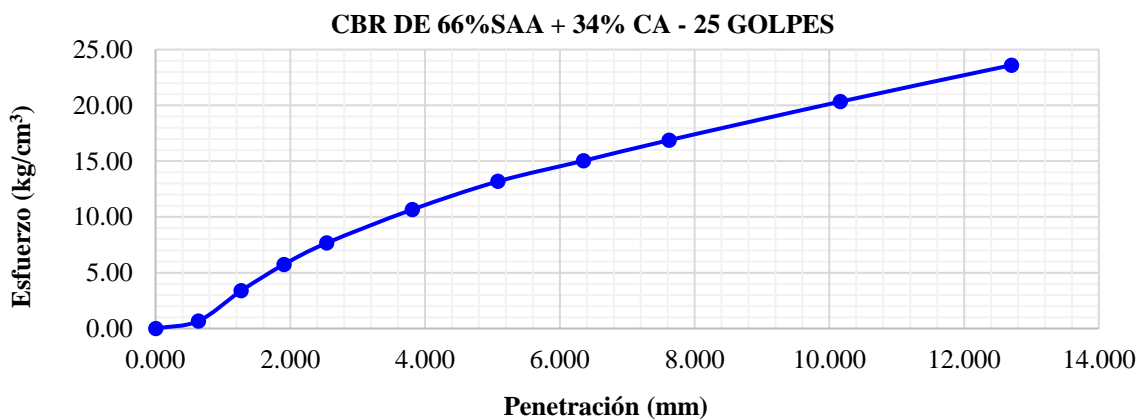
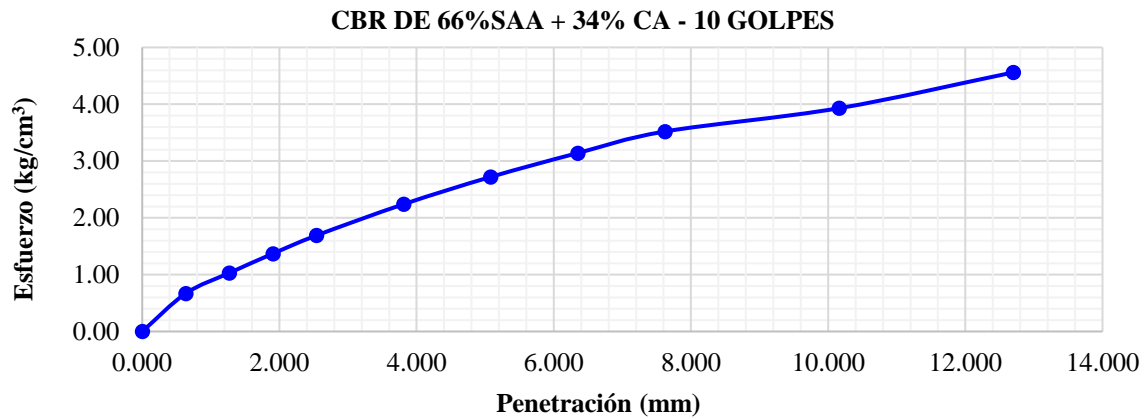


Figura 179

CBR de 66% de SAA y 34% de CA de 10 golpes



- **California bearing ratio de 52% Suelo areno arcilloso + 48% Conchas de abanico**

Tabla 28

California Bearing Ratio (CBR) de 52% SAA + 48% CA

Valores	Resultado
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	33.12
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	12.58
Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. a 1"	5.23

Figura 180

CBR de 52% de SAA y 48% de CA de 56 golpes

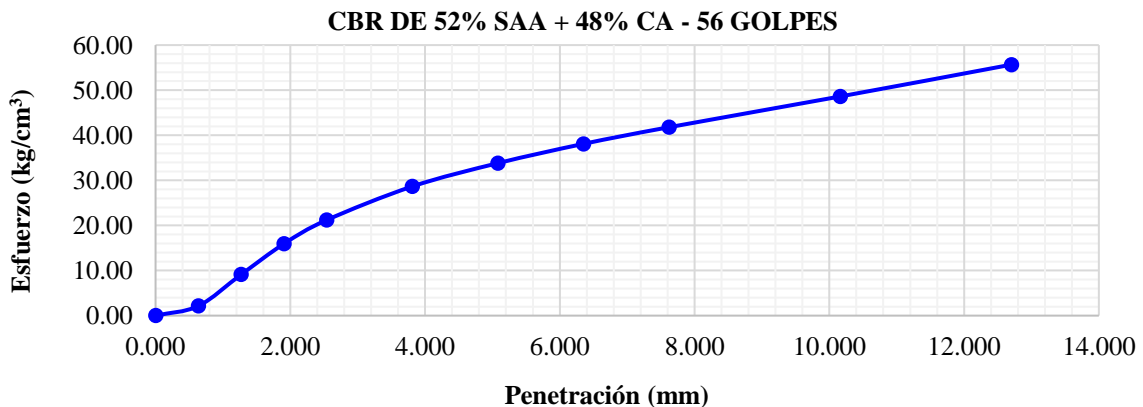


Figura 181

CBR de 52% de SAA y 48% de CA de 25 golpes

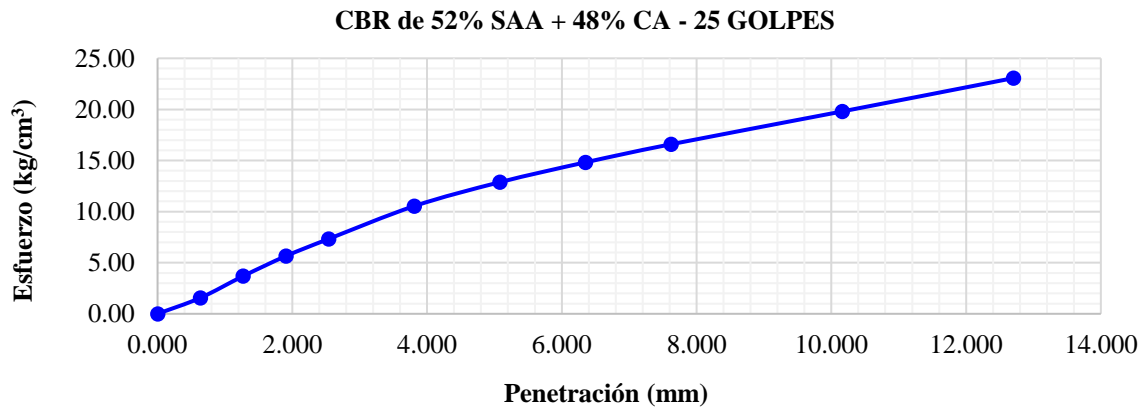
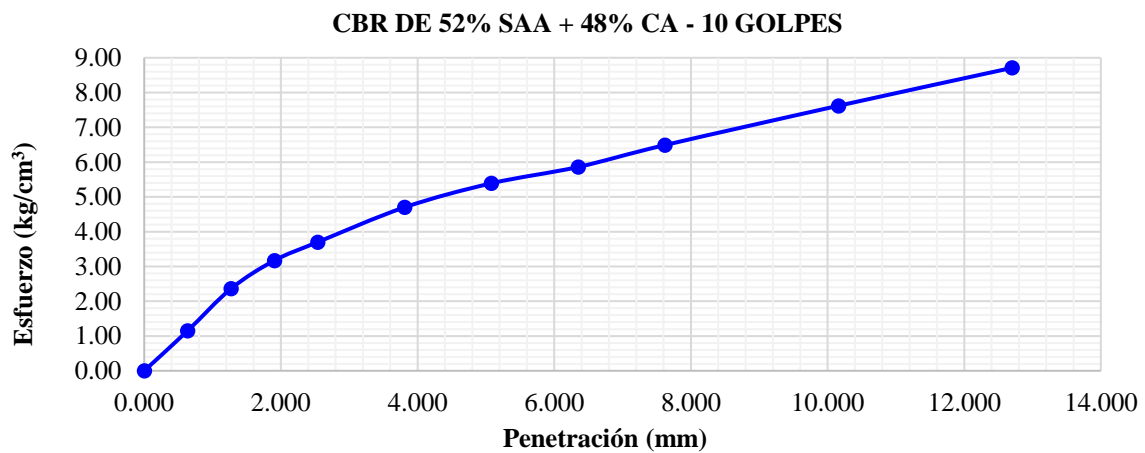


Figura 182

CBR de 52% de SAA y 48% de CA de 10 golpes



Se muestra finalmente un resumen de los resultados del CBR de la mezcla del suelo areno arcilloso y los 03 diferentes porcentajes de conchas de abanico:

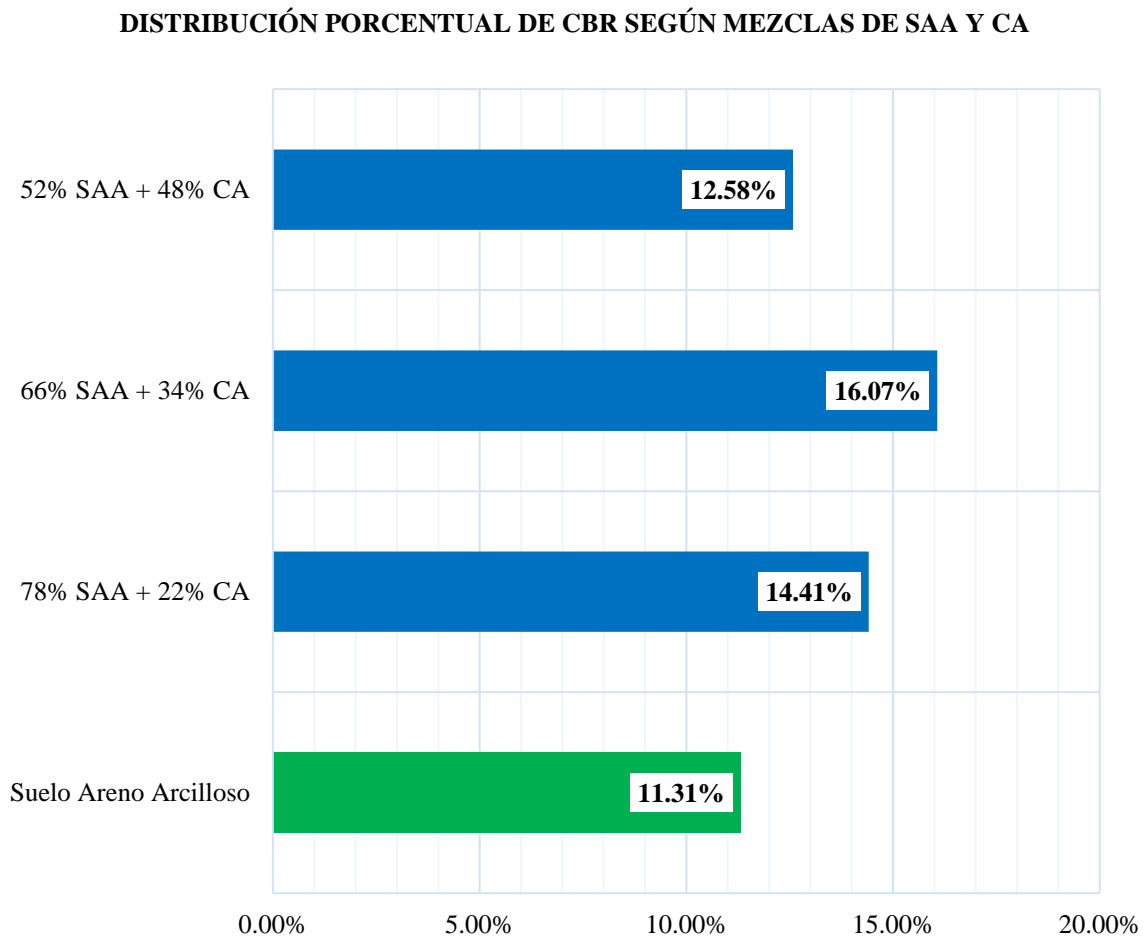
Tabla 29

CBR al 95% de cada mezcla de CA y SAA

Muestra	CBR al 95% (%)
Suelo areno arcilloso	11.31
78% SAA + 22% CA	14.41
66% SAA + 34% CA	16.07
52% SAA + 48% CA	12.58

Figura 183

Distribución porcentual de CBR según mezclas de SAA y CA



En la figura 183 se puede apreciar las variaciones del CBR según los diversos porcentajes agregados de conchas de abanico triturados.

Prueba de hipótesis

Según la Línea de estadística UPC (2017), los pasos para realizar una prueba de hipótesis son los siguientes:

- Paso 1: Plantear las hipótesis
- Paso 2: Fijar el nivel de significación
- Paso 3: Calcular el estadístico de la prueba
- Paso 4: Graficar las regiones críticas
- Paso 5: Aplicar los criterios de decisión
- Paso 6: Concluir

Fórmulas utilizadas

Promedio muestral (Quispe, 2010):

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Promedio poblacional (Quispe, 2010):

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

Desviación estándar (Quispe, 2010):

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Estadístico de prueba (Línea de estadística UPC, 2017):

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Hipótesis general

La hipótesis general de la presente tesis es:

“La sub rasante del suelo areno arcilloso mejorará mínimo un 10% del CBR utilizando 22%, 34% y 48% de conchas de abanico en la zona sur de Lima”

Por ello, para la validación o rechazo de la prueba de la hipótesis general se ha realizado el desarrollo de las hipótesis específicas.

Hipótesis específica 01

“La sub rasante del suelo areno arcilloso mejorará mínimo un 10% del CBR utilizando 22% de conchas de abanico en la zona sur de Lima”

Plantear las hipótesis

Ho: La sub rasante del suelo areno arcilloso mejorará mínimo un 10% del CBR utilizando 22% de conchas de abanico en la zona sur de Lima

Ha: La sub rasante del suelo areno arcilloso no mejorará mínimo un 10% del CBR utilizando 22% de conchas de abanico en la zona sur de Lima

$$H_0: \mu \geq 12.44$$

$$H_a: \mu < 12.44$$

Fijar el nivel de significación

Se asumieron los siguientes valores:

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Nivel de confianza: 95%

Tabla 30

Promedio muestral y desviación estándar de SAA y 78% SAA + 22% CA

Dosificaciones CBR	X_i	$X - X_i$	$(X - X_i)^2$
Natural (SAA)	11.31	1.55	2.40
78% SAA + 22% CA	14.41	-1.55	2.40
Σ	25.72		4.81
		Promedio muestral	12.86
		Desviación estándar	2.19

$$\bar{x} = 12.86$$

$$\bar{u} = 12.44$$

$$S = 2.19$$

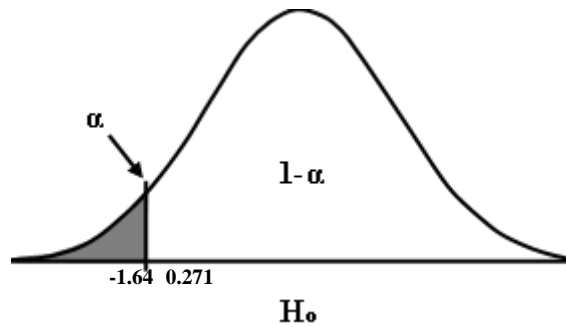
$$Z \text{ crítica} = -1.64$$

Calcular el estadístico de la prueba

$$t = \frac{\bar{12.86} - 12.44}{\frac{2.19}{\sqrt{2}}}$$

$$t = 0.271$$

Graficar las regiones críticas



Aplicar los criterios de decisión

Se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna.

Concluir

Con un nivel de confianza del 95% se puede afirmar que el CBR promedio es mayor a 12.44%. Es decir, la sub rasante del suelo areno arcilloso mejora más del mínimo de 10% del CBR utilizando 22% de conchas de abanico en la zona sur de Lima.

Hipótesis específica 02

“La sub rasante del suelo areno arcilloso mejorará mínimo un 10% del CBR utilizando 34% de conchas de abanico en la zona sur de Lima.”

Plantear las hipótesis

H_0 : La sub rasante del suelo areno arcilloso mejorará mínimo un 10% del CBR utilizando 34% de conchas de abanico en la zona sur de Lima

H_a : La sub rasante del suelo areno arcilloso no mejorará mínimo un 10% del CBR utilizando 34% de conchas de abanico en la zona sur de Lima

$$H_0: \mu \geq 12.44$$

$$H_a: \mu < 12.44$$

Fijar el nivel de significación

Se asumieron los siguientes valores:

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Nivel de confianza: 95%

Tabla 31

Promedio muestral y desviación estándar de SAA y 66% SAA + 34% CA

Dosificaciones CBR	X_i	$X - X_i$	$(X - X_i)^2$
Natural (SAA)	11.31	2.38	5.66
66% SAA + 34% CA	16.07	-2.38	5.66
Σ	27.38		11.33
Promedio muestral			13.69
Desviación estándar			3.37

$$\bar{x} = 13.69$$

$$\bar{u} = 12.44$$

$$S = 3.37$$

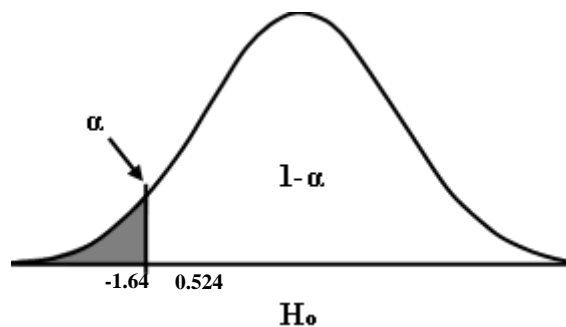
$$Z \text{ crítica} = -1.64$$

Calcular el estadístico de la prueba

$$t = \frac{\bar{13.69} - 12.44}{\frac{3.37}{\sqrt{2}}}$$

$$t = 0.524$$

Graficar las regiones críticas



Aplicar los criterios de decisión

Se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna.

Concluir

Con un nivel de confianza del 95% se puede afirmar que el CBR promedio es mayor a 12.44%. Es decir, la sub rasante del suelo areno arcilloso mejora más del mínimo de 10% del CBR utilizando 34% de conchas de abanico en la zona sur de Lima.

Hipótesis específica 03

“La sub rasante del suelo areno arcilloso mejorará mínimo un 10% del CBR utilizando 48% de conchas de abanico en la zona sur de Lima.”

Plantear las hipótesis

Ho: La sub rasante del suelo areno arcilloso mejorará mínimo un 10% del CBR utilizando 48% de conchas de abanico en la zona sur de Lima

Ha: La sub rasante del suelo areno arcilloso no mejorará mínimo un 10% del CBR utilizando 48% de conchas de abanico en la zona sur de Lima

$$Ho: \mu \geq 12.44$$

$$Ha: \mu < 12.44$$

Fijar el nivel de significación

Se asumieron los siguientes valores:

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Nivel de confianza: 95%

Tabla 32

Promedio muestral y desviación estándar de SAA y 52% SAA + 48% CA

Dosificaciones CBR	X_i	$X - X_i$	$(X - X_i)^2$
Natural (SAA)	11.31	0.64	0.40
52% SAA + 48% CA	12.58	-0.64	0.40
Σ	23.89		0.81
		Promedio muestral	11.95
		Desviación estándar	0.90

$$\bar{x} = 11.95$$

$$\bar{u} = 12.44$$

$$S = 0.90$$

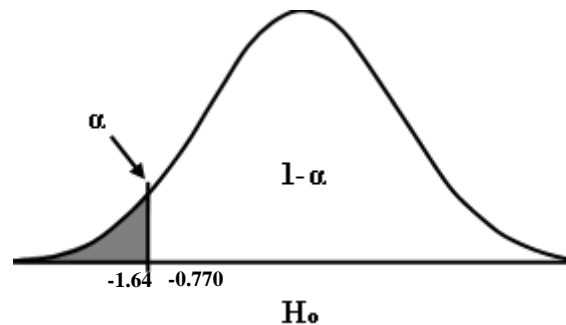
$$Z \text{ crítica} = -1.64$$

Calcular el estadístico de la prueba

$$t = \frac{\overline{11.95} - 12.44}{\frac{0.90}{\sqrt{2}}}$$

$$t = -0.770$$

Graficar las regiones críticas



Aplicar los criterios de decisión

Se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna.

Concluir

Con un nivel de confianza del 95% se puede afirmar que el CBR promedio es mayor a 12.44%. Es decir, la sub rasante del suelo areno arcilloso mejora más del mínimo de 10% del CBR utilizando 48% de conchas de abanico en la zona sur de Lima.

Respecto a la hipótesis general

Se concluye que efectivamente la sub rasante del suelo areno arcilloso mejora más del 10% del CBR utilizando 22%, 34% y 48% de conchas de abanico en la zona sur de Lima con un nivel de confianza del 95%.

Limitaciones

- Se realizó un viaje hacia la ciudad de Pisco para conseguir las conchas de abanico, ello conllevó a una adecuada selección, limpieza, secado, empaquetado y movilización de las conchas de abanico de regreso a Lima.
- Existencia de factores externos que interfirieron durante la preparación de las muestras. Tales como, el incremento de temperatura debido de los fenómenos ambientales como los sucedidos al inicio del año 2023, ello ocasionaba que la muestra se seque rápidamente. Por ello, se calculaba el porcentaje de humedad previamente a la elaboración de los ensayos pertinentes.
- Al realizar la mezcla de suelo con conchas de abanico y agua se generaban unos grumos por las propias arcillas del tipo de suelo, por ello, se debían deshacer bien los terrones que se formaban para evitar que los materiales no se mezclen adecuadamente y por ende se obtengan resultados erróneos.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Discusión

En esta sección de la presente tesis se encuentra la discusión, análisis y comparación de nuestros resultados, así como, la comparación de estos con los de los antecedentes previamente mencionados en el capítulo de introducción.

A) Comparar nuestros resultados mutuamente, discutir y analizarlos

Al obtener los resultados de los ensayos de Contenido de humedad, Granulometría, Límites de plasticidad y la clasificación SUCS y AASHTO del suelo extraído de cada calicata, se pudo observar que el material posee las mismas características en los 3 puntos seleccionados. Por ello, se tomó la decisión de realizar 1 Proctor Modificado y 1 CBR. El CBR del suelo natural obtenido fue de 11.31%, el cuál es considerado “Sub rasante Buena”.

Tabla 33

Categorías de Sub rasante

Categorías de Sub rasante	CBR
S0: Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Sub rasante Insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S2: Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S3: Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S4: Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S5: Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Nota. Tomado de *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección: Suelos y Pavimentos*, por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.

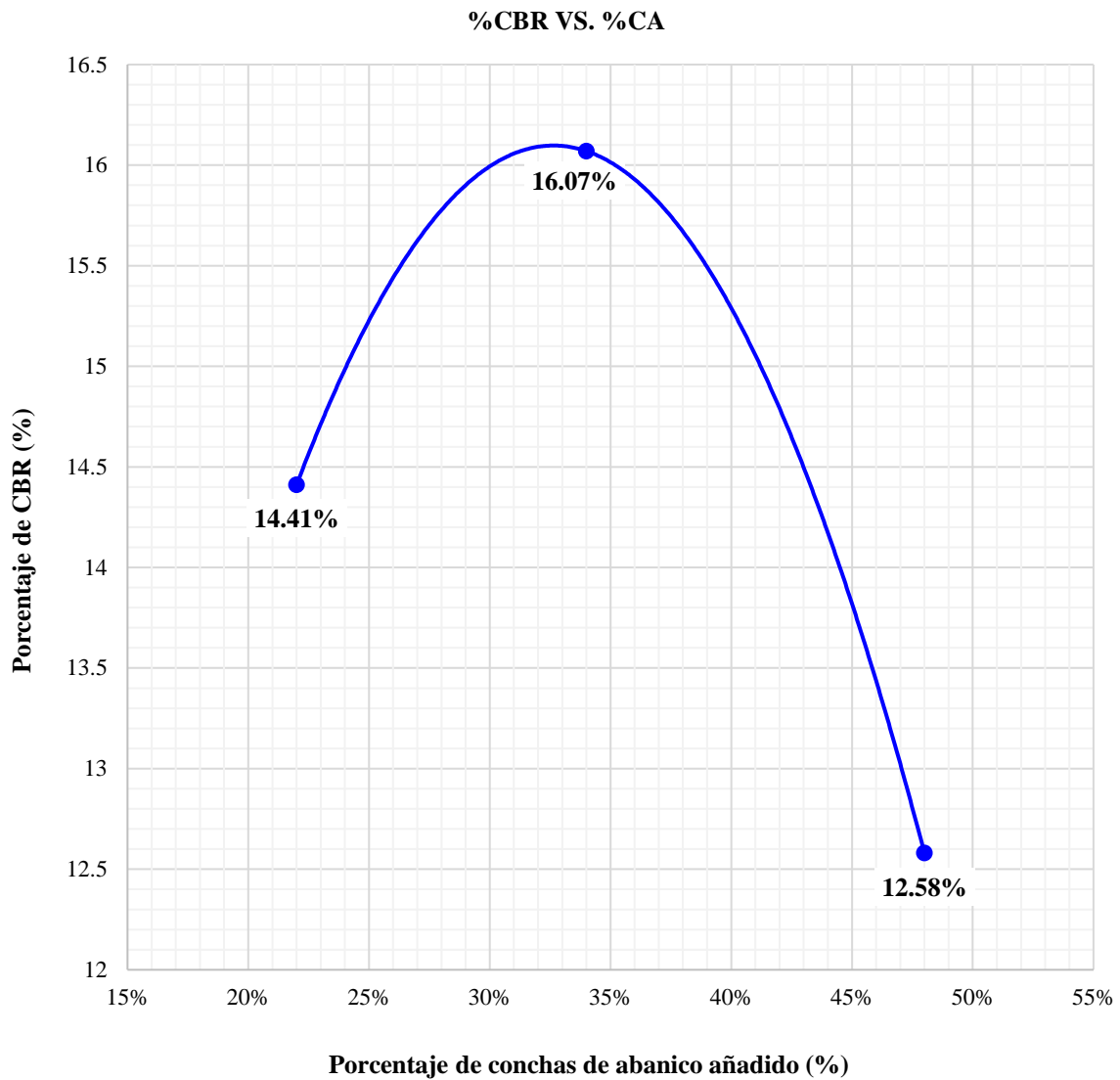
Al realizar las 3 mezclas de suelo con las distintas dosificaciones de 22%, 34% y 48% de conchas de abanico trituradas, se observó que los ensayos de Contenido de humedad, Granulometría y la clasificación SUCS y AASHTO eran levemente diferentes entre sí. Pero, la mayor evidencia fue en los ensayos de CBR, ya que, con 22%, 34% y 48% de concha de abanico triturada añadidos se obtuvo 14.41%, 16.07% y 12.58% respectivamente.

Resulta necesario destacar que los porcentajes de concha de abanico triturados añadidos la granulometría fue pasante de la malla N°4, ya que, se escogió lo pasante de esa gradación para experimentar el comportamiento del suelo fino mezclado con agregado fino. De igual

manera, se pudo observar un comportamiento creciente logrando el porcentaje más alto de CBR con 34% de concha de abanico triturada y decreciendo con 48%.

Figura 184

Porcentaje de CBR vs. porcentaje de CA



Evidentemente, hubo una mejora del CBR del suelo de 11.31% a 16.07% al 95% de la M.D.S con 34% de concha de abanico triturada añadida. Sin embargo, continúa manteniéndose en la categoría de Sub rasante buena, lo cual se debe precisamente a la gradación de las conchas de abanico trituradas añadidas. En el caso de que dicha gradación hubiese sido mayor, simulando la grava el porcentaje de mejora del CBR posiblemente hubiera sido mayor.

No obstante, con la prueba de hipótesis estadística se logró comprobar que la sub rasante del suelo areno arcilloso mejora más del 10% del CBR utilizando 22%, 34% y 48% de conchas de abanico en la zona sur de Lima con un nivel de confianza del 95%. Ello se puede apreciar en la tabla 34:

Tabla 34

Porcentajes de mejora del CBR

Muestra	CBR (%)	Mejora (%)
Suelo Areno Arcilloso	11.31	-
22% CA + 78% SAA	14.41	27.41
34% CA + 66% SAA	16.07	42.09
48% CA + 52% SAA	12.58	11.23

Se demuestra que sí hubo una mejora de más del 10% en todos los casos llegando incluso al 40% de mejora para el 34% CA + 66% SAA.

B) Comparar nuestros resultados vs. los resultados de los antecedentes

Según Delgado (2021), en su tesis “Estabilización del suelo no pavimentado adicionando conchas de abanico en la avenida Naranjal, San Martín de Porres 2021” comenta que al adicionar 2%, 4% y 6% de conchas de abanico al suelo areno arcilloso con baja plasticidad, su punto más alto en su curva llegó a ser con la adición de 4% de conchas de abanico que obtuvo un CBR de 23%, superando el CBR del suelo natural de 17.9%. Con esto concluye que al adicionar dicho componente en suelos no pavimentados genera aumento de la resistencia, disminuye la permeabilidad y reduce la compresibilidad del suelo. Ello, es posible comparar con los resultados obtenidos en la presente tesis, logrando la misma meta de obtener un porcentaje de conchas de abanico que incremente el CBR del suelo natural estudiado. Obteniendo en la curva un punto alto con 34% de conchas de abanico agregado un CBR de 16.07% superando al CBR del suelo natural de 11.31%. Mejorando así la sub rasante del suelo trabajado.

Según Jacinto (2021), en su tesis “Mejoramiento mecánico de suelos blandos en la sub rasante, utilizando residuos de bivalvos de la bahía de Sechura. 2020” comenta que al adicionar 80%, 75%, 70%, 60%, 65%, 55% y 40% de bivalvos triturados al suelo natural, el

punto más alto en la curva fue con la adición de 65% de bivalvos triturados obteniendo un CBR promedio de 35 %, superando por mucho el CBR del suelo natural de 5.4%. Así como en el caso de la presente tesis que el CBR se pasó de 11.31% a 16.07%. Con esto concluye que es posible utilizar los bivalvos recolectados como una sustitución de agregado grueso para estabilizar o mejorar la subrasante del pavimento. Es posible comparar que los componentes que constituyen la clase de los bivalvos, incluidas las conchas de abanico, son resistentes. Generando una opción alterna como agregado y que se puede utilizar de forma similar a la grava.

Según Farfán (2015), en su tesis "Uso de concha de abanico triturada para mejoramiento de subrasantes arenosas" comenta que al adicionar 20%, 45%, 65% y 80% de conchas de abanico al suelo areno limoso, su punto más alto en la curva fue con la adición de 45% de conchas de abanico que obtuvo un CBR de 121%, superando el CBR del suelo natural de 51%. Su porcentaje de mejoría fue mayor al de la presente tesis, que incremento de 11.31% a 16.07%. de CBR, pero ello se debe a que su gradación utilizada también fue mayor. Ya que, en dicha tesis su tamaño máximo nominal fue de 1 1/2". Con ello se concluye que es viable utilizar conchas de abanico trituradas como material estabilizador para suelos arenosos a nivel base y subbase. Sin embargo, influye mucho el tamaño de la gradación utilizada y el tipo de suelo trabajado en el mejoramiento del CBR. Asimismo, emplear las conchas de abanico trituradas en un porcentaje adecuado, no disminuye las características del suelo ya considerado con una sub rasante Excelente (51%), sino que lo mejora y se logra el objetivo de ser un material estabilizador y aumentar los CBR del tipo de suelo que se trabaje.

Según Carnero et. al (2009), en su paper "Mezclas de zahorras naturales y concha de mejillón para firmes de vías forestales" comenta que al adicionar 18% de conchas de mejillón a las 3 muestras de zahorras naturales (Xudán, San Martiño y Santa Leocadia) se obtuvo el CBR natural de Xudán de 22.2%, de San Martiño de 31.3% y de Santa Leocadia de 65.7%. Y los CBR con las mezclas de 18% de mejillón fueron: 39.1% (Xudán), 40.9% (San Martiño) y 56.1% (Santa Leocadia). Es decir, si hubo una mejoría del 30% aproximadamente en los primeros casos y una reducción del CBR en el último. Es decir, que, si bien se ha utilizado el mismo porcentaje de adición en 3 suelos diferentes, no necesariamente todos mejoraron con dicha adición. Ya que, ello depende del tipo de suelo con el que se trabaja, al no ser

García Chiara, G.; Rabines Chávez, A. pág. 200

todos iguales, cada uno tiene su gradación y porcentaje ideal dependiendo de sus características. Con esto concluye que es ideal utilizar los residuos de conchas de mejillón como material de construcción de capas de firme de vías, en este caso, vías forestales; siempre y cuando se utilice en la gradación y cantidad adecuada. En el caso de la presente tesis también se evidenció una mejoría en los 3 CBR realizados porque los 3 eran de un mismo material y la gradación fue la misma. Por ende, la concha de abanico como agregado genera un aporte y mejora para la sub rasante del suelo.

Según Rowland & Ifechukwude (2014), en su paper “Estabilización mecánica de un suelo deltaico arcilloso usando residuos de conchas de bígaro trituradas” comenta que, al adicionar residuos de conchas de bígaro trituradas al suelo deltaico arcilloso, el CBR no experimentó cambios significativos hasta que se le agregó un 48% de bígaro a la muestra, a partir de ese momento, aumentó de manera constante. Con ello concluye que se requiere una proporción mayor de bígaro para incrementar el CBR y utilizarlo como material estabilizador de manera efectiva. Mediante la adición de este recurso, logró transformar un suelo clasificado como pobre a una clasificación media. Se transformó de arcilla de plasticidad intermedia a una arcilla arenosa. También se produjo una reducción significativa en el límite líquido, el índice de plasticidad y el hinchamiento del suelo estudiado. Sostiene que para obtener incrementos mayores en el CBR en suelos con un valor CBR inicialmente bajo, se requiere utilizar una proporción de bígaro superior al 48%. Sin embargo, con los resultados obtenidos en el presente tesis se afirma que la cantidad adecuada de conchas depende del tipo de suelo a mejorar y la gradación utilizada.

Según Bisanal & Badiger (2015), en su paper “Estudio sobre la dureza del suelo arcilloso con conchas de mar y emulsión de betún” comenta que al adicionar por separado 16% de conchas de mar trituradas a su suelo arcilloso obtuvo un CBR de 5.28% y adicionar 22% de emulsión de betún a su suelo arcilloso obtuvo un CBR de 7.83%, ambos superando al CBR del suelo natural que resultó ser 2.34%. Es decir, en ambos casos incrementó más del 100% su capacidad de soporte. Ello se contrasta con los valores obtenidos también en incremento del CBR con los 3 porcentajes utilizados en la presente tesis. Se concluye que al adicionar polvo de conchas de mar los valores de CBR incrementan y se logra reducir significativamente sus índices de plasticidad.

Conclusiones

Luego de la realización de todos los pasos establecidos en el procedimiento, la realización, discusión y análisis de los resultados, se concluyó lo siguiente.

- Se concluye que la utilización de 22%, 34% y 48% de conchas de abanico efectivamente mejora la sub rasante de los suelos areno arcillosos en la zona sur de Lima. En la curva se puede apreciar que con 22% de conchas de abanico se obtiene un ligero incremento de CBR a 14.41%, llega a su punto más alto el CBR con 34% de conchas de abanico a 16.07%, y desciende con 48% de conchas de abanico a 12.58%. No obstante, todas las mezclas realizadas logran incrementar el valor del CBR natural de 11.31%. Se logró incrementar más del 10% del CBR natural resultando una mejora de más del 40%.
- La utilización de 22%, 34% y 48% de conchas de abanico mejora la sub rasante de los suelos areno arcillosos en la zona sur de Lima ya que incrementa la relación de capacidad de soporte de los suelos, así como su densidad de estos. Generando una mayor trabazón entre sus partículas cuando se le añade conchas de abanico trituradas.
- El comportamiento de la sub rasante al utilizar 22%, 34% y 48% de conchas de abanico en el suelo areno arcilloso en la zona sur de Lima ocasiona que a menor o mayor cantidad agregada de concha de abanico triturada el CBR del suelo mejore. El aumento de la cantidad de mejora depende de que se encuentre el porcentaje ideal de agregado, pero, en todos los casos aumenta en diferente medida.
- Al ser mecánico el proceso de trituración de las conchas de abanico, se obtuvo una granulometría muy variada, dependiendo de la fuerza del impacto al triturarlas.
- Se consideró el porcentaje de absorción y el contenido de humedad de las conchas de abanico para la realización de los cálculos del agua a añadir a las mezclas para los ensayos de Proctor y CBR.
- Se logró incrementar la densidad de los suelos producto de la mezcla del suelo areno arcilloso (SAA) con las conchas de abanico (CA).
- En futuras investigaciones para tipos de suelos similares en las que se desee utilizar la misma gradación empleada en la presente tesis, se recomienda utilizar los porcentajes en el rango de 34% - 48% de conchas de abanico agregadas para hallar otro porcentaje alto, similar o mayor de CBR.

Implicancias

- Con la presente tesis se pretende apoyar a la mejoría de suelos regulares o malos en el Perú con materiales reciclados que cumple dos funciones a la vez, un aporte a la ingeniería civil y otro al cuidado del medio ambiente.
- Se trabajó con 3 porcentajes distintos de conchas de abanico trituradas y pasantes del tamiz N°4 para contrastar con investigaciones de otros colegas que consideraron las partículas de conchas de abanico más grandes en sus ensayos, simulando a la grava.
- En la presente tesis las conchas de abanico pasaron por un proceso de limpieza exhaustivo y minucioso, pero en el caso de aplicarse en campo no sería necesario replicar el mismo proceso de lavado. Ya que, al estar las conchas ya fosilizadas, estas no presentan materia orgánica que pudiera contaminar el suelo. Bastaría con enjuagarlas con agua potable para retirar los residuos.

Recomendaciones

- Se recomienda realizar primero la caracterización del material de suelo a reforzar, y luego decidir el porcentaje adecuado de conchas de abanico trituradas a agregar. Ya que, cada suelo es diferente y por ello sus comportamientos son distintos. Pero, se debe tener mucho cuidado de no agregar partículas demasiado grandes porque si no en vez de generar el efecto de trabazón entre sus partículas puede crear vacíos con los cuáles podría disminuir drásticamente el CBR del suelo.
- Se debe considerar el porcentaje de absorción de las conchas al momento de realizar los cálculos para la dosificación del suelo, conchas de abanico y agua.
- Evitar el uso del porcentaje de conchas de abanico mayor a 50%, ya que, la meta es que sea un agregado que brinde un mejoramiento y no abarque más cantidad que el propio suelo a usar. Sino en ese caso sería una sustitución o reemplazo de suelo.
- Se deben lavar adecuadamente las conchas de abanico antes de utilizarlas ya que pueden contener agentes contaminantes que podrían alterar el resultado de los ensayos. Estos agentes contaminantes en su mayoría se pueden encontrar en su parte externa adheridos entre sus estrías radiales.
- Tener previamente limpios todos los materiales, herramientas y equipos que se usarán en los ensayos en el laboratorio.
- Antes de comenzar los ensayos se deben calibrar bien las balanzas a usar y durante los ensayos, tarar bien estas balanzas previamente a cada pesaje de recipientes, bandejas,

taras y moldes.

- Tener cuidado con el ventilador en el laboratorio, ya que, si está encendido puede ocasionar que la muestra se seque o se disperse en el ambiente. También, puede distorsionar los pesos de la balanza debido a su grado de sensibilidad.
- Se recomienda sacar el contenido de humedad de la muestra antes de cada ensayo a realizar, ya que, dependiendo del clima está se puede resecar o humedecer con facilidad.
- Al lavar la muestra por la malla N°200 se debe tener cuidado debido a que parte de ella se pueda caer si no se tienen las precauciones pertinentes y también si se frota la muestra contra la malla del tamiz está se podría terminar dañando.
- En los ensayos de granulometría y CBR, anotar correctamente los valores para después hacer de manera adecuada sus respectivas correcciones para obtener los cálculos correctos y así cumplir con las normativas.
- Es importante utilizar guantes de látex durante la mezcla del material en los ensayos de Proctor y CBR. Ello, debido a que el agua que se vierte durante el mezclado puede ser absorbida por la mano al entrar en contacto con esta. Causando un mal mezclado y generando errores en el proceso.
- Es preferible guardar las muestras de suelo mezclado con conchas y agua en bolsas herméticas para que no pierdan humedad y todas las partículas absorban el nivel de agua deseado para realizar el ensayo de CBR. Se puede dejar reposar estas muestras en bolsas herméticas 8hrs como mínimo para que se integren adecuadamente.
- Durante los ensayos de Proctor y de CBR se recomienda mantener tapada la bandeja, que contiene la mezcla de la muestra, para conservar la humedad después de echar cada capa en los moldes de los respectivos ensayos.
- Dosificar adecuadamente la cantidad de muestra de suelo por cada capa a agregar en el molde. Para que no falte material ni sobre demasiado.
- Al momento de realizar los golpes para los ensayos de Proctor y CBR se recomienda que una sola persona se encargue de la compactación de todos los moldes, para que de esta manera la fuerza de compactación sea la misma para todos los ensayos.
- En la realización de los golpes para el ensayo de Proctor y de CBR se recomienda elaborarlos de manera correcta, haciendo los golpes de manera perpendicular a la muestra en el molde y de manera constante. Deben repartirse los golpes de manera equilibrada en toda la superficie de la muestra a compactar. Realizar en voz alta el conteo de los golpes para evitar perder el seguimiento y hacer golpes de más.

- Colocar de manera adecuada, firme y segura el dial. Así, se previene y evita que éste caiga al tanque con agua durante la saturación de los moldes de CBR.
- Se invoca a las autoridades a aprovechar y promover el enfoque del mejoramiento de suelos con los residuos de conchas de abanico que se encuentran en este tipo de botaderos, tanto en Ica como en otras zonas a lo largo de la costa peruana. Para así reducir la contaminación y aprovechar dicho recurso.
- Se induce a que colegas nuestros puedan aplicar este tipo de mejoras con materiales reciclados y experimenten con otros tipos de suelos distintos al trabajado.

REFERENCIAS

- ASTM International. (2011). *ASTM D2487-11 Práctica Estándar para la Clasificación de Suelos para Propósitos de Ingeniería (Sistema de Clasificación Unificada de Suelos)*. <https://www.astm.org/d2487-17e01.html>
- Bernal, C. (2006). *Metodología de la Investigación*. (2ª ed.). Editorial Pearson Prentice Hall.
- Bisanall M. y Badiger R. (2015). *Study on stabilization of soil using sea shell and bitumen emulsion*. (Vol. 4(7), pp. 5875-5882). International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology - IJIRSET. http://www.ijirset.com/upload/2015/july/65_19_STUDY.pdf
- Camacho N. y Villanueva P. (2022). *Estabilización de suelo arenoso usando conchas de abanico en la vía hacia Playa Anconcillo, distrito de Nuevo Chimbote, Áncash 2022*. [Tesis de título profesional en Ingeniería Civil, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/96467>
- Carnero López, M., Fernández Rodríguez, M., Carreira Pérez, X. y Méndez Lodos, M. (8-10 de julio de 2009). *Mezclas de zahorras naturales y concha de mejillón para firmes de vías forestales*. XIII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. Badajoz, España.
- Congreso de la Republica. (21 de abril de 2017). *Ley General del Ambiente Ley N.º 28611*. Normas Jurídicas, Normas Ambientales Generales, Marco Jurídico, Política Nacional del Ambiente, Sistema Nacional de Información Ambiental (Sinia), Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (Sinanpe), Sistema Nacional de Gestión de Recursos Humanos (SNGRRHH), Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). <https://www.gob.pe/institucion/congreso-de-la-republica/normas-legales/3569-28611>
- Das, B. (2001). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. Editorial Thomson Learning. <https://es.slideshare.net/ralvmrz/fundamentos-de-ingeniera-geotcnica-braja-m-das>
- Das, B. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. (4ª ed.). Editorial CENGAGE Learning. <https://www.udocz.com/apuntes/35203/fundamentos-de-ingenieria-geotecnica-braja-m-das-4ta-edicion>
- Delgado, M. (2002). *Aspectos éticos de toda investigación consentimiento informado ¿Puede convertirse la experiencia clínica en investigación científica?*. Revista Colombiana de Anestesiología, Volumen XXX(2). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=195118154004>

- Delgado, P. (2021). *Estabilización del suelo no pavimentado adicionado conchas de abanico en la avenida Naranjal, San Martín de Porres 2021*. [Tesis de título profesional, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/97921>
- El Peruano. (16 de mayo de 2021). *Peruanos generamos 21 mil toneladas diarias de basura*. <https://elperuano.pe/noticia/120825-peruanos-generamos-21-mil-toneladas-diarias-debasura>
- Estrada D. y Ventura P. (2019). *Estabilización de la subrasante del suelo del Centro Poblado San Ignacio con ceniza de concha de abanico, con fines de pavimentación, distrito de Guadalupe – La Libertad, 2019*. [Tesis de título profesional, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/56947>
- Farfán, P. (2015). *Uso de concha de abanico triturada para mejoramiento de subrasantes arenosas*. [Tesis de título profesional, Universidad de Piura]. <https://hdl.handle.net/11042/2333>
- Flores, P. (2019). *Evaluación de la adición de fibras PET provenientes del reciclaje de botellas a la subrasante del suelo, en el área de estacionamiento de la clínica usat, 2018-2019*. [Tesis de título profesional, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/2125>
- Garmendia Salvador, A., Salvador Alcaide, A., Crespo Sánchez, C., y Garmendia Salvador, L. (2005). *Evaluación de impacto ambiental*. Editorial Pearson Prentice Hall.
- Google Earth. (s.f.). [Ubicación del botadero de conchas de abanico en Ica]. Recuperado el 18 de octubre de 2022, de <https://earth.google.com/web/@-13.76601293,-76.23381549,5.37481766a,998.58814092d,30.00063504y,0h,0t,0r>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación*. Editorial Mc Graw-Hill. https://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Pavimentos_Urbanos.pdf
- Instituto de la Construcción y Gerencia. (2010). *Norma Técnica CE. 010 de Pavimentos Urbanos* [Archivo PDF]. Construcción.org. <https://www.construccion.org/index.php?e=normas/tecnicas.htm>
- Instituto Nacional de Calidad y Norma Técnica Peruana (1998). *NTP 339.127:1998 (revisada el 2019) SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo*. (1ª ed.). INACAL y Norma Técnica Peruana.
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, y Norma técnica Peruana. (1999). *NTP 339.134: 1999 (revisada el 2019)*
- García Chiara, G.; Rabines Chávez, A.

- SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS).* (1ª ed.). INDECOPI y Norma técnica Peruana.
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, y Norma técnica Peruana. (1999). NTP 339.129:1999 (revisada el 2019) *SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.* (1ª ed.). INDECOPI y Norma técnica Peruana.
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, y Norma técnica Peruana. (1999). NTP 339.141:1999 (revisada el 2019) *SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³)).* INDECOPI y Norma técnica Peruana.
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, y Norma técnica Peruana. (1999). NTP 339.145:1999 *SUELOS. Métodos de ensayos de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio.* INDECOPI y Norma técnica Peruana.
- Jacinto M. (2021). *Mejoramiento mecánico de suelos blandos en la sub rasante, utilizando residuos de bivalvos de la bahía de Sechura.* 2020. [Tesis de título profesional, Universidad Nacional de Piura]. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2932>
- Juárez, E., y Rico, A. (2005). *Mecánica de suelos I: Fundamentos de la Mecánica de Suelos.* Editorial Limusa
- Línea de estadística UPC. (2017). *Cuaderno de trabajo de estadística* (pp. 125). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Martinelli, M., Soto, M., y Tocas, R. (2018). *Manual de Laboratorio de Mecánica de Suelos.* Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- McDaniel, C. y Gates, R. (2016). *Investigación de mercados.* Editorial Cengage Learning.
- Ministerio de la Producción y Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero. (23 de noviembre de 2021). *Manual de Concha de Abanico* [Archivo PDF]. Gob.pe. <https://www.gob.pe/institucion/fondepes/informes-publicaciones/2451445-manual-de-concha-de-abanico>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (09 de abril de 2014). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección: Suelos y Pavimentos* [Archivo
- García Chiara, G.; Rabines Chávez, A. pág. 208

PDF]. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html




- Morán, G. y Alvarado, D. (2010). *Métodos de Investigación*. (1ª ed.). Editorial Pearson.
- Mott, R. (2006). *Mecánica de Fluidos*. Editorial Pearson Prentice Hall.
- Oblitas, J. (2018). *Guía de investigación científica 2018*. Universidad Privada del Norte.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (s. f). *Propiedades Físicas del Suelo*. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- Pineda, E., Alvarado, E., y Canales, F. (1994). *Metodología de la investigación: Manual para el desarrollo del personal de salud*. (2ª ed). Organización Panamericana de la Salud.
- Quezada S. E. (2017). *Estudio comparativo de la estabilización de suelos arcillosos con valvas de moluscos para pavimentación*. [Tesis de licenciatura, Universidad de Piura]. <https://hdl.handle.net/11042/3207>
- Quispe, U. (2010). *Fundamentos de estadística básica*. (4ª ed.). Editorial San Marcos
- Rodríguez, C., Breña, J. L., y Esenarro, D. (2021). *Las variables en la metodología de la investigación científica*. Editorial Científica y Ciencias. <https://doi.org/10.17993/IngyTec.2021.78>
- Rojas, J. y Alva, J. (1988). *Arcillas y lutitas expansivas en el norte y nororiente Peruano*. En VII Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería Civil. Huaraz, Perú.
- Rowland G. y Ifechukwude E. (2014). Mechanical stabilization of a deltaic clayey soil using crushed waste periwinkle shells. *International Journal of Engineering and Technology Research*, Vol. 2 (5), 1-7. <http://dx.doi.org/10.13140/2.1.1354.6242>
- Terzaghi, K., y Peck, R. (1973). *Mecánica de suelos en la Ingeniería Práctica*. (2ª ed.). Editorial "El Ateneo".
- Universidad de Las Américas. (2015). *Guías para la apropiación curricular del modelo educativo* [Archivo PDF]. <https://docencia.udla.cl/wp-content/uploads/sites/60/2019/11/guia-para-orientar-evaluacion-educativa.pdf>

ANEXOS



ANEXOS 1: Fichas de observación - Información de calicatas C1, C2 y C3


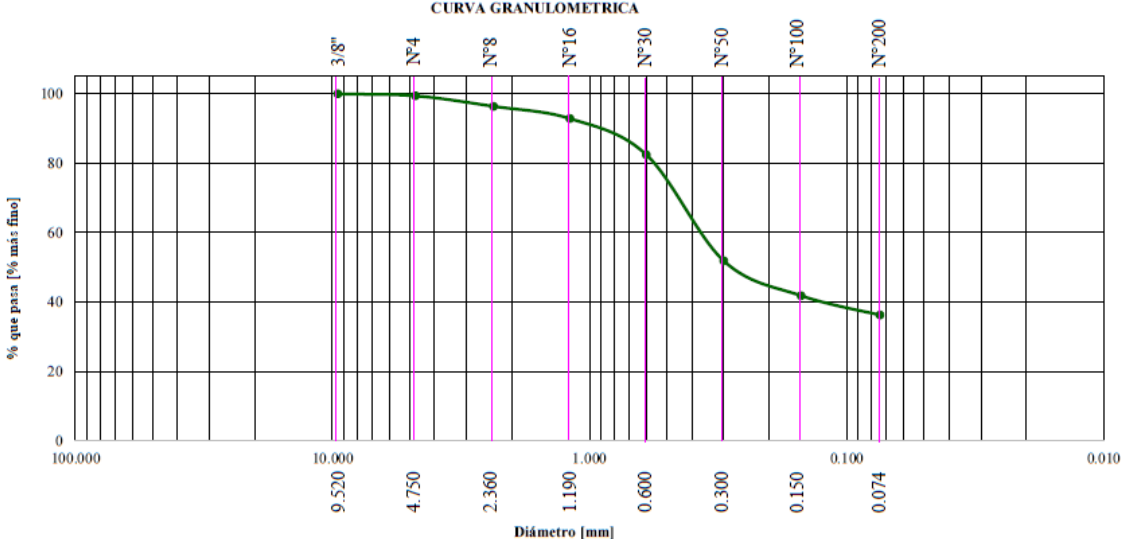

INFORMACIÓN DE LAS CALICATAS C1, C2 Y C3			
FICHA DE OBSERVACIÓN			
Proyecto	“MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE DE SUELOS ARENO ARCILLOSOS UTILIZANDO 22%, 34% Y 48% DE CONCHAS DE ABANICO EN LA ZONA SUR DE LIMA”		
Tesistas	Bach. Alessandra Rabines Chávez		
	Bach. Gianella Antuanet Garcia Chiara		
Departamento	Lima	Fecha	20/10/2022
Provincia	Lima		
Ubicación	Zona sur		
CALICATAS			
Largo	1.0 metros		
Ancho	1.0 metros		
Profundidad	1.50 metros		
Nombre	Estrato	Observación	Punto de referencia
Calicata 1 – C1	1.50 metros	Suelo de color marrón claro	Ubicado cerca al ingreso del terreno
Calicata 2 – C2	1.50 metros	Suelo de color marrón claro	Ubicado en la parte izquierda del terreno
Calicata 3 – C3	1.50 metros	Suelo de color marrón claro	Ubicado en la parte derecha del terreno


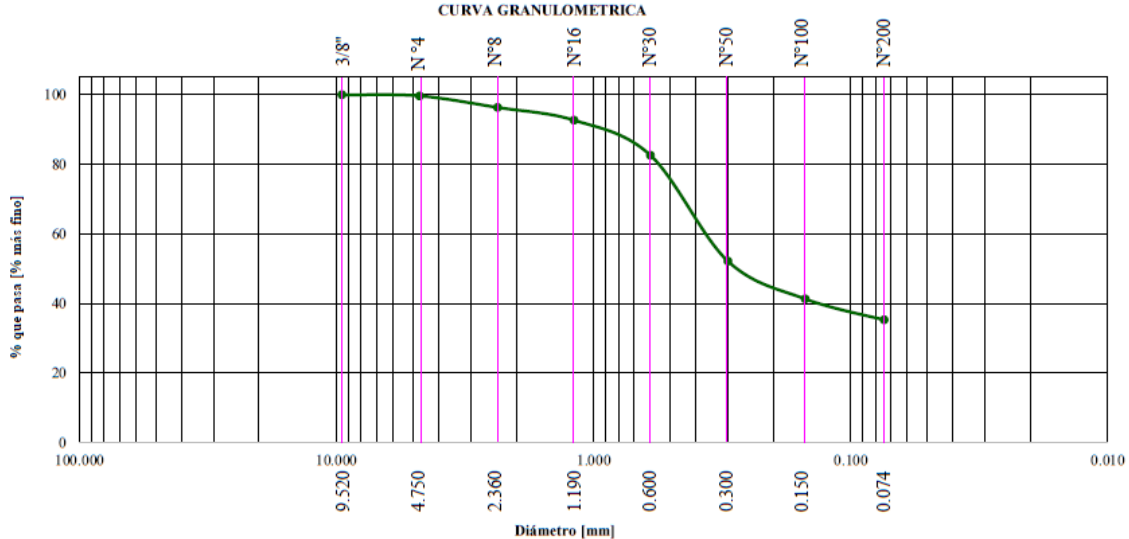

ANEXOS 2: Fichas de observación - Información de calicatas C1, C2 y C3


OBTENCIÓN DE LAS CALICATAS C1, C2 Y C3					
FICHA DE OBSERVACIÓN					
Proyecto	“MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE DE SUELOS ARENO ARCILLOSOS UTILIZANDO 22%, 34% Y 48% DE CONCHAS DE ABANICO EN LA ZONA SUR DE LIMA”				
Tesistas	Bach. Alessandra Rabines Chávez		Fecha	20/10/2022	
	Bach. Gianella Antuanet Garcia Chiara				
Depto.	Lima	Provincia	Lima	Ubicación	Zona sur
CALICATAS					
Largo		Ancho		Profundidad	
1.0 metro		1.0 metro		1.50 metros	
Nombre	Ensayo		Foto		
Calicata 1 C1	Contenido de humedad				
	Granulometría por tamizado				
	Límites de Atterberg				
	Proctor Modificado				
	California Bearing Ratio				
Calicata 2 C2	Contenido de humedad				
	Granulometría por tamizado				
	Límites de Atterberg				
	Proctor Modificado				
	California Bearing Ratio				
Calicata 3 C3	Contenido de humedad				
	Granulometría por tamizado				
	Límites de Atterberg				
	Proctor Modificado				
	California Bearing Ratio				

ANEXOS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO

 <p>UPN UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL	
	FORMATO			
CONTENIDO DE HUMEDAD				
(NTP 339.127 / ASTM D-2216)				
MATERIAL: Suelo natural			MUESTRA: Suelo natural	
SEDE: Lima Centro - Breña			FECHA DE MUESTREO: 20/10/2022	
PROCEDENCIA: Chorrillos			FECHA DE INGRESO: 21/10/2022	
ANALIZADO POR: Alessandra Rabines Chávez; Gianella Antuanet García Chiara			FECHA DE ANÁLISIS : 28/10/2022	
N° Muestra		M 1	M 2	M 3
(A) peso bandeja (g)		199.22	185.70	148.44
(B) peso bandeja + Peso agregado en Estado Natural (g)		699.23	685.71	648.44
(C) peso bandeja + Peso agregado en seco (g)		648.07	634.49	598.14
(D) Peso de agua (g) = (B - C)		51.16	51.22	50.30
(E) Peso agregado seco (g)=(C - A)		448.85	448.79	449.70
% Humedad = (D/E) x 100		11.40 %	11.41 %	11.19 %
Promedio		11.33 %		
REVISADO POR				
Nombre y firma				
 <i>Enzo Pacahuala Rojas</i> Supervisor Laboratorio Suelos UPN				

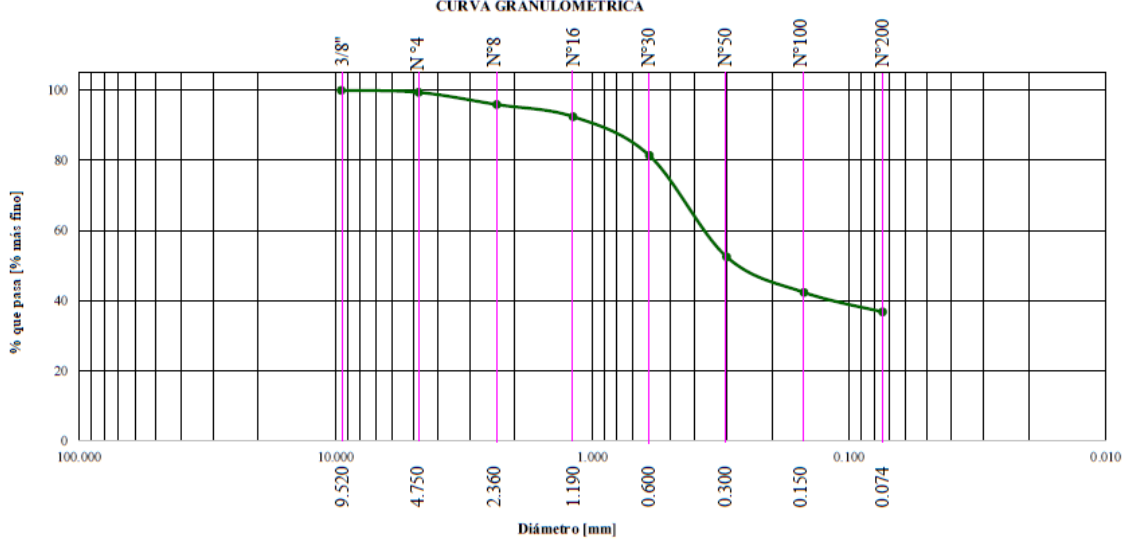
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS FORMATO	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL				
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						
(NTP 339.128 / ASTM C-136 / AASHTO T-27)						
MATERIAL: Suelo natural	MUESTRA: M1					
SEDE: Lima Centro - Breña	FECHA DE MUESTREO : 20/10/2022					
PROCEDENCIA: Chorrillos	FECHA DE INGRESO : 21/10/2022					
ANALIZADO POR: Alessandra Rabines Chávez; Giannella Antuanet Garcia Chiara	FECHA DE ANÁLISIS: 29/10/2022					
Tamices ASTM						
Abertura	Peso Retenido	Retenido Parcial				
Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Descripción				
3/8"	9.520	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1. Peso del Material
N° 4	4.750	5.69	0.57%	0.57%	99.43%	Peso inicial Total (gr) 999.57
N° 8	2.360	30.16	3.02%	3.59%	96.41%	% de Humedad 10.88%
N° 16	1.190	35.35	3.54%	7.13%	92.87%	
N° 30	0.600	104.37	10.44%	17.57%	82.43%	2. Características
N° 50	0.300	305.80	30.59%	48.16%	51.84%	Tamaño Máximo 3/8"
N° 100	0.150	100.34	10.04%	58.20%	41.80%	Tamaño Máximo Nominal N° 4
N° 200	0.074	55.67	5.57%	63.77%	36.23%	Grava (%) 0.57%
Pasante	TOTAL	999.57	100.00%	100.00%	0.00%	Arena (%) 63.20%
						Finos (%) 36.23%
						Módulo de Fineza (%) 2.99
OBSERVACIONES			3. Clasificación			
Se lavó la muestra por la malla N° 200 como se establece en la normativa.			Límite Líquido (%) 31.00%			
			Límite Plástico (%) 22.00%			
			Índice de Plasticidad (%) 9.00%			
			Clasificación SUCS SC			
			Clasificación AASHTO A-4 (0)			
CURVA GRANULOMÉTRICA						
						
REVISADO POR						
Nombre y firma						
 Enzo Pacahuala Rojas Supervisor Laboratorio Suelos UPN						


	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS FORMATO	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL				
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						
(NTP 339.128 / ASTM C-136 / AASHTO T-27)						
MATERIAL: Suelo natural	MUESTRA: M2					
SEDE: Lima Centro - Breña	FECHA DE MUESTREO : 20/10/2022					
PROCEDENCIA: Chorrillos	FECHA DE INGRESO : 21/10/2022					
ANALIZADO POR: Alessandra Rabines Chávez; Giannella Antuanet García Chiara	FECHA DE ANÁLISIS: 29/10/2022					
Tamices ASTM	Abertura	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Descripción
3/8"	9.520	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1. Peso del Material
Nº 4	4.750	3.48	0.35%	0.35%	99.65%	Peso inicial Total (gr) 1004.05
Nº 8	2.360	33.19	3.31%	3.66%	96.34%	% de Humedad 10.82%
Nº 16	1.190	36.84	3.67%	7.33%	92.67%	2. Características
Nº 30	0.600	101.11	10.07%	17.40%	82.60%	
Nº 50	0.300	305.11	30.39%	47.79%	52.21%	
Nº 100	0.150	109.45	10.90%	58.69%	41.31%	
Nº 200	0.074	60.47	6.02%	64.71%	35.29%	
Pasante		354.40	35.29%	100.00%	0.00%	Tamaño Máximo 3/8"
TOTAL		1004.05	100.00%			Tamaño Máximo Nominal Nº 4
						Grava (%) 0.35%
						Arena (%) 64.36%
						Finos (%) 35.29%
						Módulo de Fineza (%) 3.00
OBSERVACIONES						3. Clasificación
Se lavó la muestra por la malla Nº 200 como se establece en la normativa.						Limite Líquido (%) 32.00%
						Limite Plástico(%) 22.00%
						Índice de Plasticidad (%) 10.00%
						Clasificación SUCS SC
						Clasificación AASHTO A-4 (0)
CURVA GRANULOMÉTRICA						
						
REVISADO POR						
Nombre y firma						
 Enzo Pacahuala Rojas Supervisor Laboratorio Suelos UPN						


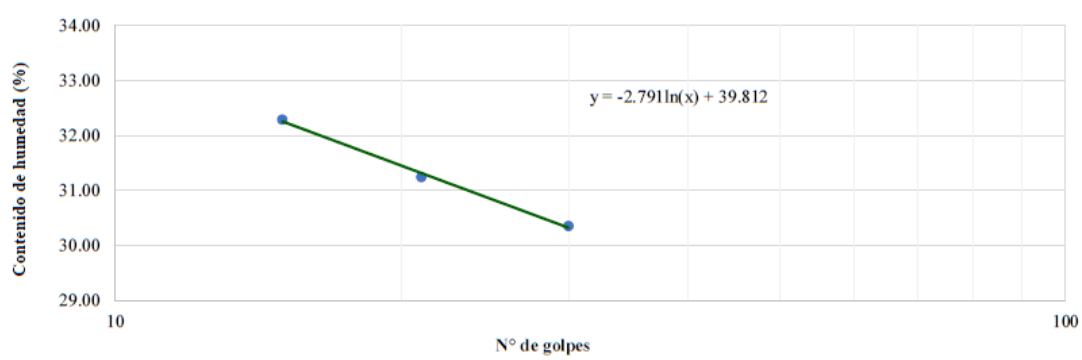

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS FORMATO	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 339.128 / ASTM C-136 / AASHTO T-27)		
MATERIAL: Suelo natural	MUESTRA: M3	
SEDE: Lima Centro - Breña	FECHA DE MUESTREO : 20/10/2022	
PROCEDENCIA: Chorrillos	FECHA DE INGRESO: 21/10/2022	
ANALIZADO POR: Alessandra Rabines Chávez; Giannella Antuanet García Chiara	FECHA DE ANÁLISIS: 29/10/2022	


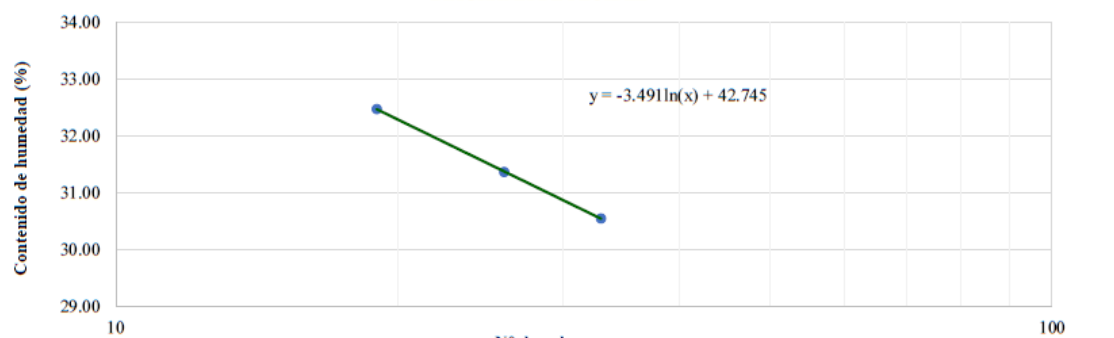

Tamices ASTM	Abertura	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Descripción
3/8"	9.520	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1. Peso del Material
Nº 4	4.750	5.56	0.59%	0.59%	99.41%	Peso inicial Total (gr) 938.38
Nº 8	2.360	32.59	3.47%	4.06%	95.94%	% de Humedad 10.94%
Nº 16	1.190	32.37	3.45%	7.51%	92.49%	
Nº 30	0.600	104.02	11.09%	18.60%	81.40%	2. Características
Nº 50	0.300	270.99	28.88%	47.48%	52.52%	Tamaño Máximo 3/8"
Nº 100	0.150	95.23	10.15%	57.63%	42.37%	Tamaño Máximo Nominal Nº 4
Nº 200	0.074	52.31	5.57%	63.20%	36.80%	Grava (%) 0.59%
Pasante		345.31	36.80%	100.00%	0.00%	Arena (%) 62.61%
TOTAL		938.38	100.00%			Finos (%) 36.80%
						Módulo de Fineza (%) 2.99
OBSERVACIONES						3. Clasificación
Se lavó la muestra por la malla Nº 200 como se establece en la normativa.						Límite Líquido (%) 31.00%
						Límite Plástico(%) 22.00%
						Índice de Plasticidad (%) 9.00%
						Clasificación SUCS SC
						Clasificación AASHTO A-4 (0)


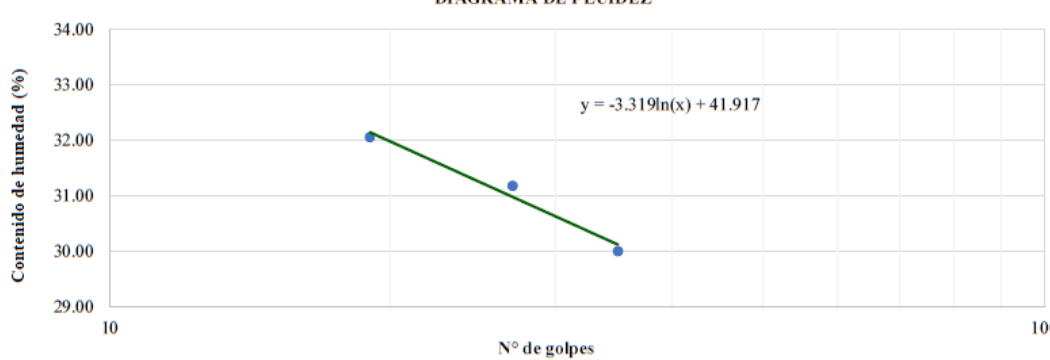
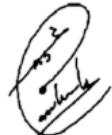
CURVA GRANULOMÉTRICA

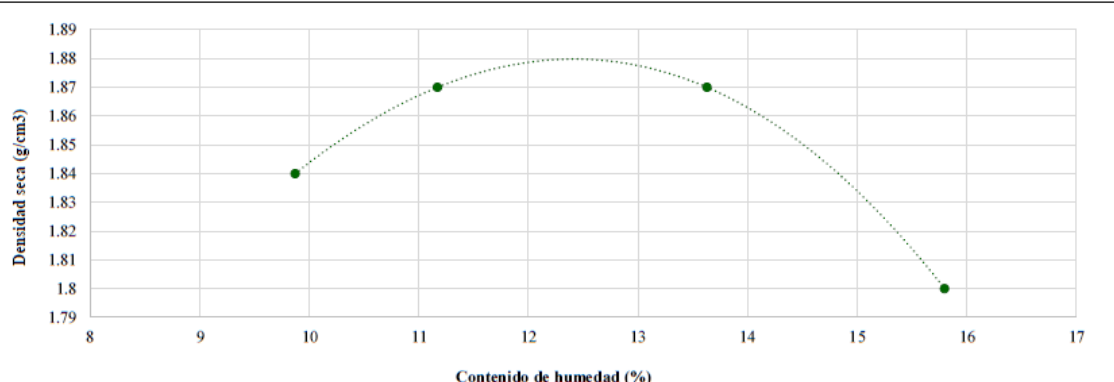
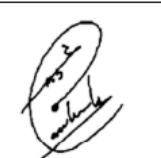



REVISADO POR
Nombre y firma <div style="text-align: center;">  <i>Enzo Pacahuala Rojas</i> Supervisor Laboratorio Suelos UPN </div>


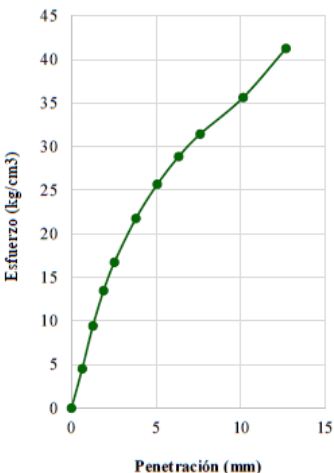
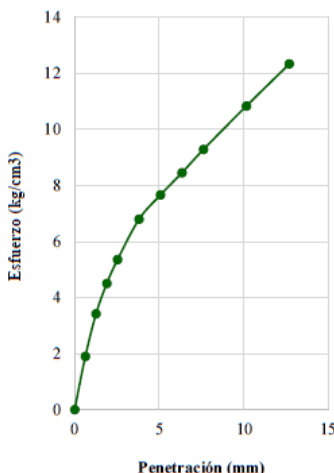
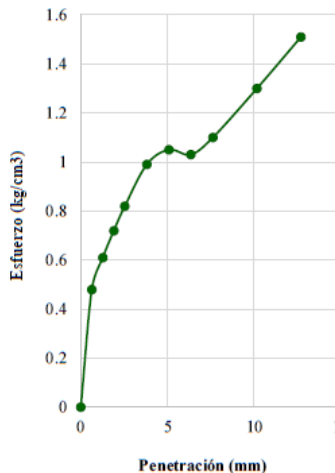
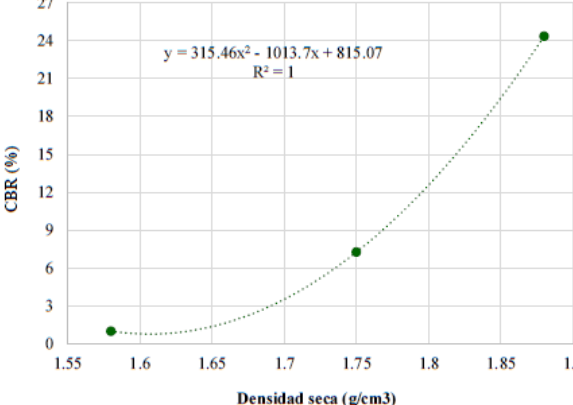

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
	FORMATO		
LÍMITES DE CONSISTENCIA			
(NTP 339.129 / ASTM D-4318 / AASHTO T-89/T-90)			
MATERIAL: Suelo natural	MUESTRA: C1		
SEDE: Lima Centro - Breña	FECHA DE MUESTREO : 20/10/2022		
PROCEDENCIA: Chorillos	FECHA DE INGRESO : 21/10/2022		
ANALIZADO POR: Alessandra Rabines Chávez; Gianella Antuanet García Chiara	FECHA DE ANÁLISIS : 29/10/2022		
LÍMITE LÍQUIDO			
Nº de cápsula (g)	A3	A2	A1
Cápsula (g)	15.03	14.93	14.59
Cápsula + Suelo Húmedo (g)	26.84	28.75	29.38
Cápsula + Suelo Seco (g)	24.09	25.46	25.77
Peso de agua (g)	2.75	3.29	3.61
Peso del suelo seco (g)	9.06	10.53	11.18
% de humedad	30.35	31.24	32.29
Nº de golpes	30	21	15
LÍMITE PLÁSTICO			
Nº de cápsula	B1	B2	
Cápsula (g)	14.94	14.98	
Cápsula + Suelo Húmedo (g)	21.39	21.19	
Cápsula + Suelo Seco (g)	20.23	20.10	
Peso de agua (g)	1.16	1.09	
Peso del suelo seco (g)	5.29	5.12	
% de humedad	21.93	21.29	
DIAGRAMA DE FLUIDEZ			
			
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES	
LÍMITE LÍQUIDO: 31 LÍMITE PLÁSTICO: 22 ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 9		Se dejó reposando la muestra preparada húmeda de un día para otro antes de iniciar los ensayos de límite líquido y límite plástico.	
REVISADO POR			
Nombre y firma			
 <i>Enzo Pacahuala Rojas</i> Supervisor Laboratorio Suelos UPN			



	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS			FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
	FORMATO			
LÍMITES DE CONSISTENCIA				
(NTP 339.129 / ASTM D-4318 / AASHTO T-89/T-90)				
MATERIAL: Suelo natural			MUESTRA: C2	
SEDE: Lima Centro - Breña			FECHA DE MUESTREO : 20/10/2022	
PROCEDENCIA: Chorrillos			FECHA DE INGRESO : 21/10/2022	
ANALIZADO POR: Alessandra Rabines Chávez; Gianella Antuanet García Chiara			FECHA DE ANÁLISIS : 29/10/2022	
LÍMITE LÍQUIDO				
Nº de cápsula (g)	A4	A5	A6	
Cápsula (g)	15.09	14.95	15.20	
Cápsula + Suelo Húmedo (g)	26.63	27.85	24.91	
Cápsula + Suelo Seco (g)	23.93	24.77	22.53	
Peso de agua (g)	2.70	3.08	2.38	
Peso del suelo seco (g)	8.84	9.82	7.33	
% de humedad	30.54	31.36	32.47	
Nº de golpes	33	26	19	
LÍMITE PLÁSTICO				
Nº de cápsula	B3	B4		
Cápsula (g)	14.67	14.84		
Cápsula + Suelo Húmedo (g)	21.10	21.10		
Cápsula + Suelo Seco (g)	19.92	19.97		
Peso de agua (g)	1.18	1.13		
Peso del suelo seco (g)	5.25	5.13		
% de humedad	22.48	22.03		
DIAGRAMA DE FLUIDEZ				
				
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA			OBSERVACIONES	
LÍMITE LÍQUIDO: 32 LÍMITE PLÁSTICO: 22 ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 10			Se dejó reposando la muestra preparada húmeda de un día para otro antes de iniciar los ensayos de límite líquido y límite plástico.	
REVISADO POR				
Nombre y firma				
 <i>Enzo Pacahuala Rojas</i> Supervisor Laboratorio Suelos UPN				



	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL	
	FORMATO			
LÍMITES DE CONSISTENCIA				
(NTP 339.129 / ASTM D-4318 / AASHTO T-89/T-90)				
MATERIAL: Suelo natural			MUESTRA: C3	
SEDE: Lima Centro - Breña			FECHA DE MUESTREO : 20/10/2022	
PROCEDENCIA: Chorrillos			FECHA DE INGRESO : 21/10/2022	
ANALIZADO POR: Alessandra Rabines Chávez; Gianella Antuanet García Chiara			FECHA DE ANÁLISIS : 29/10/2022	
LÍMITE LÍQUIDO				
Nº de cápsula (g)	A7	A8	A9	
Cápsula (g)	14.99	15.07	15.05	
Cápsula + Suelo Húmedo (g)	28.25	26.64	25.06	
Cápsula + Suelo Seco (g)	25.19	23.89	22.63	
Peso de agua (g)	3.06	2.75	2.43	
Peso del suelo seco (g)	10.20	8.82	7.58	
% de humedad	30.00	31.18	32.06	
Nº de golpes	35	27	19	
LÍMITE PLÁSTICO				
Nº de cápsula	B5	B6		
Cápsula (g)	14.95	13.95		
Cápsula + Suelo Húmedo (g)	22.41	21.73		
Cápsula + Suelo Seco (g)	21.02	20.35		
Peso de agua (g)	1.39	1.38		
Peso del suelo seco (g)	6.07	6.4		
% de humedad	22.90	21.56		
DIAGRAMA DE FLUIDEZ				
				
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA			OBSERVACIONES	
LÍMITE LÍQUIDO: 31 LÍMITE PLÁSTICO: 22 ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 9			Se dejó reposando la muestra preparada húmeda de un día para otro antes de iniciar los ensayos de límite líquido y límite plástico.	
REVISADO POR				
Nombre y firma				
 <i>Enzo Pacahuala Rojas</i> Supervisor Laboratorio Suelos UPN				


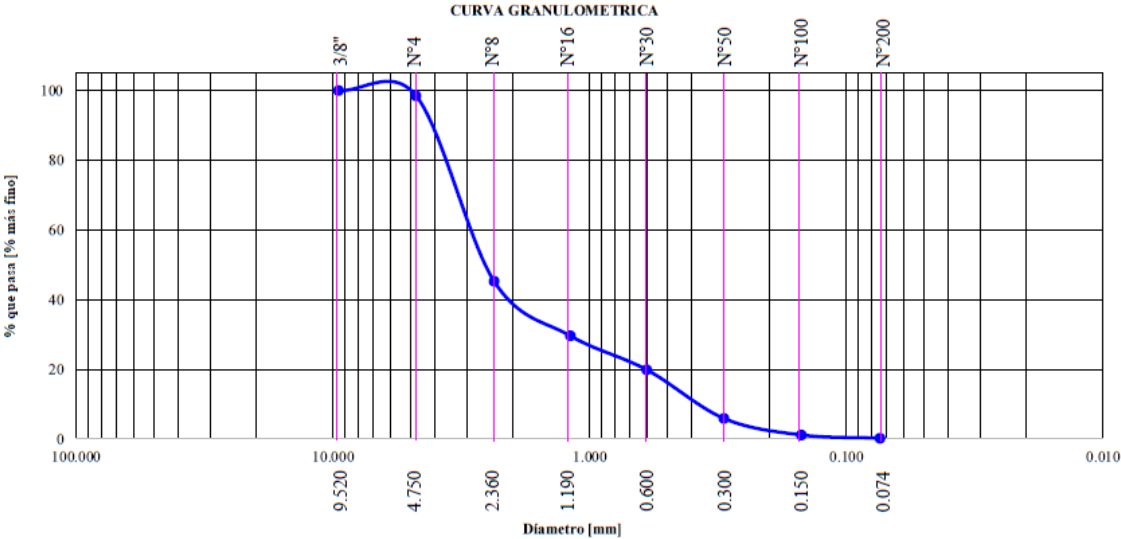

UPN UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS			FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		
		FORMATO					
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)							
(NTP 339.141 / ASTM D-1557)							
MATERIAL: Suelo natural				MUESTRA: Suelo natural			
SEDE: Lima Centro - Breña				FECHA DE MUESTREO: 20/10/2022			
PROCEDENCIA: Chorrillos				FECHA DE INGRESO: 21/10/2022			
ANALIZADO POR: Alessandra Rabines Chávez; Gianella Antuanet García Chiara				FECHA DE ANÁLISIS: 17/02/2023			
Molde N°1		Molde N°2			Molde N°3		
Metodo	A	Metodo	A	Metodo	A		
Diámetro Molde	10.14 cm	Diámetro Molde	10.13 cm	Diámetro Molde	10.13 cm		
Altura Molde	11.65 cm	Altura Molde	11.65 cm	Altura Molde	11.66 cm		
Volumen Molde	940.79 cm ³	Volumen Molde	938.93 cm ³	Volumen Molde	939.74 cm ³		
N° de capas	5	N° de capas	5	N° de capas	5		
N° de golpes	25	N° de golpes	25	N° de golpes	25		
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4		
Peso de Molde		g	4148	4133	4161	4134	
Peso de Molde + Suelo Húmedo Compactado		g	6058	6088	6161	6098	
Peso de Suelo Húmedo Compactado		g	1910	1955	2000	1964	
Número de Tara (Cápsula)			PA-4	PA-5	PA-2	PA-3	
Peso de Tara		g	13.56	14.83	13.7	14.5	
Peso de Tara + Suelo Húmedo		g	73.56	56.34	93.46	75.27	
Peso de Tara + Suelo Seco		g	68.17	52.17	83.89	66.98	
Peso del agua		g	5.39	4.17	9.57	8.29	
Peso del suelo seco		g	54.61	37.34	70.19	52.48	
Contenido de humedad		%	9.87	11.17	13.63	15.8	
Peso Volumétrico		g/cm ³	2.03	2.08	2.13	2.09	
Densidad Seca		g/cm ³	1.84	1.87	1.87	1.8	
RESULTADOS							
Densidad Máxima Seca			1.88	(g/cm ³)	Humedad óptima	12.5	%
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA							
 <p>The graph plots Dry Density (g/cm³) on the y-axis (ranging from 1.79 to 1.89) against Moisture Content (%) on the x-axis (ranging from 8 to 17). A dotted parabolic curve is drawn through three data points: (9.87, 1.84), (11.17, 1.87), and (15.8, 1.8). The peak of the curve is at approximately 12.5% moisture content and 1.88 g/cm³ dry density.</p>							
OBSERVACIONES							
Se realizó el proctor con el método A debido a que la malla N° 4 retiene el 25% o menos del total del material ensayado.							
REVISADO POR							
Nombre y firma							
 Enzo Pacahuala Rojas Supervisor Laboratorio Suelos UPN							


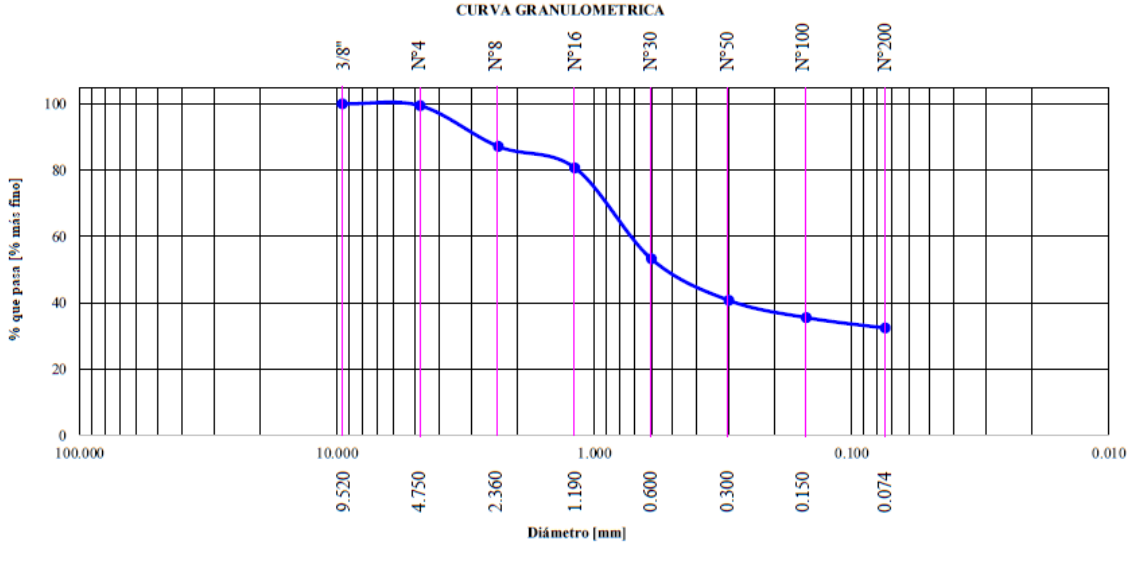

UPN UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS				FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL								
FORMATO														
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR														
(NTP 339.145 / ASTM D-1883 / AASHTO T-193)														
MATERIAL: Suelo natural					MUESTRA: Suelo natural									
SEDE: Lima Centro - Breña					FECHA DE MUESTREO: 20/10/2022									
PROCEDENCIA: Chorrillos					FECHA DE INGRESO 21/10/22									
ANALIZADO POR: Alessandra Rabines Chávez; Gianella Antuanet García Chiara					FECHA DE ANALISIS : 22/02/2023									
CÁLCULO DEL CBR														
Molde N°	A2				B2				C2					
Capas N°	5				5				5					
Golpes por capa N°	56				25				10					
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO				
Peso de molde (g)	7296	7296	7213	7213	7243	7243	7243	7243	7243	7243				
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11741	11862	11345	11580	10972	11349	10972	11349	10972	11349				
Peso del suelo húmedo (g)	4445	4566	4132	4367	3729	4106	3729	4106	3729	4106				
Volumen del molde (cm ³)	2119.56	2119.56	2120.52	2120.52	2117.54	2117.54	2117.54	2117.54	2117.54	2117.54				
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.10	2.15	1.95	2.06	1.76	1.94	1.76	1.94	1.76	1.94				
Tara (N°)	PA-2	PA-4	PA-3	PA-3	PA-4	PA-2	PA-4	PA-2	PA-4	PA-2				
Peso de tara (g)	13.73	13.63	14.66	14.70	13.57	13.75	13.57	13.75	13.57	13.75				
Peso tara + suelo húmedo (g)	74.42	69.81	72.12	61.25	64.60	70.14	64.60	70.14	64.60	70.14				
Peso tara + suelo seco (g)	68.09	63.14	66.21	54.73	59.37	59.88	59.37	59.88	59.37	59.88				
Peso de agua (g)	6.33	6.67	5.91	6.52	5.23	10.26	5.23	10.26	5.23	10.26				
Peso de suelo seco (g)	54.36	49.51	51.55	40.03	45.80	46.13	45.80	46.13	45.80	46.13				
Contenido de humedad (%)	11.65	13.48	11.47	16.29	11.42	22.25	11.42	22.25	11.42	22.25				
Densidad seca (g/cm ³)	1.88	1.89	1.75	1.77	1.58	1.59	1.58	1.59	1.58	1.59				
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION				
				mm	%		mm	%		mm	%			
22/02/2023	4:15 p.m	96 h	0	1	0.00	0.00	0	88	0.00	0.00	1	83	0.00	0.00
26/02/2023	4:15 p.m	96 h	0	16	0.41	0.35	0	10	0.56	0.48	1	9	0.66	0.57
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	CARGA	MOLDE A2	M-00		CARGA	MOLDE B2	M-00		CARGA	MOLDE C2	M-00			
			STAND.	CARGA			CORRECCIÓN	STAND.			CARGA	CORRECCIÓN	STAND.	CARGA
mm	pu.g.	kg/cm2	kg	kg/cm2	CBR (%)	kg/cm2	kg	kg/cm2	CBR (%)	kg/cm2	kg	kg/cm2	CBR (%)	
0.000	0.000	0.00	0.00			0.00	0.00			0.00	0.00			
0.635	0.025	4.52	87.49			1.90	36.72			0.48	9.29			
1.270	0.050	9.44	182.65			3.42	66.19			0.61	11.86			
1.905	0.075	13.49	260.94			4.50	86.99			0.72	13.93			
2.540	0.100	16.73	323.81		23.79	5.35	103.47		7.61	0.82	15.95		1.17	
3.810	0.150	21.75	420.87			6.79	131.32			0.99	19.19			
5.080	0.200	25.67	496.75		24.35	7.66	148.21		7.26	1.05	20.25		1.00	
6.350	0.250	28.86	558.50			8.45	163.43			1.03	19.88			
7.620	0.300	31.44	608.29			9.28	179.53			1.10	21.35			
10.160	0.400	35.63	689.40			10.83	209.63			1.30	25.17			
12.700	0.500	41.26	798.45			12.33	238.56			1.51	29.25			
OBSERVACIONES														
Se realizaron las pertinentes correcciones en las curvas Penetración VS. Esfuerzo en el caso de que estas presentaran algún punto de inflexión.														
REVISADO POR														
Nombre y firma														
 Enzo Pacahuala Rojas Supervisor Laboratorio Suelos UPN														


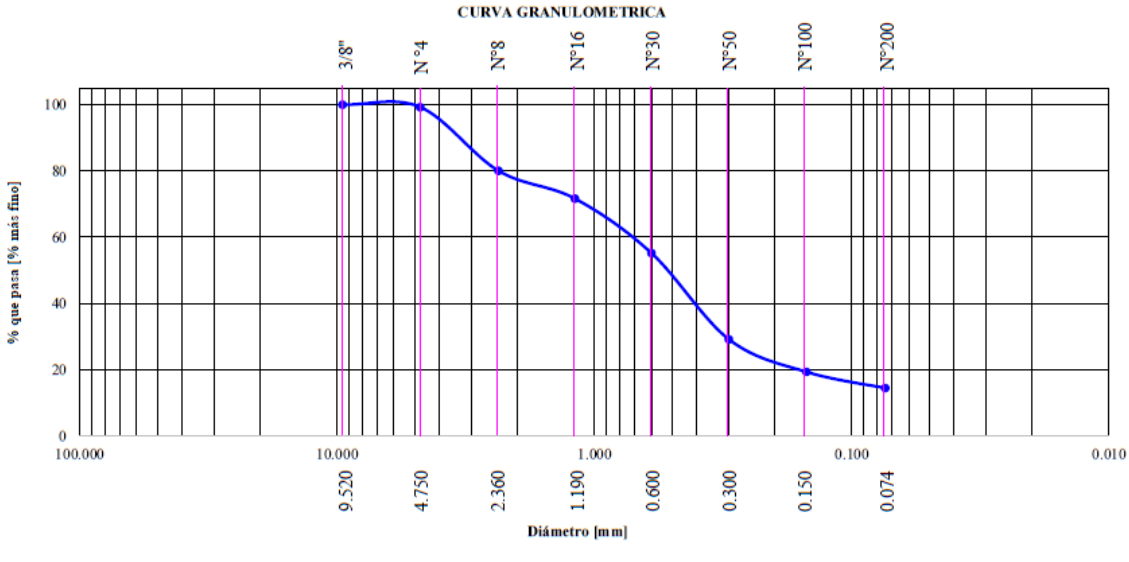

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS FORMATO	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL																				
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR (NTP 339.145 / ASTM D-1883 / AASHTO T-193)																						
MATERIAL: Suelo natural	MUESTRA: Suelo natural																					
SEDE: Lima Centro - Breña	FECHA DE MUESTREO: 20/10/2022																					
PROCEDENCIA: Chorrillos	FECHA DE INGRESO: 21/10/2022																					
ANALIZADO POR: Alessandra Rabines Chávez; Gianella Antuanet García Chiara	FECHA DE ANÁLISIS: 22/02/2023																					
REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR																						
EC = 56 Golpes	EC = 25 Golpes	EC = 10 Golpes																				
																						
CBR vs. Densidad Seca $y = 315.46x^2 - 1013.7x + 815.07$ $R^2 = 1$																						
	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #D3D3D3;"> <th>MÉTODO DE COMPACTACIÓN</th> <th>AASHTO T-180</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Máxima densidad seca (g/cm³)</td> <td>1.88</td> </tr> <tr> <td>Óptimo contenido de humedad (%)</td> <td>12.50</td> </tr> <tr> <td>95% Máxima densidad seca (g/cm³)</td> <td>1.79</td> </tr> <tr> <td>90% Máxima densidad seca (g/cm³)</td> <td>1.69</td> </tr> </tbody> </table>		MÉTODO DE COMPACTACIÓN	AASHTO T-180	Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.88	Óptimo contenido de humedad (%)	12.50	95% Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.79	90% Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.69										
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	AASHTO T-180																					
Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.88																					
Óptimo contenido de humedad (%)	12.50																					
95% Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.79																					
90% Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.69																					
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #D3D3D3;"> <th colspan="5">RESULTADOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"</td> <td>=</td> <td>24.35</td> </tr> <tr style="background-color: #90EE90;"> <td>Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"</td> <td>=</td> <td>11.31</td> </tr> <tr> <td>Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. a 1"</td> <td>=</td> <td>2.90</td> </tr> </tbody> </table>			RESULTADOS					Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	=	24.35	Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	=	11.31	Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. a 1"	=	2.90						
RESULTADOS																						
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	=	24.35																				
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	=	11.31																				
Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. a 1"	=	2.90																				
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #D3D3D3;"> <th>MOLDE</th> <th>DENS. SECA</th> <th>CBR 0.1"</th> <th>CBR 0.2"</th> <th>CBR MÁX</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>56 golpes</td> <td>1.88</td> <td>23.79</td> <td>24.35</td> <td>24.35</td> </tr> <tr> <td>25 golpes</td> <td>1.75</td> <td>7.61</td> <td>7.26</td> <td>7.61</td> </tr> <tr> <td>10 golpes</td> <td>1.58</td> <td>1.17</td> <td>1</td> <td>1.17</td> </tr> </tbody> </table>			MOLDE	DENS. SECA	CBR 0.1"	CBR 0.2"	CBR MÁX	56 golpes	1.88	23.79	24.35	24.35	25 golpes	1.75	7.61	7.26	7.61	10 golpes	1.58	1.17	1	1.17
MOLDE	DENS. SECA	CBR 0.1"	CBR 0.2"	CBR MÁX																		
56 golpes	1.88	23.79	24.35	24.35																		
25 golpes	1.75	7.61	7.26	7.61																		
10 golpes	1.58	1.17	1	1.17																		
REVISADO POR																						
Nombre y firma <div style="text-align: center;">  <i>Enzo Pacahuala Rojas</i> Supervisor Laboratorio Suelos UPN </div>																						

 <p>UPN UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL	
	FORMATO			
CONTENIDO DE HUMEDAD				
(NTP 339.127 / ASTM D-2216)				
MATERIAL: Conchas de abanico trituradas			MUESTRA: M1, M2 y M3	
SEDE: Lima Centro - Breña			FECHA DE MUESTREO: 20/10/2022	
PROCEDENCIA: Ica			FECHA DE INGRESO: 21/10/2022	
ANALIZADO POR: Alessandra Rabines Chávez; Gianella Antuanet García Chiara			FECHA DE ANÁLISIS : 16/02/2023	
N° Muestra		M 1	M 2	M 3
(A) peso bandeja (g)		99.03	108.52	95.23
(B) peso bandeja + Peso agregado en Estado Natural (g)		597.10	608.51	595.25
(C) peso bandeja + Peso agregado en seco (g)		595.45	606.85	593.29
(D) Peso de agua (g) = (B - C)		1.65	1.66	1.96
(E) Peso agregado seco (g)=(C - A)		496.42	498.33	498.06
% Humedad = (D/E) x 100		0.33 %	0.33 %	0.39 %
Promedio		0.35 %		
REVISADO POR				
Nombre y firma				
 <i>Enzo Pacahuala Rojas</i> Supervisor Laboratorio Suelos UPN				

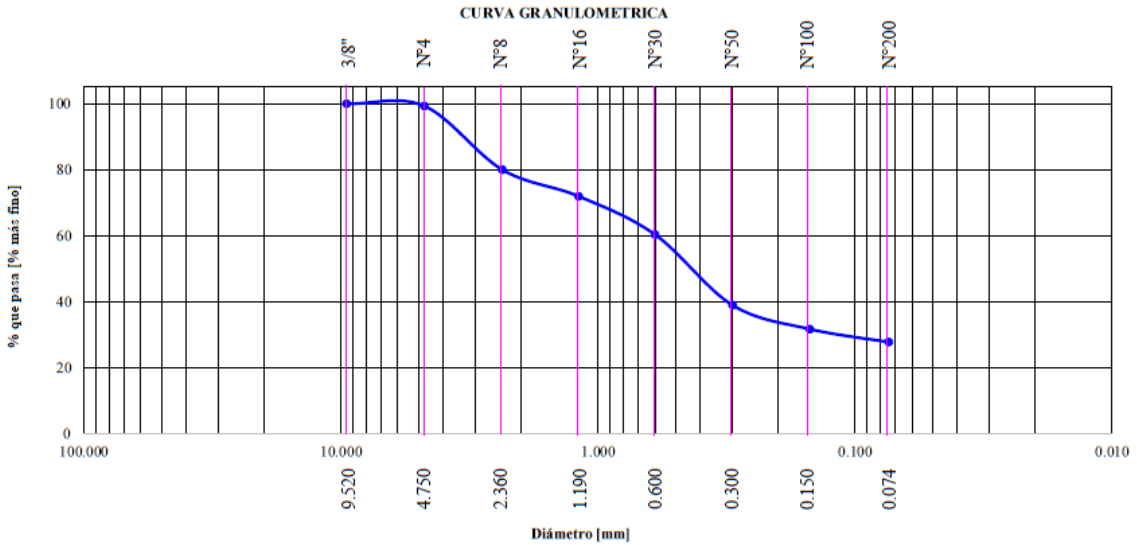
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
	FORMATO	
PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO		
(ASTM C-128 / NTP-400 .022)		
MATERIAL: Conchas de abanico trituradas		MUESTRA: M1
SEDE: Lima Centro - Breña		FECHA DE MUESTREO: 20/10/2022
PROCEDENCIA: Ica		FECHA DE INGRESO: 21/10/2022
ANALIZADO POR: Alessandra Rabines Chávez; Gianella Antuanet García Chiara		FECHA DE ANÁLISIS : 20/02/2023
N° Muestra		M 1
(A) Peso muestra SSS (g)		100.07
(B) Peso Picnómetro + agregado SSS + agua (g)		732.42
(C) Peso Picnómetro + agua (g)		670.17
(D) Peso de bandeja (g)		120.44
(E) Peso de bandeja + agregado seco		219.45
(F) Peso muestra seca en horno (E-D)		99.01
(G) Volumen agregado S.S.S. = (A) + (C) - (B)		37.82
Peso Especifico de masa seca = (F) / (G)		2.62
Peso Especifico de masa S.S.S. = (A) / (G)		2.65
Peso Especifico Aparente S.S.S. = (F) / [(F) - (A) + (G)]		2.69
Humedad de Absorción = [(A) - (F)] / (F) x 100		1.07
REVISADO POR		
Nombre y firma		
 <i>Enzo Pastahuala Rojas</i> Supervisor Laboratorio Suelos UPN		

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS FORMATO	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL																																																																																				
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO																																																																																						
(NTP.339.128 / ASTM C-136 / AASHTO T-27)																																																																																						
MATERIAL: Conchas de abanico trituradas	MUESTRA: M1																																																																																					
SEDE: Lima Centro - Breña	FECHA DE MUESTREO: 20/10/2022																																																																																					
PROCEDENCIA: Ica	FECHA DE INGRESO: 21/10/2022																																																																																					
ANALIZADO POR: Alessandra Rabines Chávez, Gianella Antuanet García Chiara	FECHA DE ANÁLISIS: 16/02/2023																																																																																					
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Tamices ASTM</th> <th>Abertura</th> <th>Peso Retenido</th> <th>Retenido Parcial</th> <th>Retenido Acumulado</th> <th>Porcentaje que Pasa</th> <th>Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3/8"</td> <td>9.520</td> <td>0.00</td> <td>0.00%</td> <td>0.00%</td> <td>100.00%</td> <td>1. Peso del Material</td> </tr> <tr> <td>Nº 4</td> <td>4.750</td> <td>11.92</td> <td>1.49%</td> <td>1.49%</td> <td>98.51%</td> <td>Peso inicial Total (gr) 802.64</td> </tr> <tr> <td>Nº 8</td> <td>2.360</td> <td>425.61</td> <td>53.20%</td> <td>54.69%</td> <td>45.31%</td> <td>% de Humedad 0.33%</td> </tr> <tr> <td>Nº 16</td> <td>1.190</td> <td>125.53</td> <td>15.69%</td> <td>70.38%</td> <td>29.62%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nº 30</td> <td>0.600</td> <td>77.92</td> <td>9.74%</td> <td>80.12%</td> <td>19.88%</td> <td>2. Características</td> </tr> <tr> <td>Nº 50</td> <td>0.300</td> <td>111.67</td> <td>13.96%</td> <td>94.08%</td> <td>5.92%</td> <td>Tamaño Máximo 3/8"</td> </tr> <tr> <td>Nº 100</td> <td>0.150</td> <td>37.83</td> <td>4.73%</td> <td>98.81%</td> <td>1.19%</td> <td>Tamaño Máximo Nominal Nº 4</td> </tr> <tr> <td>Nº 200</td> <td>0.074</td> <td>7.55</td> <td>0.94%</td> <td>99.75%</td> <td>0.25%</td> <td>Grava (%) 1.49%</td> </tr> <tr> <td>Pasante</td> <td></td> <td>1.97</td> <td>0.25%</td> <td>100.00%</td> <td>0.00%</td> <td>Arena (%) 98.26%</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td></td> <td>800.00</td> <td>100.00%</td> <td></td> <td></td> <td>Finos (%) 0.25%</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Módulo de Fineza (%) 5.99</td> </tr> </tbody> </table>			Tamices ASTM	Abertura	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Descripción	3/8"	9.520	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1. Peso del Material	Nº 4	4.750	11.92	1.49%	1.49%	98.51%	Peso inicial Total (gr) 802.64	Nº 8	2.360	425.61	53.20%	54.69%	45.31%	% de Humedad 0.33%	Nº 16	1.190	125.53	15.69%	70.38%	29.62%		Nº 30	0.600	77.92	9.74%	80.12%	19.88%	2. Características	Nº 50	0.300	111.67	13.96%	94.08%	5.92%	Tamaño Máximo 3/8"	Nº 100	0.150	37.83	4.73%	98.81%	1.19%	Tamaño Máximo Nominal Nº 4	Nº 200	0.074	7.55	0.94%	99.75%	0.25%	Grava (%) 1.49%	Pasante		1.97	0.25%	100.00%	0.00%	Arena (%) 98.26%	TOTAL		800.00	100.00%			Finos (%) 0.25%							Módulo de Fineza (%) 5.99
Tamices ASTM	Abertura	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Descripción																																																																																
3/8"	9.520	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1. Peso del Material																																																																																
Nº 4	4.750	11.92	1.49%	1.49%	98.51%	Peso inicial Total (gr) 802.64																																																																																
Nº 8	2.360	425.61	53.20%	54.69%	45.31%	% de Humedad 0.33%																																																																																
Nº 16	1.190	125.53	15.69%	70.38%	29.62%																																																																																	
Nº 30	0.600	77.92	9.74%	80.12%	19.88%	2. Características																																																																																
Nº 50	0.300	111.67	13.96%	94.08%	5.92%	Tamaño Máximo 3/8"																																																																																
Nº 100	0.150	37.83	4.73%	98.81%	1.19%	Tamaño Máximo Nominal Nº 4																																																																																
Nº 200	0.074	7.55	0.94%	99.75%	0.25%	Grava (%) 1.49%																																																																																
Pasante		1.97	0.25%	100.00%	0.00%	Arena (%) 98.26%																																																																																
TOTAL		800.00	100.00%			Finos (%) 0.25%																																																																																
						Módulo de Fineza (%) 5.99																																																																																
OBSERVACIONES																																																																																						
Para la realización del ensayo, se cuarteo previamente la muestra de conchas de abanico																																																																																						
3. Clasificación																																																																																						
Límite Líquido (%) -																																																																																						
Límite Plástico (%) -																																																																																						
Índice de Plasticidad (%) -																																																																																						
Clasificación SUCS SW																																																																																						
Clasificación AASHTO A-1-b (0)																																																																																						
CURVA GRANULOMÉTRICA																																																																																						
 <p>The graph plots the percentage of material passing through various sieve sizes against the sieve diameter in millimeters. The x-axis is logarithmic, ranging from 100.000 mm to 0.010 mm. The y-axis represents the percentage of material passing, from 0% to 100%. Key sieve sizes are marked: 3/8" (9.520 mm), Nº 4 (4.750 mm), Nº 8 (2.360 mm), Nº 16 (1.190 mm), Nº 30 (0.600 mm), Nº 50 (0.300 mm), Nº 100 (0.150 mm), and Nº 200 (0.074 mm). The curve shows that approximately 98.5% of the material passes through the Nº 4 sieve, and only 0.25% passes through the Nº 200 sieve.</p>																																																																																						
REVISADO POR																																																																																						
Nombre y firma																																																																																						
 Enzo Pacahuala Rojas Supervisor Laboratorio Suelos UPN																																																																																						

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS FORMATO	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL				
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						
(NTP 339.128 / ASTM C-136 / AASHTO T-27)						
MATERIAL: 22% Conchas de abanico trituradas + 78% Suelo natural		MUESTRA: Suelo natural + Conchas de abanico trituradas				
SEDE: Lima Centro - Breña		FECHA DE MUESTREO : 20/10/2022				
PROCEDENCIA: Suelo areno arcilloso (Chorrillos) / Conchas de abanico (Ica)		FECHA DE INGRESO : 21/10/2022				
ANALIZADO POR: Alessandra Rabines Chávez; Gianella Antuanet García Chiara		FECHA DE ANÁLISIS : 23/03/2023				
Tamices ASTM	Abertura	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Descripción
3/8"	9.520	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1. Peso del Material
Nº 4	4.750	6.26	0.56%	0.56%	99.44%	Peso inicial Total (gr) 1108.40
Nº 8	2.360	136.25	12.29%	12.85%	87.15%	% de Humedad 9.67%
Nº 16	1.190	71.74	6.47%	19.32%	80.68%	
Nº 30	0.600	304.14	27.44%	46.76%	53.24%	2. Características
Nº 50	0.300	138.53	12.50%	59.26%	40.74%	Tamaño Máximo 3/8"
Nº 100	0.150	57.78	5.21%	64.47%	35.53%	Tamaño Máximo Nominal Nº 4
Nº 200	0.074	34.65	3.13%	67.60%	32.40%	Grava (%) 0.56%
Pasante		359.05	32.40%	100.00%	0.00%	Arena (%) 67.04%
	TOTAL	1108.40	100.00%			Finos (%) 32.40%
						Módulo de Fineza (%) 3.71
OBSERVACIONES						3. Clasificación
Se lavó la muestra por la malla Nº 200 como se establece en la normativa.						Límite Líquido (%) 31.00%
						Límite Plástico (%) 22.00%
						Índice de Plasticidad (%) 10.00%
						Clasificación SUCS SC
						Clasificación AASHTO A-2-4 (0)
CURVA GRANULOMÉTRICA						
 <p>The graph plots the percentage of material passing through various sieve sizes. The x-axis represents the sieve diameter in millimeters on a logarithmic scale, with major ticks at 100.000, 10.000, 1.000, and 0.100. The y-axis represents the percentage of material passing, ranging from 0 to 100. The curve starts at 100% for the 3/8" sieve (9.520 mm) and remains at 100% until the Nº 4 sieve (4.750 mm). It then drops to approximately 99.44% at Nº 8 (2.360 mm), 87.15% at Nº 16 (1.190 mm), 53.24% at Nº 30 (0.600 mm), 35.53% at Nº 50 (0.300 mm), 32.40% at Nº 100 (0.150 mm), and finally 0.00% at Nº 200 (0.074 mm).</p>						
REVISADO POR						
Nombre y firma						
 Enzo Pacakuala Rojas Supervisor Laboratorio Suelos UPN						

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS FORMATO	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL				
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 339.128 / ASTM C-136 / AASHTO T-27)						
MATERIAL: 34% Conchas de abanico trituradas + 66% Suelo natural		MUESTRA: Suelo natural + Conchas de abanico trituradas				
SEDE: Lima Centro - Breña		FECHA DE MUESTREO : 20/10/2022				
PROCEDENCIA: Suelo arenoso arcilloso (Chorrillos) / Conchas de abanico (Ica)		FECHA DE INGRESO : 21/10/2022				
ANALIZADO POR: Alessandra Rabines Chávez; Gianella Antuanet García Chiara		FECHA DE ANÁLISIS: 02/03/2023				
Tamices ASTM	Abertura	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Descripción
3/8"	9.520	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1. Peso del Material
Nº 4	4.750	7.14	0.76%	0.76%	99.24%	Peso inicial Total (gr) 943.12
Nº 8	2.360	181.01	19.19%	19.95%	80.05%	% de Humedad 8.96%
Nº 16	1.190	79.28	8.41%	28.36%	71.64%	2. Características
Nº 30	0.600	154.94	16.43%	44.79%	55.21%	
Nº 50	0.300	245.37	26.02%	70.81%	29.19%	Tamaño Máximo Nominal Nº 4
Nº 100	0.150	92.78	9.84%	80.65%	19.35%	Grava (%) 0.76%
Nº 200	0.074	45.91	4.87%	85.52%	14.48%	Areña (%) 84.76%
Pasante		136.69	14.48%	100.00%	0.00%	Finos (%) 14.48%
TOTAL		943.12	100.00%			Módulo de Fineza (%) 4.31
OBSERVACIONES			3. Clasificación			
Se lavó la muestra por la malla Nº 200 como se establece en la normativa.			Límite Líquido (%) 31.00%			
			Límite Plástico (%) 22.00%			
			Índice de Plasticidad (%) 9.00%			
			Clasificación SUCS SC			
			Clasificación AASHTO A-2-4 (0)			
CURVA GRANULOMÉTRICA						
						
REVISADO POR						
Nombre y firma						
 Ergo Pacahuala Rojas Supervisor Laboratorio Suelos UPN						

UPN UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS				FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL	
		FORMATO					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
(NTP 339.128 / ASTM C-136 / AASHTO T-27)							
MATERIAL: 48% Conchas de abanico trituradas + 52% Suelo natural				MUESTRA: Suelo natural + Conchas de abanico trituradas			
SEDE: Lima Centro - Breña				FECHA DE MUESTREO : 20/10/2022			
PROCEDENCIA: Suelo arenoso arcilloso (Chorrillos) / Conchas de abanico (Ica)				FECHA DE INGRESO : 21/10/2022			
ANALIZADO POR: Alessandra Rabines Chávez, Gianella Antuanet García Chiara				FECHA DE ANÁLISIS: 06/03/2023			
Tamices ASTM	Abertura	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Descripción	
3/8"	9.520	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1. Peso del Material	
Nº 4	4.750	6.18	0.67%	0.67%	99.33%	Peso inicial Total (gr) 927.72	
Nº 8	2.360	179.05	19.30%	19.97%	80.03%	% de Humedad 7.79%	
Nº 16	1.190	75.03	8.09%	28.06%	71.94%		
Nº 30	0.600	107.80	11.62%	39.68%	60.32%	2. Características	
Nº 50	0.300	198.14	21.36%	61.04%	38.96%	Tamaño Máximo 3/8"	
Nº 100	0.150	67.60	7.29%	68.33%	31.67%	Tamaño Máximo Nominal Nº 4	
Nº 200	0.074	36.31	3.91%	72.24%	27.76%	Grava (%) 0.67%	
Pasante		257.61	27.76%	100.00%	0.00%	Arena (%) 71.57%	
TOTAL		927.72	100.00%			Finos (%) 27.76%	
						Módulo de Fineza (%) 3.90	
Límite Líquido (%)	32.00%						
Límite Plástico (%)	21.00%						
Índice de Plasticidad (%)	10.00%						
Clasificación SUCS	SM						
Clasificación AASHTO	A-2-4 (0)						




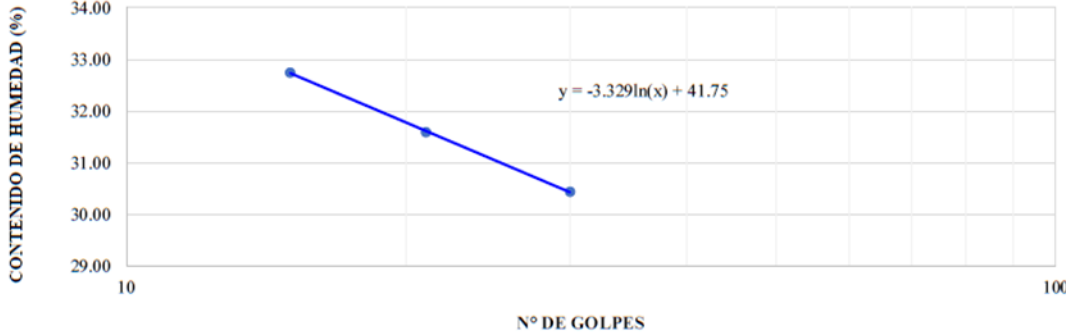

REVISADO POR


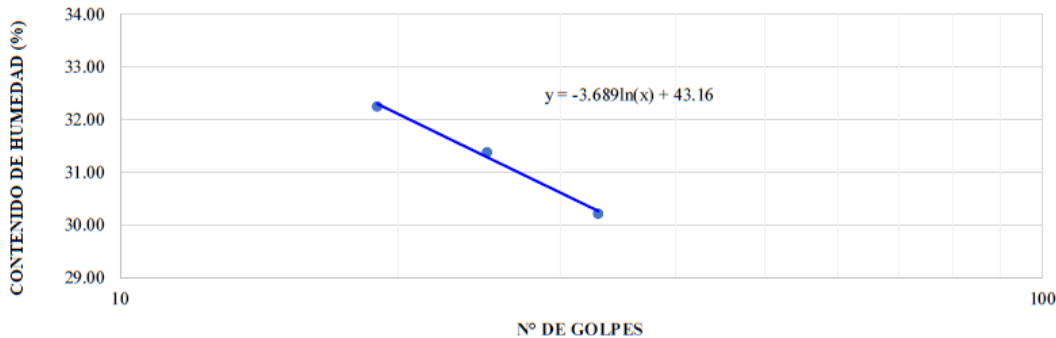

Nombre y firma


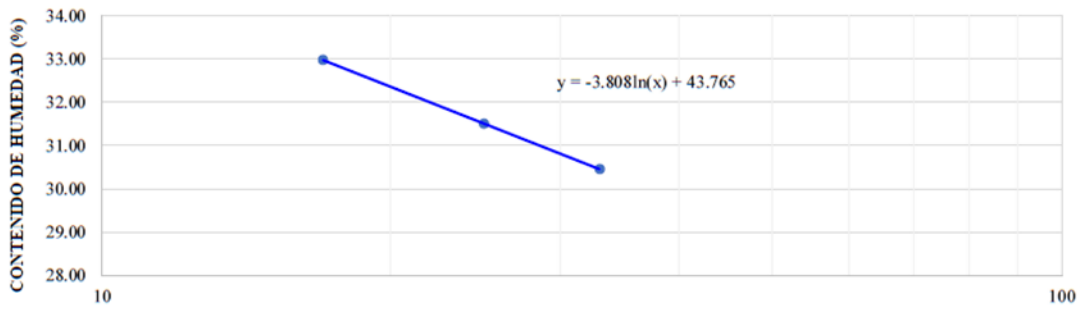




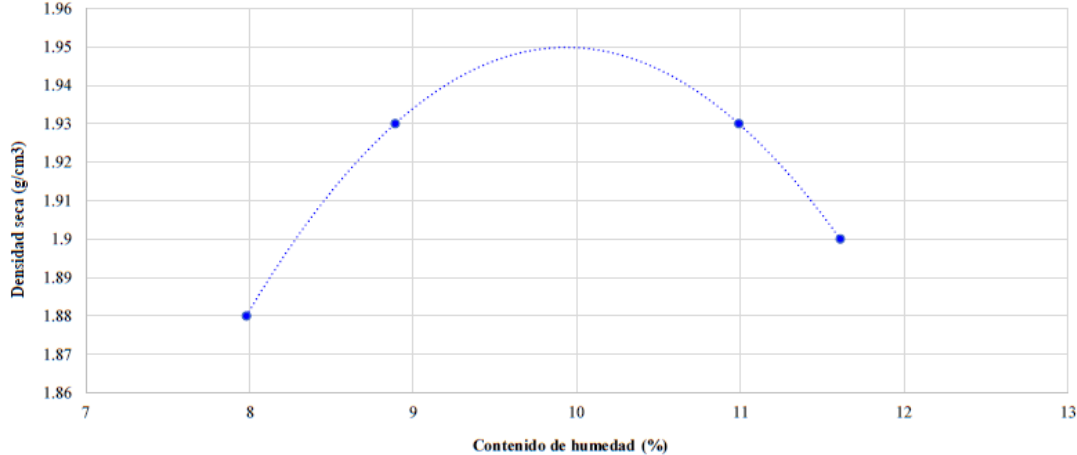

Enzo Pacahuala Rojas

Supervisor Laboratorio Suelos UPN

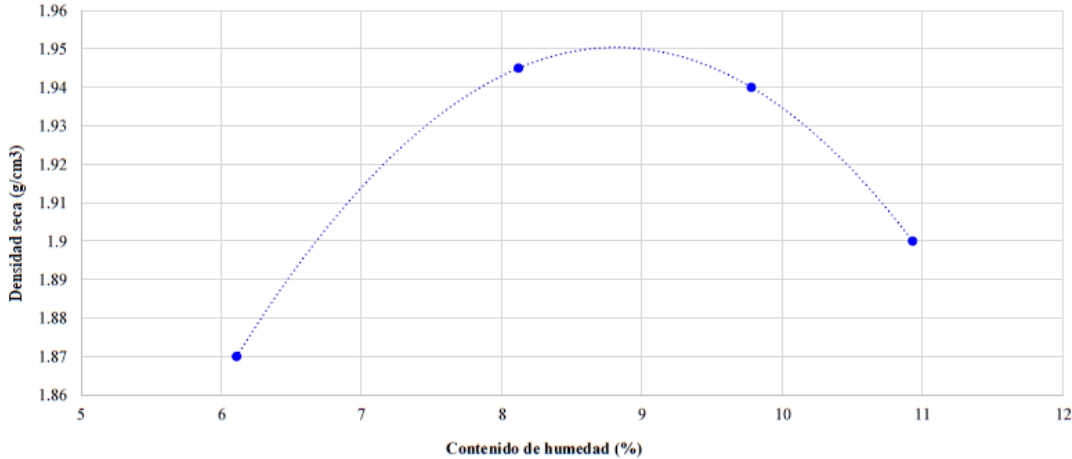

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL	
	FORMATO		
LÍMITES DE CONSISTENCIA			
(NTP 339.129 / ASTM D-4318 / AASHTO T-89/T-90)			
MATERIAL: 22% Conchas de abanico trituradas + 78% Suelo natural	MUESTRA: Suelo natural + Conchas de abanico trituradas		
SEDE: Lima Centro - Breña	FECHA DE MUESTREO: 20/10/2022		
PROCEDENCIA: Suelo arenoso arcilloso (Chorrillos) / Conchas de abanico (Ica)	FECHA DE INGRESO: 21/10/2022		
ANALIZADO POR: Alessandra Rabines Chávez; Gianella Antuanet García Chiara	FECHA DE ANÁLISIS: 24/03/2023		
LÍMITE LÍQUIDO			
Nº DE CÁPSULA (g)	D1	D2	D3
CÁPSULA (g)	14.99	14.91	15.00
CÁPSULA + SUELO HÚMEDO (g)	26.86	29.03	29.35
CÁPSULA + SUELO SECO (g)	24.09	25.64	25.81
PESO DE AGUA (g)	2.77	3.39	3.54
PESO DEL SUELO SECO (g)	9.10	10.73	10.81
% DE HUMEDAD	30.44	31.59	32.75
Nº DE GOLPES	30	21	15
LÍMITE PLÁSTICO			
Nº DE CÁPSULA	B1	B2	
CÁPSULA (g)	14.90	14.95	
CÁPSULA + SUELO HÚMEDO (g)	21.46	21.38	
CÁPSULA + SUELO SECO (g)	20.28	20.26	
PESO DE AGUA (g)	1.18	1.12	
PESO DEL SUELO SECO (g)	5.38	5.31	
% DE HUMEDAD	21.93	21.09	
DIAGRAMA DE FLUIDEZ			
			
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES	
LÍMITE LÍQUIDO: 31 LÍMITE PLÁSTICO: 22 ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 10		Se dejó reposando la muestra preparada húmeda de un día para otro antes de iniciar los ensayos de límite líquido y límite plástico.	
REVISADO POR			
Nombre y firma			
 Enzo Pacakuala Rojas Supervisor Laboratorio Suelos UPN			

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL	
	FORMATO		
LÍMITES DE CONSISTENCIA			
(NTP 339.129 / ASTM D-4318 / AASHTO T-89/T-90)			
MATERIAL: 34% Conchas de abanico trituradas + 66% Suelo natural		MUESTRA: Suelo natural + Conchas de abanico trituradas	
SEDE: Lima Centro - Breña		FECHA DE MUESTREO: 20/10/2022	
PROCEDENCIA: Suelo areno arcilloso (Chorrillos) / Conchas de abanico (Ica)		FECHA DE INGRESO: 21/10/2022	
ANALIZADO POR: Alessandra Rabines Chávez; Giannella Antuanet García Chiara		FECHA DE ANÁLISIS: 03/03/2023	
LÍMITE LÍQUIDO			
Nº DE CÁPSULA (g)	E1	E2	E3
CÁPSULA (g)	15.05	14.92	15.24
CÁPSULA + SUELO HÚMEDO (g)	27.85	28.15	25.41
CÁPSULA + SUELO SECO (g)	24.88	24.99	22.93
PESO DE AGUA (g)	2.97	3.16	2.48
PESO DEL SUELO SECO (g)	9.83	10.07	7.69
% DE HUMEDAD	30.21	31.38	32.25
Nº DE GOLPES	33	25	19
LÍMITE PLÁSTICO			
Nº DE CÁPSULA	B3	B4	
CÁPSULA (g)	14.65	14.81	
CÁPSULA + SUELO HÚMEDO (g)	21.66	21.52	
CÁPSULA + SUELO SECO (g)	20.39	20.31	
PESO DE AGUA (g)	1.27	1.21	
PESO DEL SUELO SECO (g)	5.74	5.50	
% DE HUMEDAD	22.13	22.00	
DIAGRAMA DE FLUIDEZ			
			
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES	
LÍMITE LÍQUIDO: 31 LÍMITE PLÁSTICO: 22 ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 9		Se dejó reposando la muestra preparada húmeda de un día para otro antes de iniciar los ensayos de límite líquido y límite plástico.	
REVISADO POR			
Nombre y firma			
			
Enzo Pacahuala Rojas Supervisor Laboratorio Suelos UPN			


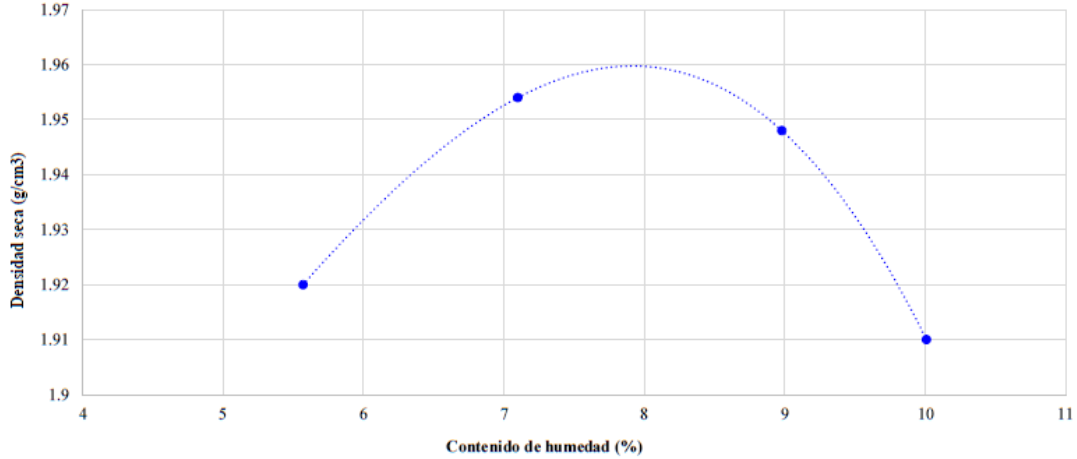

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL	
	FORMATO			
LÍMITES DE CONSISTENCIA				
(NTP 339.129 / ASTM D-4318 / AASHTO T-89/T-90)				
MATERIAL: 48% Conchas de abanico trituradas + 52% Suelo natural			MUESTRA: Suelo natural + Conchas de abanico trituradas	
SEDE: Lima Centro - Breña			FECHA DE MUESTREO: 20/10/2022	
PROCEDENCIA: Suelo areno arcilloso (Chorrillos) / Conchas de abanico (Ica)			FECHA DE INGRESO: 21/10/2022	
ANALIZADO POR: Alessandra Rabines Chávez; Gianella Antuanet García Chiara			FECHA DE ANÁLISIS: 07/03/2023	
LÍMITE LÍQUIDO				
Nº DE CÁPSULA (g)	G1	G2	G3	
CÁPSULA (g)	14.56	15.23	14.98	
CÁPSULA + SUELO HÚMEDO (g)	29.51	28.42	27.48	
CÁPSULA + SUELO SECO (g)	26.02	25.26	24.38	
PESO DE AGUA (g)	3.49	3.16	3.10	
PESO DEL SUELO SECO (g)	11.46	10.03	9.40	
% DE HUMEDAD	30.45	31.51	32.98	
Nº DE GOLPES	33	25	17	
LÍMITE PLÁSTICO				
Nº DE CÁPSULA	B7	B8		
CÁPSULA (g)	14.95	15.02		
CÁPSULA + SUELO HÚMEDO (g)	23.14	22.42		
CÁPSULA + SUELO SECO (g)	21.68	21.13		
PESO DE AGUA (g)	1.46	1.29		
PESO DEL SUELO SECO (g)	6.73	6.11		
% DE HUMEDAD	21.69	21.11		
DIAGRAMA DE FLUIDEZ				
				
Nº DE GOLPES				
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA			OBSERVACIONES	
LÍMITE LÍQUIDO: 32 LÍMITE PLÁSTICO: 21 ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 10			Se dejó reposando la muestra preparada húmeda de un día para otro antes de iniciar los ensayos de límite líquido y límite plástico.	
REVISADO POR				
Nombre y firma				
 <i>Enzo Pacahuala Rojas</i> Supervisor Laboratorio Suelos UPN				

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
	FORMATO					
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)						
(NTP 339.141 / ASTM D-1557)						
MATERIAL: 78% Suelo natural + 22% Conchas de abanico trituradas			MUESTRA: Suelo natural + Conchas de abanico trituradas			
SEDE: Lima Centro - Breña			FECHA DE MUESTREO: 20/10/2022			
PROCEDENCIA: Suelo arenoso arcilloso (Chorrillos) / Conchas de abanico (Ica)			FECHA DE INGRESO: 21/10/2022			
ANALIZADO POR: Alessandra Rabines Chávez; Gianella Antuanet García Chiara			FECHA DE ANALISIS: 20/03/2023			
NUMERO DE ENSAYOS						
			1	2	3	4
Peso de Molde	g	4148	4161	4134	4148	
Peso de Molde + Suelo Húmedo Compactado	g	6067	6142	6154	6180	
Peso de Suelo Húmedo Compactado	g	1919	1981	2020	2032	
Número de Tara (Cápsula)		PA-1	PA-2	PA-3	PA-4	
Peso de Tara	g	13.91	13.75	14.56	13.56	
Peso de Tara + Suelo Húmedo	g	68.84	65.23	85.63	68.54	
Peso de Tara + Suelo Seco	g	64.78	61.03	78.59	63.06	
Peso del agua	g	4.06	4.20	7.04	5.48	
Peso del suelo seco	g	50.87	47.28	64.03	49.50	
Contenido de humedad	%	7.98	8.88	10.99	11.07	
Peso Volumétrico	g/cm ³	2.04	2.11	2.15	2.16	
Densidad Seca	g/cm ³	1.88	1.93	1.93	1.94	
RESULTADOS						
Densidad Máxima Seca		1.95	(g/cm ³)	Humedad óptima	9.97	%
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA						
 <p>The graph plots Dry Density (g/cm³) on the y-axis (ranging from 1.86 to 1.96) against Moisture Content (%) on the x-axis (ranging from 7 to 13). A parabolic curve is drawn through four data points, with the peak at approximately 10% moisture content and a dry density of 1.95 g/cm³.</p>						
OBSERVACIONES						
Se realizó el proctor con el método A debido a que la malla N° 4 retiene el 25% o menos del total del material ensayado.						
REVISADO POR						
Nombre y firma						
 <i>Enzo Pacahuala Rojas</i>						

Supervisor Laboratorio Suelos UPN


UPN UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS				FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL				
		FORMATO								
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR) (NTP 339.141 / ASTM D-1557)										
MATERIAL: 66% Suelo natural + 34% Conchas de abanico trituradas					MUESTRA: Suelo natural + Conchas de abanico trituradas					
SEDE: Lima Centro - Breña					FECHA DE MUESTREO: 20/10/2022					
PROCEDENCIA: Suelo arenoso arcilloso (Chorrillos) / Conchas de abanico (Ica)					FECHA DE INGRESO: 21/10/2022					
ANALIZADO POR: Alessandra Rabines Chávez; Gianella Antuanet García Chiara					FECHA DE ANÁLISIS: 27/02/2023					
Molde N°1			Molde N°2			Molde N°3				
Metodo	A		Metodo	A		Metodo	A			
Diámetro Molde	10.14	cm	Diámetro Molde	10.13	cm	Diámetro Molde	10.13	cm		
Altura Molde	11.65	cm	Altura Molde	11.65	cm	Altura Molde	11.66	cm		
Volumen Molde	940.79	cm ³	Volumen Molde	938.93	cm ³	Volumen Molde	939.74	cm ³		
N° de capas	5		N° de capas	5		N° de capas	5			
N° de golpes	25		N° de golpes	25		N° de golpes	25			
NUMERO DE ENSAYOS			1	2	3	4				
Peso de Molde			g	4148	4161	4134	4148			
Peso de Molde + Suelo Húmedo Compactado			g	6020	6142	6136	6133			
Peso de Suelo Húmedo Compactado			g	1872	1981	2002	1985			
Número de Tara (Cápsula)				PA-1	PA-2	PA-3	PA-4			
Peso de Tara			g	14.12	13.68	14.53	13.53			
Peso de Tara + Suelo Húmedo			g	70.43	68.91	85.23	67.52			
Peso de Tara + Suelo Seco			g	67.19	64.76	78.93	62.20			
Peso del agua			g	3.24	4.15	6.30	5.32			
Peso del suelo seco			g	53.07	51.08	64.40	48.67			
Contenido de humedad			%	6.11	8.12	9.78	10.93			
Peso Volumétrico			g/cm ³	1.99	2.11	2.13	2.11			
Densidad Seca			g/cm ³	1.87	1.95	1.94	1.90			
RESULTADOS										
Densidad Máxima Seca			1.95	(g/cm ³)	Humedad óptima		8.97	%		
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA										
										
OBSERVACIONES										
Se realizó el proctor con el método A debido a que la malla N° 4 retiene el 25% o menos del total del material ensayado.										
REVISADO POR										
Nombre y firma										
										

Enzo Pacahuala Rojas
Supervisor Laboratorio Suelos UPN


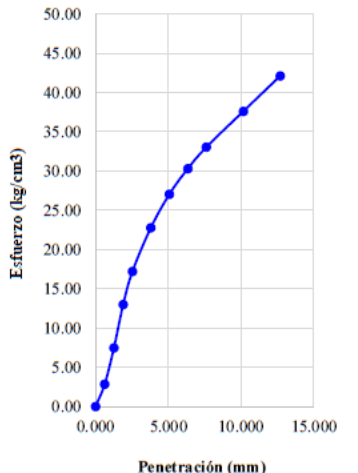
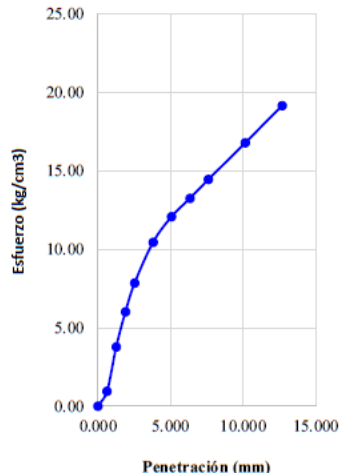
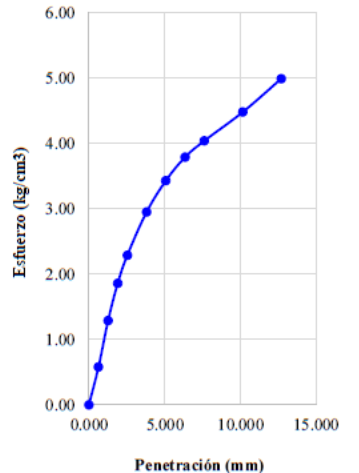
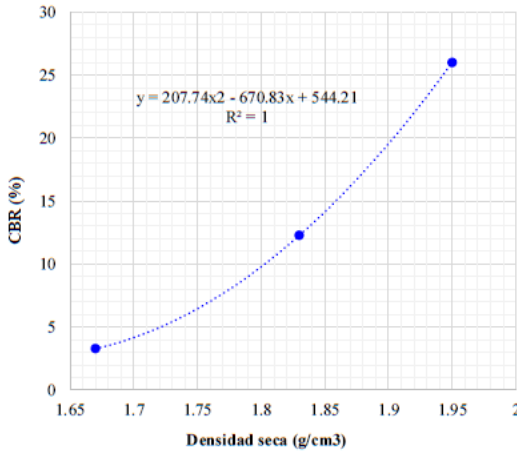

 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	<p>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</p> <p>FORMATO</p>	<p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</p>																																																																	
<p>RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)</p> <p>(NTP 339.141 / ASTM D-1557)</p>																																																																			
MATERIAL: 52% Suelo natural + 48% Conchas de abanico trituradas		MUESTRA: Suelo natural + Conchas de abanico trituradas																																																																	
SEDE: Lima Centro - Breña		FECHA DE MUESTREO: 20/10/2022																																																																	
PROCEDECENCIA: Suelo arenoso arcilloso (Chorrillos) / Conchas de abanico (Ica)		FECHA DE INGRESO: 21/10/2022																																																																	
ANALIZADO POR: Alessandra Rabines Chávez; Gianella Antuanet García Chiara		FECHA DE ANALISIS: 02/03/2023																																																																	
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Molde N°1</th> <th colspan="3">Molde N°2</th> <th colspan="3">Molde N°3</th> </tr> <tr> <th>Metodo</th> <th colspan="2">A</th> <th>Metodo</th> <th colspan="2">A</th> <th>Metodo</th> <th colspan="2">A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diámetro Molde</td> <td>10.14</td> <td>cm</td> <td>Diámetro Molde</td> <td>10.13</td> <td>cm</td> <td>Diámetro Molde</td> <td>10.13</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td>Altura Molde</td> <td>11.65</td> <td>cm</td> <td>Altura Molde</td> <td>11.65</td> <td>cm</td> <td>Altura Molde</td> <td>11.66</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td>Volumen Molde</td> <td>940.79</td> <td>cm³</td> <td>Volumen Molde</td> <td>938.93</td> <td>cm³</td> <td>Volumen Molde</td> <td>939.74</td> <td>cm³</td> </tr> <tr> <td>N° de capas</td> <td colspan="2">5</td> <td>N° de capas</td> <td colspan="2">5</td> <td>N° de capas</td> <td colspan="2">5</td> </tr> <tr> <td>N° de golpes</td> <td colspan="2">25</td> <td>N° de golpes</td> <td colspan="2">25</td> <td>N° de golpes</td> <td colspan="2">25</td> </tr> </tbody> </table>			Molde N°1			Molde N°2			Molde N°3			Metodo	A		Metodo	A		Metodo	A		Diámetro Molde	10.14	cm	Diámetro Molde	10.13	cm	Diámetro Molde	10.13	cm	Altura Molde	11.65	cm	Altura Molde	11.65	cm	Altura Molde	11.66	cm	Volumen Molde	940.79	cm ³	Volumen Molde	938.93	cm ³	Volumen Molde	939.74	cm ³	N° de capas	5		N° de capas	5		N° de capas	5		N° de golpes	25		N° de golpes	25		N° de golpes	25			
Molde N°1			Molde N°2			Molde N°3																																																													
Metodo	A		Metodo	A		Metodo	A																																																												
Diámetro Molde	10.14	cm	Diámetro Molde	10.13	cm	Diámetro Molde	10.13	cm																																																											
Altura Molde	11.65	cm	Altura Molde	11.65	cm	Altura Molde	11.66	cm																																																											
Volumen Molde	940.79	cm ³	Volumen Molde	938.93	cm ³	Volumen Molde	939.74	cm ³																																																											
N° de capas	5		N° de capas	5		N° de capas	5																																																												
N° de golpes	25		N° de golpes	25		N° de golpes	25																																																												
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>NUMERO DE ENSAYOS</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de Molde</td> <td>g 4148</td> <td>4161</td> <td>4134</td> <td>4148</td> </tr> <tr> <td>Peso de Molde + Suelo Húmedo Compactado</td> <td>g 6058</td> <td>6133</td> <td>6136</td> <td>6133</td> </tr> <tr> <td>Peso de Suelo Húmedo Compactado</td> <td>g 1910</td> <td>1972</td> <td>2002</td> <td>1985</td> </tr> <tr> <td>Número de Tara (Cápsula)</td> <td>PA-1</td> <td>PA-2</td> <td>PA-3</td> <td>PA-4</td> </tr> <tr> <td>Peso de Tara</td> <td>g 13.97</td> <td>13.78</td> <td>14.59</td> <td>13.51</td> </tr> <tr> <td>Peso de Tara + Suelo Húmedo</td> <td>g 64.23</td> <td>65.23</td> <td>75.41</td> <td>68.57</td> </tr> <tr> <td>Peso de Tara + Suelo Seco</td> <td>g 61.58</td> <td>61.82</td> <td>70.40</td> <td>63.56</td> </tr> <tr> <td>Peso del agua</td> <td>g 2.65</td> <td>3.41</td> <td>5.01</td> <td>5.01</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco</td> <td>g 47.61</td> <td>48.04</td> <td>55.81</td> <td>50.05</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad</td> <td>% 5.57</td> <td>7.10</td> <td>8.98</td> <td>10.01</td> </tr> <tr> <td>Peso Volumétrico</td> <td>g/cm³ 2.03</td> <td>2.10</td> <td>2.13</td> <td>2.11</td> </tr> <tr> <td>Densidad Seca</td> <td>g/cm³ 1.92</td> <td>1.96</td> <td>1.95</td> <td>1.91</td> </tr> </tbody> </table>			NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	Peso de Molde	g 4148	4161	4134	4148	Peso de Molde + Suelo Húmedo Compactado	g 6058	6133	6136	6133	Peso de Suelo Húmedo Compactado	g 1910	1972	2002	1985	Número de Tara (Cápsula)	PA-1	PA-2	PA-3	PA-4	Peso de Tara	g 13.97	13.78	14.59	13.51	Peso de Tara + Suelo Húmedo	g 64.23	65.23	75.41	68.57	Peso de Tara + Suelo Seco	g 61.58	61.82	70.40	63.56	Peso del agua	g 2.65	3.41	5.01	5.01	Peso del suelo seco	g 47.61	48.04	55.81	50.05	Contenido de humedad	% 5.57	7.10	8.98	10.01	Peso Volumétrico	g/cm ³ 2.03	2.10	2.13	2.11	Densidad Seca	g/cm ³ 1.92	1.96	1.95	1.91
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4																																																															
Peso de Molde	g 4148	4161	4134	4148																																																															
Peso de Molde + Suelo Húmedo Compactado	g 6058	6133	6136	6133																																																															
Peso de Suelo Húmedo Compactado	g 1910	1972	2002	1985																																																															
Número de Tara (Cápsula)	PA-1	PA-2	PA-3	PA-4																																																															
Peso de Tara	g 13.97	13.78	14.59	13.51																																																															
Peso de Tara + Suelo Húmedo	g 64.23	65.23	75.41	68.57																																																															
Peso de Tara + Suelo Seco	g 61.58	61.82	70.40	63.56																																																															
Peso del agua	g 2.65	3.41	5.01	5.01																																																															
Peso del suelo seco	g 47.61	48.04	55.81	50.05																																																															
Contenido de humedad	% 5.57	7.10	8.98	10.01																																																															
Peso Volumétrico	g/cm ³ 2.03	2.10	2.13	2.11																																																															
Densidad Seca	g/cm ³ 1.92	1.96	1.95	1.91																																																															
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="5">RESULTADOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Densidad Máxima Seca</td> <td>1.96</td> <td>(g/cm³)</td> <td>Humedad óptima</td> <td>7.95 %</td> </tr> </tbody> </table>			RESULTADOS					Densidad Máxima Seca	1.96	(g/cm ³)	Humedad óptima	7.95 %																																																							
RESULTADOS																																																																			
Densidad Máxima Seca	1.96	(g/cm ³)	Humedad óptima	7.95 %																																																															
<p>RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA</p>																																																																			
																																																																			
<p>OBSERVACIONES</p> <p>Se realizó el proctor con el método A debido a que la malla N° 4 retiene el 25% o menos del total del material ensayado.</p>																																																																			
<p>REVISADO POR</p>																																																																			
<p>Nombre y firma</p> <div style="text-align: center;">  </div>																																																																			

Enzo Pacahuala Rojas



Supervisor Laboratorio Suelos UPN


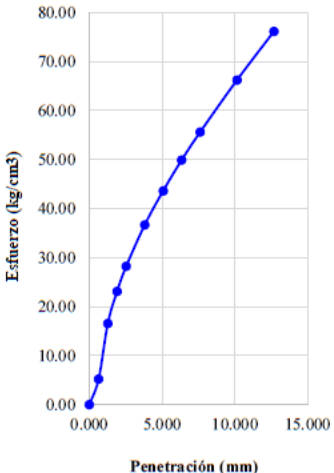
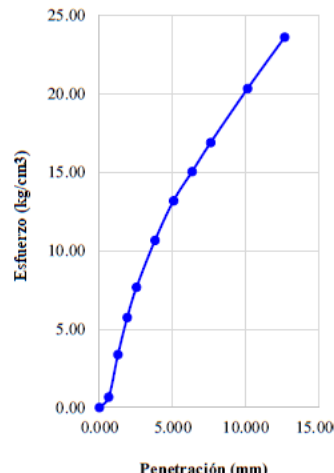
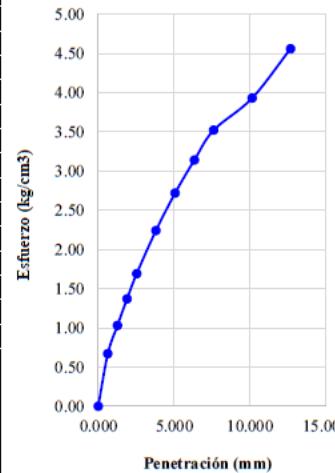
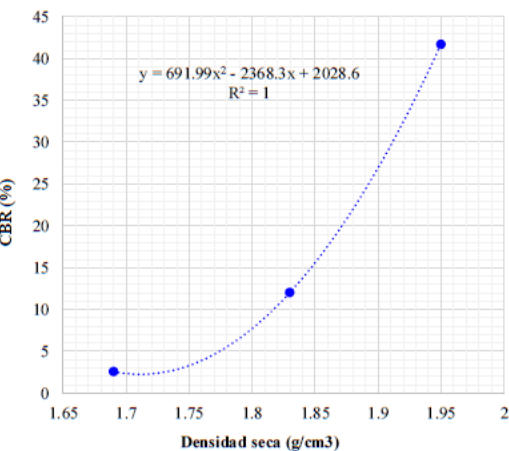

UPN UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS				FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL												
FORMATO																		
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR																		
(NTP 339.145 / ASTM D-1883 / AASHTO T-193)																		
MATERIAL: 78% Suelo natural + 22% Conchas de abanico trituradas					MUESTRA: Suelo natural + Conchas de abanico trituradas													
SEDE: Lima Centro - Breña					FECHA DE MUESTREO: 20/10/2022													
PROCEDENCIA: Suelo arenoso arcilloso (Chorrillos) / Conchas de abanico (Ica)					FECHA DE INGRESO: 21/10/2022													
ANALIZADO POR: Alessandra Rabines Chávez; Gianella Antuanet García Chiara					FECHA DE ANALISIS: 21/03/2023													
CALCULO DEL CBR																		
Molde N°	A2				B2				C2									
Capas N°	5				5				5									
Golpes por capa N°	56				25				10									
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO										
Peso de molde (g)	7286	7286	7209	7209	7237	7237												
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11813	11949	11465	11695	11142	11481												
Peso del suelo húmedo (g)	4527	4663	4256	4486	3905	4244												
Volumen del molde (cm ³)	2119.56	2119.56	2120.52	2120.52	2117.74	2117.74												
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.14	2.20	2.01	2.12	1.84	2.00												
Tara (N°)	M1	A1	M2	B1	M3	C1												
Peso de tara (g)	14.65	15.53	14.46	15.40	14.40	15.08												
Peso tara + suelo húmedo (g)	68.09	65.56	70.80	60.64	67.41	63.81												
Peso tara + suelo seco (g)	63.31	60.23	65.72	55.09	62.49	56.66												
Peso de agua (g)	4.78	5.33	5.08	5.55	4.92	7.15												
Peso de suelo seco (g)	48.66	44.70	51.26	39.69	48.09	41.58												
Contenido de humedad (%)	9.82	11.92	9.91	13.98	10.23	17.20												
Densidad seca (g/cm ³)	1.95	1.97	1.83	1.86	1.67	1.71												
EXPANSIÓN																		
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION					
					mm	%			mm	%			mm	%				
21/03/2023	15:30	96 h	1	17	0.000	0.000	0	25	0.000	0.000	1	26	0.000	0.000				
25/03/2023	15:30	96 h	1	26	0.229	0.196	0	35	0.254	0.218	1	39	0.330	0.283				
PENETRACIÓN																		
PENETRACIÓN	CARGA		MOLDE A2		M-00		CARGA		MOLDE B2		M-00		CARGA		MOLDE C2		M-00	
	mm	pulg.	STAND.	CARGA	STAND.	CARGA	STAND.	CARGA	STAND.	CARGA	STAND.	CARGA	STAND.	CARGA	STAND.	CARGA	STAND.	CARGA
0.000	0.000	0.00	0.00			0.00	0.00			0.00	0.00			0.00	0.00			
0.635	0.025	2.85	55.18			0.95	18.39			0.58	11.21			0.58	11.21			
1.270	0.050	7.48	144.76			3.78	73.14			1.29	24.87			1.29	24.87			
1.905	0.075	13.00	251.60			6.01	116.29			1.86	35.94			1.86	35.94			
2.540	0.100	17.20	332.74	18.08	25.72	7.85	151.99	8.50	12.09	2.29	44.32	2.31	3.28	2.29	44.32	2.31	3.28	
3.810	0.150	22.79	441.08			10.44	202.02			2.95	57.02			2.95	57.02			
5.080	0.200	27.04	523.16	27.43	26.01	12.07	233.48	12.95	12.28	3.43	66.32	3.28	3.11	3.43	66.32	3.28	3.11	
6.350	0.250	30.31	586.52			13.24	256.21			3.79	73.32			3.79	73.32			
7.620	0.300	33.04	639.26			14.44	279.43			4.04	78.26			4.04	78.26			
10.160	0.400	37.60	727.63			16.78	324.63			4.48	86.75			4.48	86.75			
12.700	0.500	42.12	815.02			19.15	370.48			4.99	96.52			4.99	96.52			
OBSERVACIONES																		
Se realizaron las pertinentes correcciones en las curvas Penetración VS. Esfuerzo en el caso de que estas presentaran algún punto de inflexión.																		
REVISADO POR																		
Nombre y firma																		
 Enzo Pacahuala Rojas																		


Supervisor Laboratorio Suelos UPN


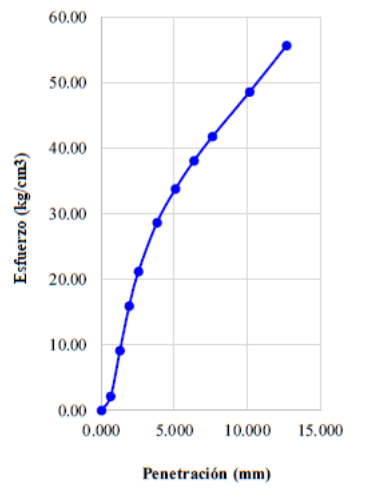
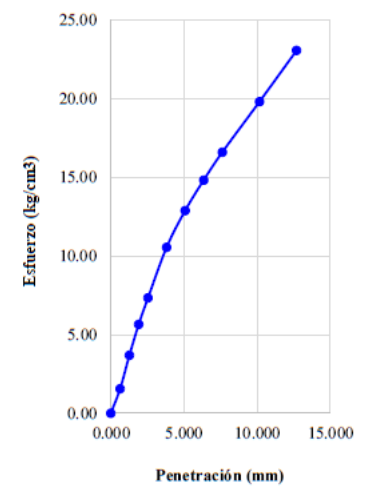
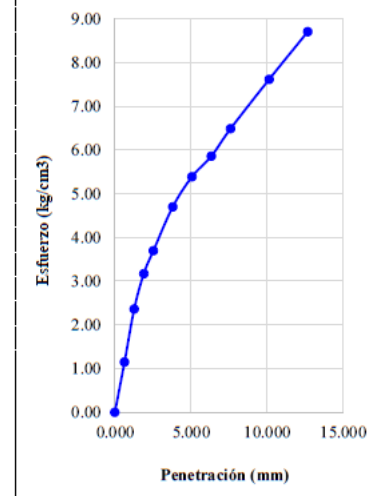
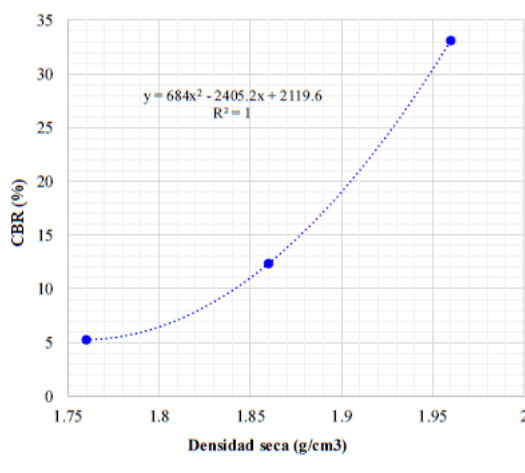

 <p>UPN UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	<p>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</p> <p>FORMATO</p>	<p>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</p>																				
<p>RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</p>																						
<p>(NTP 339.145 / ASTM D-1883 / AASHTO T-193)</p>																						
MATERIAL: 78% Suelo natural + 22% Conchas de abanico trituradas	MUESTRA: Suelo natural + Conchas de abanico trituradas																					
SEDE: Lima Centro - Breña	FECHA DE MUESTREO: 20/10/2022																					
PROCEDENCIA: Suelo areno arcilloso (Chorrillos) / Conchas de abanico (Ica)	FECHA DE INGRESO: 21/10/2022																					
ANALIZADO POR: Alessandra Rabines Chávez; Gianella García Chiara	FECHA DE ANÁLISIS: 21/03/2023																					
<p>REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR</p>																						
<p>EC = 56 Golpes</p> 	<p>EC = 25 Golpes</p> 	<p>EC = 10 Golpes</p> 																				
<p>CBR vs. Densidad Seca</p> 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th colspan="2">MÉTODO DE COMPACTACIÓN</th> <th>AASHTO T-180</th> </tr> <tr> <td>Máxima densidad seca (g/cm³)</td> <td>:</td> <td>1.95</td> </tr> <tr> <td>Óptimo contenido de humedad (%)</td> <td>:</td> <td>9.97</td> </tr> <tr> <td>95% Máxima densidad seca (g/cm³)</td> <td>:</td> <td>1.85</td> </tr> <tr> <td>90% Máxima densidad seca (g/cm³)</td> <td>:</td> <td>1.76</td> </tr> </table>		MÉTODO DE COMPACTACIÓN		AASHTO T-180	Máxima densidad seca (g/cm³)	:	1.95	Óptimo contenido de humedad (%)	:	9.97	95% Máxima densidad seca (g/cm³)	:	1.85	90% Máxima densidad seca (g/cm³)	:	1.76					
MÉTODO DE COMPACTACIÓN		AASHTO T-180																				
Máxima densidad seca (g/cm³)	:	1.95																				
Óptimo contenido de humedad (%)	:	9.97																				
95% Máxima densidad seca (g/cm³)	:	1.85																				
90% Máxima densidad seca (g/cm³)	:	1.76																				
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th colspan="2">RESULTADOS</th> </tr> <tr> <td>Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"</td> <td>= 26.01</td> </tr> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <td>Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"</td> <td>= 14.41</td> </tr> <tr> <td>Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. a 1"</td> <td>= 6.75</td> </tr> </table>		RESULTADOS		Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 26.01	Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 14.41	Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. a 1"	= 6.75												
RESULTADOS																						
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 26.01																					
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 14.41																					
Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. a 1"	= 6.75																					
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th>MOLDE</th> <th>DENS. SECA</th> <th>CBR 0.1"</th> <th>CBR 0.2"</th> <th>CBR MÁX</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>56 golpes</td> <td>1.95</td> <td>25.72</td> <td>26.01</td> <td>26.01</td> </tr> <tr> <td>25 golpes</td> <td>1.83</td> <td>12.09</td> <td>12.28</td> <td>12.28</td> </tr> <tr> <td>10 golpes</td> <td>1.67</td> <td>3.28</td> <td>3.11</td> <td>3.28</td> </tr> </tbody> </table>		MOLDE	DENS. SECA	CBR 0.1"	CBR 0.2"	CBR MÁX	56 golpes	1.95	25.72	26.01	26.01	25 golpes	1.83	12.09	12.28	12.28	10 golpes	1.67	3.28	3.11	3.28
MOLDE	DENS. SECA	CBR 0.1"	CBR 0.2"	CBR MÁX																		
56 golpes	1.95	25.72	26.01	26.01																		
25 golpes	1.83	12.09	12.28	12.28																		
10 golpes	1.67	3.28	3.11	3.28																		
<p>REVISADO POR</p>																						
<p>Nombre y firma</p> <div style="text-align: center;">  <p><i>Enzo Pacahuala Rojas</i></p> </div>																						

Supervisor Laboratorio Suelos UPN

		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS				FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL								
FORMATO														
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR (NTP 339.145 / ASTM D-1883 / AASHTO T-193)														
MATERIAL: 66% Suelo natural + 34% Conchas de abanico trituradas					MUESTRA: Suelo natural + Conchas de abanico trituradas									
SEDE: Lima Centro - Breña					FECHA DE MUESTREO: 20/10/2022									
PROCEDENCIA: Suelo arenoso arcilloso (Chorrillos) / Conchas de abanico (Ica)					FECHA DE INGRESO: 21/10/2022									
ANALIZADO POR: Alessandra Rabines Chávez, Gianella Antuanet García Chiara					FECHA DE ANALISIS: 28/02/2023									
CÁLCULO DEL CBR														
Molde N°	A2				B2				C2					
Capas N°	5				5				5					
Golpes por capa N°	56				25				10					
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO				
Peso de molde (g)	7293	7293	7211	7211	7240	7240	7240	7240	7240	7240				
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11795	11950	11461	11702	11142	11496	11142	11496	11142	11496				
Peso del suelo húmedo (g)	4502	4657	4250	4491	3902	4256	3902	4256	3902	4256				
Volumen del molde (cm ³)	2119.56	2119.56	2120.52	2120.52	2117.74	2117.74	2117.74	2117.74	2117.74	2117.74				
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.12	2.20	2.00	2.12	1.84	2.01	1.84	2.01	1.84	2.01				
Tara (N°)	PA-2	PA-4	PA-3	PA-3	PA-4	PA-2	PA-4	PA-2	PA-4	PA-2				
Peso de tara (g)	13.80	14.94	14.76	14.90	13.68	14.94	13.68	14.94	13.68	14.94				
Peso tara + suelo húmedo (g)	64.35	63.26	64.29	69.10	70.56	71.71	70.56	71.71	70.56	71.71				
Peso tara + suelo seco (g)	60.20	58.37	60.14	62.28	65.87	63.68	65.87	63.68	65.87	63.68				
Peso de agua (g)	4.15	4.89	4.15	6.82	4.69	8.03	4.69	8.03	4.69	8.03				
Peso de suelo seco (g)	46.40	43.43	45.38	47.38	52.19	48.74	52.19	48.74	52.19	48.74				
Contenido de humedad (%)	8.94	11.26	9.14	14.39	8.99	16.48	8.99	16.48	8.99	16.48				
Densidad seca (g/cm ³)	1.95	1.98	1.83	1.85	1.69	1.73	1.69	1.73	1.69	1.73				
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
28/02/2023	10:20	96 h	0	5	0.000	0.000	1	17	0.000	0.000	2	82	0.000	0.000
04/03/2023	10:20	96 h	0	6	0.025	0.022	1	26	0.229	0.196	2	95	0.330	0.283
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN		CARGA STAND.	MOLDE N°	M-00	CARGA	MOLDE N°	M-00	CARGA	MOLDE N°	M-00	CARGA	MOLDE N°	M-00	CARGA
mm	pulg.	kg/cm2	kg	CORRECCIÓN	kg/cm2	kg	CORRECCIÓN	kg/cm2	kg	CORRECCIÓN	kg/cm2	kg	CORRECCIÓN	kg/cm2
				kg/cm2	CBR (%)		kg/cm2	CBR (%)		kg/cm2	CBR (%)		kg/cm2	CBR (%)
0.000	0.000	0.00	0.00			0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
0.635	0.025	5.20	100.67			0.67	13.05		0.67	12.91		0.67	12.91	
1.270	0.050	16.56	320.49			3.38	65.35		1.03	19.87		1.03	19.87	
1.905	0.075	23.08	446.61			5.74	111.10		1.37	26.51		1.37	26.51	
2.540	0.100	28.24	546.40	29.34	41.72	7.66	148.29	8.46	12.03	1.69	32.67	2.02	2.40	
3.810	0.150	36.67	709.59			10.66	206.32		2.24	43.32		2.24	43.32	
5.080	0.200	43.62	843.98	43.81	41.54	13.18	254.95	12.16	11.53	2.72	52.72	3.01	2.58	
6.350	0.250	49.89	965.38			15.03	290.79		3.14	60.84		3.14	60.84	
7.620	0.300	55.59	1075.68			16.88	326.69		3.52	68.10		3.52	68.10	
10.160	0.400	66.22	1281.37			20.33	393.44		3.93	76.11		3.93	76.11	
12.700	0.500	76.14	1473.24			23.60	456.70		4.56	88.33		4.56	88.33	
OBSERVACIONES														
Se realizaron las pertinentes correcciones en las curvas Penetración VS. Esfuerzo en el caso de que estas presentaran algún punto de inflexión.														
REVISADO POR														
Nombre y firma														
 Enzo Pacahuala Rojas														
Supervisor Laboratorio Suelos UPN														

		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS FORMATO		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL																																				
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR																																								
(NTP 339.145 / ASTM D-1883 / AASHTO T-193)																																								
MATERIAL: 66% Suelo natural + 34% Conchas de abanico trituradas			MUESTRA: Suelo natural + Conchas de abanico trituradas																																					
SEDE: Lima Centro - Breña			FECHA DE MUESTREO: 20/10/2022																																					
PROCEDENCIA: Suelo areno arcilloso (Chorrillos) / Conchas de abanico (Ica)			FECHA DE INGRESO: 21/10/2022																																					
ANALIZADO POR: Alessandra Rabines Chávez; Gianella García Chiara			FECHA DE ANÁLISIS: 28/02/2023																																					
REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR																																								
EC = 56 Golpes		EC = 25 Golpes		EC = 10 Golpes																																				
																																								
CBR vs. Densidad Seca $y = 691.99x^2 - 2368.3x + 2028.6$ $R^2 = 1$ 			<table border="1"> <thead> <tr> <th>MÉTODO DE COMPACTACIÓN</th> <th>:</th> <th>AASHTO T-180</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Máxima densidad seca (g/cm³)</td> <td>:</td> <td>1.95</td> </tr> <tr> <td>Óptimo contenido de humedad (%)</td> <td>:</td> <td>8.97</td> </tr> <tr> <td>95% Máxima densidad seca (g/cm³)</td> <td>:</td> <td>1.85</td> </tr> <tr> <td>90% Máxima densidad seca (g/cm³)</td> <td>:</td> <td>1.76</td> </tr> </tbody> </table>			MÉTODO DE COMPACTACIÓN	:	AASHTO T-180	Máxima densidad seca (g/cm ³)	:	1.95	Óptimo contenido de humedad (%)	:	8.97	95% Máxima densidad seca (g/cm ³)	:	1.85	90% Máxima densidad seca (g/cm ³)	:	1.76																				
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	:	AASHTO T-180																																						
Máxima densidad seca (g/cm ³)	:	1.95																																						
Óptimo contenido de humedad (%)	:	8.97																																						
95% Máxima densidad seca (g/cm ³)	:	1.85																																						
90% Máxima densidad seca (g/cm ³)	:	1.76																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">RESULTADOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"</td> <td>=</td> <td>41.72</td> </tr> <tr> <td>Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"</td> <td>=</td> <td>16.07</td> </tr> <tr> <td>Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. a 1"</td> <td>=</td> <td>3.58</td> </tr> </tbody> </table>			RESULTADOS						Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	=	41.72	Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	=	16.07	Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. a 1"	=	3.58	<table border="1"> <thead> <tr> <th>MOLDE</th> <th>DENS. SECA</th> <th>CBR 0.1"</th> <th>CBR 0.2"</th> <th>CBR MÁX</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>56 golpes</td> <td>1.95</td> <td>41.72</td> <td>41.54</td> <td>41.72</td> </tr> <tr> <td>25 golpes</td> <td>1.83</td> <td>12.03</td> <td>11.53</td> <td>12.03</td> </tr> <tr> <td>10 golpes</td> <td>1.69</td> <td>2.4</td> <td>2.58</td> <td>2.58</td> </tr> </tbody> </table>			MOLDE	DENS. SECA	CBR 0.1"	CBR 0.2"	CBR MÁX	56 golpes	1.95	41.72	41.54	41.72	25 golpes	1.83	12.03	11.53	12.03	10 golpes	1.69	2.4	2.58	2.58
RESULTADOS																																								
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	=	41.72																																						
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	=	16.07																																						
Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. a 1"	=	3.58																																						
MOLDE	DENS. SECA	CBR 0.1"	CBR 0.2"	CBR MÁX																																				
56 golpes	1.95	41.72	41.54	41.72																																				
25 golpes	1.83	12.03	11.53	12.03																																				
10 golpes	1.69	2.4	2.58	2.58																																				
REVISADO POR																																								
Nombre y firma																																								
 <i>Enzo Pacahuala Rojas</i>																																								
Supervisor Laboratorio Suelos UPN																																								

UPN UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS				FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL								
FORMATO														
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR														
(NTP 339.145 / ASTM D-1883 / AASHTO T-193)														
MATERIAL: 52% Suelo natural + 48% Conchas de abanico trituradas					MUESTRA: Suelo natural + Conchas de abanico trituradas									
SEDE: Lima Centro - Breña					FECHA DE MUESTREO: 20/10/2022									
PROCEDENCIA: Suelo arenoso arcilloso (Chorrillos) / Conchas de abanico (Ica)					FECHA DE INGRESO: 21/10/2022									
ANALIZADO POR: Alessandra Rabines Chávez; Gianella Antuanet García Chiara					FECHA DE ANALISIS: 03/03/2023									
CÁLCULO DEL CBR														
Molde N°	A2				B2				C2					
Capas N°	5				5				5					
Golpes por capa N°	56				25				10					
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO						
Peso de molde (g)	7292	7292	7211	7211	7240	7240								
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11769	11965	11444	11716	11267	11601								
Peso del suelo húmedo (g)	4477	4673	4233	4505	4027	4361								
Volumen del molde (cm ³)	2119.56	2119.56	2120.52	2120.52	2117.74	2117.74								
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.11	2.20	2.00	2.12	1.90	2.06								
Tara (N°)	M1	A1	M2	B1	M3	C1								
Peso de tara (g)	14.99	15.07	14.83	15.00	14.85	14.97								
Peso tara + suelo húmedo (g)	71.10	62.19	73.59	61.30	76.54	69.02								
Peso tara + suelo seco (g)	67.06	57.10	69.35	55.68	71.97	62.13								
Peso de agua (g)	4.04	5.09	4.24	5.62	4.57	6.89								
Peso de suelo seco (g)	52.07	42.03	54.52	40.68	57.12	47.16								
Contenido de humedad (%)	7.76	12.11	7.78	13.82	8.00	14.61								
Densidad seca (g/cm ³)	1.96	1.96	1.86	1.86	1.76	1.80								
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION	
					mm	%			mm	%			mm	%
03/03/2023	16:30	96 h	1	59	0.000	0.000	0	2	0.000	0.000	1	37	0.000	0.000
07/03/2023	16:30	96 h	1	69	0.254	0.218	0	17	0.381	0.327	1	53	0.406	0.349
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	CARGA STAND.	MOLDE N° CARGA	M-00		CARGA STAND.	MOLDE N° CARGA	M-00		CARGA STAND.	MOLDE N° CARGA	M-00			
			kg/cm2	kg			CORRECCIÓN kg/cm2	CBR (%)			kg/cm2	kg	CORRECCIÓN kg/cm2	CBR (%)
0.000	0.000	0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00					
0.635	0.025	2.15	41.62		1.56	30.21		1.15	22.29					
1.270	0.050	9.12	176.45		3.69	71.40		2.36	45.66					
1.905	0.075	15.93	308.16		5.65	109.40		3.17	61.35					
2.540	0.100	21.20	410.28	23.28	33.12	7.33	141.92	7.63	10.85	3.70	71.64	5.26		
3.810	0.150	28.65	554.44		10.54	204.01		4.70	90.93					
5.080	0.200	33.81	654.27	34.36	32.58	12.88	249.32	13.02	12.35	5.39	104.34	5.11		
6.350	0.250	38.09	737.10		14.82	286.72		5.86	113.39					
7.620	0.300	41.79	808.62		16.59	320.97		6.49	125.52					
10.160	0.400	48.60	940.49		19.80	383.12		7.62	147.49					
12.700	0.500	55.66	1076.97		23.06	446.26		8.71	168.62					
OBSERVACIONES														
Se realizaron las pertinentes correcciones en las curvas Penetración VS. Esfuerzo en el caso de que estas presentaran algún punto de inflexión.														
REVISADO POR														
Nombre y firma														
 <p>Enzo Pacahuala Rojas</p>														
Supervisor Laboratorio Suelos UPN														

 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	<p>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</p> <p>FORMATO</p>	<p>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</p>																																											
<p>RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</p> <p>(NTP 339.145 / ASTM D-1883 / AASHTO T-193)</p>																																													
MATERIAL: 52% Suelo natural + 48% Conchas de abanico trituradas		MUESTRA: Suelo natural + Conchas de abanico trituradas																																											
SEDE: Lima Centro - Breña		FECHA DE MUESTREO: 20/10/2022																																											
PROCEDENCIA: Suelo areno arcilloso (Chorrillos) / Conchas de abanico (Ica)		FECHA DE INGRESO: 21/10/2022																																											
ANALIZADO POR: Alessandra Rabines Chávez; Gianella García Chiara		FECHA DE ANÁLISIS: 03/03/2023																																											
<p>REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR</p>																																													
<p>EC = 56 Golpes</p> 	<p>EC = 25 Golpes</p> 	<p>EC = 10 Golpes</p> 																																											
<p>CBR vs. Densidad Seca</p> 	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th colspan="2">MÉTODO DE COMPACTACIÓN</th> <th>: AASTHO T-180</th> </tr> <tr> <td>Máxima densidad seca (g/cm³)</td> <td>:</td> <td>1.96</td> </tr> <tr> <td>Óptimo contenido de humedad (%)</td> <td>:</td> <td>7.95</td> </tr> <tr> <td>95% Máxima densidad seca (g/cm³)</td> <td>:</td> <td>1.86</td> </tr> <tr> <td>90% Máxima densidad seca (g/cm³)</td> <td>:</td> <td>1.76</td> </tr> </table> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th colspan="2">RESULTADOS</th> </tr> <tr> <td>Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"</td> <td>= 33.12</td> </tr> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <td>Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"</td> <td>= 12.58</td> </tr> <tr> <td>Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. a 1"</td> <td>= 5.23</td> </tr> </table> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th>MOLDE</th> <th>DENS. SECA</th> <th>CBR 0.1"</th> <th>CBR 0.2"</th> <th>CBR MÁX</th> </tr> <tr> <td>56 golpes</td> <td>1.96</td> <td>33.12</td> <td>32.58</td> <td>33.12</td> </tr> <tr> <td>25 golpes</td> <td>1.86</td> <td>10.85</td> <td>12.35</td> <td>12.35</td> </tr> <tr> <td>10 golpes</td> <td>1.76</td> <td>5.26</td> <td>5.11</td> <td>5.26</td> </tr> </table>		MÉTODO DE COMPACTACIÓN		: AASTHO T-180	Máxima densidad seca (g/cm ³)	:	1.96	Óptimo contenido de humedad (%)	:	7.95	95% Máxima densidad seca (g/cm ³)	:	1.86	90% Máxima densidad seca (g/cm ³)	:	1.76	RESULTADOS		Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 33.12	Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 12.58	Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. a 1"	= 5.23	MOLDE	DENS. SECA	CBR 0.1"	CBR 0.2"	CBR MÁX	56 golpes	1.96	33.12	32.58	33.12	25 golpes	1.86	10.85	12.35	12.35	10 golpes	1.76	5.26	5.11	5.26
MÉTODO DE COMPACTACIÓN		: AASTHO T-180																																											
Máxima densidad seca (g/cm ³)	:	1.96																																											
Óptimo contenido de humedad (%)	:	7.95																																											
95% Máxima densidad seca (g/cm ³)	:	1.86																																											
90% Máxima densidad seca (g/cm ³)	:	1.76																																											
RESULTADOS																																													
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 33.12																																												
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 12.58																																												
Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. a 1"	= 5.23																																												
MOLDE	DENS. SECA	CBR 0.1"	CBR 0.2"	CBR MÁX																																									
56 golpes	1.96	33.12	32.58	33.12																																									
25 golpes	1.86	10.85	12.35	12.35																																									
10 golpes	1.76	5.26	5.11	5.26																																									
<p>REVISADO POR</p>																																													
<p>Nombre y firma</p>  <p>Enzo Pacahuala Rojas</p>																																													

Supervisor Laboratorio Suelos UPN