



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO.**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL.**

**TESIS**

**CALIDADES GEOTÉCNICAS DEL BANCO DE MATERIALES “EL  
COPALILLO”, EN EL MUNICIPIO DE VILLA JIMÉNEZ,  
MICHOACÁN.**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERA CIVIL**

**PRESENTA:  
JESSICA TORRES RICO**

**ASESOR DE TESIS:  
M.I. ERNESTO ALBERTO NÚÑEZ**



**MORELIA, MICHOACÁN, JULIO DE 2022.**



ÍNDICE.

<b>DEDICATORIAS.....</b>	<b>16</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>17</b>
<b>1. RESUMEN.....</b>	<b>18</b>
<b>2. ABSTRAC.....</b>	<b>19</b>
<b>3. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>20</b>
<b>4. OBJETIVO.....</b>	<b>21</b>
<b>5. ALCANCES.....</b>	<b>22</b>
<b>6. ANTECEDENTES GENERALES.....</b>	<b>23</b>
<b>7. ANTECEDENTES PARTICULARES.....</b>	<b>25</b>
<b>8. ZONA DE ESTUDIO.....</b>	<b>27</b>
<b>9. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>29</b>
9.1 Banco de material.....	29
9.2 Agregados pétreos.....	29
9.3 Suelo.....	31
9.4 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).....	31
9.5 Clasificación AASHTO.....	32
9.6 Límites de Atterberg.....	33
9.7 Índice de plasticidad.....	33
9.8 Estudio geotécnico.....	34
9.9 Control de calidad.....	34
<b>10. METODOLOGÍA.....</b>	<b>35</b>



10.1	MUESTREO EN CAMPO DE BASE HIDRÁULICA, SUBRASANTE, ARENA Y TEPETATE.....	36
10.2	GRANULOMETRÍA POR MALLAS EN BASE HIDRÁULICA, SUBRASANTE, ARENA Y TEPETATE.....	38
10.2.2	Subrasante.....	43
10.2.3	Arena.....	45
10.2.4	Tepetate.....	47
10.3	DENSIDAD Y ABSORCIÓN EN BASE HIDRÁULICA Y ARENA.....	48
10.3.1	Base hidráulica.....	49
10.3.2	Arena.....	50
10.4	LÍMITES DE CONSISTENCIA EN BASE HIDRÁULICA, SUBRASANTE, ARENA Y TEPETATE.....	52
10.4.1	Base hidráulica.....	53
10.4.2	Subrasante.....	55
10.4.3	Arena.....	56
10.4.4	Tepetate.....	57
10.5	EQUIVALENTE DE ARENA EN BASE HIDRÁULICA, SUBRASANTE, ARENA Y TEPETATE.....	60
10.5.1	Base hidráulica.....	61
10.5.2	Subrasante.....	64
10.5.3	Arena.....	66
10.5.4	Tepetate.....	67
10.6	COMPACTACIÓN DINÁMICA ESTANDAR Y DINÁMICA MODIFICADA.....	68
10.6.1	Base hidráulica.....	70
10.6.2	Subrasante.....	71



10.6.3	Arena.....	72
10.6.4	Tepetate.....	74
10.7	VALOR RELATIVO DE SOPORTE EN BASE HIDRÁULICA, SUBRASANTE, ARENA Y TEPETATE.....	75
10.7.1	Base hidráulica.....	75
10.7.2	Subrasante.....	77
10.7.3	Arena.....	78
10.7.4	Tepetate.....	78
10.8	CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO) EN BASE HIDRÁULICA, SUBRASANTE, ARENA Y TEPETATE.....	79
10.8.1	Base hidráulica.....	80
10.8.2	Subrasante.....	81
10.8.3	Arena.....	83
10.8.4	Tepetate.....	83
<b>11.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>84</b>
11.1	GRANULOMETRÍA POR MALLAS EN BASE HIDRÁULICA, SUBRASANTE, ARENA Y TEPETATE.....	84
11.1.1	Base hidráulica.....	84
11.1.2	Subrasante.....	98
11.1.3	Arena.....	111
11.1.4	Tepetate.....	118
11.2	DENSIDAD Y ABSORCIÓN EN BASE HIDRÁULICA Y ARENA.....	125
11.2.1	Base hidráulica.....	125
11.2.2	Arena.....	128



11.3	LÍMITES DE CONSISTENCIA EN BASE HIDRÁULICA, SUBRASANTE, ARENA Y TEPETATE.....	129
11.3.1	Base hidráulica.....	129
11.3.2	Subrasante.....	130
11.3.3	Arena.....	131
11.3.4	Tepetate.....	132
11.4	EQUIVALETE DE ARENA EN BASE HIDRÁULICA, SUBRASANTE, ARENA Y TEPETATE.....	136
11.4.1	Base hidráulica.....	136
11.4.2	Subrasante.....	138
11.4.3	Arena.....	139
11.4.4	Tepetate.....	140
11.5	COMPACTACIÓN DINÁMICA ESTANDAR Y DINÁMICA MODIFICADA (AASHTO).....	141
11.5.1	Base Hidráulica.....	141
11.5.2	Subrasante.....	144
11.5.3	Arena.....	147
11.5.4	Tepetate.....	150
11.6	VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS) EN BASE HIDRÁULICA, SUBRASANTE, ARENA Y TEPETATE.....	155
11.6.1	Base hidráulica.....	155
11.6.2	Subrasante.....	157
11.6.3	Arena.....	159
11.6.4	Tepetate.....	161



11.7	CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO) EN BASE HIDRÁULICA, SUBRASATE, ARENA Y TEPETATE.....	163
11.7.1	Base hidráulica.....	163
11.7.2	Subrasante.....	165
11.7.3	Arena.....	166
11.7.4	Tepetate.....	167
<b>12.</b>	<b>RESUMEN DE RESULTADOS.....</b>	<b>168</b>
12.1	BASE HIDRAULICA.....	168
12.2	SUBRASANTE.....	169
12.3	ARENA.....	170
12.4	TEPETATE.....	171
<b>13.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>172</b>
<b>14.</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>175</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS.

<i>Fig. 1 Municipio de Villa Jiménez, Michoacán, J. Torres, 2022.....</i>	<i>27</i>
<i>Fig. 2 Ubicación del Banco de materiales “El copalillo”, J. Torres, 2022.....</i>	<i>28</i>
<i>Fig. 3 Materiales pétreos, banco de materiales, J. Torres, 2022.....</i>	<i>28</i>
<i>Fig. 4 Muestreo en campo, Base hidráulica, J. Torres 2022.....</i>	<i>36</i>
<i>Fig. 5 Muestreo en campo, Subrasante, J. Torres 2022.....</i>	<i>37</i>
<i>Fig. 6 Muestreo encampo, Arena, J. Torres, 2022.....</i>	<i>37</i>
<i>Fig. 7 Muestreo encampo, Tepetate, J. Torres, 2022.....</i>	<i>38</i>
<i>Fig. 8 Cuarteo y PVSS, Base hidráulica, J. Torres, 2022.....</i>	<i>39</i>
<i>Fig. 9 PVSS, Base hidráulica, J. Torres, 2022.....</i>	<i>40</i>
<i>Fig. 10 PSSV, Base hidráulica, J. Torres, 2022.....</i>	<i>40</i>
<i>Fig. 11 Cribado por mallas, Granulometría gruesa, Base hidráulica, J. Torres, 2022.....</i>	<i>41</i>
<i>Fig. 12 Granulometría gruesa, Base hidráulica, J. Torres, 2022.....</i>	<i>41</i>
<i>Fig. 13 Cuarteo, Lavado y secado, para granulometría fina, Base hidráulica, J. Torres. 2022.....</i>	<i>42</i>
<i>Fig. 14 Cribado de Granulometría Fina, Base hidráulica, J. Torres, 2022.....</i>	<i>42</i>
<i>Fig. 15 Granulometría Fina, Base hidráulica, J. Torres, 2022.....</i>	<i>43</i>
<i>Fig. 16 Cuarteo y PVSS, Subrasante, J. Torres, 2022.....</i>	<i>43</i>
<i>Fig. 17 Granulometría Gruesa, Subrasante, J. Torres, 2022.....</i>	<i>44</i>
<i>Fig. 18 Lavado granulometría fina, Subrasante, J. Torres, 2022.....</i>	<i>44</i>
<i>Fig. 19 Cribado en granulometría fina, Subrasate, J. Torres, 2022.....</i>	<i>45</i>
<i>Fig. 20 Cuarteo y granulometría gruesa, Arena, J. Torres, 2022.....</i>	<i>45</i>
<i>Fig. 21 Cribado en granulometría fina, Arena, J. Torres, 2022.....</i>	<i>46</i>
<i>Fig. 22 Granulometría fina, Arena, J. Torres, 2022.....</i>	<i>46</i>
<i>Fig. 23 Cuarteo y PVSS, Tepetate, J. Torres, 2022.....</i>	<i>47</i>
<i>Fig. 24 Granulometría Gruesa, Tepetate, J. Torres, 2022.....</i>	<i>47</i>
<i>Fig. 25 Granulometría fina, Tepetate, J. Torres, 2022.....</i>	<i>48</i>
<i>Fig. 26 Muestreo para prueba de absorción, Base hidráulica, J. Torres, 2022.....</i>	<i>49</i>
<i>Fig. 27 Secado superficial y muestra colocada en la probeta, Base hidráulica, J. Torres, 2022.....</i>	<i>49</i>



Fig. 28 Peso de la muestra y secado en horno, Base hidráulica, J. Torres, 2022. ....50

Fig. 29 Muestra saturada, Arena, J. Torres, 2022. ....50

Fig. 30 Muestra, Arena, J. Torres, 2022. ....51

Fig. 31 Colocación de la muestra, Arena, J. Torres, 2022. ....51

Fig. 32 Densidad, Arena, J. Torres, 2022. ....52

Fig. 33 Muestra saturada, Base hidráulica, J. Torres, 2022. ....53

Fig. 34 Colocación de la muestra e la copa de casagrande, Base hidráulica, J. Torres, 2022.  
.....53

Fig. 35 Muestra ranurada en la copa de casagrande y muestra para la obtención de la  
contracción lineal, J. Torres, 2022. ....54

Fig. 36 Muestras de contracción lineal después de ser secadas en el horno por 24hrs., Base  
hidráulica, J. Torres, 2022. ....54

Fig. 37 Secado superficial del material para límites, Subrasante, J. Torres, 2022. ....55

Fig. 38 Procedimiento de la muestra ranurada con diferente contenido de humedad,  
Subrasante, J. Torres, 2022. ....55

Fig. 39 Elaboración de las muestras para contracción lineal, y muestras ya retiradas del  
horno de secado, Subrasante, J. Torres, 2022. ....56

Fig. 40 Ejecución de la prueba límites de consistencia, Arena, J. Torres, 2022. ....56

Fig. 41 Muestra de contracción lineal dentro y fuera del horno de secado, Arena, J. Torres,  
2022. ....57

Fig. 42 Proceso de secado y colocacion de material en la copa de Casagrade, Tepetate, J.  
Torres, 2022. ....57

Fig. 43 Muestra para contracción lineal, Tepetate, J. Torres, 2022. ....58

Fig. 44 Muestras para obtener, límite plástico y líquido, contracción volumétrica y lineal,  
Tepetate, J. Torres, 2022. ....58

Fig. 45 Pesos de las muestras secas, Tepetate, J. Torres, 2022. ....59

Fig. 46 Lectura de la contracción lineal, muestra seca, Tepetate, J. Torres, 2022. ....59

Fig. 47 Obtención de la contracción volumétrica, Tepetate, J. Torres, 2022. ....60

Fig. 48 Cuarteo y muestra para la prueba, Base hidráulica, J. Torres, 2022. ....61



*Fig. 49 Colocación de muestra en la probeta que contiene la solución, Base hidráulica, J. Torres, 2022.....61*

*Fig. 50 Muestra colocada en el agitador mecánico, Base hidráulica, J. Torres, 2022.....62*

*Fig. 51 Colocación de solución hasta las 15", Base hidráulica, J. Torres, 2022.....62*

*Fig. 52 Material en reposo y toma de lectura de finos en suspensión, Base hidráulica, J. Torres, 2022.....63*

*Fig. 53 Procedimiento de la varilla con pisón para tomar lectura de las arenas presentes en la muestra, Base hidráulica, J. Torres, 2022. ....63*

*Fig. 54 Preparación de la solución de trabajo, Subrasante, J. Torres, 2022. ....64*

*Fig. 55 Cuarteo del material y preparación de la probeta, Subrasante, J. Torres, 2022. .64*

*Fig. 56 Colocación de material en la probeta con ayuda de un embudo, Subrasate, J. Torres, 2022.....65*

*Fig. 57 Muestra colocada en el agitador mecánico y lectura de resultados, Subrasante, J. Torres,2022.....65*

*Fig. 58 Cuarteo de material para obtener muestra y realizar la prueba equivalente de arena, Arena, J. Torres, 2022. ....66*

*Fig. 59 Lectura de finos y arenas presentes en la muestra, Arena, J. Torres, 2022. ....66*

*Fig. 60 Cuarteo de material para obtener muestra y realizar la prueba equivalente de arena, Tepetate, J. Torres, 2022. ....67*

*Fig. 61 Proceso y toma de resultados de la prueba equivalente de arena, Tepetate, J. Torres, 2022.....67*

*Fig. 62 Patrón de compactación para el molde de 10.16 cm (4 pulgadas), J. Torres, 2022. ....69*

*Fig. 63 Patrón de compactación para el molde de 15.24 cm (6 pulgadas), J. Torres, 2022. ....69*

*Fig. 64 Material cribado por la malla 3/4" y aplicación del agua y homogenización del material para realizar la prueba, Base hidráulica, J. Torres, 2022. ....70*

*Fig. 65 Proceso de compactación, Base hidráulica, J. Torres, 2022.....70*

*Fig. 66 Material cribado, y agua agregada para la homogenización del material para la prueba, Subrasante, J. Torres, 2022.....71*



Fig. 67 Material colocado y compactado en el molde, Subrasante, J. Torres, 2022..... 71

Fig. 68 Muestras de las pruebas realizadas con diferentes contenidos de agua para secar en el horno, Subrsante, J. Torres, 2022..... 72

Fig. 69 Preparación de la muestra, Arena, J. Torres, 2022..... 72

Fig. 70 Proceso de compactación, Arena, J. Torres, 2022..... 73

Fig. 71 Muestras de material con diferentes humedades, Arena, J. Torres, 2022..... 73

Fig. 72 Homogenización de material, Tepetate, J. Torres, 2022. .... 74

Fig. 73 Obtención del material compactado en el molde, Tepetate, J. Torres, 2022. .... 74

Fig. 74 Muestra saturada y toma de lectura de expansión, Base hidráulica, J. Torres, 2022. .... 75

Fig. 75 Muestra saturada y seca superficialmete, Base hidráulica, J. Torres, 2022..... 76

Fig. 76 Penetración, Base hidráulica, J. Torres, 2022. .... 76

Fig. 77 Preparación de la muestra mediante prueba Porter, Subrasante, J. Torres, 2022. .... 77

Fig. 78 Vrs, Subrasante, J. Torres, 2022. .... 77

Fig. 79 Vrs, Arena, J. Torres, 2022. .... 78

Fig. 80 Prueba porter para realizar Vrs, Tepetate, J. Torres, 2022. .... 78

Fig. 81 Vrs, Tepetate, J. Torres, 2022. .... 79

Fig. 82 Obtención de muestra para CBR, Base hidráulica, J. Torres, 2022..... 80

Fig. 83 CBR, Base hidráulica, J. Torres, 2022..... 80

Fig. 84 Lectura de dimensiones del molde, J. Torres, 2022..... 81

Fig. 85 Muestra para CBR, Subrasante, J. Torres, 2022. .... 81

Fig. 86 Muestra después de saturación y acondicionamiento para prueba CBR, Subrasante, J. Torres, 2022. .... 82

Fig. 87 CBR, Subrasante, J. Torres, 2022..... 82

Fig. 88 CBR, Arena, J. Torres, 2022..... 83

Fig. 89 Muestra colocada en el equipo de carga, Tepetate, J. Torres, 2022. .... 83

Fig. 90 CBR, Tepetate, J. Torres, 2022..... 84

Fig. 91 Granulometría por mallas, G1 PVSS, Base hidráulica, J. Torres, 2022. .... 87

Fig. 92 Granulometría por mallas, G2 PVSS, Base hidráulica, J. Torres, 2022. .... 89



Fig. 93 Granulometría por mallas, G3 PVSS, Base hidráulica, J. Torres, 2022..... 91

Fig. 94 Granulometría por mallas, G1 PVSV, Base hidráulica, J. Torres, 2022..... 93

Fig. 95 Granulometría por mallas, G2 PVSV, Base hidráulica, J. Torres, 2022..... 95

Fig. 96 Granulometría por mallas, G3 PVSV, Base hidráulica, J. Torres, 2022. .... 97

Fig. 97 Granulometría por mallas, G1 PVSS, Subrasante, J. Torres, 2022..... 100

Fig. 98 Granulometría por mallas, G2 PVSS, Subrasante, J. Torres, 2022..... 102

Fig. 99 Granulometría por mallas, G3 PVSS, Subrasante, J. Torres, 2022..... 104

Fig. 100 Granulometría por mallas, G1 PVSV, Subrasante, J. Torres, 2022..... 106

Fig. 101 Granulometría por mallas, G2 PVSV, Subrasante, J. Torres, 2022..... 108

Fig. 102 Granulometría por mallas, G3 PVSV, Subrasante, J. Torres, 2022..... 110

Fig. 103 Granulometría por mallas, G1 PVSS, Arena, J. Torres, 2022. .... 113

Fig. 104 Granulometría por mallas, G2 PVSS, Arena, J. Torres, 2022. .... 115

Fig. 105 Granulometría por mallas, G3 PVSS, Arena, J. Torres, 2022. .... 117

Fig. 106 Granulometría por mallas, G1 PVSS, Tepetate, J. Torres, 2022. .... 120

Fig. 107 Granulometría por mallas, G2 PVSS, Tepetate, J. Torres, 2022. .... 122

Fig. 108 Granulometría por mallas, G3 PVSS, Tepetate, J. Torres, 2022. .... 124

Fig. 109 Gráfica límite líquido prueba no.1, Tepetate, J. Torres, 2022..... 133

Fig. 110 Gráfica límite líquido prueba no. 2, Tepetate, J. Torres, 2022..... 135

Fig. 111 Gráfica Prueba AASHTO No.1, Base hidráulica, J. Torres, 2022..... 142

Fig. 112 Gráfica prueba AASHTO No.2, Base hidráulica, J. Torres, 2022. .... 143

Fig. 113 Gráfica prueba AASHTO No.1, Subrasante, J. Torres, 2022..... 145

Fig. 114 Gráfica prueba AASHTO No.2, Subrasante, J. Torres, 2022..... 146

Fig. 115 Gráfica prueba AASHTO No.1, Arena, J. Torres, 2022..... 148

Fig. 116 Gráfica prueba AASHTO No.1, Arena, J. Torres, 2022..... 149

Fig. 117 Gráfica prueba proctor estándar variante "A" No.1, Tepetate, J. Torres, 2022.  
..... 151

Fig. 118 Gráfica prueba proctor estándar variante "A" No.2, Tepetate, J. Torres, 2022.  
..... 153

Fig. 119 Gráfica prueba proctor estándar variante "A" No.3, Tepetate, J. Torres, 2022.  
..... 154



*Fig. 120 Gráfica VRS, Base hidráulica, J. Torres, 2022. .... 156*

*Fig. 121 Gráfica VRS, Subrasante, J. Torres, 2022. .... 158*

*Fig. 122 Gráfica VRS, Arena, J. Torres, 2022. .... 160*

*Fig. 123 Gráfica VRS, Tepetate, J. Torres, 2022. .... 162*

*Fig. 124 Gráfica CBR, Base hidráulica, J. Torres, 2022. .... 164*

*Fig. 125 Gráfica CBR, Subrasante, J. Torres, 2022. .... 165*

*Fig. 126 Gráfica CBR, Arena, J. Torres, 2022. .... 166*

*Fig. 127 Gráfica CBR, Tepetate, J. Torres, 2022. .... 167*



## ÍNDICE DE TABLAS.

<i>Tabla 1 Producción de agregados pétreos en México, J. Torres, 2022.</i>	23
<i>Tabla 2 Pesos volumétricos secos sueltos, Base hidráulica, J. Torres, 2022.</i>	85
<i>Tabla 3 Pesos volumétricos secos varillados, Base hidráulica, J. Torres, 2022.</i>	85
<i>Tabla 4 Granulometría No.1 PVSS, Base hidráulica, J. Torres, 2022.</i>	86
<i>Tabla 5 Granulometría No.2 PVSS, Base hidráulica, J. Torres, 2022.</i>	88
<i>Tabla 6 Granulometría No.3 PVSS, Base hidráulica, J. Torres, 2022.</i>	90
<i>Tabla 7 Granulometría No.1 PVSV, Base hidráulica, J. Torres, 2022.</i>	92
<i>Tabla 8 Granulometría No.2 PVSV, Base hidráulica, J. Torres, 2022.</i>	94
<i>Tabla 9 Granulometría No.3 PVSV, Base hidráulica, J. Torres, 2022.</i>	96
<i>Tabla 10 Pesos volumétricos secos sueltos, Subrasante, J. Torres, 2022.</i>	98
<i>Tabla 11 Pesos volumétricos secos varillados, Subrasante, J. Torres, 2022.</i>	98
<i>Tabla 12 Granulometría No.1 PVSS, Subrasante, J. Torres, 2022.</i>	99
<i>Tabla 13 Granulometría No.2 PVSS, Subrasante, J. Torres, 2022.</i>	101
<i>Tabla 14 Granulometría No.3 PVSS, Subrasante, J. Torres, 2022.</i>	103
<i>Tabla 15 Granulometría No.1 PVSV, Subrasante, J. Torres, 2022.</i>	105
<i>Tabla 16 Granulometría No.2 PVSV, Subrasante, J. Torres, 2022.</i>	107
<i>Tabla 17 Granulometría No.3 PVSV, Subrasante, J. Torres, 2022.</i>	109
<i>Tabla 18 Pesos volumétricos secos sueltos, Arena, J. Torres, 2022.</i>	111
<i>Tabla 19 Granulometría No.1 PVSS, Arena, J. Torres, 2022.</i>	112
<i>Tabla 20 Granulometría No.2 PVSS, Arena, J. Torres, 2022.</i>	114
<i>Tabla 21 Granulometría No.3 PVSS, Arena, J. Torres, 2022.</i>	116
<i>Tabla 22 Pesos volumétricos secos sueltos, Tepetate, J. Torres, 2022.</i>	118
<i>Tabla 23 Granulometría No.1 PVSS, Tepetate, J. Torres, 2022.</i>	119
<i>Tabla 24 Granulometría No.2 PVSS, Tepetate, J. Torres, 2022.</i>	121
<i>Tabla 25 Granulometría No.3 PVSS, Tepetate, J. Torres, 2022.</i>	123
<i>Tabla 26 Densidad y absorción PVSS 1, Base hidráulica, J. Torres, 2022.</i>	125
<i>Tabla 27 Densidad y absorción PVSS 2, Base hidráulica, J. Torres, 2022.</i>	125
<i>Tabla 28 Densidad y absorción PVSS 3, Base hidráulica, J. Torres, 2022.</i>	126
<i>Tabla 29 Densidad y absorción PVSV 1, Base hidráulica, J. Torres, 2022.</i>	126



Tabla 30 Densidad y absorción PVSV 2, Base hidráulica, J. Torres, 2022.....	127
Tabla 31 Densidad y absorción PVSV 3, Base hidráulica, J. Torres, 2022.....	127
Tabla 32 Densidad, Arena, J. Torres, 2022.....	128
Tabla 33 Límites de consistencia, Base hidráulica, J. Torres, 2022. ....	129
Tabla 34 Límites de consistencia, Subrasante, J. Torres, 2022 .....	130
Tabla 35 Límites de consistencia, Arena, J. Torres, 2022 .....	131
Tabla 36 Límites de consistencia prueba no.1, Tepetate, J. Torres, 2022. ....	132
Tabla 37 Límites de consistencia prueba no.2, Tepetate, J. Torres, 2022 .....	134
Tabla 38 Equivalente de Arena, Base hidráulica, J. Torres, 2022.....	136
Tabla 39 Equivalente de Arena, Subrasante, J. Torres, 2022 .....	138
Tabla 40 Equivalente de Arena, Arena, J. Torres, 2022 .....	139
Tabla 41 Equivalente de Arena, Tepetate, J. Torres, 2022.....	140
Tabla 42 Prueba AASHTO No.1, Base hidráulica, J. Torres, 2022.....	141
Tabla 43 Prueba AASHTO No.2, Base hidráulica, J. Torres, 2022.....	142
Tabla 44 Prueba AASHTO No.1, Subrasante, J. Torres, 2022. ....	144
Tabla 45 Prueba AASHTO No.2, Subrasante, J. Torres, 2022. ....	145
Tabla 46 Prueba AASHTO No.1, Arena, J. Torres, 2022.....	147
Tabla 47 Prueba AASHTO No.2, Arena, J. Torres, 2022.....	149
Tabla 48 Prueba proctor estándar variante "A" No.1, Tepetate, J. Torres, 2022. ....	150
Tabla 49 Prueba proctor estándar variante "A" No.2, Tepetate, J. Torres, 2022 .....	152
Tabla 50 Prueba proctor estándar variante "A" No.3, Tepetate, J. Torres, 2022. ....	153
Tabla 51 VRS, Base hidráulica, J. Torres, 2022.....	155
Tabla 52 VRS, Subrasante, J. Torres, 2022.....	157
Tabla 53 VRS, Arena, J. Torres, 2022.....	159
Tabla 54 VRS, Tepetate, J. Torres, 2022.....	161
Tabla 55 CBR, Base hidráulica, J. Torres, 2022. ....	163
Tabla 56 CBR, Subrasante, J. Torres, 2022. ....	165
Tabla 57 CBR, Arena, J. Torres, 2022.....	166
Tabla 58 CBR, Tepetate, J. Torres, 2022. ....	167
Tabla 59 Informe de calidad de los materiales, Base hidráulica, J. Torres, 2022.....	168



*Tabla 60 Informe de calidad de los materiales, Subrasante, J. Torres, 2022..... 169*

*Tabla 61 Informe de calidad de los materiales, Arena, J. Torres, 2022..... 170*

*Tabla 62 Informe de calidad de los materiales, Tepetate, J. Torres, 2022..... 171*



## DEDICATORIAS.

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

***“El esfuerzo y las metas alcanzadas, refleja la dedicación y el amor que invierten los padres en sus hijos”.***

A mis padres Florencio Torres Reyes y Patricia Ma. Rico Magaña, a quienes les debo toda mi vida, quienes con su gran amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más.

A mis hermanos Julián Y Emmanuel, por apoyarme desde principio hasta fin, por ser tan buenos y admirables y sobre todo por darme su amor y gran apoyo en esta etapa de mi vida.

***Dios está conmigo siempre.***



## AGRADECIMIENTOS.

Agradezco infinitamente a Dios, por su amor, por haberme dado una familia maravillosa, quienes han creído en mí siempre dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio, enseñándome a valorar todo lo que tengo; estoy agradecida por la fortaleza que me brindó para luchar y conseguir este sueño.

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por confiar y creer siempre en mí, gracias a mi madre por estar dispuesta a acompañarme cada larga y agotadora noche de estudio en las que su compañía fue mi mejor motivación, gracias a mi padre por siempre desear y anhelar lo mejor para mí, gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras que me han guiado en la vida. Agradezco su amor, cariño y comprensión y sobre todo por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad.

A mis hermanos Julián y Emmanuel, gracias por siempre estar ahí para apoyarme, por acompañarme en este largo camino con tanto amor y cariño, gracias por su paciencia y por siempre preocuparse por su hermana mayor.

A mis profesores y asesor de tesis que, con paciencia, dedicación y entusiasmo, me transmitieron todo su conocimiento, gracias por sembrar en mí la semilla de seguir preparándome, gracias por el aprendizaje académico y por esas lecciones de vida que no tienen precio.

A mis amigos y compañeros, gracias por hacer de cada semestre un reto nuevo a cumplir, gracias por esos desvelos y trabajos en equipo, los estimo y los quiero ver triunfado siempre.



## 1. RESUMEN.

La presente investigación titulada “Calidades geotécnicas del banco de materiales “El copalillo”, en el municipio de Villa Jiménez, Michoacán”, se realizó a través de un análisis de los agregados pétreos: base hidráulica, subrasante, arena y tepetate que son explotados en dicho municipio y se les da uso para construcción de obras civiles en la región. Con autorización del propietario se pudieron muestrear los agregados para llevar a cabo en laboratorio las pruebas establecidas en los manuales de la Secretaria de Comunicación y Transportes (SCT) y el Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación (ONNCCE) para así conocer la calidad geotécnica del banco de materiales.

Las pruebas realizadas fueron las siguientes: granulometría por mallas (NMX-C-496-ONNCCE-2014), masa volumétrica seca suelta y masa volumétrica seca varillada (NMX-C-073-ONNCCE-2004), densidad y absorción en agregado grueso y fino (NMX-C-164-ONNCCE-2014 y NMX-C-165-ONNCCE-2014, respectivamente), límites de consistencia (NMX-C-493-ONNCCE-2018), equivalente de arena de acuerdo al manual M-MMP-4-04-004/02, compactación dinámica estándar y dinámica modificada (NMX-C-476-ONNCCE-2013), valor relativo de soporte (VRS) (NMX-C-416-ONNCCE-2003) y relación de soporte de california (CBR)(NMX-C-522-ONNCCE-2016).

**Palabras clave:** Banco de material, agregados pétreos, control de calidad, calidad geotécnica.



## 2. ABSTRAC.

The present investigation entitled: Geotechnical qualities of the material bank "El copalillo", in the municipality of Villa Jiménez, Michoacán, was carried out through the analysis of the stone aggregates: hydraulic base, subgrade, sand and tepetate that are exploited in said municipality. and they are used for the construction of civil works in the region. With the authorization of the owner, the aggregates could be sampled to carry out in the laboratory the tests established in the manuals of the Secretariat of Communication and Transport (SCT) and the National Agency for Standardization and Certification of Construction and Building (ONNCCE) in order to know the geotechnical quality of the material bank.

The tests carried out were the following: mesh granulometry (NMX-C-496-ONNCCE-2014), loose dry volumetric mass and rodded dry volumetric mass (NMX-C-073-ONNCCE-2004), density and absorption in coarse aggregate and fine (NMX-C-164-ONNCCE-2014 and NMX-C-165-ONNCCE-2014, respectively), consistency limits (NMX-C-493-ONNCCE-2018), sand equivalent according to the manual M-MMP- 4-04-004/02, standard dynamic and modified dynamic compaction (NMX-C-476-ONNCCE-2013), relative value of support (VRS) (NMX-C-416-ONNCCE-2003) and ratio of california support (CBR) ((NMX-C-522-ONNCCE-2016).

**Keywords:** Material bank, stone aggregates, quality control, geotechnical quality.



### 3. INTRODUCCIÓN.

En la construcción y mantenimiento de una obra civil uno de los costos más importantes radica en una adecuada localización y selección de los materiales pétreos que intervendrán en su ejecución, dándole la importancia a dicha tarea se pueden localizar los bancos de materiales que cumplan con los requisitos y estándares de calidad de acuerdo a normativas y reglamentos establecidos, así como identificar la cercanía a las obras abatiendo tiempo y costos de transportación que suelen ser los que afectan más a los costos totales, por tal motivo, es importante que durante la elaboración de un proyecto se tenga información correcta y abundante respecto a los materiales con que se está tratando.

La información acerca de las calidades geotécnicas del banco de materiales “El copalillo” tienen como finalidad ayudar al proyectista a tener una idea correcta de las propiedades físicas de los agregados, mediante pruebas de laboratorio donde se obtienen los resultados definitivos de clasificación de cada material, definiendo además la resistencia de cada uno de ellos.

Este banco de materiales es de origen volcánico, los agregados pétreos que se analizaron son: base hidráulica, subrasante, arena y tepetate; esta información pretende contribuir a la población de Villa Jiménez, Michoacán, para que conozcan los materiales que puede utilizar en su localidad, sin necesidad de salir del municipio.

En México se conoce muy poco sobre las calidades geotécnicas de los agregados pétreos que tiene cada banco de materiales, hacer estas investigaciones no solo favorece a las personas consumidoras sino también a los productores que conozcan cual es la calidad del producto que ofrecen y así tomen decisiones que ayuden a mejorar su producción.



#### 4. OBJETIVO.

Esta investigación tiene por objetivo conocer la calidad de los materiales analizados del banco de materiales “El copalillo”, ubicado en el municipio de Villa Jiménez, Michoacán, México, mediante una serie de pruebas de laboratorio en las que se obtendrán resultados y se compararán con las normas mexicanas y el sistema de clasificación de suelos SUCS, para así poder decir si son de buena o mala calidad para la construcción. En particular se analizará materiales que son utilizados en el municipio y sus alrededores para la construcción de caminos.

Aportar información necesaria del banco ya mencionado a la población, consumidores y productores, para que conozca las propiedades y características geotécnicas con las que cuentan los materiales que ofrece y poder brindar un material adecuado para cualquier construcción, así como información necesaria que en la mayoría de las ocasiones los bancos de materiales no cuentan y por tanto no ofrecen al público.



## 5. ALCANCES.

La presente investigación fue realizada con la finalidad de conocer la calidad geotécnica de los materiales del “Banco de materiales el Copalillo” de Villa Jiménez, Michoacán, así mismo para conocer si los materiales cumplen con los requisitos necesarios para la construcción de caminos o cualquier obra civil.

Conocer las propiedades de los agregados pétreos es de mucha importancia en toda obra civil, en gran parte estos determinan la calidad de una estructura, también un buen aprovechamiento de sus características nos facilita cumplir con estándares de calidad y normativas técnicas.

En el ámbito de la construcción contar con esta información es de mucha utilidad, así el propietario del banco conocerá la calidad de los materiales que ofrece al público y los constructores darle un uso adecuado; al término de esta investigación el dueño y consumidores contarán con información acerca del material que pueden obtener en su municipio, del cual no se tenía información detallada.



## 6. ANTECEDENTES GENERALES.

Desde la antigüedad se ha observado como el ser humano ha utilizado minerales para la construcción, esto quiere decir que, aunque no se cuente con registros exactos de explotación y extracción de los agregados pétreos estos fueron empleados en grandes construcciones prehistóricas de las que aún se conserva restos. En nuestro territorio nacional es aún más difícil contar con este tipo de información formal acerca del inicio de explotación de bancos, se tienen registros los cuales no son del todo confiables ya que los volúmenes de material producidos no pueden ser los correctos, esto debido a que a veces el consumo es local o consumido inmediatamente. (Minero, 2015)

A continuación, se muestran datos obtenidos del Anuario Estadístico de la Minería Ampliada para 2013, donde se observa la producción de agregados pétreos en México.

**Tabla 1 Producción de agregados pétreos en México, J. Torres, 2022.**

<i>Producción Minería Total, por Producto, 2009-2013. (Pesos Corrientes)</i>					
<b>Productos</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
Total:	133,860,431,499	1,875,118,739,771	262,290,403,532	291,148,862,941	263,687,249,345
Metálicos:	88,758,896,009	135,629,633,240	207,790,712,631	232,713,090,965	201,409,321,022
No metálicos:	45,101,535,491	518,822,407,731	54,499,690,901	58,435,771,976	62,277,928,323
Agregados pétreos:	4,825,052,002	5,218,430,699	6,326,192,024	7,138,246,926	9,527,914,416

La comercialización de estos productos se da de manera regional y principalmente enfocado al ámbito de la construcción, utilizando una parte como insumo en la industria cementera.

Actualmente a nivel nacional, son muy pocos los bancos de materiales registrados, por tal motivo no se conoce con exactitud la explotación y comercialización



de los bancos que existen en el país. La Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes nos proporciona un listado de los bancos de materiales de los que se tiene registro de su ubicación, tipo de propiedad, tratamiento, tipo de material y sus posibles aplicaciones en cuanto a construcción de carreteras, etc.; aunque es información necesaria se hace la observación que para el empleo de los materiales deberán realizarse los estudios contenidos en la Normativa para la Infraestructura del Transporte. (SCT, 2022)



## 7. ANTECEDENTES PARTICULARES.

El banco de materiales “El copalillo” en villa Jiménez, Michoacán, no cuenta con información respecto a su calidad geotécnica; en Michoacán son pocos los bancos de agregados pétreos que se encuentran registrados en La Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes; el banco de materiales más cercano a esta población es el banco “SUPRA” en el municipio de Coeneo, Michoacán, donde se puede obtener grava y arena, a estos agregados se les da un tratamiento de cribado, trituración total y lavado, y sus posibles usos son para base, mezcla asfáltica en el lugar y como sello. (SCT, 2022)

Para poder conocer más de la zona donde se localiza el banco de material en análisis “el copalillo” se buscó información del municipio, la cual se muestra a continuación:

- **Localización:** Se localiza al norte del Estado, en las coordenadas 19° 55' de latitud norte y 101° 45' de longitud oeste, a una altura de 2,020 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Panindícuaro y Puruándiro, al este con Morelos y Huaniqueo, al sur con Coeneo y Zacapu y al oeste con Zacapu. Su distancia a la capital del Estado es de 97 kms.
- **Extensión:** Su superficie es de 195.05 Km<sup>2</sup> y representa un 0.33 por ciento del total del Estado.
- **Orografía:** Su relieve lo constituyen el sistema volcánico transversal y cerro Brinco del Diablo.
- **Hidrografía:** Se constituye por el lago La Alberca y la Laguna Aristeo Mercado.
- **Clima:** Es templado con lluvias en verano. Tiene una precipitación pluvial anual de 1,055.3 milímetros y temperaturas media anual de 16.8 ° centígrados.
- **Principales ecosistemas:** En el municipio predomina la vegetación de pradera y bosque mixto.



- **Recursos naturales:** La superficie forestal maderable es ocupada con encino; la no maderable, por matorrales de distintas especies.
- **Características y usos de suelo:** Los suelos del municipio datan de los períodos cenozoico y paleoceno; corresponden principalmente a los del tipo chernozem y podzólico. Su uso es primordialmente agrícola y ganadero. (México., s.f.)

De acuerdo a información del lugar y características del material que se analizó se observa que se trata de un material de origen volcánico.



## 8. ZONA DE ESTUDIO.

El banco de materiales “el copalillo” se localiza en el municipio de Villa Jiménez, Michoacán. Este municipio se sitúa a 97 km de la capital del estado, aproximadamente en la ubicación  $19^{\circ}55'23''N$ ,  $101^{\circ}44'49''O$ , a una altura 2006 msnm.



*Fig. 1 Municipio de Villa Jiménez, Michoacán, J. Torres, 2022.*

El banco de materiales colinda al norte con la comunidad de Sipimeo, al sur con la comunidad de los Espinos, al este con la “Alberca los espinos”, se encuentra en las coordenadas  $19^{\circ}54'29.75'' N$ ,  $101^{\circ}46'30.57'' O$ , perteneciente a la comunidad de Los Espinos; Este cuenta con agregados pétreos como lo son: base hidráulica, subrasante, arena, tepetate, etc., de origen volcánico, como se muestra en las siguientes figuras.



*Fig. 2 Ubicación del Banco de materiales "El copalillo", J. Torres, 2022.*



*Fig. 3 Materiales pétreos, banco de materiales, J. Torres, 2022.*



## 9. MARCO TEÓRICO.

Los bancos de material en la actualidad son muy poco estudiados, sin embargo es muy importante tener en cuenta las características de los materiales pétreos que extraemos y utilizamos en la construcción; México cuenta con numerosos bancos de materiales, aunque no todos estén registrados en la Secretaría de Comunicación y Transportes ni se tenga información ingenieril necesaria, tal es el caso del banco de materiales “El copalillo” en Villa Jiménez Michoacán, del cual se desarrolló pruebas para conocer su calidad geotécnicas.

Las siguientes definiciones nos proporcionan información para saber en qué consiste la calidad de un material pétreo:

### **9.1 Banco de material.**

Un banco de materiales es definido como a aquella excavación a cielo abierto constituida por material granular inerte (arena, grava, arcilla, etc.) susceptible de ser usado en la construcción. Los cuales requieren de explosivos y artificios para su adquisición, traslado, manejo, almacenamiento y utilización, de acuerdo a los requerimientos de la Secretaría de Defensa Nacional, siendo esta responsabilidad del Contratista de Obra. (N.CTR.CAR-1-01-008/00) (SARA, 2019)

### **9.2 Agregados pétreos.**

Los agregados pétreos son un componente fundamental y dinámico dentro de alguna mezcla o cualquier tipo de uso que se les dé, la variación en sus características puede ocurrir también durante los procesos de explotación, manejo y transporte. Es por eso que estudiar un banco de material resulta de mucha importancia para la aplicación de estos materiales los cuales se concedieran componentes críticos puesto



que forman la mayor parte del volumen del material, de estos puede depender en gran medida el comportamiento de las estructuras. (Chan, 1993)

Los materiales pétreos provienen de la roca, la mayoría de las veces son usados sin sufrir alguna transformación, aunque suelen ser procesados o manufacturados por el hombre, estos se pueden encontrar en macizos rocosos o depósitos no consolidados en los cuales se encuentran fragmentos de diversos tamaños (gravas o arenas) y siendo usados casi exclusivamente en el sector de la construcción.

Existen diversas clasificaciones de los agregados pétreos, de acuerdo a su modo de fracturación se encuentran tres tipos los cuales son:

1. **Naturales:** los cuales son localizados en yacimientos naturales o depósitos no consolidados, para su utilización solo es necesario seleccionarlos, refinarlos y clasificarlos por tamaños.
2. **Artificiales o manufacturados:** localizados en macizos rocosos, para su extracción se utiliza voladura con explosivos, posteriormente se limpian (despolvan), trituran y clasifican para su utilización.
3. **Industriales:** son aquellos que han pasado por procesos de fabricación, como productos de desecho, materiales calcinados, procedentes de demoliciones o algunos que ya han sido manufacturados y modificados.

En cuanto a su tamaño se encuentran dos tipos de agregados:

1. **Grava:** material que pasa por la malla de 3" y se retiene en la malla No.4.
2. **Arena:** material que pasa por la malla No.4 y se retiene en la malla No.200.

Por su composición mineralógica se clasifican en:

1. **Agregados ígneos:** rocas formadas por la consolidación del magma fundido, se dividen en intrusivas y extrusivas de acuerdo a su textura.
2. **Agregados sedimentarios:** rocas que se forman por fragmentos de rocas preexistentes que son transportados por agua, viento o hielo hasta su área de



depósito, y por precipitación química de minerales por medio del agua, o por la acumulación de residuos orgánicos.

- 3. Agregados metamórficos:** estas rocas se forman por la acción de altas temperaturas y presiones, pudiendo ser ígneas o sedimentarias. (Mora, 2016)

### **9.3 Suelo.**

El suelo representa todo material terroso con partículas de tamaño menor a 3'' (7.05 cm), se clasifican con base en su composición granulométrica y en sus características de plasticidad representada por sus límites de consistencia. En ingeniería se define como suelo al sustrato físico sobre el cual se desplantan las obras, haciendo consideraciones de sus propiedades físico-químicas y mecánicas principalmente. La mecánica de suelos desarrolló los sistemas de clasificación de suelos donde se caracteriza el suelo a partir de propiedades como color, olor, textura, distribución de tamaños, plasticidad. El muestreo, la clasificación y la obtención de los parámetros mecánicos de los suelos son requisitos indispensables para la aplicación de la mecánica de suelos a los problemas de diseño. (Gonzalo Duque Escobar, 2016)

### **9.4 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).**

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) fue presentado por Arthur Casagrande, usado para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Los suelos gruesos corresponden al material retenido en la malla No. 200 (0.074 mm) y suelos finos el material que pasa, en el cual se considera que es grueso si más del 50% de las partículas del mismo son retenidas en la malla N°. 200 (0.074 mm) y fino si más del 50% de sus partículas son menores que dicha malla.

Un suelo grueso puede ser gravas o arenas, clasificando a estas con sus iniciales de los nombres en inglés: G (gravel) y S (sand). Estos tipos de suelo se separan por su tamaño de acuerdo a la malla No.4 (4.76 mm), variando sus clasificaciones de acuerdo a la cantidad de finos que contengan.



Mientras que los suelos finos divididos entre grupos: limos inorgánicos (M), arcillas inorgánicas (C) y limos y arcillas orgánicas (O). Cada uno de estos tres suelos se subdivide a su vez según su límite líquido, en dos grupos cuya frontera es  $Ll = 50\%$ . Si el límite líquido del suelo es menor de 50 se añade al símbolo general la letra L (low compressibility). Si es mayor de 50 se añade la letra H (high compressibility). Obteniéndose de este modo los siguientes tipos de suelos:

ML: Limos Inorgánicos de baja compresibilidad.

OL: Limos y arcillas orgánicas.

CL: Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad.

CH: Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad.

MH: Limos inorgánicos de alta compresibilidad.

OH: arcillas y limos orgánicas de alta compresibilidad. (Juárez Badillo, 2005)

### **9.5 Clasificación AASHTO.**

La clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) usada en la actualidad, se desarrolló mediante un extenso programa de investigación sobre el uso de suelos en la construcción de vías locales o secundaria que trajo el Public Roads Classification System, el cual fue desarrollado por Hogentogler y Terzaghi (1929). Dicho sistema estaba basado en las características de estabilidad de los suelos empleados directamente como superficie de rodamiento, o bien recubiertos por una fina capa de pavimento asfáltico. Este clasifica el suelo en ocho grupos principales desde A-1 hasta A-8 en base a su distribución granulométrica, límite líquido e índice de plasticidad, donde los suelos de los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales de grano grueso, mientras que los incluidos en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 son de grano fino, el grupo A-8, por su parte, incluye suelos como la turba, compostas orgánicas y otros suelos con alto contenido de materia orgánica, los cuales se identifican mediante inspección visual. (American Society for Testing and Materials, 2020)



### **9.6 Límites de Atterberg.**

Dentro de las características de los suelos finos se encuentran los límites de Atterberg o límites de consistencia (fronteras entre los estados de consistencia), que desarrollo en 1900, un científico sueco llamado Albert Mauritz Atterberg para describir la consistencia de los suelos de grano fino con diferentes contenidos de humedad. Cuando un suelo presenta un contenido de humedad muy bajo, el suelo se comporta más como un sólido quebradizo, por otro lado, cuando el contenido de humedad es muy alto, el suelo y el agua pueden fluir como un líquido. Este método divide el comportamiento del suelo en cuatro estados básicos: sólido, semisólido, plástico y líquido. Se define como límite de contracción al contenido de humedad que contiene el suelo cuando se llevaba a cabo la transición del estado sólido al semisólido, mientras que límite plástico es el contenido de humedad que presenta la muestra en estado semisólido al estado plástico y la cantidad de humedad del estado plástico al estado líquido es el límite líquido. (DAS, 2014)

### **9.7 Índice de plasticidad.**

Los límites líquido y plástico se determinan por pruebas de laboratorio relativamente sencillas que proporcionan información sobre la naturaleza de los suelos cohesivos, estas pruebas han sido utilizadas para correlacionar varios parámetros físicos del suelo, así como para la identificación del mismo. Casagrande (1932) estudió la razón del índice de plasticidad con el límite líquido de una amplia variedad de suelos naturales. Sobre la base de los resultados de la prueba propuso la carta de plasticidad, utilizada hasta la fecha, la información proporcionada en la carta de plasticidad es de gran valor y es la base para la clasificación de los suelos de grano fino en el Sistema de Clasificación Unificado de Suelos. (DAS, 2014)

Es importante conocer y hacer uso de la Normativa de Infraestructura del Transporte (SCT) puesto que nos proporciona valores específicos en cada norma para los diseños, características, calidad de los materiales, métodos de ejecución y conceptos de obra, además de contar con manuales que nos indican procedimientos para



muestreo y prueba en campo y laboratorio. Menciona la importancia e influencia que tiene un buen transporte y almacenamiento de los materiales extraídos, para su análisis de tal forma que estos no sufran alteraciones y causen deficiencias en la calidad de la obra tomando en cuenta lo establecido en las normas. (SARA, 2019)

### ***9.8 Estudio geotécnico.***

La Geotecnia se ocupa del estudio de las propiedades físicas, mecánicas, e hidráulicas de los suelos y rocas provenientes de la corteza terrestre, con el fin de diseñar racionalmente las estructuras de cimentación más adecuadas para las diversas obras civiles tales como edificios, puentes, centrales hidroeléctricas, etc., así como definir el procedimiento más adecuado y seguro para construir diversas obras de infraestructura como túneles, presas, taludes, carreteras.

Un estudio geotécnico incluye la localización y muestreo de los bancos de materiales que resulten susceptibles para utilizarse en las capas de revestimientos, terracerías, bases y sub-bases, así como para agregados pétreos en la elaboración de los concretos hidráulicos. La exploración se realiza por medio de excavación a cielo abierto, con obtención de muestras integrales, y se efectúa la clasificación de campo correspondiente. (CRITERIOS Y LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA FACTIBILIDADES, 2014).

### ***9.9 Control de calidad.***

Son actividades orientadas al cumplimiento de los requisitos de calidad establecidos. Estas actividades comprenden principalmente el examen de los resultados obtenidos de un proceso de producción mediante mediciones, muestreos y pruebas, tanto de campo como de laboratorio que permiten evaluar sus propiedades. (calidad., 2018)



## 10. METODOLOGÍA.

Los bancos de material se deben muestrear para conocer en campo y laboratorio las características que interesen y así poder definir su calidad. De acuerdo a las muestras obtenidas en campo se consideró importante realizar pruebas de análisis granulométricos, límites de plasticidad, pruebas de compactación, cálculos del coeficiente de variación volumétrica, valor relativo de soporte, entre otras, por tratarse de materiales usados para terracerías.

La metodología usada en este trabajo de investigación fue la proporcionada en los manuales, normas mexicanas (M-MMP, N-CMT) y La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes o por sus siglas en inglés AASHTO, de American Association of State Highway and Transportation Officials.

Las pruebas elaboradas a cada uno de los materiales una vez realizado el muestreo en campo fueron las siguientes:

- Granulometría por mallas.
- Masa volumétrica seca suelta y masa volumétrica seca varillada.
- Densidad y absorción.
- Límites de consistencia.
- Equivalente de arena.
- Compactación dinámica estándar y dinámica modificada (AASHTO).
- Valor relativo de soporte (VRS).
- Relación de soporte de california (CBR).

Desarrollando las pruebas como se muestra a continuación:



### 10.1 MUESTREO EN CAMPO DE BASE HIDRÁULICA, SUBRASANTE, ARENA Y TEPETATE.

El muestreo es muy importante en toda actividad donde se necesite conocer la calidad de un material, una buena ejecución de este implica obtener resultados acertados.

De acuerdo al manual *Métodos de muestreo y prueba de materiales* (M-MMP-4-04-001/02, 2002), se obtuvo una muestra representativa del volumen de cada uno de los materiales pétreos en estudio, realizándolo directamente en el banco de materiales “El copalillo” donde se encostaló, identificando y transportando cada una de las muestras como se muestra en las figuras:



*Fig. 4 Muestreo en campo, Base hidráulica, J. Torres 2022.*



*Fig. 5 Muestreo en campo, Subrasante, J. Torres 2022*



*Fig. 6 Muestreo encampo, Arena, J. Torres, 2022.*



*Fig. 7 Muestreo encampo, Tepetate, J. Torres, 2022.*

En el caso de los cuatro agregados, se tomó aproximadamente 50 kg de material, en forma ordenada seleccionando de manera objetiva y aleatoria el material para determinar sus características, considerando lo establecido.

## **10.2 GRANULOMETRÍA POR MALLAS EN BASE HIDRÁULICA, SUBRASANTE, ARENA Y TEPETATE.**

Esta prueba nos permite determinar la composición por tamaños de las partículas que integran cada uno de los materiales analizados, mediante una serie de mallas con aberturas determinadas, siendo estas para granulometría gruesa y fina.

El material pétreo pasa por las mallas de mayor abertura y así va llegando hasta las de menor abertura, de la tal forma que el material que se va quedando en cada una de las mallas se pesa y se obtiene la masa que retiene, posteriormente se calcula el porcentaje que retiene y el que pasa respecto al valor total de la muestra.



Para la ejecución de esta prueba se usó la norma mexicana (NMX-C-496-ONNCCE-2014), donde se indica el procedimiento y equipo necesario para ejecutar la prueba.

La muestra que se utilizó para la realizar las granulometrías fue obtenida mediante el procedimiento de cuarteo y pesos volumétricos seco suelto (PVSS) y peso volumétrico seco varillado (PVSV), mostrado a continuación, conforme lo indica el manual. Para todos los materiales analizados se llevó a cabo el mismo procedimiento como se muestra e las siguientes figuras:

### 10.2.1 Base hidráulica.



*Fig. 8 Cuarteo y PVSS, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*



*Fig. 9 PVSS, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*



*Fig. 10 PSSV, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*



*Fig. 11 Cribado por mallas, Granulometría gruesa, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*



*Fig. 12 Granulometría gruesa, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*



*Fig. 13 Cuarteo, Lavado y secado, para granulometría fina, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*



*Fig. 14 Cribado de Granulometría Fina, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*



*Fig. 15 Granulometría Fina, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*

### 10.2.2 Subrasante.



*Fig. 16 Cuarteo y PVSS, Subrasante, J. Torres, 2022.*



*Fig. 17 Granulometría Gruesa, Subrasante, J. Torres, 2022.*



*Fig. 18 Lavado granulometría fina, Subrasante, J. Torres, 2022.*



Fig. 19 Cribado en granulometría fina, Subrasate, J. Torres, 2022.

### 10.2.3 Arena.

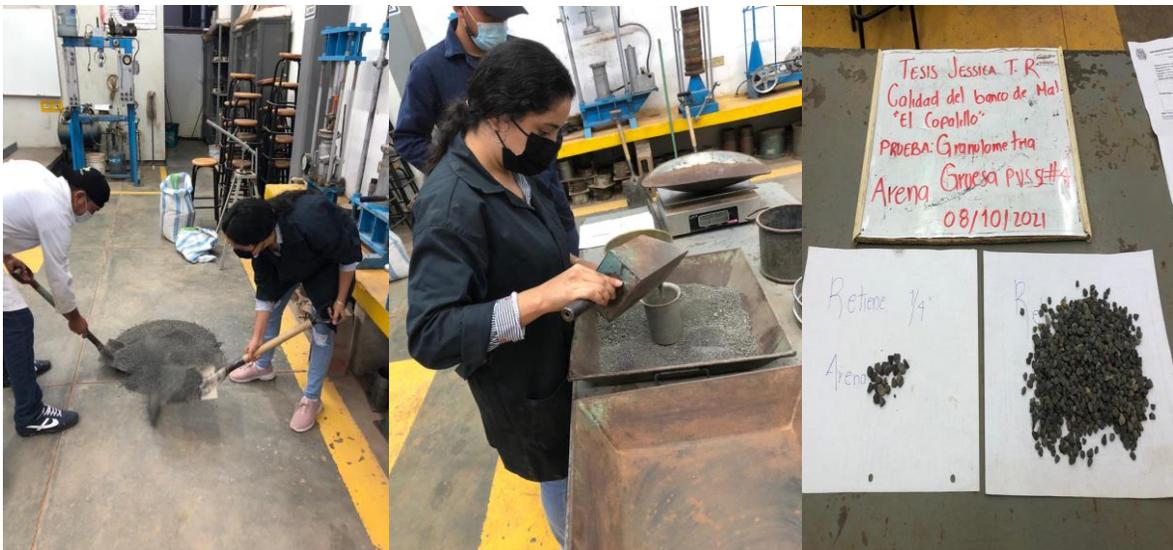


Fig. 20 Cuarteo y granulometría gruesa, Arena, J. Torres, 2022.



**Fig. 21 Cribado en granulometría fina, Arena, J. Torres, 2022.**



**Fig. 22 Granulometría fina, Arena, J. Torres, 2022.**



10.2.4 Tepetate.



Fig. 23 Cuarteo y PVSS, Tepetate, J. Torres, 2022.



Fig. 24 Granulometría Gruesa, Tepetate, J. Torres, 2022.



**Fig. 25 Granulometría fina, Tepetate, J. Torres, 2022.**

Se realizaron seis granulometrías para la base hidráulica y subrasante, tres correspondientes al volumen obtenido en los PVSS y tres con los PVSV, mientras que para la arena y tepetate solo tres para ambas utilizando los PVSS.

### **10.3 DENSIDAD Y ABSORCIÓN EN BASE HIDRÁULICA Y ARENA.**

Esta prueba tiene por objeto conocer la masa específica y la absorción de los agregados en estudio, mediante el incremento en la masa de un agregado seco cuando este se sumerge en agua durante un tiempo determinado a temperatura ambiente, creándose un aumento de masas debido al agua que se introduce en los poros del material; es importante conocer esta característica de los agregados cuando se necesita contar con materiales poco porosos, que no sean débiles ni de alta absorción.

Para determinar la absorción de la base hidráulica se utilizó la norma mexicana *Determinación de la masa específica y absorción de agua del agregado grueso* (NMX-C-164-ONNCCE-2014), donde se describe el procedimiento para su correcta ejecución, realizado los pasos mostrados en las siguientes figuras:

10.3.1 Base hidráulica.



Fig. 26 Muestreo para prueba de absorción, Base hidráulica, J. Torres, 2022.

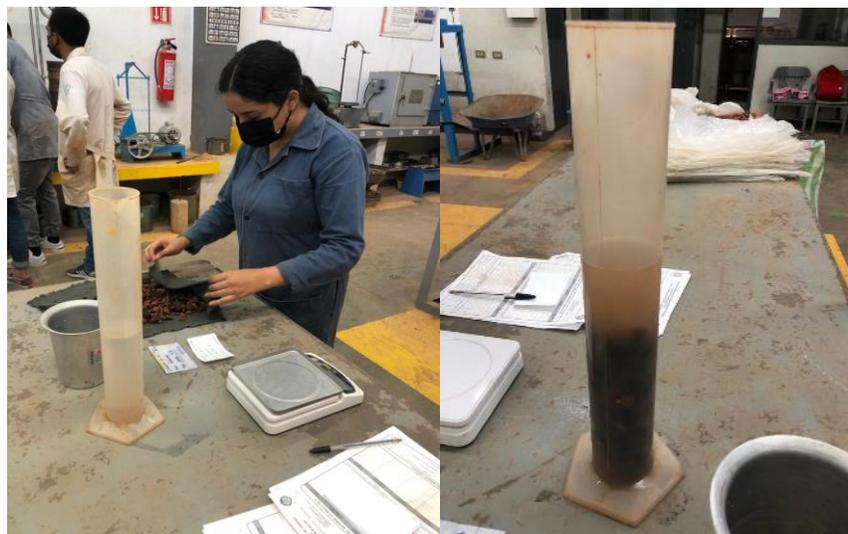


Fig. 27 Secado superficial y muestra colocada en la probeta, Base hidráulica, J. Torres, 2022.



Fig. 28 Peso de la muestra y secado en horno, Base hidráulica, J. Torres, 2022.

### 10.3.2 Arena.

En el caso de la arena la norma de referencia que se utilizó es *Determinación de la masa específica y absorción de agua del agregado fino* (NMX-C-165-ONNCCE-2014), donde se especifica los pasos a seguir que muestra las siguientes figuras:



Fig. 29 Muestra saturada, Arena, J. Torres, 2022.



*Fig. 30 Muestra, Arena, J. Torres, 2022.*



*Fig. 31 Colocación de la muestra, Arena, J. Torres, 2022.*



*Fig. 32 Densidad, Arena, J. Torres, 2022.*

#### ***10.4 LÍMITES DE CONSISTENCIA EN BASE HIDRÁULICA, SUBRASANTE, ARENA Y TEPETATE.***

Esta prueba nos permite conocer las características de plasticidad de los materiales analizados mediante una muestra representativa del material que pasa por la malla No. 40 (0.425 mm), la cual se pone a saturar 24 horas con agua destilada para la ejecución de la prueba, y así obtener resultados que nos sirvan para la identificación y clasificación de suelos.

La norma que se utilizó es *Límites de consistencia de suelos* (NMX-C-493-ONNCCE-2018.), donde se describe el procedimiento a seguir para realizar la prueba correctamente, los pasos seguidos se muestran en las figuras que a continuación se presentan, tomando en cuenta que se realizaron varias pruebas por cada material analizado.



10.4.1 Base hidráulica.



Fig. 33 Muestra saturada, Base hidráulica, J. Torres, 2022.



Fig. 34 Colocación de la muestra e la copa de casagrande, Base hidráulica, J. Torres, 2022.



**Fig. 35** Muestra ranurada en la copa de casagrande y muestra para la obtención de la contracción lineal, J. Torres, 2022.



**Fig. 36** Muestras de contracción lineal después de ser secadas en el horno por 24hrs., Base hidráulica, J. Torres, 2022.

10.4.2 Subrasante.



Fig. 37 Secado superficial del material para límites, Subrasante, J. Torres, 2022.



Fig. 38 Procedimiento de la muestra ranurada con diferente contenido de humedad, Subrasante, J. Torres, 2022.



**Fig. 39** Elaboración de las muestras para contracción lineal, y muestras ya retiradas del horno de secado, Subrasante, J. Torres, 2022.

### 10.4.3 Arena.

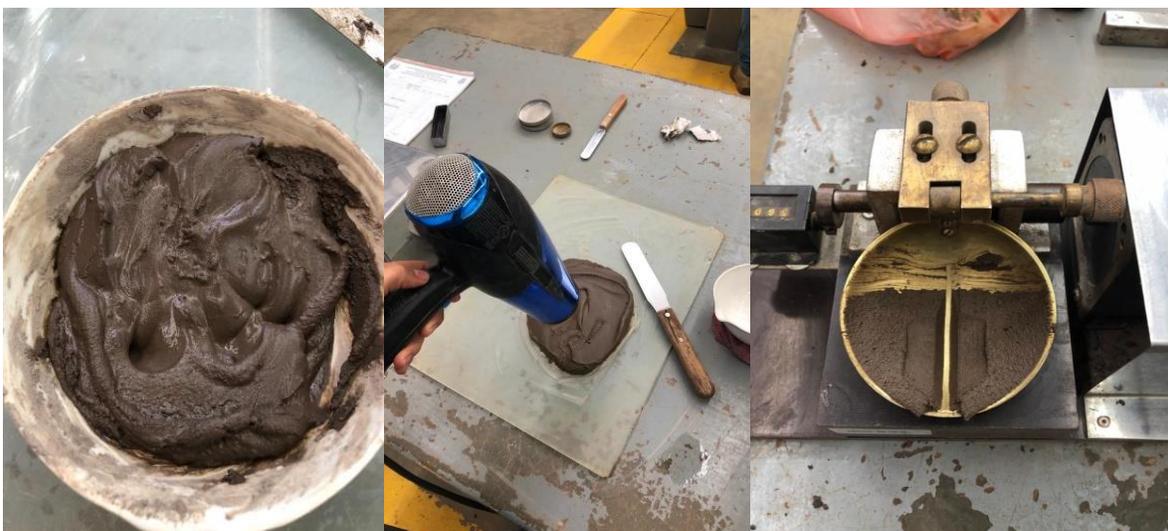


**Fig. 40** Ejecución de la prueba límites de consistencia, Arena, J. Torres, 2022.



**Fig. 41** Muestra de contracción lineal dentro y fuera del horno de secado, Arena, J. Torres, 2022.

#### 10.4.4 Tepetate.



**Fig. 42** Proceso de secado y colocación de material en la copa de Casagrade, Tepetate, J. Torres, 2022.



*Fig. 43 Muestra para contracción lineal, Tepetate, J. Torres, 2022.*



*Fig. 44 Muestras para obtener, límite plástico y líquido, contracción volumétrica y lineal, Tepetate, J. Torres, 2022.*



*Fig. 45 Pesos de las muestras secas, Tepetate, J. Torres, 2022.*



*Fig. 46 Lectura de la contracción lineal, muestra seca, Tepetate, J. Torres, 2022.*



*Fig. 47 Obtención de la contracción volumétrica, Tepetate, J. Torres, 2022.*

### **10.5 EQUIVALENTE DE ARENA EN BASE HIDRÁULICA, SUBRASANTE, ARENA Y TEPETATE.**

Con esta prueba se determina el contenido y actividad de los materiales finos o arcillosos presentes en los agregados pétreos utilizados para mezclas asfálticas.

Se utilizó de referencia el manual *Métodos de muestreo y prueba de materiales* (M-MMP-4-04-004/02), donde se establece el equipo y materiales utilizados, así como los pasos a seguir durante el desarrollo de la prueba. Para esta prueba se requiere una muestra de material que pasa la malla No. 4, la cual se agita en una probeta que contiene una solución que permite que se separe la arena de las arcillas.

10.5.1 Base hidráulica.



Fig. 48 Cuarteo y muestra para la prueba, Base hidráulica, J. Torres, 2022.



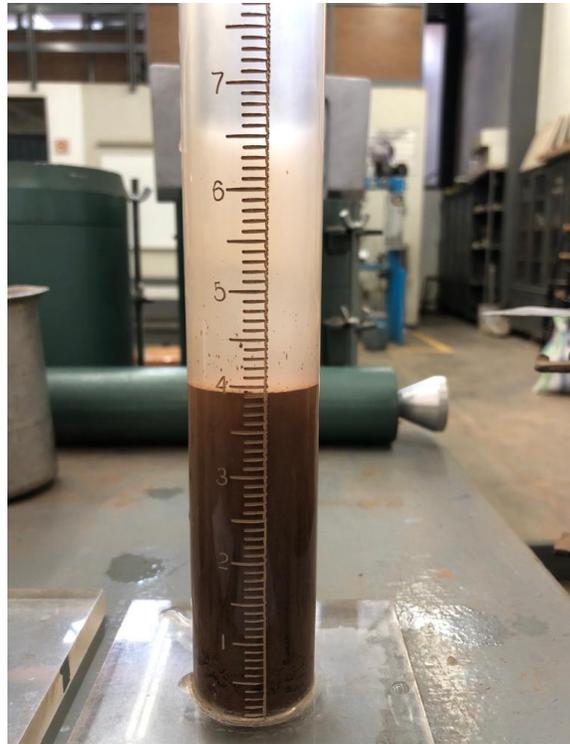
Fig. 49 Colocación de muestra en la probeta que contiene la solución, Base hidráulica, J. Torres, 2022.



*Fig. 50 Muestra colocada en el agitador mecánico, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*



*Fig. 51 Colocación de solución hasta las 15", Base hidráulica, J. Torres, 2022.*



*Fig. 52 Material en reposo y toma de lectura de finos en suspensión, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*



*Fig. 53 Procedimiento de la varilla con pisón para tomar lectura de las arenas presentes en la muestra, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*



10.5.2 Subrasante.



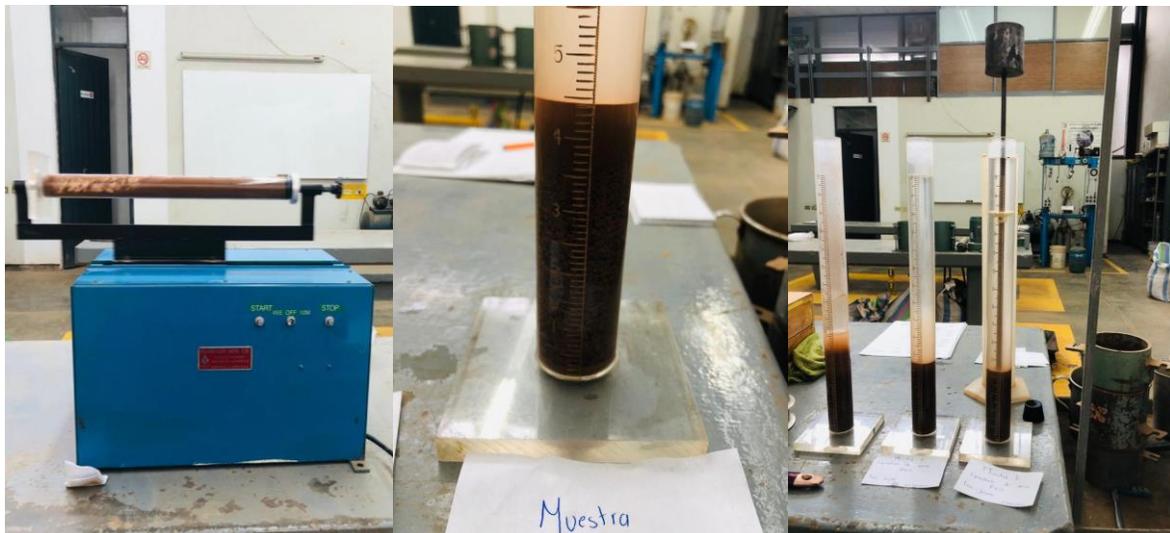
Fig. 54 Preparación de la solución de trabajo, Subrasante, J. Torres, 2022.



Fig. 55 Cuarteo del material y preparación de la probeta, Subrasante, J. Torres, 2022.



*Fig. 56 Colocación de material en la probeta con ayuda de un embudo, Subrasate, J. Torres, 2022.*



*Fig. 57 Muestra colocada en el agitador mecánico y lectura de resultados, Subrasante, J. Torres, 2022.*



10.5.3 Arena.



*Fig. 58 Cuarteo de material para obtener muestra y realizar la prueba equivalente de arena, Arena, J. Torres, 2022.*



*Fig. 59 Lectura de finos y arenas presentes en la muestra, Arena, J. Torres, 2022.*

10.5.4 Tepetate.



*Fig. 60 Cuarteo de material para obtener muestra y realizar la prueba equivalente de arena, Tepetate, J. Torres, 2022.*



*Fig. 61 Proceso y toma de resultados de la prueba equivalente de arena, Tepetate, J. Torres, 2022.*



## **10.6 COMPACTACIÓN DINÁMICA ESTANDAR Y DINÁMICA MODIFICADA.**

Mediante esta prueba se obtiene la curva de compactación con la que se puede conocer la masa volumétrica seca máxima y el contenido de agua óptimo para los materiales pétreos. La masa volumétrica seca máxima es la mayor relación de la masa entre volumen que se puede obtener en un material al reducir al mínimo los vacíos entre las partículas sólidas que contiene al aplicar mecánicamente una energía específica de compactación, mientras que el contenido de agua óptimo corresponde a la cantidad de agua con la que se obtiene la masa volumétrica seca máxima.

Existen diversas variantes en esta prueba dependiendo el material y granulometría con la que se está trabajando, los moldes, pisonos y golpes varían de acuerdo a cada una de estas. En el caso de las primeras dos variantes A y B el material utilizado se criba por la malla No .4 (4.75 mm), mientras que para las variantes C y D el material se criba por la malla  $\frac{3}{4}$ " (19 mm), utilizando en ambos casos el material que pasa dichas mallas y desechando el retenido, se criba manualmente y se homogeniza el material empleado para la prueba.

En el caso del tepetate se utilizó la variante A por ser considerado un material muy fino, usando un cilindro de 10.16 cm de diámetro, un pisón de 2.5 kg, aplicando 25 golpes por cada una de las tres capas. Para la base hidráulica, subrasante y arena se utilizó la variante D en la cual se utiliza un cilindro de 15.24 cm de diámetro, un pisón de 4.54 kg y aplicando 56 golpes por cada una de las cinco capas. El orden en que se da cada uno de los golpes se muestra en las siguientes figuras:

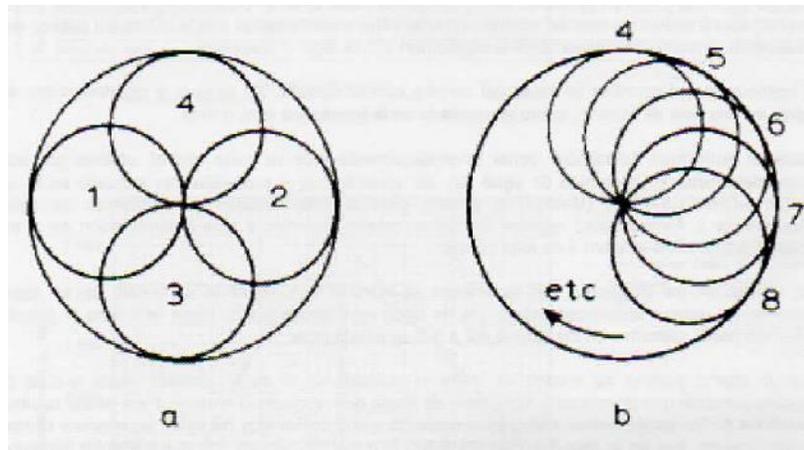


Fig. 62 Patrón de compactación para el molde de 10.16 cm (4 pulgadas), J. Torres, 2022.

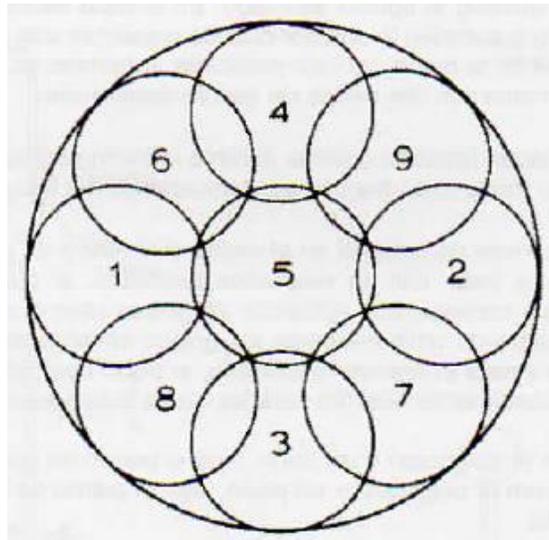


Fig. 63 Patrón de compactación para el molde de 15.24 cm (6 pulgadas), J. Torres, 2022.

A continuación, se muestran los procedimientos en cada uno de los materiales pétreos analizados; para esta prueba se hizo uso de la norma mexicana *Compactación dinámica y estándar modificada* (NMX-C-476-ONNCCE-2013.) donde se explica paso a paso y detalladamente cada uno de los procedimientos.

10.6.1 Base hidráulica.



*Fig. 64 Material cribado por la malla 3/4" y aplicación del agua y homogenización del material para realizar la prueba, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*

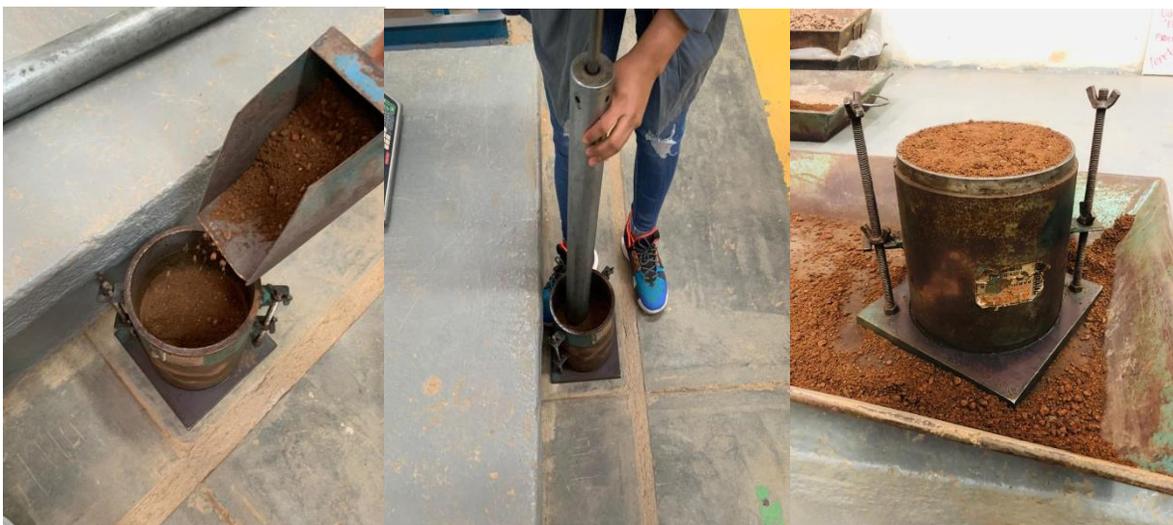


*Fig. 65 Proceso de compactación, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*

10.6.2 Subrasante.



*Fig. 66 Material cribado, y agua agregada para la homogenización del material para la prueba, Subrasante, J. Torres, 2022.*

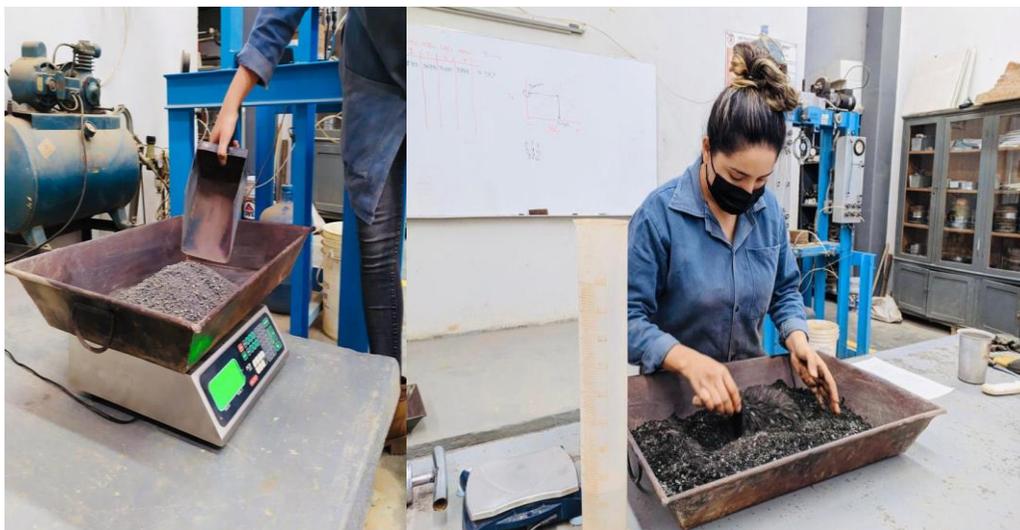


*Fig. 67 Material colocado y compactado en el molde, Subrasante, J. Torres, 2022.*



*Fig. 68 Muestras de las pruebas realizadas con diferentes contenidos de agua para secar en el horno, Subrsante, J. Torres, 2022.*

### 10.6.3 Arena.



*Fig. 69 Preparación de la muestra, Arena, J. Torres, 2022.*



*Fig. 70 Proceso de compactación, Arena, J. Torres, 2022.*



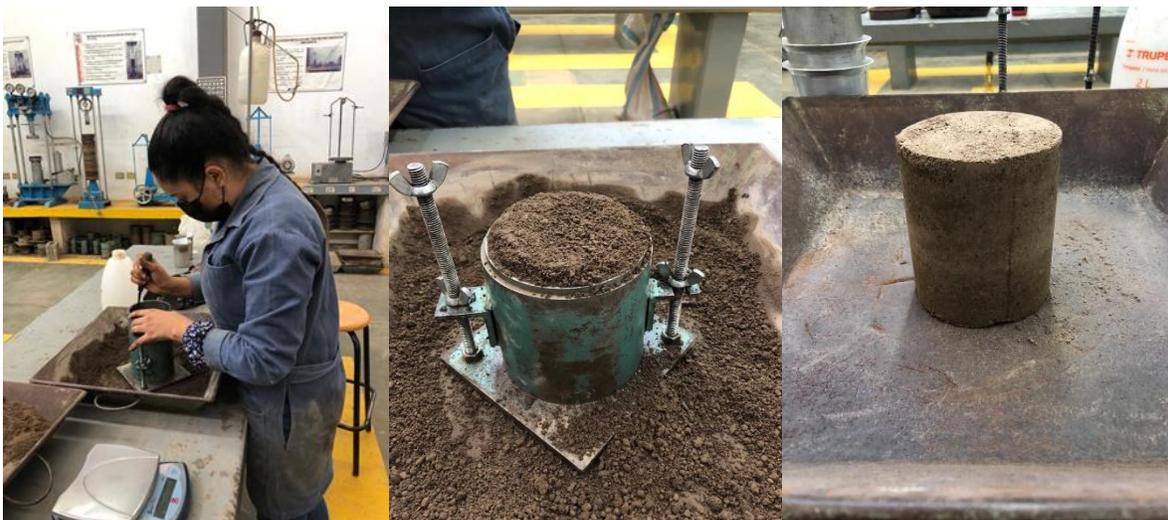
*Fig. 71 Muestras de material con diferentes humedades, Arena, J. Torres, 2022.*

### 10.6.4 Tepetate.

En este material se utilizó el equipo y las indicaciones correspondientes para realizar la prueba proctor variante “A”, las cuales se indican en la norma correspondiente.



*Fig. 72 Homogenización de material, Tepetate, J. Torres, 2022.*



*Fig. 73 Obtención del material compactado en el molde, Tepetate, J. Torres, 2022.*



## 10.7 VALOR RELATIVO DE SOPORTE EN BASE HIDRÁULICA, SUBRASANTE, ARENA Y TEPETATE.

Mediante esta prueba se puede determinar si el material pétreo analizado tiene la calidad necesaria para poder ser utilizado como capas de base hidráulica y subrasante utilizados en la construcción de pavimentos; siguiendo los pasos de la norma (NMX-C-416-ONNCE-2003.), se utilizan especímenes realizados mediante la prueba de compactación porter, para posteriormente someterlos a penetración con ayuda de una prensa con características estandarizadas para medir su resistencia. Esta prueba requiere una carga de 2.54 mm referida a una carga estándar de 1300 kg para efectuar una penetración, la cual se denomina valor relativo de soporte expresado en porcentaje. Los pasos que se siguieron se muestran en las siguientes figuras:

### 10.7.1 Base hidráulica.



*Fig. 74 Muestra saturada y toma de lectura de expansión, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*



*Fig. 75 Muestra saturada y seca superficialmete, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*



*Fig. 76 Penetración, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*

10.7.2 Subrasante.



*Fig. 77 Preparación de la muestra mediante prueba Porter, Subrasante, J. Torres, 2022.*



*Fig. 78 Vrs, Subrasante, J. Torres, 2022.*





*Fig. 81 Vrs, Tepetate, J. Torres, 2022.*

### ***10.8 CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO) EN BASE HIDRÁULICA, SUBRASATE, ARENA Y TEPETATE.***

Este método nos permite determinar el valor soporte de california de suelos y la expansión originada por saturación de los materiales en laboratorio, mediante muestras compactadas dinámicamente con material que pasa la malla No.  $\frac{3}{4}$ " (19 mm).

Las muestras utilizadas para realizar esta prueba se obtienen conforme lo establecido en la norma *Determinación del valor soporte de california de suelos y expansión en laboratorio* (NMX-C-522-ONNCCE-2016.), donde se especifica la forma de compactación mediante un pisón compactador tipo martillo deslizante y la utilización del molde con collarín de extensión para la determinación del Valor soporte de california (CBR), a esta muestra se le debe colocar agua uniformemente hasta llegar al porcentaje de agua óptimo de acuerdo a la norma NMX-C-475-ONNCCE-2013 Y MX-C-476-ONNCCE-2013.

El proceso realizado lo muestran las siguientes figuras:

**10.8.1 Base hidráulica.**



*Fig. 82 Obtención de muestra para CBR, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*



*Fig. 83 CBR, Base hidráulica, J. Torres, 2022*



10.8.2 Subrasante.



*Fig. 84 Lectura de dimensiones del molde, J. Torres, 2022.*



*Fig. 85 Muestra para CBR, Subrasante, J. Torres, 2022.*



*Fig. 86 Muestra después de saturación y acondicionamiento para prueba CBR, Subrasante, J. Torres, 2022.*



*Fig. 87 CBR, Subrasante, J. Torres, 2022.*



10.8.3 Arena.



Fig. 88 CBR, Arena, J. Torres, 2022.

10.8.4 Tepetate.



Fig. 89 Muestra colocada en el equipo de carga, Tepetate, J. Torres, 2022.



*Fig. 90 CBR, Tepetate, J. Torres, 2022.*

## 11. RESULTADOS.

Los resultados de cada una de las pruebas se obtuvieron de acuerdo a los lineamientos que manejan las normas mexicanas, donde por cada prueba ejecutada se adquirió un resultado.

### ***11.1 GRANULOMETRÍA POR MALLAS EN BASE HIDRÁULICA, SUBRASANTE, ARENA Y TEPETATE.***

#### ***11.1.1 Base hidráulica.***

Esta prueba fue elaborada seis veces para este material, se utilizaron tres muestras obtenidas mediante peso volumétrico seco suelto y tres con el peso volumétrico seco suelto varillado. Los resultados que se obtuvieron en los pesos volumétricos y granulometrías se muestran en las siguientes tablas:



*Tabla 2 Pesos volumétricos secos sueltos, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*

<b>PESOS VOLUMÉTRICOS SECOS SUELTOS "BASE HIDRÁULICA"</b>					
<b>NORMA DE REFERENCIA NMX-C-073-ONNCCE-2004.</b>					
<b>SOLICITANTE:</b>	JESSICA TORRES RICO.				
<b>OBRA:</b>	CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".				
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.				
<b>PROCEDENCIA:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.				
<b>ENVIADO POR:</b>	VISITA LA BANCO.				
No. Prueba	Wm + tara (gr)	Tara (gr)	Wm (gr)	Vol. Tara	PVSS
1	12530	3720	8810	10330	0.8529
2	12420	3720	8700	10330	0.8422
3	12580	3720	8860	10330	0.8577
4	12750	3720	9030	10330	0.8742
5	12790	3720	9070	10330	0.8780
6	12680	3720	8960	10330	0.8674

*Tabla 3 Pesos volumétricos secos varillados, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*

<b>PESOS VOLUMÉTRICOS SECOS VARILLADOS "BASE HIDRÁULICA"</b>					
No. Prueba	Wm + tara (gr)	Tara (gr)	Wm (gr)	Vol. Tara	PVSV
1	12690	3720	8970	10330	0.8683
2	12770	3720	9050	10330	0.8761
3	12930	3720	9210	10330	0.8916
4	12990	3720	9270	10330	0.8974
5	13450	3720	9730	10330	0.9419
6	12830	3720	9110	10330	0.8819

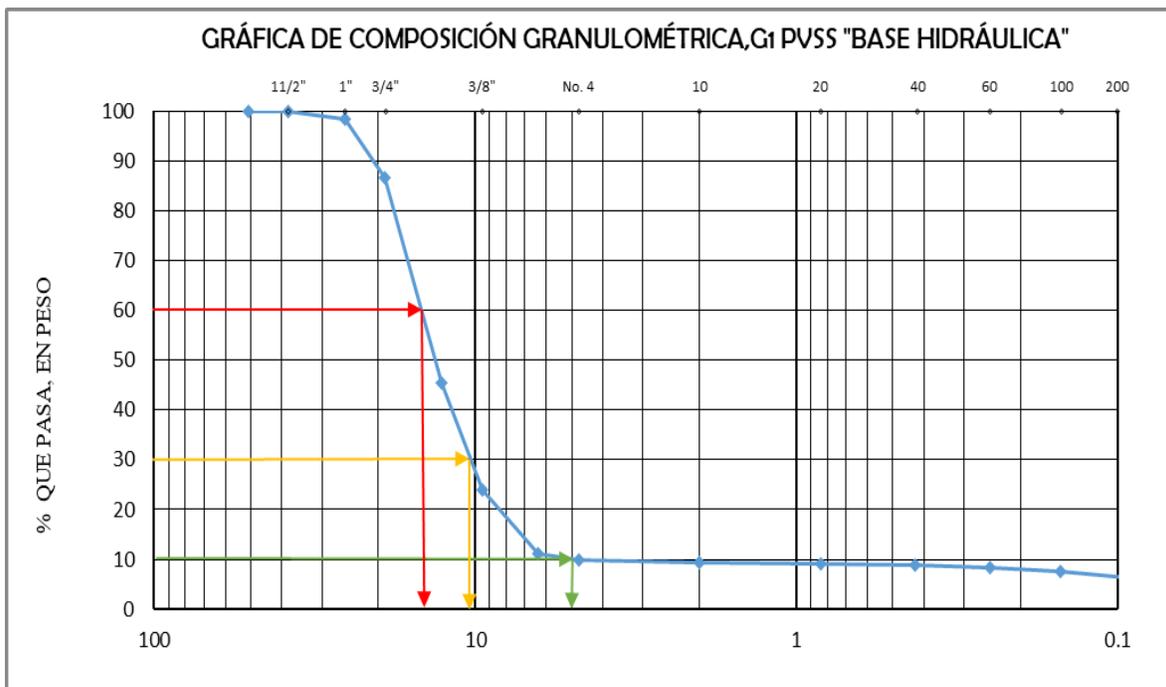


Tabla 4 Granulometría No.1 PVSS, Base hidráulica, J. Torres, 2022.

GRANULOMETRÍA No.1 "BASE HIDRÁULICA"				
Norma de Referencia NMX-C-496-ONNCCE-2014				
<b>OPERADOR:</b>	JESSICA TORRES RICO		<b>ENSAYE No.</b>	1
<b>PESO BRUTO:</b>	12,750	g	<b>VOLUMEN:</b>	10,330
<b>TARA:</b>	3,720	g	<b>PESO VOLUMÉTRICO:</b>	0.874
<b>PESO NETO:</b>	9,030	g	<b>DESPERDICIO (% RET. EN 2")</b>	0
COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL EN MALLA No. 4				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
2"	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	160	1.77	1.77	98.23
3/4"	1055	11.68	13.46	86.54
1/2"	3710	41.09	54.54	45.46
3/8"	1940	21.48	76.02	23.98
1/4"	1165	12.90	88.93	11.07
No. 4	105	1.16	90.09	9.91
PASA No. 4	895	9.91	100.00	0.00
<b>SUMA:</b>	9030	100		
DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL CRIBADO POR LA MALLA No. 4 (POR LAVADO).				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
10	8.2	0.41	0.41	9.51
20	6	0.30	0.70	9.21
40	9.2	0.46	1.16	8.75
60	7.8	0.39	1.55	8.37
100	17.6	0.87	2.42	7.49
200	32.4	1.61	4.02	5.89
PASA No. 200	118.8	5.89	9.91	0.00
<b>SUMA:</b>	200	9.91		
DIÁMETROS CARACTERÍSTICOS		CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	CANTIDAD EN %	CLASIFICACIÓN  GP-GM
D10=	5	> De 3"	0	
D30=	10.5	G	90	
D60=	16.5	S	4	
COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD		F	5.89	
Cu=	3.30	Pasa la malla No.4	9.91	
Cc=	1.34			



Los resultados de esta prueba se obtuvieron mediante las ecuaciones que la norma nos indica, con esta primera prueba se determinó que se trata de una **graba mal graduada (GP)**, pues los coeficientes de uniformidad **NO** cumplen con lo establecido y por la presencia de finos en el material, la figura que a continuación se presenta la gráfica que nos ayuda a determinar los coeficientes:



*Fig. 91 Granulometría por mallas, G1 PVSS, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*

Los resultados de las dos pruebas restantes en cuanto PVSS se muestran a continuación obteniendo resultados similares y haciendo uso de la misma metodología.



Tabla 5 Granulometría No.2 PVSS, Base hidráulica, J. Torres, 2022.

GRANULOMETRÍA No.2 PVSS "BASE HIDRÁULICA"				
Norma de Referencia NMX-C-496-ONNCCE-2014				
<b>OPERADOR:</b>	JESSICA TORRES RICO		<b>ENSAYE No.</b>	1
<b>PESO BRUTO:</b>	12,790	g	<b>VOLUMEN:</b>	10,330
<b>TARA:</b>	3,720	g	<b>PESO VOLUMÉTRICO:</b>	0.878
<b>PESO NETO:</b>	9,070	g	<b>DESPERDICIO (% RET. EN 2")</b>	0
COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL EN MALLA No. 4				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
2"	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	45	0.50	0.50	99.50
1"	205	2.26	2.76	97.24
3/4"	990	10.92	13.67	86.33
1/2"	3575	39.42	53.09	46.91
3/8"	1895	20.89	73.98	26.02
1/4"	1125	12.40	86.38	13.62
No. 4	230	2.54	88.92	11.08
PASA No. 4	1,005	11.08	100.00	0.00
<b>SUMA:</b>	<b>9070</b>	<b>100.00</b>		
DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL CRIBADO POR LA MALLA No. 4 (POR LAVADO)				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
10	11.9	0.66	0.66	10.42
20	7	0.39	1.05	10.03
40	7.9	0.44	1.48	9.60
60	9.3	0.52	2.00	9.08
100	13.7	0.76	2.76	8.32
200	32.5	1.80	4.56	6.52
PASA No. 200	117.7	6.52	11.08	0.00
<b>SUMA:</b>	<b>200</b>	<b>11.08</b>		
DIÁMETROS CARACTERÍSTICOS	CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL		CANTIDAD EN %	CLASIFICACIÓN
D10=	2.3	> De 3"	0	<b>GP-GM</b>
D30=	10.5	G	88.92	
D60=	15	S	4.56	
COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD		F	6.52	
Cu=	6.52	Pasa la malla No.4	11.08	
Cc=	3.20			

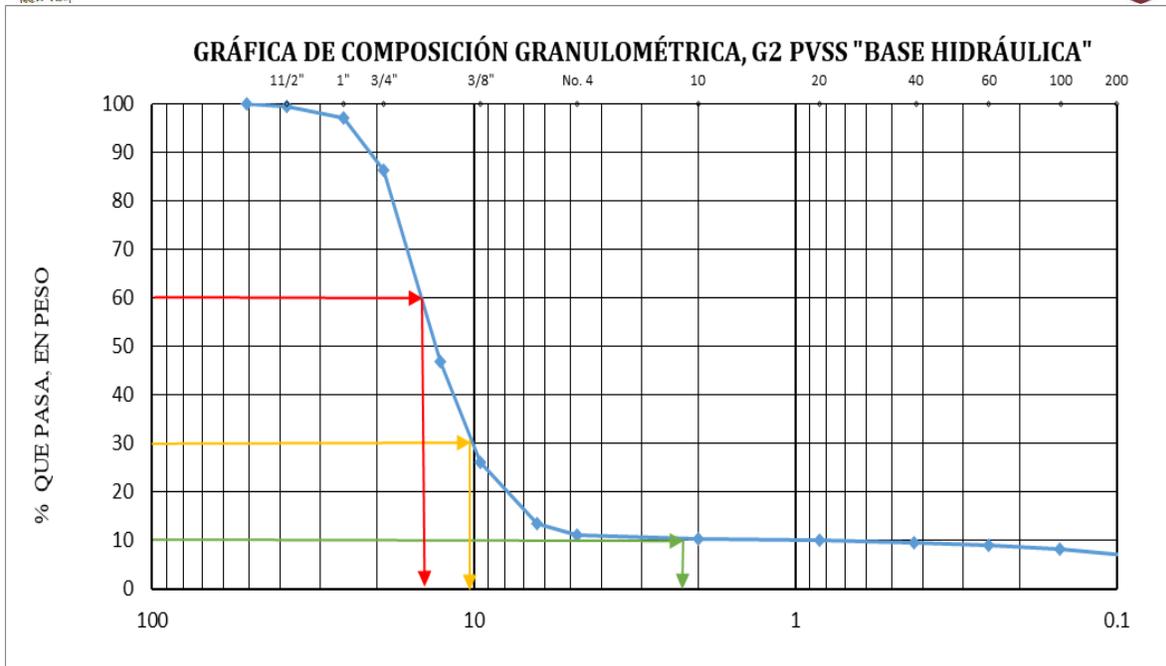


Fig. 92 Granulometría por mallas, G2 PVSS, Base hidráulica, J. Torres, 2022.

Se trata de una **grava mal graduada (GP)**, contiene una mezcla de grava y arena con un poco de finos, los coeficientes de uniformidad no cumplen lo establecido en la norma.



Tabla 6 Granulometría No.3 PVSS, Base hidráulica, J. Torres, 2022.

GRANULOMETRÍA No.3 PVSS "BASE HIDRÁULICA"				
Norma de Referencia NMX-C-496-ONNCCE-2014				
<b>OPERADOR:</b>	JESSICA TORRES RICO	<b>ENSAYE No.</b>	1	
<b>PESO BRUTO:</b>	12,680 g	<b>VOLUMEN:</b>	10,330	
<b>TARA:</b>	3,720 g	<b>PESO VOLUMÉTRICO:</b>	0.867	
<b>PESO NETO:</b>	8,960 g	<b>DESPERDICIO (% RET. EN 2")</b>	0	
COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL EN MALLA No. 4				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
2"	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	235	2.62	2.62	97.38
3/4"	710	7.92	10.55	89.45
1/2"	3435	38.34	48.88	51.12
3/8"	2325	25.95	74.83	25.17
1/4"	1190	13.28	88.11	11.89
No. 4	280	3.13	91.24	8.76
PASA No. 4	785	8.76	100.00	0.00
<b>SUMA:</b>	8960	100.00		
DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA No. 4 (POR LAVADO)				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
10	13.9	0.61	0.61	8.15
20	6.3	0.28	0.88	7.88
40	6.9	0.30	1.19	7.57
60	8.2	0.36	1.55	7.21
100	12.6	0.55	2.10	6.66
200	28.3	1.24	3.34	5.42
PASA No. 200	123.8	5.42	8.76	0.00
<b>SUMA:</b>	200	8.76		
DIÁMETROS CARACTERÍSTICOS	CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	CANTIDAD EN %	CLASIFICACIÓN	
D10=	4.3	> De 3"	0	GP-GM
D30=	10	G	91.24	
D60=	14.5	S	3.34	
<b>COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD</b>		F	5.42	
Cu=	3.37	Pasa la malla No.4	8.76	
Cc=	1.60			

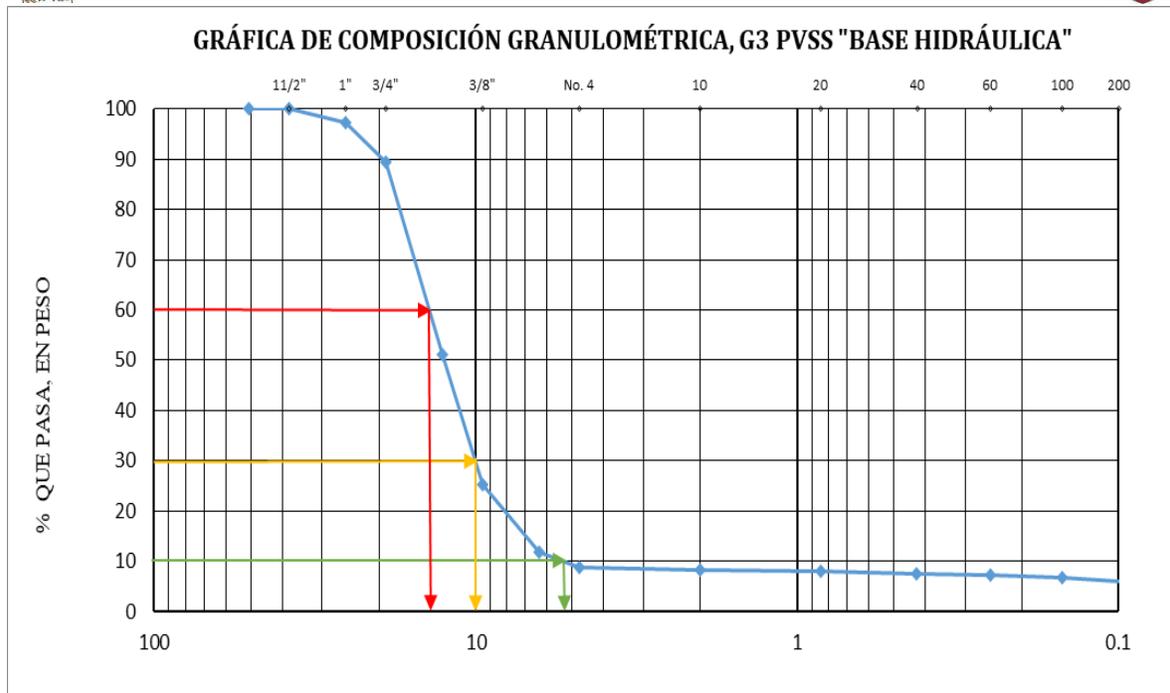


Fig. 93 Granulometría por mallas, G3 PVSS, Base hidráulica, J. Torres, 2022.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las granulometrías realizadas mediante el material que se obtuvo en tres PVSV elegidos.



Tabla 7 Granulometría No.1 PVSV, Base hidráulica, J. Torres, 2022.

GRANULOMETRÍA No.1 PVSV "BASE HIDRÁULICA"				
Norma de Referencia NMX-C-496-ONNCCE-2014				
<b>OPERADOR:</b>	JESSICA TORRES RICO		<b>ENSAYE No.</b>	1
<b>PESO BRUTO:</b>	12,990	g	<b>VOLUMEN:</b>	10,330
<b>TARA:</b>	3,720	g	<b>PESO VOLUMÉTRICO:</b>	0.897
<b>PESO NETO:</b>	9,270	g	<b>DESPERDICIO (% RET. EN 2")</b>	0
COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL EN MALLA No. 4.				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
2"	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	155	1.67	1.67	98.33
3/4"	705	7.61	9.28	90.72
1/2"	3875	41.80	51.08	48.92
3/8"	2530	27.29	78.37	21.63
1/4"	1165	12.57	90.94	9.06
No. 4	270	2.91	93.85	6.15
PASA No. 4	570	6.15	100.00	0.00
<b>SUMA:</b>	9270	100.00		
DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA No. 4 (POR LAVADO).				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
10	13.6	0.42	0.42	5.73
20	6.2	0.19	0.61	5.54
40	9.4	0.29	0.90	5.25
60	6.6	0.20	1.10	5.05
100	13.8	0.42	1.52	4.62
200	25.6	0.79	2.31	3.84
PASA No. 200	124.8	3.84	6.15	0.00
<b>SUMA:</b>	200	6.15		
DIÁMETROS CARACTERÍSTICOS		CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	CANTIDAD EN %	CLASIFICACIÓN
D10=	6.5	> De 3"	0	GP-GM
D30=	11	G	93.85	
D60=	15	S	2.31	
COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD		F	3.84	
Cu=	2.31	Pasa la malla No.4	6.15	
Cc=	1.24			

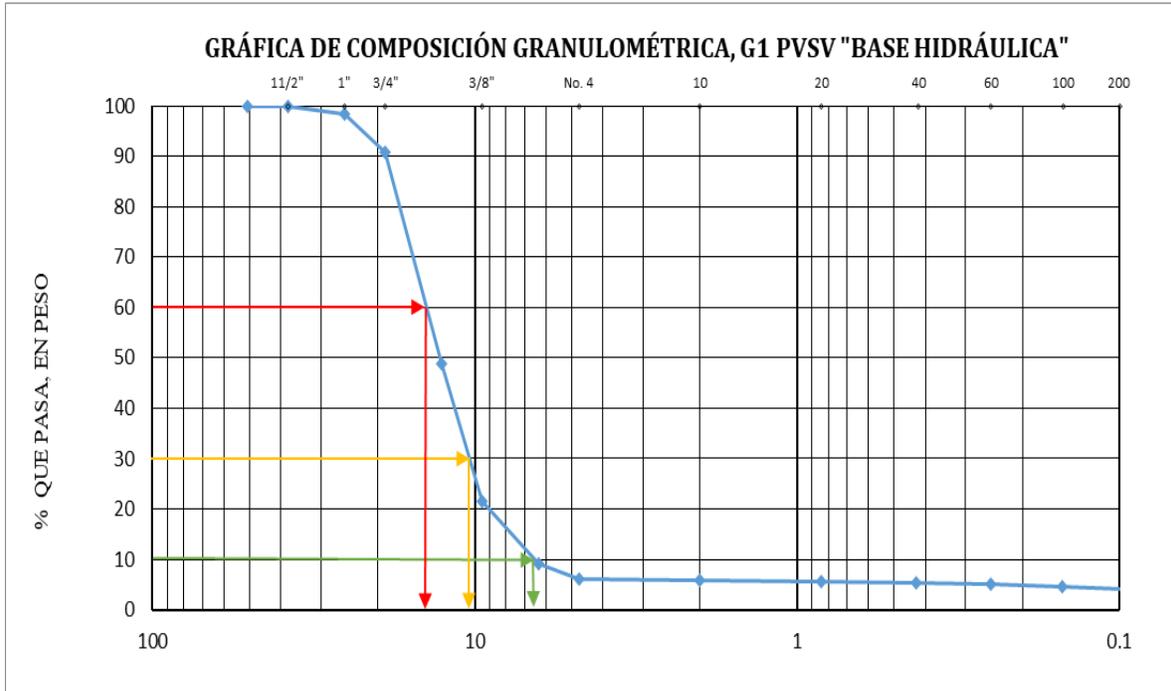


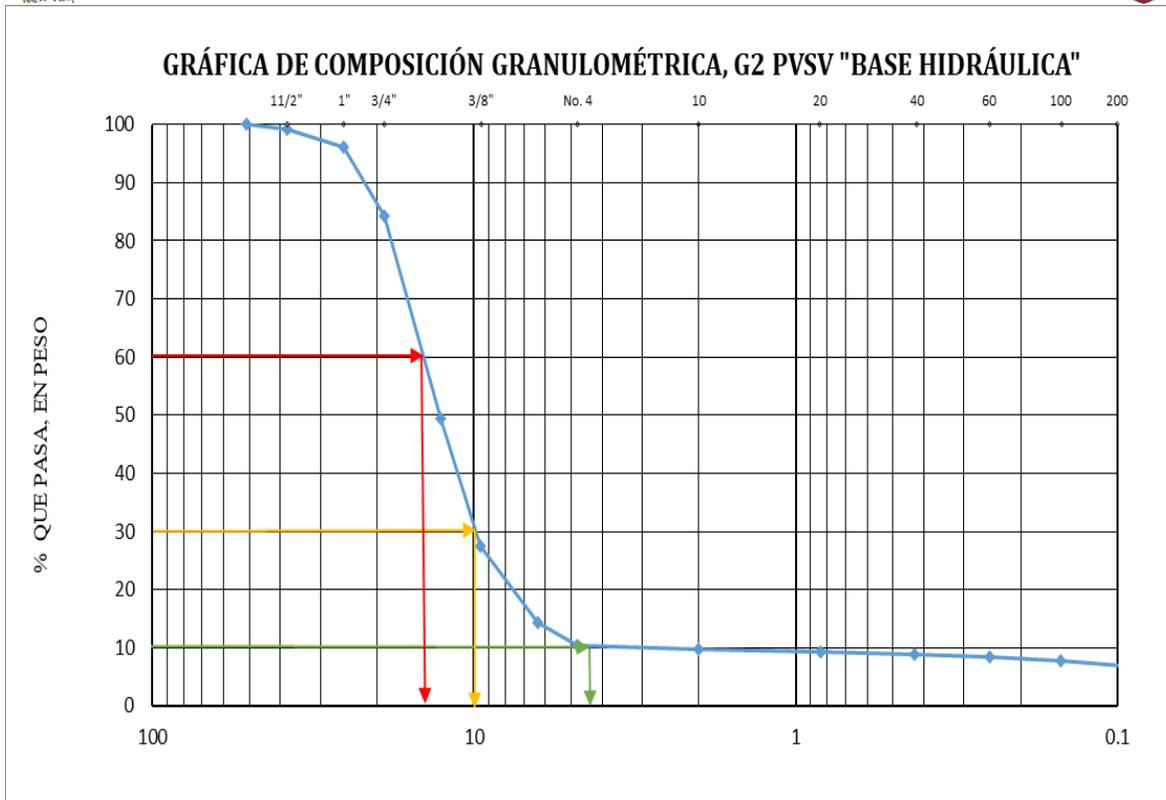
Fig. 94 Granulometría por mallas, G1 PVSV, Base hidráulica, J. Torres, 2022.

El resultado obtenido mediante PVSV concuerda con los anteriores dado que se clasifica como **grava mal graduada (GP)**.



**Tabla 8 Granulometría No.2 PVSV, Base hidráulica, J. Torres, 2022.**

GRANULOMETRÍA No.2 PVSV "BASE HIDRÁULICA"				
Norma de Referencia NMX-C-496-ONNCCE-2014				
OPERADOR:	JESSICA TORRES RICO		ENSAYE No.	1
PESO BRUTO:	13,450	g	VOLUMEN:	10,330
TARA:	3,720	g	PESO VOLUMÉTRICO:	0.942
PESO NETO:	9,730	g	DESPERDICIO (% RET. EN 2")	0
COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL EN MALLA No. 4.				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
2"	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	75	0.77	0.77	99.23
1"	300	3.08	3.85	96.15
3/4"	1150	11.82	15.67	84.33
1/2"	3400	34.94	50.62	49.38
3/8"	2140	21.99	72.61	27.39
1/4"	1275	13.10	85.71	14.29
No. 4	370	3.80	89.52	10.48
PASA No. 4	1,020	10.48	100.00	0.00
<b>SUMA:</b>	<b>9730</b>	<b>100.00</b>		
DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA No. 4 (POR LAVADO).				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
10	12.6	0.66	0.66	9.82
20	8.8	0.46	1.12	9.36
40	10	0.52	1.65	8.84
60	8.6	0.45	2.10	8.39
100	11.6	0.61	2.70	7.78
200	25.8	1.35	4.06	6.43
PASA No. 200	122.6	6.43	10.48	0.00
<b>SUMA:</b>	<b>200</b>	<b>10.48</b>		
DIÁMETROS CARACTERÍSTICOS		CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	CANTIDAD EN %	CLASIFICACIÓN  <b>GP-GM</b>
D10=	4.4	> De 3"	0	
D30=	10	G	89.52	
D60=	15	S	4.06	
COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD		F	6.43	
Cu=	3.41	Pasa la malla No.4	10.48	
Cc=	1.52			



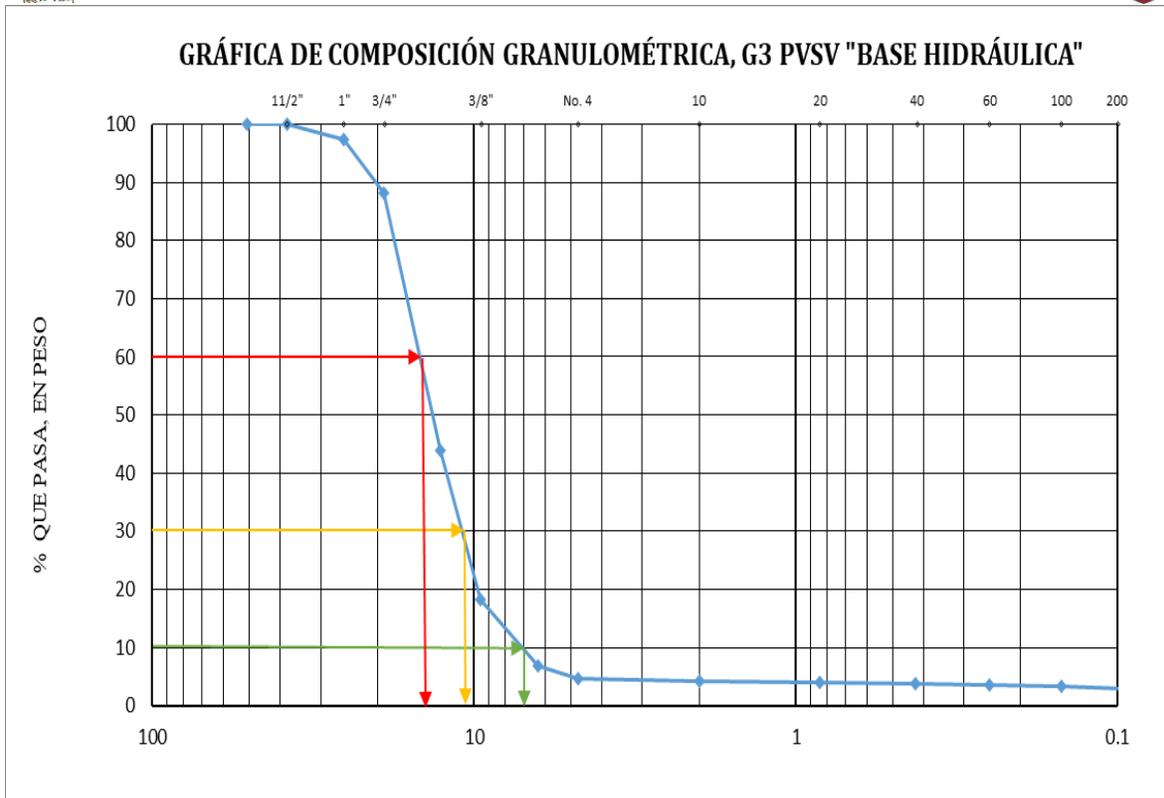
*Fig. 95 Granulometría por mallas, G2 PVSV, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*

De acuerdo a los resultados obtenidos se clasifica como **grava mal graduada (GP)**.



Tabla 9 Granulometría No.3 PVSV, Base hidráulica, J. Torres, 2022.

GRANULOMETRÍA No.3 PVSV "BASE HIDRÁULICA"				
Norma de Referencia NMX-C-496-ONNCCE-2014				
OPERADOR:	JESSICA TORRES RICO		ENSAYE No.	1
PESO BRUTO:	12,830	g	VOLUMEN:	10,330
TARA:	3,720	g	PESO VOLUMÉTRICO:	0.882
PESO NETO:	9,110	g	DESPERDICIO (% RET. EN 2")	0
COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL EN MALLA No. 4.				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
2"	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	240	2.63	2.63	97.37
3/4"	840	9.22	11.86	88.14
1/2"	4025	44.18	56.04	43.96
3/8"	2340	25.69	81.72	18.28
1/4"	1045	11.47	93.19	6.81
No. 4	195	2.14	95.33	4.67
PASA No. 4	425	4.67	100.00	0.00
SUMA:	9110	100.00		
DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA No. 4 (POR LAVADO).				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
10	19.8	0.46	0.46	4.20
20	10	0.23	0.70	3.97
40	11.2	0.26	0.96	3.71
60	7.4	0.17	1.13	3.54
100	10	0.23	1.36	3.30
200	23.4	0.55	1.91	2.76
PASA No. 200	118.2	2.76	4.67	0.00
SUMA:	200	4.67		
DIÁMETROS CARACTERÍSTICOS		CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	CANTIDAD EN %	CLASIFICACIÓN
D10=	7	> De 3"	0	<b>GP-GM</b>
D30=	11.5	G	95.33	
D60=	15	S	1.91	
COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD		F	2.76	
Cu=	2.14	Pasa la malla No.4	4.67	
Cc=	1.26			



*Fig. 96 Granulometría por mallas, G3 PVSV, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*

En las seis granulometrías realizadas se comprobó que se trata de una **Grava mal graduada (GP)** por las siguientes razones:

- Se trata de un suelo grueso (grava), puesto que el material contiene más del 50% de las partículas tienen tamaño mayor a 4.75 mm (malla No. 4).
- El material contiene un poco más del 5% de finos.
- Los coeficientes de uniformidad (Cu) y coeficientes de curvatura (Cc), no cumplen con lo establecido en la normativa.



### 11.1.2 Subrasante.

Se realizaron seis pruebas de las cuales tres corresponden al material que se obtuvo de pesos volumétricos secos sueltos y los tres restantes al material de los pesos volumétricos secos varillados. A continuación, se muestran las gráficas y resultados de las pruebas:

**Tabla 10 Pesos volumétricos secos sueltos, Subrasante, J. Torres, 2022.**

PESOS VOLUMÉTRICOS SECOS SUELTOS "SUBRASANTE"					
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-073-ONNCCE-2004.					
<b>SOLICITANTE:</b>	JESSICA TORRES RICO.				
<b>OBRA:</b>	CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".				
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.				
<b>PROCEDENCIA:</b>	VILLAJIMENEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.				
<b>ENVIADO POR:</b>	VISITA LA BANCO.				
No. Prueba	Wm + tara (gr)	Tara (gr)	Wm (gr)	Vol. Tara	PVSS
1	14530	3720	10810	10330	1.05
2	14440	3720	10720	10330	1.04
3	14490	3720	10770	10330	1.04
4	14530	3720	10810	10330	1.05
5	14640	3720	10920	10330	1.06
6	14530	3720	10810	10330	1.05

**Tabla 11 Pesos volumétricos secos varillados, Subrasante, J. Torres, 2022.**

PESOS VOLUMÉTRICOS SECOS VARILLADOS "SUBRASANTE"					
No. Prueba	Wm + tara (gr)	Tara (gr)	Wm (gr)	Vol. Tara	PVSV
1	15820	3720	12100	10330	1.17
2	15850	3720	12130	10330	1.17
3	15920	3720	12200	10330	1.18
4	15930	3720	12210	10330	1.18
5	15850	3720	12130	10330	1.17
6	15790	3720	12070	10330	1.17



Tabla 12 Granulometría No.1 PVSS, Subrasante, J. Torres, 2022.

GRANULOMETRÍA No.1 PVSS "SUBRASANTE"				
Norma de Referencia NMX-C-496-ONNCCE-2014				
<b>OPERADOR:</b>	JESSICA TORRES RICO		<b>ENSAYE No.</b>	1
<b>PESO BRUTO:</b>	14,530	g	<b>VOLUMEN:</b>	10,330
<b>TARA:</b>	3,720	g	<b>PESO VOLUMÉTRICO:</b>	1.046
<b>PESO NETO:</b>	10,810	g	<b>DESPERDICIO (% RET. EN 2")</b>	0
COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL EN MALLA No. 4.				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
2"	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	0	0.00	0.00	100.00
1/2"	6.8	0.06	0.06	99.94
3/8"	3.2	0.03	0.09	99.91
1/4"	25.6	0.24	0.33	99.67
No. 4	780	7.22	7.54	92.46
PASA No. 4	9,994	92.46	100.00	0.00
<b>SUMA:</b>	<b>10810</b>	<b>100</b>		
DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA No. 4 (POR LAVADO).				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
10	49	22.65	22.65	69.80
20	31.2	14.42	37.07	55.38
40	29.4	13.59	50.67	41.79
60	10	4.62	55.29	37.17
100	11	5.09	60.37	32.08
200	8.8	4.07	64.44	28.01
PASA No. 200	60.6	28.01	92.46	0.00
<b>SUMA:</b>	<b>200</b>	<b>92.46</b>		
DIÁMETROS CARACTERÍSTICOS		CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	CANTIDAD EN %	CLASIFICACIÓN
D10=	0	> De 3"	0	SP-SM
D30=	0.12	G	7.54	
D60=	1.2	S	64.44	
<b>COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD</b>		F	28.01	
Cu=	-----	Pasa la malla No.4	92.46	
Cc=	-----			

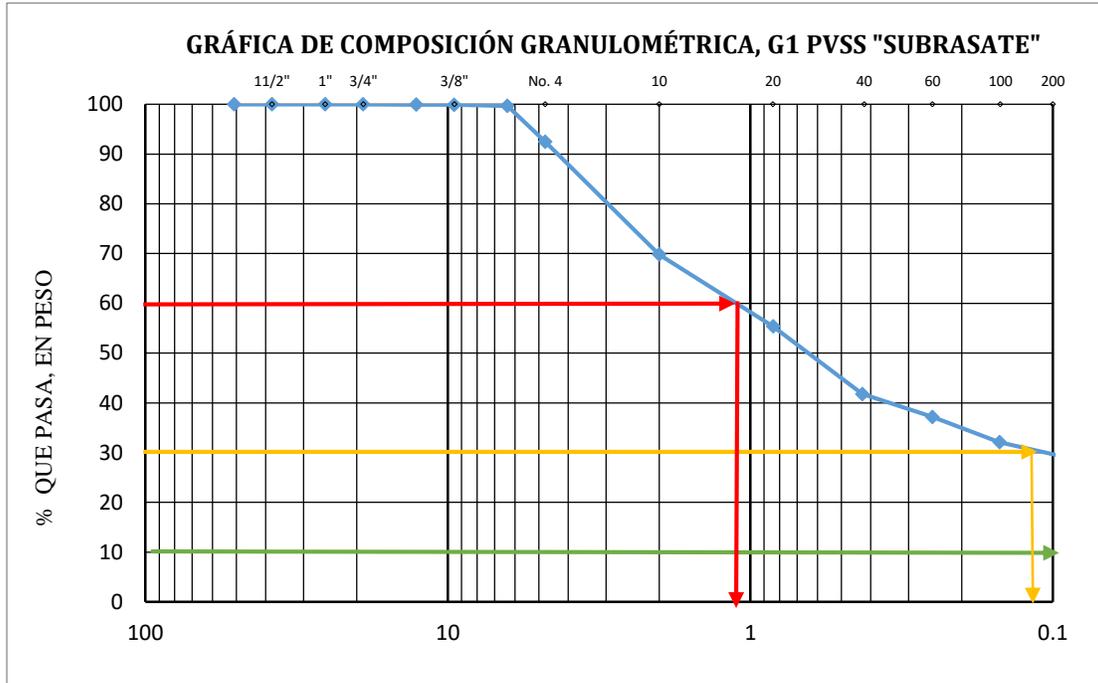


Fig. 97 Granulometría por mallas, G1 PVSS, Subrasante, J. Torres, 2022.

En este resultado se puede observar que en la curva de composición granulométrica no se puede tomar lectura del valor que del diámetro 10 (D10), por lo tanto, los coeficientes de curvatura y uniformidad no se pueden calcular. En este primer resultado se concluye que se tiene una **arena mal graduada** (SP, por sus siglas en inglés), y como contiene más del 12% de finos se debe determinar mediante la prueba límites de consistencia si se trata de una arcilla o limo.



Tabla 13 Granulometría No.2 PVSS, Subrasante, J. Torres, 2022.

GRANULOMETRÍA No.2 PVSS "SUBRASANTE"				
Norma de Referencia NMX-C-496-ONNCCE-2014				
<b>OPERADOR:</b>	JESSICA TORRES RICO		<b>ENSAYE No.</b>	1
<b>PESO BRUTO:</b>	14,640	g	<b>VOLUMEN:</b>	10,330
<b>TARA:</b>	3,720	g	<b>PESO VOLUMÉTRICO:</b>	1.057
<b>PESO NETO:</b>	10,920	g	<b>DESPERDICIO (% RET. EN 2")</b>	0
COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL EN MALLA No. 4.				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
2"	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	0	0.00	0.00	100.00
1/2"	2.6	0.02	0.02	99.98
3/8"	5	0.05	0.07	99.93
1/4"	22.4	0.21	0.27	99.73
No. 4	780	7.14	7.42	92.58
PASA No. 4	10,110	92.58	100.00	0.00
<b>SUMA:</b>	<b>10920</b>	<b>100</b>		
DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA No. 4 (POR LAVADO).				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
10	61	28.24	28.24	64.34
20	32.6	15.09	43.33	49.25
40	24.4	11.30	54.62	37.96
60	6.6	3.06	57.68	34.90
100	7.6	3.52	61.20	31.39
200	7.8	3.61	64.81	27.77
PASA No. 200	60	27.77	92.58	0.00
<b>SUMA:</b>	<b>200</b>	<b>92.5824176</b>		
DIÁMETROS CARACTERÍSTICOS	CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	CANTIDAD EN %	CLASIFICACIÓN	
D10=	0	> De 3"	0	SP-SM
D30=	0.13	G	7.42	
D60=	1.7	S	64.81	
<b>COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD</b>		F	27.77	
Cu=	-----	Pasa la malla No.4	92.58	
Cc=	-----			

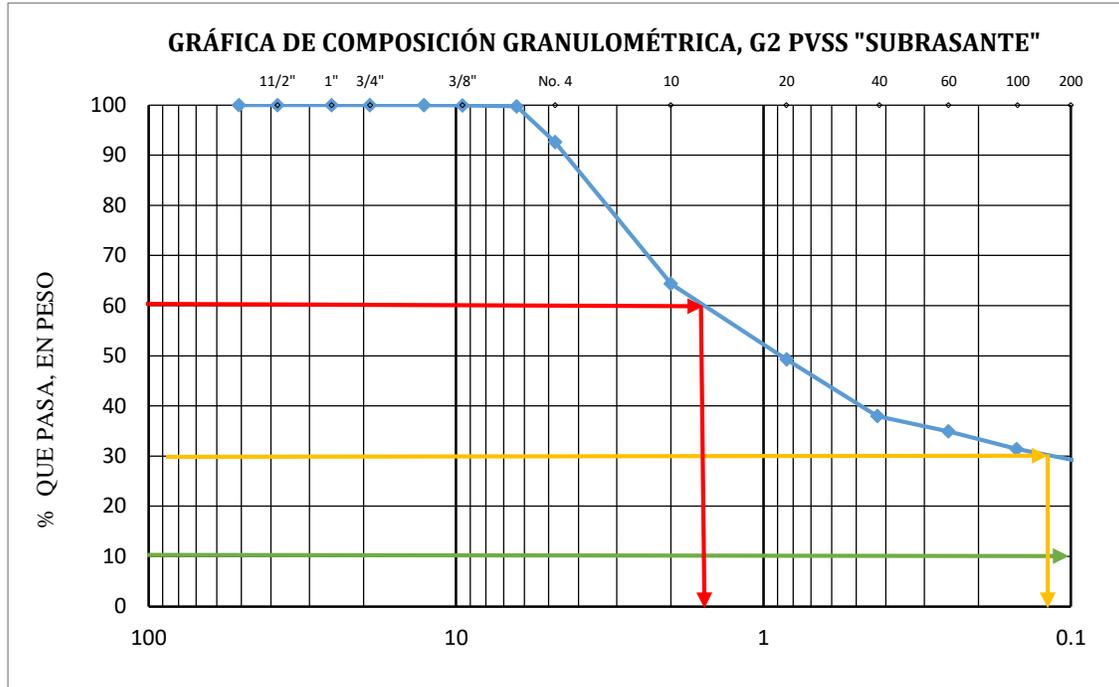


Fig. 98 Granulometría por mallas, G2 PVSS, Subrasante, J. Torres, 2022.

De acuerdo a los resultados se trata de una **arena mal graduada** (SP), y como contiene más del 12% de finos se debe determinar mediante la prueba límites de consistencia si se trata de una arcilla o limo (se coloca la letra M provisionalmente ya que mientras se realizó la prueba el material se comportó como un limo).



Tabla 14 Granulometría No.3 PVSS, Subrasante, J. Torres, 2022.

GRANULOMETRÍA No.3 "SUBRASANTE"				
Norma de Referencia NMX-C-496-ONNCCE-2014				
<b>OPERADOR:</b>	JESSICA TORRES RICO		<b>ENSAYE No.</b>	1
<b>PESO BRUTO:</b>	14,530	g	<b>VOLUMEN:</b>	10,330
<b>TARA:</b>	3,720	g	<b>PESO VOLUMÉTRICO:</b>	1.046
<b>PESO NETO:</b>	10,810	g	<b>DESPERDICIO (% RET. EN 2")</b>	0
COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL EN MALLA No. 4				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
2"	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	0	0.00	0.00	100.00
1/2"	0	0.00	0.00	100.00
3/8"	2	0.02	0.02	99.98
1/4"	15	0.14	0.16	99.84
No. 4	1019.6	9.43	9.59	90.41
PASA No. 4	9,773	90.41	100.00	0.00
<b>SUMA:</b>	<b>10810</b>	<b>100</b>		
DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA No. 4 (POR LAVADO)				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
10	54	24.41	24.41	66.00
20	41.8	18.90	43.31	47.10
40	23.2	10.49	53.79	36.62
60	8.8	3.98	57.77	32.64
100	4.2	1.90	59.67	30.74
200	6	2.71	62.38	28.03
PASA No. 200	62	28.03	90.41	0.00
<b>SUMA:</b>	<b>200</b>	<b>90.41</b>		
DIÁMETROS CARACTERÍSTICOS		CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	CANTIDAD EN %	CLASIFICACIÓN
D10=	0	> De 3"	0	SP-SM
D30=	0.16	G	9.59	
D60=	1.7	S	62.38	
<b>COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD</b>		F	28.03	
Cu=	-----	Pasa la malla No.4	90.41	
Cc=	-----			

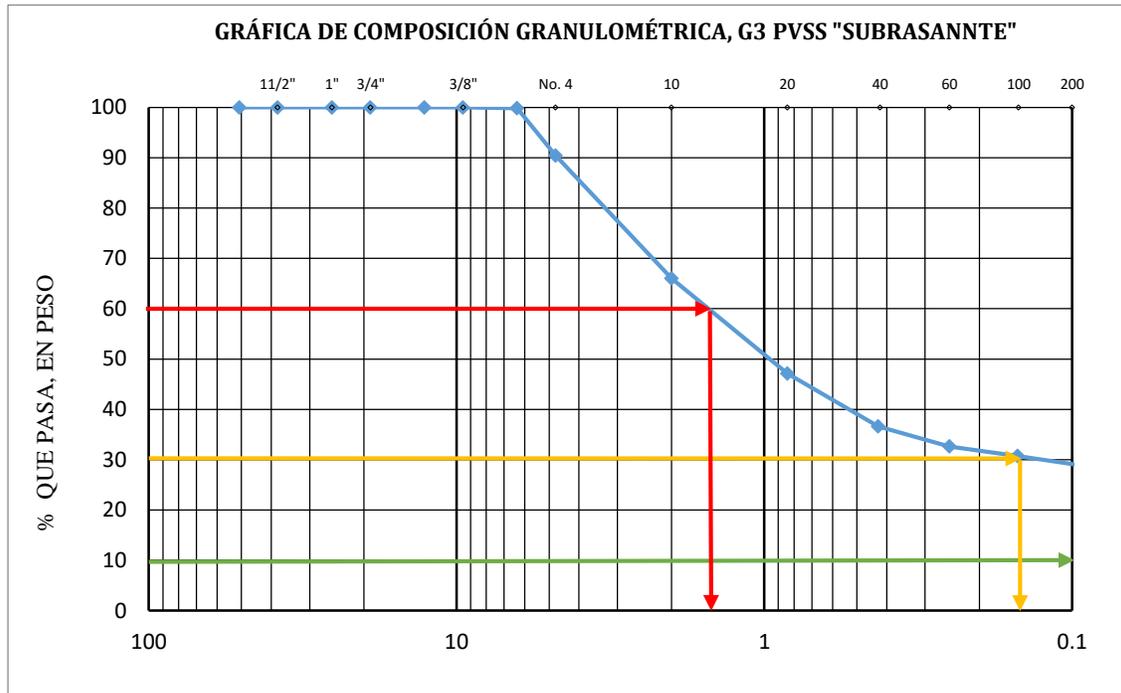


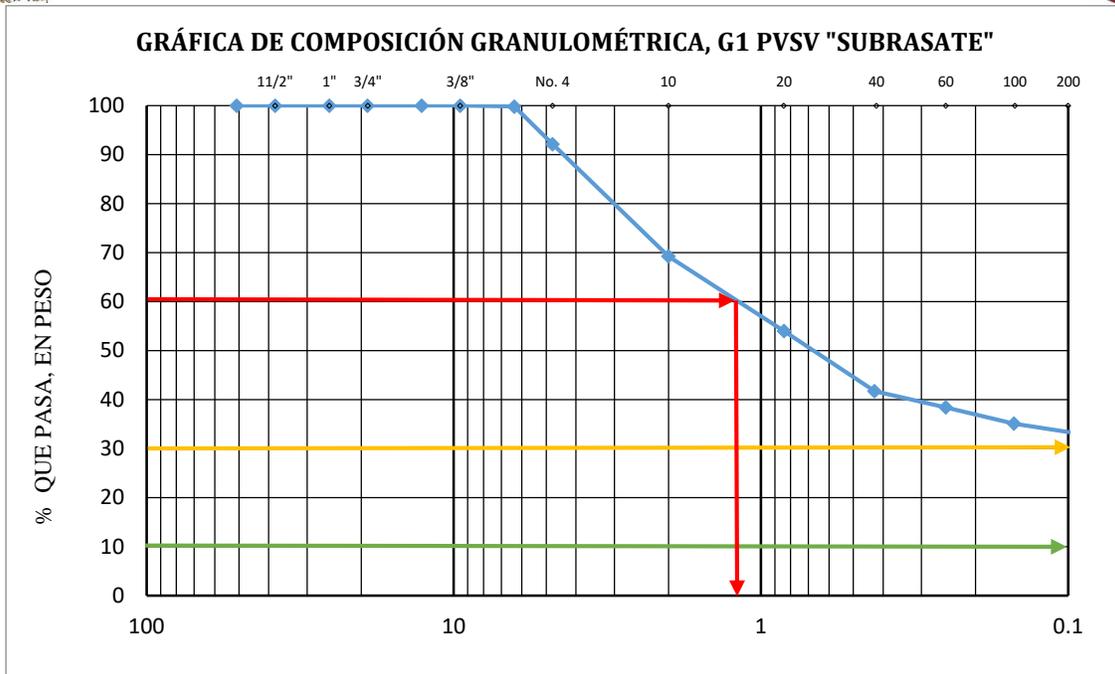
Fig. 99 Granulometría por mallas, G3 PVSS, Subrasante, J. Torres, 2022.

Se trata de una **arena mal graduada** (SP), de acuerdo a los resultados obtenidos.



Tabla 15 Granulometría No.1 PVSV, Subrasante, J. Torres, 2022.

GRANULOMETRÍA No.1 PVSV "SUBRASANTE"				
Norma de Referencia NMX-C-496-ONNCCE-2014				
<b>OPERADOR:</b>	JESSICA TORRES RICO		<b>ENSAYE No.</b>	1
<b>PESO BRUTO:</b>	15,930	g	<b>VOLUMEN:</b>	10,330
<b>TARA:</b>	3,720	g	<b>PESO VOLUMÉTRICO:</b>	1.182
<b>PESO NETO:</b>	12,210	g	<b>DESPERDICIO (% RET. EN 2")</b>	0
COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL EN MALLA No. 4				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
2"	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	0	0.00	0.00	100.00
1/2"	0	0.00	0.00	100.00
3/8"	0	0.00	0.00	100.00
1/4"	22.8	0.19	0.19	99.81
No. 4	941.6	7.71	7.90	92.10
PASA No. 4	11,246	92.10	100.00	0.00
<b>SUMA:</b>	<b>12210</b>	<b>100</b>		
DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA No. 4 (POR LAVADO)				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
10	49.6	22.84	22.84	69.26
20	33.2	15.29	38.13	53.97
40	26.6	12.25	50.38	41.72
60	7.2	3.32	53.70	38.41
100	7.2	3.32	57.01	35.09
200	6.4	2.95	59.96	32.14
PASA No. 200	69.8	32.14	92.10	0.00
<b>SUMA:</b>	<b>200</b>	<b>92.10</b>		
DIÁMETROS CARACTERÍSTICOS		CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	CANTIDAD EN %	CLASIFICACIÓN
D10=	0	> De 3"	0	SP-SM
D30=	0	G	7.90	
D60=	1.25	S	59.96	
<b>COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD</b>		F	32.14	
Cu=	-----	Pasa la malla No.4	92.10	
Cc=	-----			

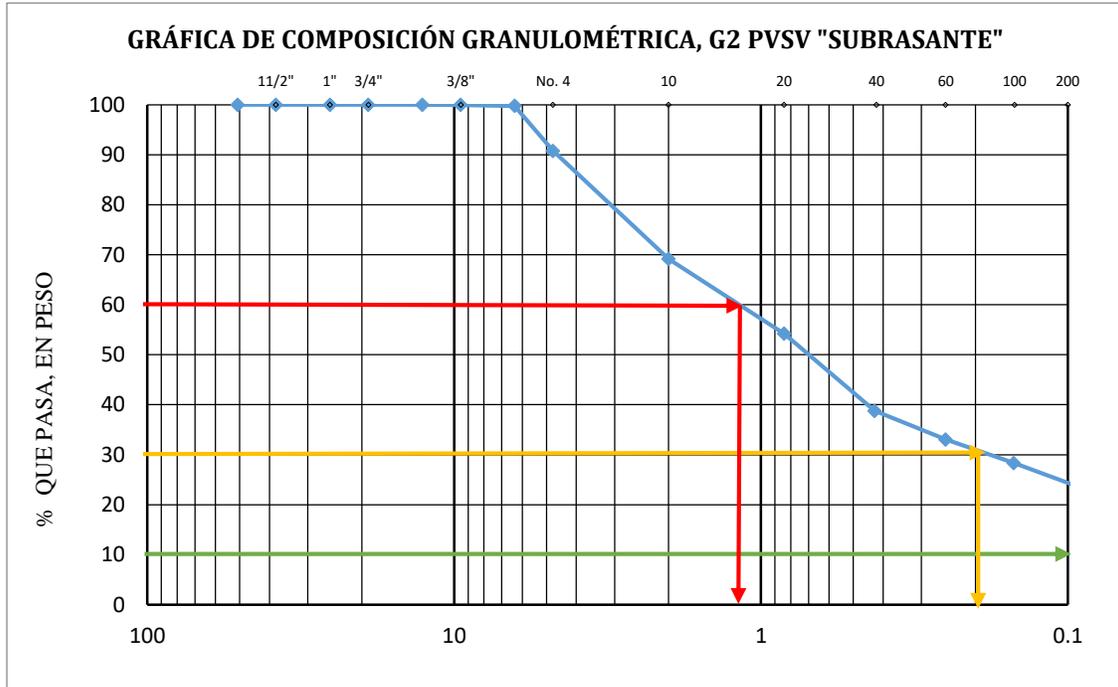


*Fig. 100 Granulometría por mallas, G1 PVSV, Subrasante, J. Torres, 2022.*



Tabla 16 Granulometría No.2 PVSV, Subrasante, J. Torres, 2022.

GRANULOMETRÍA No.2 PVSV "SUBRASANTE"				
Norma de Referencia NMX-C-496-ONNCCE-2014				
<b>OPERADOR:</b>	JESSICA TORRES RICO		<b>ENSAYE No.</b>	1
<b>PESO BRUTO:</b>	15,850	g	<b>VOLUMEN:</b>	10,330
<b>TARA:</b>	3,720	g	<b>PESO VOLUMÉTRICO:</b>	1.174
<b>PESO NETO:</b>	12,130	g	<b>DESPERDICIO (% RET. EN 2")</b>	0
COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL EN MALLA No. 4.				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
2"	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	0	0.00	0.00	100.00
1/2"	1.6	0.01	0.01	99.99
3/8"	4	0.03	0.05	99.95
1/4"	22.8	0.19	0.23	99.77
No. 4	1090.2	8.99	9.22	90.78
PASA No. 4	11,011	90.78	100.00	0.00
<b>SUMA:</b>	<b>12130</b>	<b>100</b>		
DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA No. 4 (POR LAVADO).				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
10	47.6	21.61	21.61	69.17
20	33	14.98	36.58	54.19
40	34	15.43	52.02	38.76
60	12.6	5.72	57.73	33.04
100	10.4	4.72	62.46	28.32
200	15	6.81	69.26	21.51
PASA No. 200	47.4	21.51	90.78	0.00
<b>SUMA:</b>	<b>200</b>	<b>90.78</b>		
DIÁMETROS CARACTERÍSTICOS		CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	CANTIDAD EN %	CLASIFICACIÓN
D10=	0	> De 3"	0	SP-SM
D30=	0.19	G	9.22	
D60=	1.2	S	69.26	
<b>COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD</b>		F	21.51	
Cu=	-----	Pasa la malla No.4	90.78	
Cc=	-----			



*Fig. 101 Granulometría por mallas, G2 PVSV, Subrasante, J. Torres, 2022.*



Tabla 17 Granulometría No.3 PVSV, Subrasante, J. Torres, 2022.

GRANULOMETRÍA No.3 PVSV "SUBRASANTE"				
Norma de Referencia NMX-C-496-ONNCCE-2014				
<b>OPERADOR:</b>	JESSICA TORRES RICO		<b>ENSAYE No.</b>	1
<b>PESO BRUTO:</b>	15,790	g	<b>VOLUMEN:</b>	10,330
<b>TARA:</b>	3,720	g	<b>PESO VOLUMÉTRICO:</b>	1.168
<b>PESO NETO:</b>	12,070	g	<b>DESPERDICIO (% RET. EN 2")</b>	0
COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL EN MALLA No. 4.				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
2"	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	0	0.00	0.00	100.00
1/2"	2.4	0.02	0.02	99.98
3/8"	5	0.04	0.06	99.94
1/4"	21.8	0.18	0.24	99.76
No. 4	1053	8.72	8.97	91.03
PASA No. 4	10,988	91.03	100.00	0.00
<b>SUMA:</b>	<b>12070</b>	<b>100</b>		
DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA No. 4 (POR LAVADO).				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
10	54.2	24.67	24.67	66.36
20	37	16.84	41.51	49.52
40	33.2	15.11	56.62	34.41
60	14.4	6.55	63.18	27.86
100	8.2	3.73	66.91	24.12
200	15.2	6.92	73.83	17.21
PASA No. 200	37.8	17.21	91.03	0.00
<b>SUMA:</b>	<b>200</b>	<b>91.03</b>		
DIÁMETROS CARACTERÍSTICOS	CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL		CANTIDAD EN %	CLASIFICACIÓN
D10=	0	> De 3"	0	SP-SM
D30=	0.3	G	8.97	
D60=	2	S	73.83	
<b>COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD</b>		F	17.21	
Cu=	-----	Pasa la malla No.4	91.03	
Cc=	-----			

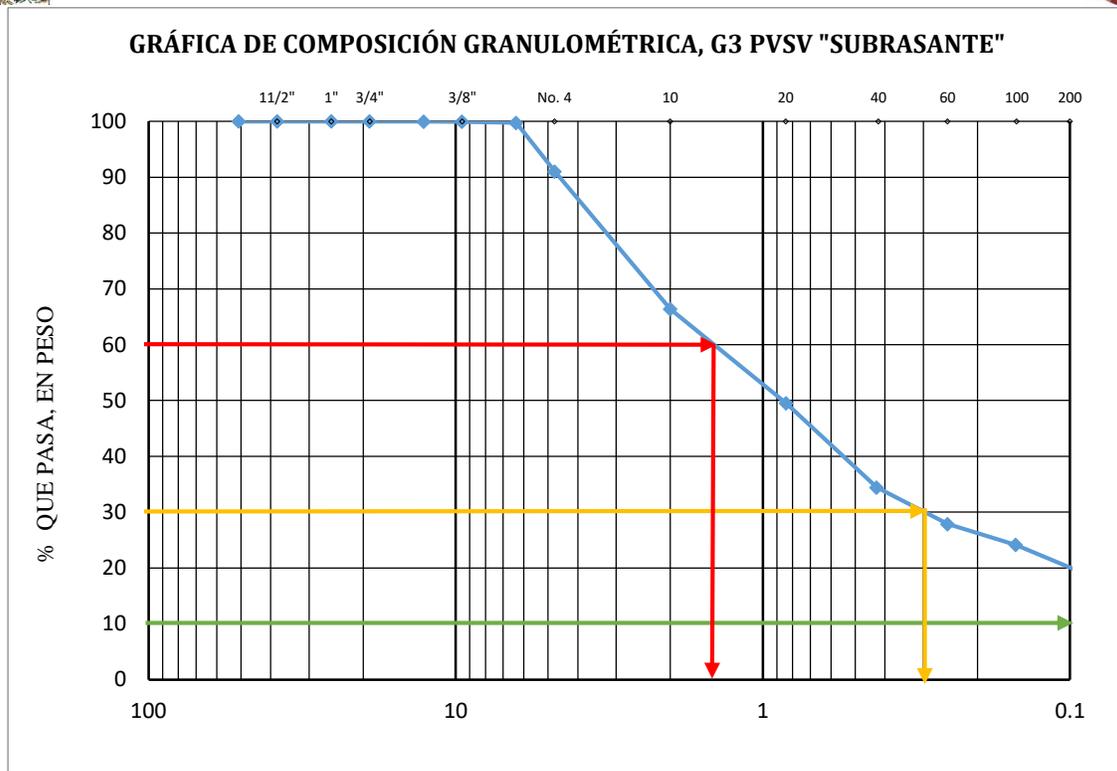


Fig. 102 Granulometría por mallas, G3 PVSV, Subrasante, J. Torres, 2022.

En las seis pruebas de granulometrías realizadas a dicho material se determinó que se trata de una **Arena mal graduada (SP)**, por las siguientes razones:

- El material contiene más del 50% de partículas de tamaño menor a 4.75 mm (malla No. 4).
- Dado que no se puede determinar el coeficiente de uniformidad (Cu) y el coeficiente de curvatura (Cc), se clasifica como mal graduada.
- El material contiene más del 12% de finos por tal motivo se debe realizar la prueba límites de consistencia para conocer su límite líquido y plástico y así poder clasificarlo como arcilla o limo.



11.1.3 Arena.

Las pruebas de granulometría realizadas a este material fueron tres, estas muestras se obtuvieron al llevar a cabo las pruebas de peso volumétrico seco suelto (PVSS), de las cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 18 Pesos volumétricos secos sueltos, Arena, J. Torres, 2022.

PESOS VOLUMÉTRICOS SECOS SUELTOS "ARENA"					
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-073-ONNCCE-2004.					
<b>SOLICITANTE:</b>		JESSICA TORRES RICO.			
<b>OBRA:</b>		CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".			
<b>LOCALIZACIÓN:</b>		VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.			
<b>PROCEDENCIA:</b>		VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.			
<b>ENVIADO POR:</b>		VISITA LA BANCO.			
No. Prueba	Wm + tara (gr)	Tara (gr)	Wm (gr)	Vol. Tara	PVSS
1	5600	1460	4140	2840	1.4577
2	5595	1460	4135	2840	1.4560
3	5585	1460	4125	2840	1.4525
4	5595	1460	4135	2840	1.4560
5	5560	1460	4100	2840	1.4437
6	5570	1460	4110	2840	1.4472

Los resultados de las granulometrías los muestra las siguientes tablas:



Tabla 19 Granulometría No.1 PVSS, Arena, J. Torres, 2022.

GRANULOMETRÍA No.1 PVSS "ARENA"				
Norma de Referencia NMX-C-496-ONNCCE-2014				
<b>OPERADOR:</b>	JESSICA TORRES RICO		<b>ENSAYE No.</b>	1
<b>PESO BRUTO:</b>	5,595	g	<b>VOLUMEN:</b>	2,840
<b>TARA:</b>	1,460	g	<b>PESO VOLUMÉTRICO:</b>	1.456
<b>PESO NETO:</b>	4,135	g	<b>DESPERDICIO (% RET. EN 2")</b>	0
COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL EN MALLA No. 4.				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
2"	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	0	0.00	0.00	100.00
1/2"	0	0.00	0.00	100.00
3/8"	0	0.00	0.00	100.00
1/4"	10	0.24	0.24	99.76
No. 4	255	6.17	6.41	93.59
PASA No. 4	3,870	93.59	100.00	0.00
<b>SUMA:</b>	<b>4135</b>	<b>100</b>		
DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA No. 4 (POR LAVADO).				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
10	43.1	20.17	20.17	73.42
20	49	22.93	43.10	50.49
40	68.5	32.06	75.15	18.44
60	15.9	7.44	82.59	11.00
100	8.8	4.12	86.71	6.88
200	5	2.34	89.05	4.54
PASA No. 200	9.7	4.54	93.59	0.00
<b>SUMA:</b>	<b>200</b>	<b>93.59</b>		
DIÁMETROS CARACTERÍSTICOS		CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	CANTIDAD EN %	CLASIFICACIÓN
D10=	0.23	> De 3"	0	SP
D30=	0.54	G	6.41	
D60=	1.3	S	89.05	
<b>COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD</b>		F	4.54	
Cu=	5.65	Pasa la malla No.4	93.59	
Cc=	0.98			

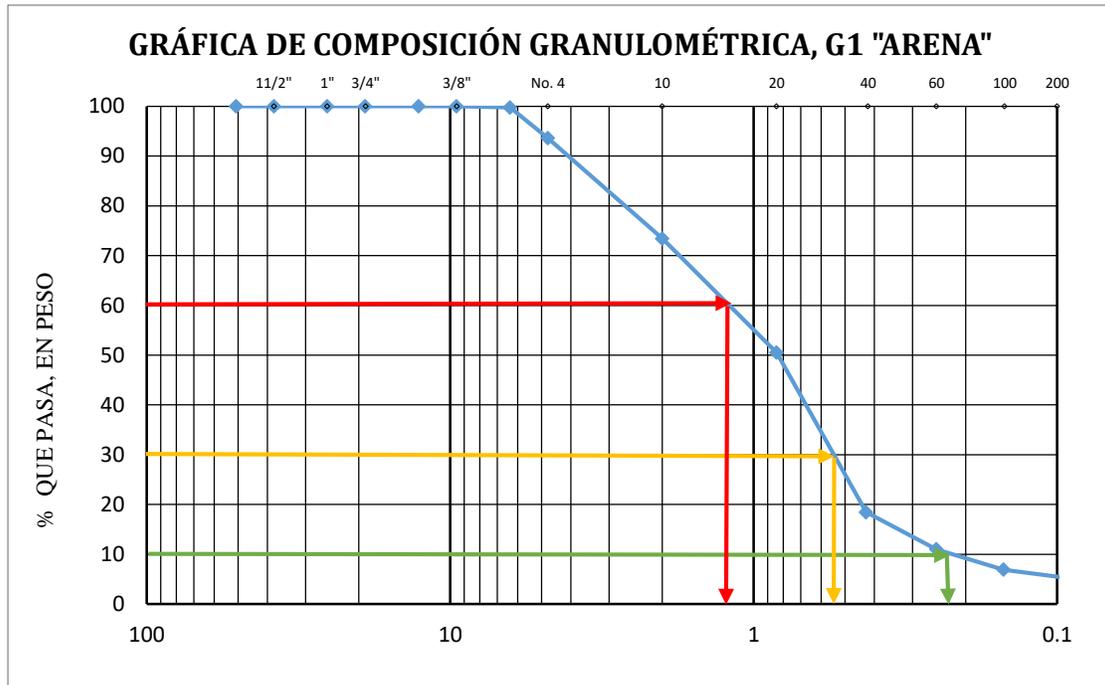


Fig. 103 Granulometría por mallas, G1 PVSS, Arena, J. Torres, 2022.



Tabla 20 Granulometría No.2 PVSS, Arena, J. Torres, 2022.

GRANULOMETRÍA No.2 "ARENA"				
Norma de Referencia NMX-C-496-ONNCCE-2014				
OPERADOR:	JESSICA TORRES RICO		ENSAYE No.	1
PESO BRUTO:	5,560	g	VOLUMEN:	2,840
TARA:	1,460	g	PESO VOLUMÉTRICO:	1.444
PESO NETO:	4,100	g	DESPERDICIO (% RET. EN 2")	0
COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL EN MALLA No. 4.				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
2"	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	0	0.00	0.00	100.00
1/2"	0	0.00	0.00	100.00
3/8"	0	0.00	0.00	100.00
1/4"	20	0.49	0.49	99.51
No. 4	240	5.85	6.34	93.66
PASA No. 4	3,840	93.66	100.00	0.00
<b>SUMA:</b>	<b>4100</b>	<b>100</b>		
DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA No. 4 (POR LAVADO).				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
10	44.1	20.65	20.65	73.01
20	42.1	19.72	40.37	53.29
40	63.5	29.74	70.10	23.56
60	18	8.43	78.53	15.13
100	12.2	5.71	84.25	9.41
200	7.3	3.42	87.66	5.99
PASA No. 200	12.8	5.99	93.66	0.00
<b>SUMA:</b>	<b>200</b>	<b>93.66</b>		
DIÁMETROS CARACTERÍSTICOS		CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	CANTIDAD EN %	CLASIFICACIÓN  <b>SW</b>
D10=	0.17	> De 3"	0	
D30=	0.499	G	6.34	
D60=	1.2	S	87.66	
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD		F	5.99	
Cu=	7.06	Pasa la malla No.4	93.66	
Cc=	1.22			

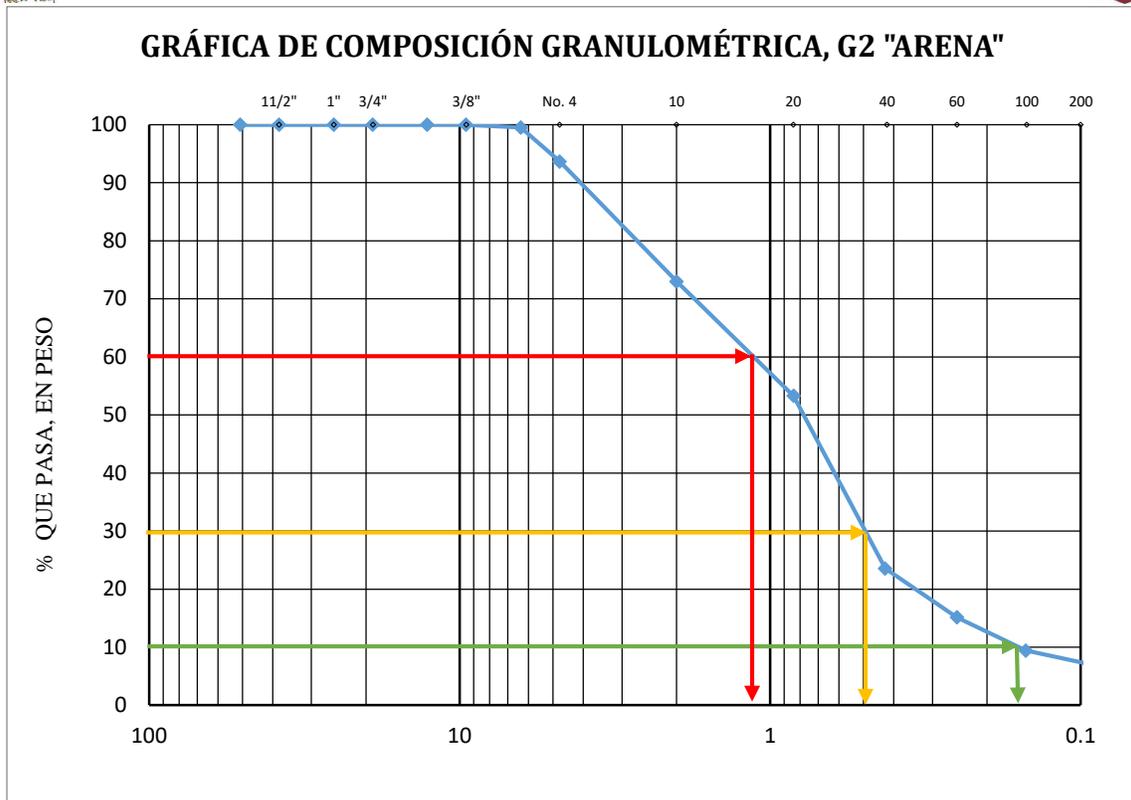


Fig. 104 Granulometría por mallas, G2 PVSS, Arena, J. Torres, 2022.



Tabla 21 Granulometría No.3 PVSS, Arena, J. Torres, 2022.

GRANULOMETRÍA No.3 "ARENA"				
Norma de Referencia NMX-C-496-ONNCCE-2014				
OPERADOR:	JESSICA TORRES RICO		ENSAYE No.	1
PESO BRUTO:	5,570	g	VOLUMEN:	2,840
TARA:	1,460	g	PESO VOLUMÉTRICO:	1.447
PESO NETO:	4,110	g	DESPERDICIO (% RET. EN 2")	0
COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL EN MALLA No. 4.				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
2"	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	0	0.00	0.00	100.00
1/2"	0	0.00	0.00	100.00
3/8"	0	0.00	0.00	100.00
1/4"	10	0.24	0.24	99.76
No. 4	240	5.84	6.08	93.92
PASA No. 4	3,860	93.92	100.00	0.00
<b>SUMA:</b>	<b>4110</b>	<b>100</b>		
DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA No. 4 (POR LAVADO).				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
10	49.1	23.06	23.06	70.86
20	45.6	21.41	44.47	49.45
40	63	29.58	74.05	19.86
60	16.5	7.75	81.80	12.12
100	9.8	4.60	86.40	7.51
200	5.9	2.77	89.17	4.74
PASA No. 200	10.1	4.74	93.92	0.00
<b>SUMA:</b>	<b>200</b>	<b>93.92</b>		
DIÁMETROS CARACTERÍSTICOS		CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	CANTIDAD EN %	CLASIFICACIÓN
D10=	0.2	> De 3"	0	SW
D30=	0.53	G	6.08	
D60=	1.4	S	89.17	
<b>COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD</b>		F	4.74	
Cu=	7.00	Pasa la malla No.4	93.92	
Cc=	1.00			

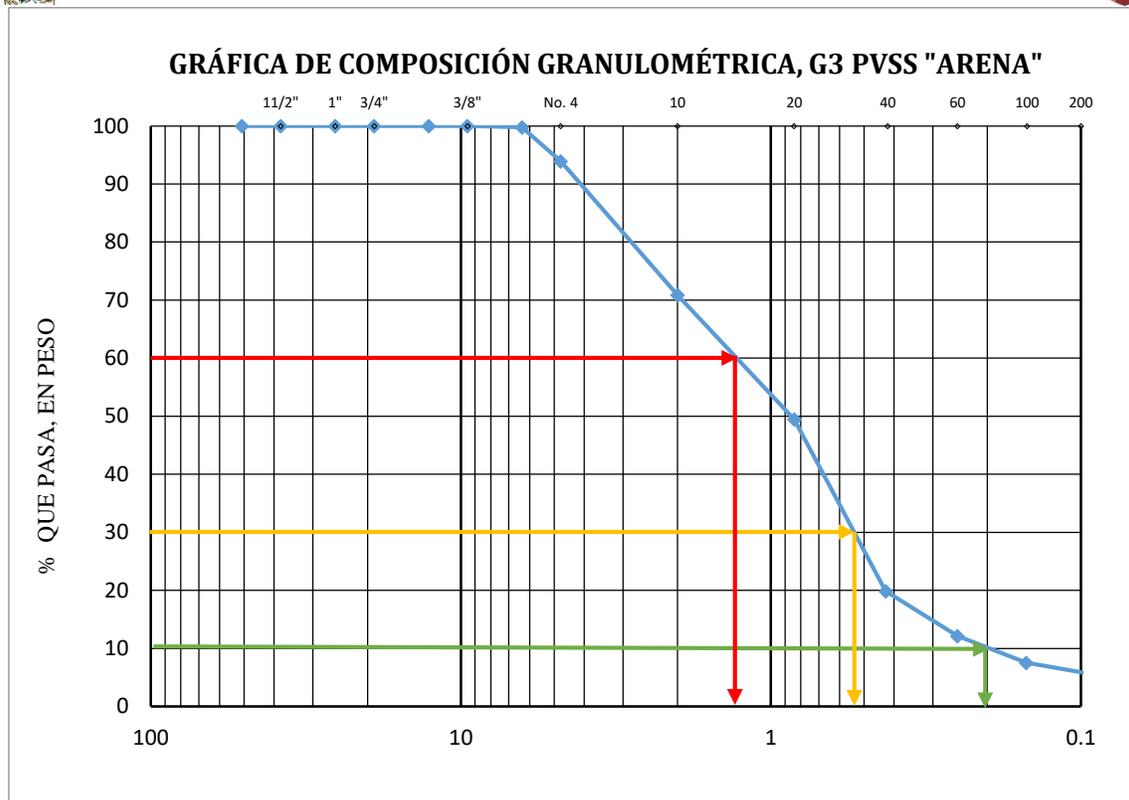


Fig. 105 Granulometría por mallas, G3 PVSS, Arena, J. Torres, 2022.

De acuerdo a los resultados obtenidos el material analizado se clasifica como una **Arena bien graduada (GW)**, por las siguientes razones:

- El material contiene más del 50% de partículas de tamaño menor a 4.75 mm (malla No. 4).
- El coeficiente de uniformidad (Cu) y el coeficiente de curvatura (Cc) cumplen lo establecido en la norma por eso se designa como bien graduada.

**Nota:** aunque en la primera prueba realizada se obtuvo como resultado una arena mal graduada (SP), se descartó este ya que fue muy poca la diferencia de resultados en cuanto a los coeficientes que debe cumplir.



11.1.4 Tepetate.

Esta prueba fue realizada tres veces para este material, se utilizaron tres muestras obtenidas mediante peso volumétrico seco suelto. Los resultados que se obtuvieron se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 22 Pesos volumétricos secos sueltos, Tepetate, J. Torres, 2022.

<b>PESOS VOLUMÉTRICOS SECOS SUELTOS "TEPEPTATE"</b>					
<b>NORMA DE REFERENCIA NMX-C-073-ONNCCE-2004.</b>					
<b>SOLICITANTE:</b>		JESSICA TORRES RICO.			
<b>OBRA:</b>		CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".			
<b>LOCALIZACIÓN:</b>		VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.			
<b>PROCEDENCIA:</b>		VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.			
<b>ENVIADO POR:</b>		VISITA LA BANCO.			
No. Prueba	Wm + tara (gr)	Tara (gr)	Wm (gr)	Vol. Tara	PVSS
1	4775	1460	3315	2840	1.167
2	4705	1460	3245	2840	1.143
3	4815	1460	3355	2840	1.181
4	4820	1460	3360	2840	1.183
5	4865	1460	3405	2840	1.199
6	4905	1460	3445	2840	1.213

Con los últimos tres volúmenes se realizaron las pruebas y se obtuvieron los siguientes resultados:



Tabla 23 Granulometría No.1 PVSS, Tepetate, J. Torres, 2022.

GRANULOMETRÍA No.1 "TEPETATE"				
Norma de Referencia N-CMT-4-02-002/04				
<b>OPERADOR:</b>	JESSICA TORRES RICO		<b>ENSAYE No.</b>	1
<b>PESO BRUTO:</b>	4,820	g	<b>VOLUMEN:</b>	2,840
<b>TARA:</b>	1,460	g	<b>PESO VOLUMÉTRICO:</b>	1.183
<b>PESO NETO:</b>	3,360	g	<b>DESPERDICIO (% RET. EN 2")</b>	0
COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL EN MALLA No. 4.				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
2"	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	31.8	0.95	0.95	99.05
1/2"	157.6	4.69	5.64	94.36
3/8"	116.8	3.48	9.11	90.89
1/4"	170.8	5.08	14.20	85.80
No. 4	233.4	6.95	21.14	78.86
PASA No. 4	2,650	78.86	100.00	0.00
<b>SUMA:</b>	<b>3360</b>	<b>100.000</b>		
DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA No. 4 (POR LAVADO).				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
10	31.7	12.50	12.50	66.36
20	21.3	8.40	20.90	57.96
40	22.3	8.79	29.69	49.17
60	8.7	3.43	33.12	45.74
100	13.4	5.28	38.40	40.45
200	16	6.31	44.71	34.15
PASA No. 200	86.6	34.15	78.86	0.00
<b>SUMA:</b>	<b>200</b>	<b>78.86</b>		
DIÁMETROS CARACTERÍSTICOS		CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	CANTIDAD EN %	CLASIFICACIÓN
D10=	0	> De 3"	0	M
D30=	0	G	21.14	
D60=	1.1	S	44.71	
<b>COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD</b>		F	34.15	
Cu=	-----	Pasa la malla No.4	78.86	
Cc=	-----			

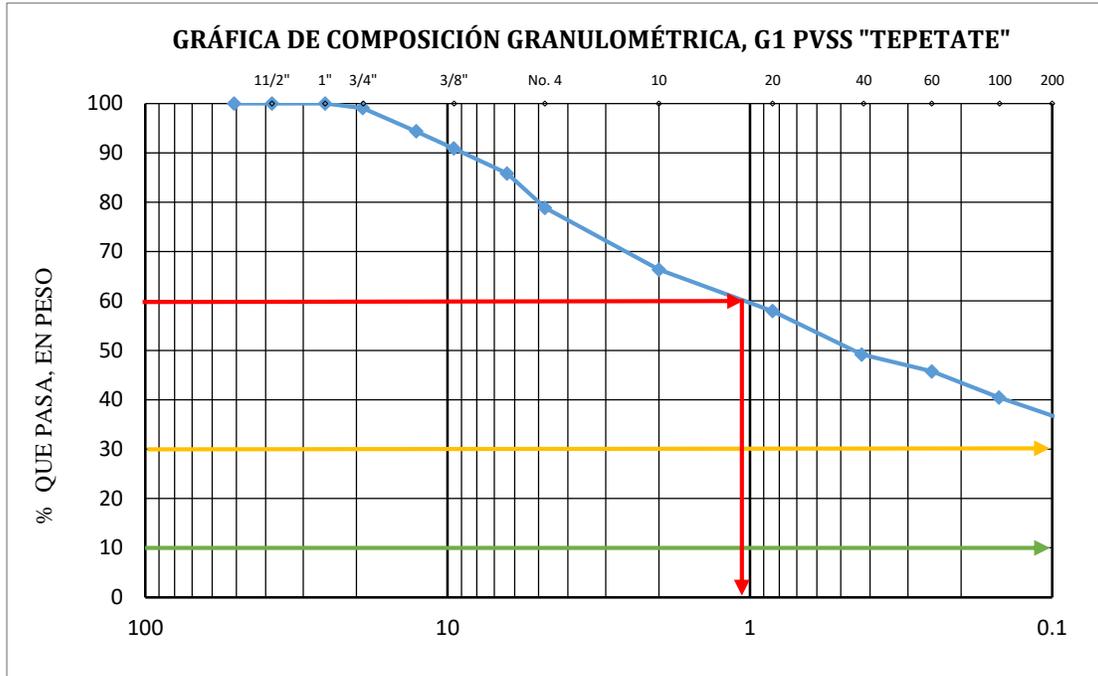


Fig. 106 Granulometría por mallas, G1 PVSS, Tepetate, J. Torres, 2022.

Se considera que se trata de un **limo (M)** de acuerdo al comportamiento que tiene al estar en contacto con el agua, pero para confirmar este resultado se debe realizar la prueba límites de consistencia.



Tabla 24 Granulometría No.2 PVSS, Tepetate, J. Torres, 2022.

GRANULOMETRÍA No.2 "TEPETATE"				
Norma de Referencia NMX-C-496-ONNCCE-2014				
<b>OPERADOR:</b>	JESSICA TORRES RICO		<b>ENSAYE No.</b>	1
<b>PESO BRUTO:</b>	4,865	g	<b>VOLUMEN:</b>	2,840
<b>TARA:</b>	1,460	g	<b>PESO VOLUMÉTRICO:</b>	1.199
<b>PESO NETO:</b>	3,405	g	<b>DESPERDICIO (% RET. EN 2")</b>	0
COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL EN MALLA No. 4.				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
2"	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	87.2	2.56	2.56	97.44
1/2"	159.8	4.69	7.25	92.75
3/8"	125	3.67	10.93	89.07
1/4"	153	4.49	15.42	84.58
No. 4	277.6	8.15	23.57	76.43
PASA No. 4	2,602	76.43	100.00	0.00
<b>SUMA:</b>	<b>3405</b>	<b>100</b>		
DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA No. 4 (POR LAVADO).				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
10	31.8	12.15	12.15	64.28
20	20.9	7.99	20.14	56.29
40	22.3	8.52	28.66	47.77
60	8.8	3.36	32.02	44.41
100	13	4.97	36.99	39.44
200	15.5	5.92	42.91	33.51
PASA No. 200	87.7	33.51	76.43	0.00
<b>SUMA:</b>	<b>200</b>	<b>76.43</b>		
DIÁMETROS CARACTERÍSTICOS		CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	CANTIDAD EN %	CLASIFICACIÓN  <b>M</b>
D10=	0	> De 3"	0	
D30=	0	G	23.57	
D60=	1.3	S	42.91	
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD		F	33.51	
Cu=	-----	Pasa la malla No.4	76.43	
Cc=	-----			

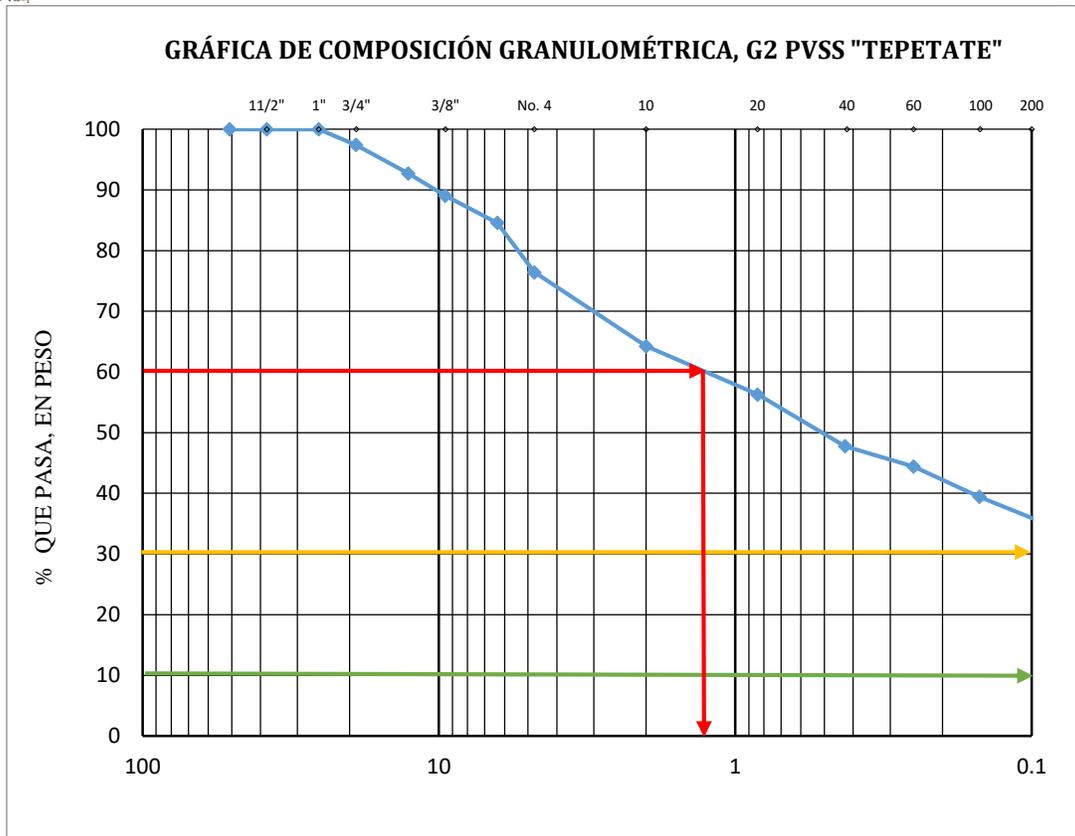




Tabla 25 Granulometría No.3 PVSS, Tepetate, J. Torres, 2022.

GRANULOMETRÍA No.3 "TEPETATE"				
Norma de Referencia NMX-C-496-ONNCCE-2014				
<b>OPERADOR:</b>	JESSICA TORRES RICO		<b>ENSAYE No.</b>	1
<b>PESO BRUTO:</b>	4,905	g	<b>VOLUMEN:</b>	2,840
<b>TARA:</b>	1,460	g	<b>PESO VOLUMÉTRICO:</b>	1.213
<b>PESO NETO:</b>	3,445	g	<b>DESPERDICIO (% RET. EN 2")</b>	0
COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL EN MALLA No. 4.				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
2"	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	65.4	1.90	1.90	98.10
3/4"	150	4.35	6.25	93.75
1/2"	184.6	5.36	11.61	88.39
3/8"	124	3.60	15.21	84.79
1/4"	156.4	4.54	19.75	80.25
No. 4	296.6	8.61	28.36	71.64
PASA No. 4	2,468	71.64	100.00	0.00
<b>SUMA:</b>	<b>3445</b>	<b>100</b>		
DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA No. 4 (POR LAVADO).				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
10	34.7	12.43	12.43	59.21
20	21.6	7.74	20.17	51.47
40	21.6	7.74	27.90	43.74
60	8.6	3.08	30.98	40.66
100	12	4.30	35.28	36.36
200	14.9	5.34	40.62	31.02
PASA No. 200	86.6	31.02	71.64	0.00
<b>SUMA:</b>	<b>200</b>	<b>71.64</b>		
DIÁMETROS CARACTERÍSTICOS		CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	CANTIDAD EN %	CLASIFICACIÓN
D10=	0	> De 3"	0	M
D30=	0	G	28.36	
D60=	2.15	S	40.62	
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD		F	31.02	
Cu=	-----	Pasa la malla No.4	71.64	
Cc=	-----			

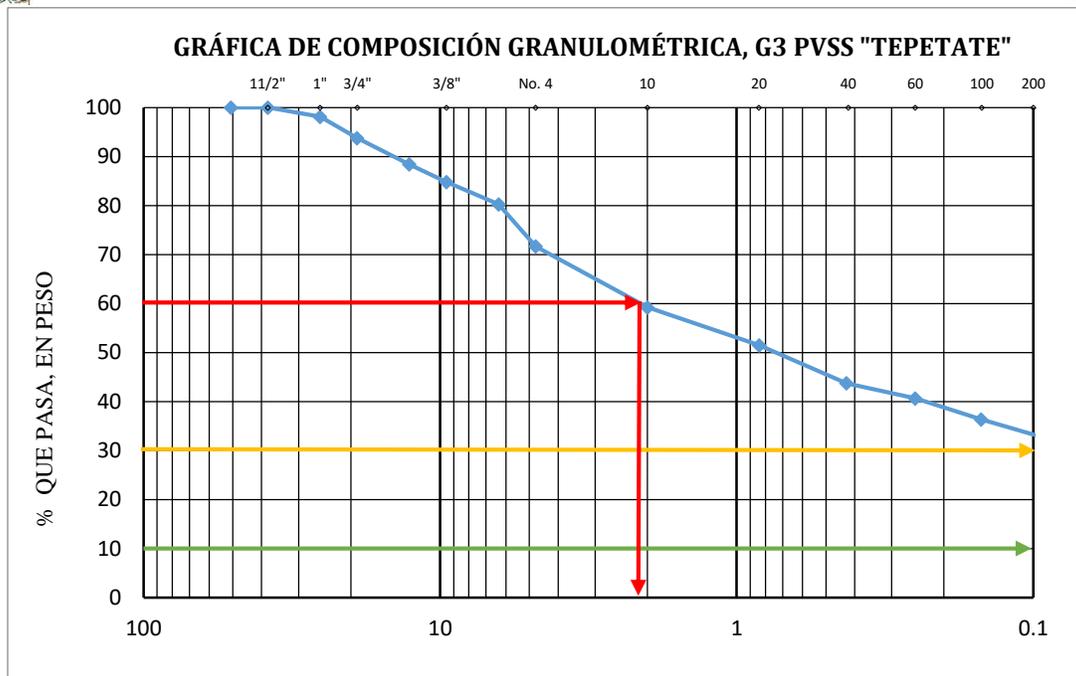


Fig. 108 Granulometría por mallas, G3 PVSS, Tepetate, J. Torres, 2022.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la granulometría y a la clasificación de campo, se determina que se trata de un **Limo de baja o mediana compresibilidad (ML)** por las siguientes razones:

- Más del 12% corresponde a material fino.
- La dilatancia en campo es lenta típica de un limo.
- La tenacidad del material es nula.

Esta clasificación se complementa con las pruebas de Límites de consistencia.



**11.2 DENSIDAD Y ABSORCIÓN EN BASE HIDRÁULICA Y ARENA.**

**11.2.1 Base hidráulica.**

De acuerdo a la norma se obtuvieron los resultados de densidad y absorción como se muestran en las siguientes tablas; para este material se realizaron seis pruebas, tres con material obtenido mediante PVSS y los tres restantes por PVSV.

**Tabla 26 Densidad y absorción PVSS 1, Base hidráulica, J. Torres, 2022.**

DENSIDAD Y ABSORCIÓN "BASE HIDRÁULICA"							
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-164-2014							
<b>SOLICITANTE:</b>	JESSICA TORRES RICO						
<b>OBRA:</b>	CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO"						
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.						
PVSS 1							
MUESTRA	PESO HÚMEDO (Pw)	PESO SECO (Ps)	AGUA ABSORBIDA	ABSORCIÓN (%)	VOLUMEN (C.C DESALOJADOS)	PESO SECO (Ps)	DENSIDAD RELATIVA APARENTE
1	400.8	324.8	76.0	23.40	220.00	324.80	1.48
2	400.0	323.6	76.4	23.61	225.00	323.60	1.44
PROMEDIO:				23.504	PROMEDIO:		1.46

**Tabla 27 Densidad y absorción PVSS 2, Base hidráulica, J. Torres, 2022.**

DENSIDAD Y ABSORCIÓN "BASE HIDRÁULICA"							
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-164-2014							
<b>SOLICITANTE:</b>	JESSICA TORRES RICO.						
<b>OBRA:</b>	CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".						
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.						
PVSS 2							
MUESTRA	PESO HÚMEDO (Pw)	PESO SECO (Ps)	AGUA ABSORBIDA	ABSORCIÓN (%)	VOLUMEN (C.C DESALOJADOS)	PESO SECO (Ps)	DENSIDAD RELATIVA APARENTE
1	400.4	319.4	81.0	25.36	220.00	319.40	1.45
2	400.6	323.6	77.0	23.79	210.00	323.60	1.54
PROMEDIO:				24.577	PROMEDIO:		1.50



*Tabla 28 Densidad y absorción PVSS 3, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*

DENSIDAD Y ABSORCIÓN "BASE HIDRAÚLICA"							
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-164-2014							
<b>SOLICITANTE:</b>	JESSICA TORRES RICO.						
<b>OBRA:</b>	CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".						
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.						
PVSS 3							
MUESTRA	PESO HÚMEDO (Pw)	PESO SECO (Ps)	AGUA ABSORBIDA	ABSORCIÓN (%)	VOLUMEN (C.C DESALOJADOS)	PESO SECO (Ps)	DENSIDAD RELATIVA APARENTE
1	400.4	323.6	76.8	23.73	220.00	323.60	1.47
2	400.0	323.6	76.4	23.61	218.00	323.60	1.48
PROMEDIO:				23.671	PROMEDIO:		1.48

*Tabla 29 Densidad y absorción PVSV 1, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*

DENSIDAD Y ABSORCIÓN "BASE HIDRAÚLICA"							
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-164-2014							
<b>SOLICITANTE:</b>	JESSICA TORRES RICO.						
<b>OBRA:</b>	CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".						
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.						
PVSV 1							
MUESTRA	PESO HÚMEDO (Pw)	PESO SECO (Ps)	AGUA ABSORBIDA	ABSORCIÓN (%)	VOLUMEN (C.C DESALOJADOS)	PESO SECO (Ps)	DENSIDAD RELATIVA APARENTE
1	400.0	327.0	73.0	22.32	218.00	327.00	1.50
2	400.2	329.2	71.0	21.57	217.00	329.20	1.52
PROMEDIO:				21.946	PROMEDIO:		1.51



*Tabla 30 Densidad y absorción PVSV 2, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*

DENSIDAD Y ABSORCIÓN "BASE HIDRAÚLICA"							
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-164-2014							
<b>SOLICITANTE:</b>	JESSICA TORRES RICO.						
<b>OBRA:</b>	CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".						
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.						
PVSV 2							
MUESTRA	PESO HÚMEDO (Pw)	PESO SECO (Ps)	AGUA ABSORBIDA	ABSORCIÓN (%)	VOLUMEN (C.C DESALOJADOS)	PESO SECO (Ps)	DENSIDAD RELATIVA APARENTE
1	400.6	326.6	74.0	22.66	220.00	326.60	1.48
2	400.8	330.0	70.8	21.45	210.00	330.00	1.57
PROMEDIO:				22.056	PROMEDIO:		1.53

*Tabla 31 Densidad y absorción PVSV 3, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*

DENSIDAD Y ABSORCIÓN "BASE HIDRAÚLICA"							
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-164-2014							
<b>SOLICITANTE:</b>	JESSICA TORRES RICO.						
<b>OBRA:</b>	CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".						
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.						
PVSV 3							
MUESTRA	PESO HÚMEDO (Pw)	PESO SECO (Ps)	AGUA ABSORBIDA	ABSORCIÓN (%)	VOLUMEN (C.C DESALOJADOS)	PESO SECO (Ps)	DENSIDAD RELATIVA APARENTE
1	400.6	328.4	72.2	21.99	212.00	328.40	1.55
2	400.0	328.8	71.2	21.65	220.00	328.80	1.49
PROMEDIO:				21.820	PROMEDIO:		1.52

De acuerdo a los resultados analizados se concluye que se trata de un material **muy poroso**, no adecuado para una base hidráulica.



11.2.2 Arena.

Se realizaron dos pruebas para conocer la densidad de la arena, de acuerdo a la norma correspondiente, los resultados obtenidos se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 32 Densidad, Arena, J. Torres, 2022.

DENSIDAD "ARENA"						
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-165-2014						
<b>SOLICITANTE:</b>	JESSICA TORRES RICO.					
<b>OBRA:</b>	CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".					
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.					
<b>PROCEDENCIA:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.					
<b>ENVIADO POR:</b>	VISITA LA BANCO.					
PRUEBA No.1						
MUESTRA No.	As (gr)	K (gr)	F (gr)	Vf (ml)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	PROMEDIO
1	300	953	450	326	2.44	2.47
2	300	954.5	450	325.5	2.48	
3	300	954	450	324	2.50	
PRUEBA No.2						
MUESTRA No.	As (gr)	K (gr)	F (gr)	Vf (ml)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	PROMEDIO
1	300	954	450	326	2.46	2.48
2	300	954.5	450	325.5	2.48	
3	300	953.5	450	324	2.49	

Se considera que el material cuenta con una densidad adecuada de acuerdo a los requerimientos de la SCT.



### 11.3 LÍMITES DE CONSISTENCIA EN BASE HIDRÁULICA, SUBRASANTE, ARENA Y TEPETATE

#### 11.3.1 Base hidráulica.

Para este material se realizaron seis pruebas en donde se observó que los límites líquidos y plásticos eran inapreciables, y que no existía contracción lineal; se comprobó que se trata de un **Limo de baja compresibilidad (ML)** de acuerdo a los resultados y su ubicación en la carta de plasticidad.

*Tabla 33 Límites de consistencia, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*

LÍMITES DE CONSISTENCIA "BASE HIDRÁULICA"				
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-493-ONNCE-2018				
<b>SOLICITANTE:</b>	JESSICA TORRES RICO.			
<b>OBRA:</b>	CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".			
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.			
<b>PROCEDENCIA:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.			
<b>ENVIADO POR:</b>	VISITA LA BANCO			
LÍMITE LÍQUIDO				
INP				
LÍMITE PLÁSTICO				
INP				
CONTRACCIÓN LINEAL Y VOLUMÉTRICA				
Prueba No.	Cápsula No.	Longitud inicial (Li)	Logitud final (Lf)	Contracción lineal
---	---	cm	cm	%
1	22	10.1	10.1	0
2	1	10.1	10.1	0
3	8	10.0	10.0	0
4	10	10.1	10.1	0
5	22	10.0	10.0	0
6	8	10.0	10.0	0

<b>LL=</b>	INP	%	<b>CLASIFICACIÓN SUCS:</b>
<b>LP=</b>	INP	%	
<b>IP=</b>	INP	%	
<b>CL=</b>	0	%	
<b>CV=</b>	0	%	
			<b>ML</b>



**11.3.2 Subrasante.**

Se realizaron seis pruebas donde se determinó que se trata de un **Limo de baja compresibilidad (ML)** debido a la presencia de arena y ya que fue localizado dentro de la zona I en la carta de plasticidad.

**Tabla 34 Límites de consistencia, Subrasante, J. Torres, 2022**

<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA "SUBRASANTE"</b>				
<b>NORMA DE REFERENCIA NMX-C-493-ONNCE-2018</b>				
<b>SOLICITANTE:</b>	JESSICA TORRES RICO.			
<b>OBRA:</b>	CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".			
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.			
<b>PROCEDENCIA:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.			
<b>ENVIADO POR:</b>	VISITA LA BANCO.			
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>				
INP				
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>				
INP				
<b>CONTRACCIÓN LINEAL Y VOLUMÉTRICA</b>				
Prueba No.	Cápsula No.	Longitud inicial (Li)	Longitud final (Lf)	Contracción lineal
---	---	cm	cm	%
1	10	10.1	10.1	0
2	8	10.1	10.1	0
3	22	10.0	10.0	0
4	17	10.0	10.0	0
5	6	10.0	10.0	0
6	5	10.0	10.0	0

<b>LL=</b>	INP	%	<b>CLASIFICACIÓN SUCS:</b>
<b>LP=</b>	INP	%	
<b>IP=</b>	INP	%	
<b>CL=</b>	0	%	
<b>CV=</b>	0	%	
			<b>ML</b>



11.3.3 Arena.

Los resultados alcanzados se muestran en la siguiente tabla, los cuales fueron necesarios para su ubicación en la carta de plasticidad en la que se identificó en la zona I y se observa que se trata de un **Limo de baja compresibilidad (ML)**.

*Tabla 35 Límites de consistencia, Arena, J. Torres, 2022*

LÍMITES DE CONSISTENCIA "ARENA"				
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-493-ONNCE-2018				
<b>SOLICITANTE:</b>	JESSICA TORRES RICO.			
<b>OBRA:</b>	CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".			
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.			
<b>PROCEDENCIA:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.			
<b>ENVIADO POR:</b>	VISITA LA BANCO.			
LÍMITE LÍQUIDO				
INP				
LÍMITE PLÁSTICO				
INP				
CONTRACCIÓN LINEAL Y VOLUMÉTRICA				
Prueba No.	Cápsula No.	Longitud inicial (Li)	Longitud final (Lf)	Contracción lineal
---	---	cm	cm	%
1	22	10.1	10.1	0
2	10	10.1	10.1	0
3	8	10.1	10.1	0
4	6	10.0	10.0	0
5	5	10.0	10.0	0
6	1	10.0	10.0	0
LL=	INP	%	CLASIFICACIÓN SUCS:	
LP=	INP	%	<b>ML</b>	
IP=	INP	%		
CL=	0	%		
CV=	0	%		



11.3.4 Tepetate.

Los resultados obtenidos se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 36 Límites de consistencia prueba no.1, Tepetate, J. Torres, 2022.

LÍMITES DE PLASTICIDAD Y HUMEDAD ACTUAL "TEPEPTATE"										
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-493-ONNCE-2018										
<b>SOLICITANTE:</b>		JESSICA TORRES RICO.								
<b>OBRA:</b>		CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".								
<b>LOCALIZACIÓN:</b>		VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.								
<b>PROCEDENCIA:</b>		VILLA JIMÉEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.								
<b>ENVIADO POR:</b>		VISITA LA BANCO.								
PRUEBA No.1										
LÍMITE LÍQUIDO										
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	NÚMERO DE GOLPES			PESO CÁPSULA + SUELO HUMEDO	PESO CÁPSULA + SUELO SECO	PESO DEL AGUA	PESO DE LA CÁPSULA	PESO DEL SUELO SECO	CONTENIDO DE AGUA (w)
-----	-----	-----	-----	-----	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	%
1	26	5	8	10	24.2	20.5	3.7	10.4	10.1	36.63
2	47	10	13	15	22.3	18.5	3.8	8.2	10.3	36.89
3	42	15	19	20	20	16.9	3.1	8.2	8.7	35.63
4	29	20	26	25	27.7	24.7	3	15.5	9.2	32.61
5	69	25	28	30	21.3	18	3.3	8.3	9.7	34.02
6	32	30	36	35	24.1	20.7	3.4	10.7	10	34.00
LÍMITE PLÁSTICO										
1	76				19.9	17.5	2.4	8.4	9.1	26.37
2	45				18.8	16.6	2.2	8.1	8.5	25.88
3	7A				19.8	17.5	2.3	8.4	9.1	25.27
CONTRACCIÓN LINEAL										
PRUEBA No.	CAPSULA No.	LONGITUD INICIAL (Li)			LONGITUD FINAL (Lf)			COTRACCIÓN LINEAL		
-----	-----	cm			cm			%		
1	8	10			9.58			4.2		
CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA										
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	VOLÚMENES			PESO CÁPSULA + SUELO HUMEDO	PESO CÁPSULA + SUELO SECO	PESO DEL AGUA	PESO DE LA CÁPSULA	PESO DEL SUELO SECO	CONTENIDO DE AGUA (w)
		Vi	Vf	CV						
-----	-----	Cm <sup>3</sup>	Cm <sup>3</sup>	Cm <sup>3</sup>	-----	gr	gr	gr	gr	%
1	8	7.5	5.06	5.36	31.5	28.6	2.9	20.1	8.5	34.12
<b>Whg=</b>	68.5									
		LL=	35.05	%	<b>CLASIFICACIÓN SUCS</b>					
		LP=	25.84	%						
		Ip=	9.21	%						
		CL=	4.2	%						
		CV=	5.36	%						
					<b>ML</b>					

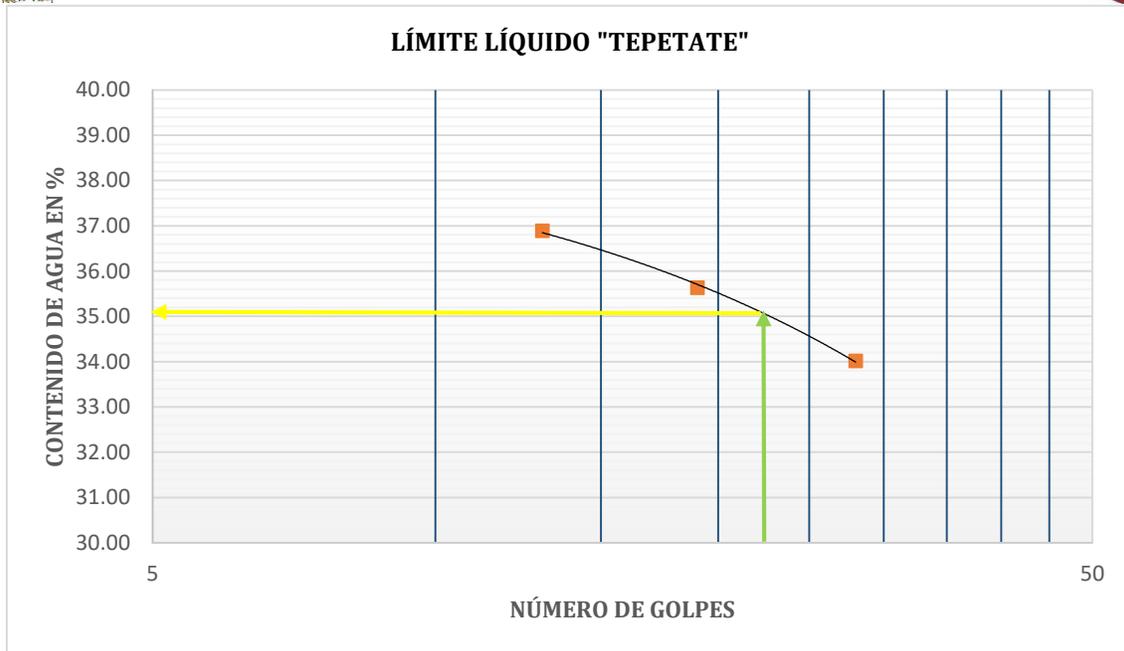


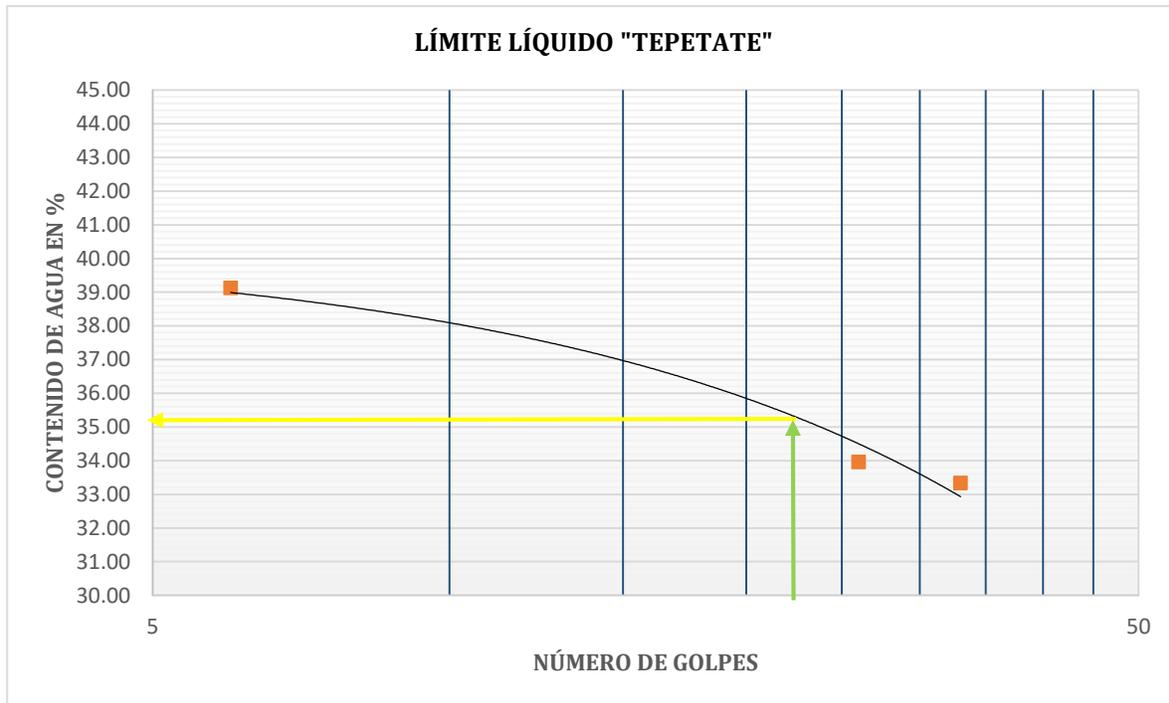
Fig. 109 Gráfica límite líquido prueba no.1, Tepetate, J. Torres, 2022.

Se obtuvo como resultado un **limo de baja plasticidad (ML)** de acuerdo a la clasificación SUCS.



Tabla 37 Límites de consistencia prueba no.2, Tepetate, J. Torres, 2022

LÍMITES DE PLASTICIDAD Y HUMEDAD ACTUAL "TEPEPTATE"										
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-493-ONNCE-2018										
<b>SOLICITANTE:</b>		JESSICA TORRES RICO.								
<b>OBRA:</b>		CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".								
<b>LOCALIZACIÓN:</b>		VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.								
<b>PROCEDENCIA:</b>		VILLA JIMÉEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.								
<b>ENVIADO POR:</b>		VISITA LA BANCO.								
PRUEBA No.2										
LÍMITE LÍQUIDO										
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	NÚMERO DE GOLPES			PESO CÁPSULA + SUELO HUMEDO	PESO CÁPSULA + SUELO SECO	PESO DEL AGUA	PESO DE LA CÁPSULA	PESO DEL SUELO SECO	CONTENIDO DE AGUA (W)
----	----	----	----	----	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	%
1	21	5	6	10	18	15.3	2.7	8.4	6.9	39.13
2	55	10	12	15	18.7	16.2	2.5	10.3	5.9	42.37
3	61	15	15	20	17.7	15.9	1.8	10.1	5.8	31.03
4	33	20	24	25	16.9	14.8	2.1	8.3	6.5	32.31
5	40	25	26	30	15.5	13.7	1.8	8.4	5.3	33.96
6	12	30	33	35	14.7	13.1	1.6	8.3	4.8	33.33
LÍMITE PLÁSTICO										
1	39				19.3	17	2.3	8.5	8.5	27.06
2	42				20.8	18.3	2.5	8.6	9.7	25.77
3	58				20.1	17.6	2.5	8.5	9.1	27.47
CONTRACCIÓN LINEAL										
PRUEBA No.	CAPSULA No.	LONGITUD INICIAL (Li)			LONGITUD FINAL (Lf)			COTRACCIÓN LINEAL		
----	-----	cm			cm			%		
1	1	10.02			9.61			4.09		
CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA										
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	VOLÚMENES			PESO CÁPSULA + SUELO HUMEDO	PESO CÁPSULA + SUELO SECO	PESO DEL AGUA	PESO DE LA CÁPSULA	PESO DEL SUELO SECO	CONTENIDO DE AGUA (W)
		Vi	Vf	CV						
-----	-----	Cm <sup>3</sup>	Cm <sup>3</sup>	Cm <sup>3</sup>	-----	gr	gr	gr	gr	%
1	8	7.5	5.17	5.77	30.8	28	2.8	19.8	8.2	34.15
<b>Whg=</b>	70.1									
		<b>LL=</b>	35.2	%	<b>CLASIFICACIÓN SUCS</b>					
		<b>LP=</b>	26.77	%						
		<b>Ip=</b>	8.43	%						
		<b>CL=</b>	4.09	%						
		<b>CV=</b>	5.77	%						
					<b>ML</b>					



*Fig. 110 Gráfica límite líquido prueba no. 2, Tepetate, J. Torres, 2022.*

Se considera que se trata de un **limo de baja plasticidad (ML)** por las siguientes razones:

- De acuerdo al límite líquido e índice plástico este material se encuentra en la zona I de la carta de plasticidad del sistema SUCS.
- Su contracción lineal y volumétrica no es muy grade, por lo tanto, se deduce que no contiene materia orgánica.



## 11.4 EQUIVALETE DE ARENA EN BASE HIDRÁULICA, SUBRASANTE, ARENA Y TEPETATE.

### 11.4.1 Base hidráulica.

Se realizaron tres pruebas, incluyendo en cada una de ellas tres muestras de material, los resultados obtenidos son los mostrados en la siguiente tabla:

*Tabla 38 Equivalente de Arena, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*

EQUIVALENTE DE ARENA "BASE HIDRÁULICA"			
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-493-ONNCE-2018			
<b>SOLICITANTE:</b>	JESSICA TORRES RICO.		
<b>OBRA:</b>	CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".		
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.		
<b>PROCEDENCIA:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.		
<b>ENVIADO POR:</b>	VISITA LA BANCO.		
<b>MATERIAL:</b>	BASE HIDRÁULICA.		
PVSS			
GRANULOMETRÍA No.1			
MUESTRA No.	LNS <sub>Finos</sub>	LNS <sub>Arenas</sub>	EA
----	in	in	%
1	3.9	1.3	33.33%
2	3.9	1.5	38.46%
GRANULOMETRÍA No.2			
1	3.95	1.75	44.30%
2	3.75	1.55	41.33%
GRANULOMETRÍA No.3			
1	3.98	1.6	40.20%
2	3.9	1.57	40.26%
PVSV			
GRANULOMETRÍA No.1			
MUESTRA No.	LNS <sub>Finos</sub>	LNS <sub>Arenas</sub>	EA
----	in	in	%
1	4.05	1.75	43.21%
2	3.8	1.6	42.11%
GRANULOMETRÍA No.2			
1	3.99	1.78	44.61%
2	4.02	1.8	44.78%
GRANULOMETRÍA No.3			
1	3.85	1.4	36.36%
2	4	1.5	37.50%



De acuerdo al Manual N-CMT-4-02-002-04 en la tabla 4 “Requisitos de calidad de los materiales para bases de pavimentos asfálticos” de este, el equivalente de arena que se encuentra presente en la base hidráulica es aceptable ya que el promedio de estas pruebas que se le realizaron es del 40.5% para carreteras con un  $\Sigma L \leq 10^6$  1).



11.4.2 Subrasate.

Los resultados obtenidos para este material se muestran en las siguientes tablas:

*Tabla 39 Equivalente de Arena, Subrasante, J. Torres, 2022*

EQUIVALENTE DE ARENA "SUBRASANTE"			
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-493-ONNCCE-2018			
<b>SOLICITANTE:</b>	JESSICA TORRES RICO.		
<b>OBRA:</b>	CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".		
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.		
<b>PROCEDENCIA:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.		
<b>ENVIADO POR:</b>	VISITA LA BANCO.		
<b>MATERIAL:</b>	SUBRASATE.		
PVSS			
GRANULOMETRÍA No.1			
MUESTRA No.	LNS <sub>Finos</sub>	LNS <sub>Arenas</sub>	EA
----	<b>in</b>	<b>in</b>	<b>%</b>
1	4.42	3.71	83.94%
2	4.31	3.4	78.89%
GRANULOMETRÍA No.2			
1	4.18	3.3	78.95%
2	3.99	3.25	81.45%
GRANULOMETRÍA No.3			
1	3.99	3.15	78.95%
2	4.4	3.4	77.27%
PVSV			
GRANULOMETRÍA No.1			
MUESTRA No.	LNS <sub>Finos</sub>	LNS <sub>Arenas</sub>	EA
----	<b>in</b>	<b>in</b>	<b>%</b>
1	4.25	3.42	80.47%
2	4.1	3.39	82.68%
GRANULOMETRÍA No.2			
1	4.31	3.4	78.89%
2	4.3	3.75	87.21%
GRANULOMETRÍA No.3			
1	4.2	3.4	80.95%
2	4.43	3.62	81.72%

De acuerdo al manual N-CMT-1-03-02 el valor obtenido en este material es aceptable ya que no se especifica ningún límite para ser aceptado como subrasante.



11.4.3 Arena.

Los resultados obtenidos para este material se muestran en la siguiente tabla:

*Tabla 40 Equivalente de Arena, Arena, J. Torres, 2022*

EQUIVALENTE DE ARENA "ARENA"			
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-493-ONNCCE-2018			
<b>SOLICITANTE:</b>	JESSICA TORRES RICO.		
<b>OBRA:</b>	CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".		
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.		
<b>PROCEDENCIA:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.		
<b>ENVIADO POR:</b>	VISITA LA BANCO.		
<b>MATERIAL:</b>	ARENA.		
PVSS			
GRANULOMETRÍA No.1			
MUESTRA No.	LNS <sub>Finos</sub>	LNS <sub>Arenas</sub>	EA
----	in	in	%
1	4.2	3.9	92.86%
2	4.09	3.83	93.64%
GRANULOMETRÍA No.2			
1	4.48	3.98	88.84%
2	4.4	4	90.91%
GRANULOMETRÍA No.3			
1	4.03	3.69	91.56%
2	4.33	3.73	86.14%

De acuerdo al manual N-CMT-4-04/08 el equivalente de arena debe ser mínimo del 50%, por lo tanto, este material es aceptable.



11.4.4 Tepetate.

Para este material solo se realizaron tres pruebas, los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

*Tabla 41 Equivalente de Arena, Tepetate, J. Torres, 2022.*

EQUIVALENTE DE ARENA "TEPETATE"			
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-493-ONNCCE-2018			
<b>SOLICITANTE:</b>	JESSICA TORRES RICO.		
<b>OBRA:</b>	CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO"		
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.		
<b>PROCEDENCIA:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.		
<b>ENVIADO POR:</b>	VISITA LA BANCO.		
<b>MATERIAL:</b>	TEPETATE.		
PVSS			
GRANULOMETRÍA No.1			
MUESTRA No.	LNS <sub>Finos</sub>	LNS <sub>Arenas</sub>	EA
----	in	in	%
1	4.8	1.49	31.04%
2	4.72	1.61	34.11%
GRANULOMETRÍA No.2			
1	4.69	1.3	27.72%
2	4.8	1.35	28.13%
GRANULOMETRÍA No.3			
1	4.8	1.3	27.08%
2	4.8	1.39	28.96%

El equivalente de arena obtenido es aceptable.



**11.5 COMPACTACIÓN DINÁMICA ESTANDAR Y DINÁMICA MODIFICADA (AASHTO).**

**11.5.1 Base Hidráulica.**

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos para esta prueba, donde para este material se realizó la compactación dinámica modificada (AASHTO).

**Tabla 42 Prueba AASHTO No.1, Base hidráulica, J. Torres, 2022.**

AASHTO "BASE HIDRÁULICA"				
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-476-ONNCCE-2013				
<b>SOLICITANTE:</b>	JESSICA TORRES RICO.			
<b>OBRA:</b>	CALIDAD DE BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".			
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.			
<b>PROCEDENCIA:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.			
<b>ENVIADO POR:</b>	VISITA LA BANCO.			
<b>MATERIAL:</b>	BASE HIDRÁULICA.			
PRUEBA NO.1 BASE HIDRÁULICA				
MUESTRA NO.	1	2	3	4
<b>PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (gr)</b>	20170	20490	20680	20590
<b>PESO MOLDE (gr)</b>	17620	17620	17620	17620
<b>PESO SUELO HÚMEDO (gr)</b>	2550	2870	3060	2970
<b>PESO ESPECÍFICO HÚMEDO (T/m3)</b>	1.211	1.363	1.454	1.411
<b>CÁPSULA NO.</b>	6	7	Y	3
<b>PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO (gr)</b>	359.9	363.2	350.9	327.1
<b>PESO CÁPSULA + SUELO SECO (gr)</b>	342.6	338.4	320.4	293.4
<b>PESO DEL AGUA (gr)</b>	17.3	24.8	30.5	33.7
<b>PESO CÁPSULA (gr)</b>	94.3	95	94.2	93.3
<b>PESOS SUELO SECO (gr)</b>	248.3	243.4	226.2	200.1
<b>CONTENIDO DE AGUA (%)</b>	7.0	10.2	13.5	16.8
<b>PESO ESPECÍFICO SECO (T/m3)</b>	1.133	1.237	1.281	1.208
<b>RELACIÓN DE VACÍOS e</b>	-----	-----	-----	-----
<b>Altura molde=</b>	11.6	cm	<b>%Agua=</b>	12.85
<b>Diámetro molde=</b>	15.2	cm		
<b>Área Molde=</b>	181.4583917	cm <sup>2</sup>	<b>y=</b>	1.28
<b>Vol. Molde=</b>	2104.92	cm <sup>3</sup>		

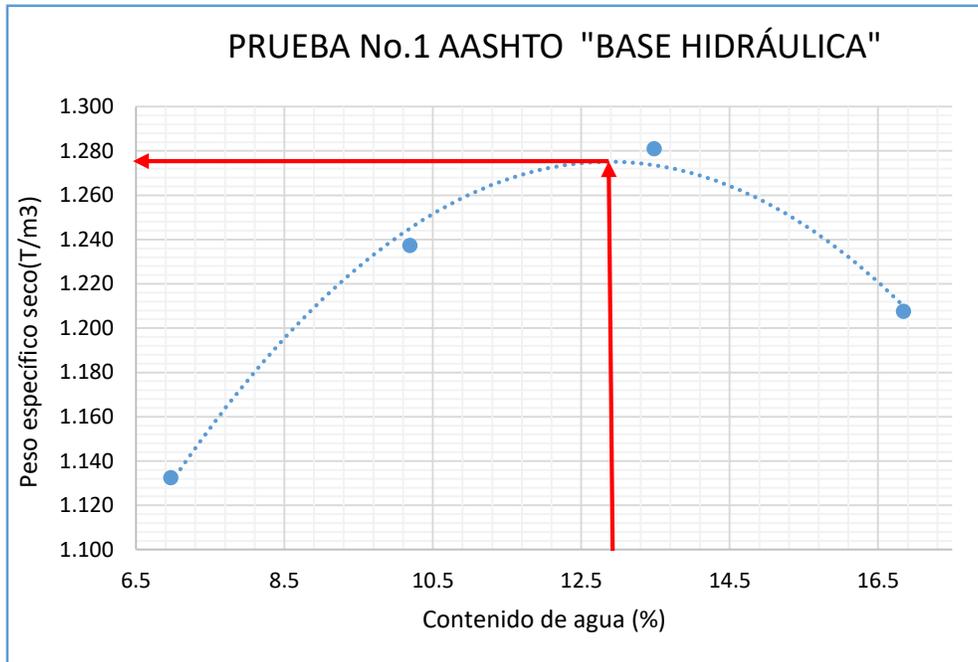
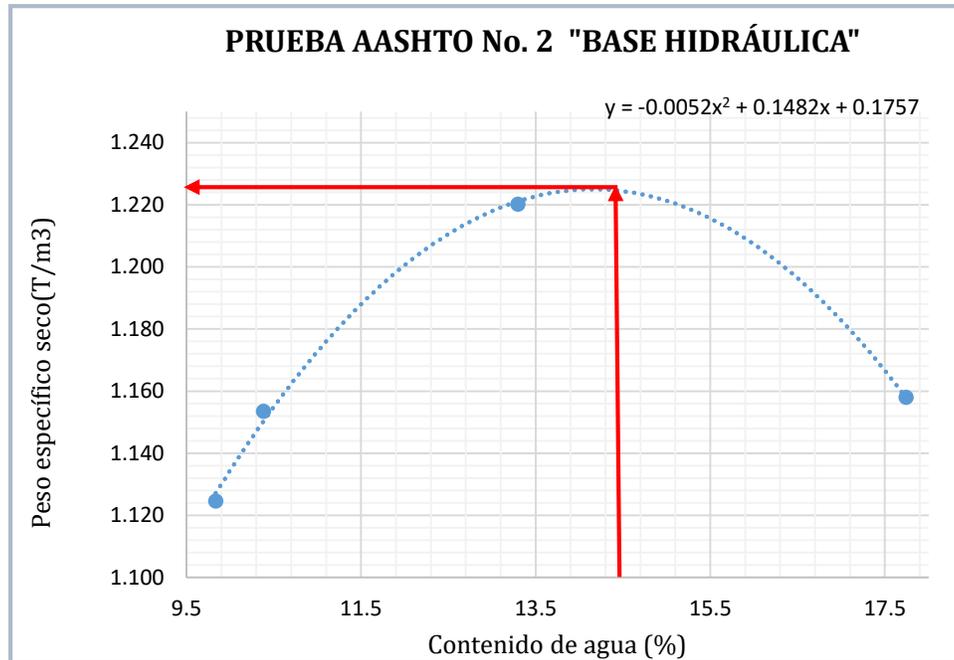


Fig. 111 Gráfica Prueba AASHTO No.1, Base hidráulica, J. Torres, 2022.

Tabla 43 Prueba AASHTO No.2, Base hidráulica, J. Torres, 2022.

PRUEBA NO.2 BASE HIDRÁULICA				
MUESTRA NO.	1	2	3	4
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (gr)	20220	20300	20530	20490
PESO MOLDE (gr)	17620	17620	17620	17620
PESO SUELO HÚMEDO (gr)	2600	2680	2910	2870
PESO ESPECÍFICO HÚMEDO (T/m3)	1.235	1.273	1.382	1.363
CÁPSULA NO.	2	6	5	4
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO (gr)	352	311.9	334.1	326.2
PESO CÁPSULA + SUELO SECO (gr)	329.3	291.2	305.9	290.7
PESO DEL AGUA (gr)	22.7	20.7	28.2	35.5
PESO CÁPSULA (gr)	98.5	91.8	93.8	90.6
PESOS SUELO SECO (gr)	230.8	199.4	212.1	200.1
CONTENIDO DE AGUA (%)	9.8	10.4	13.3	17.7
PESO ESPECÍFICO SECO (T/m3)	1.125	1.153	1.220	1.158
RELACIÓN DE VACÍOS e	-----	-----	-----	-----
Altura molde=	11.6	cm	%Agua=	14.2
Diámetro molde=	15.2	cm		
Área Molde=	181.4583917	cm <sup>2</sup>	y=	1.23
Vol. Molde=	2104.92	cm <sup>3</sup>		



*Fig. 112 Gráfica prueba AASHTO No.2, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*



11.5.2 Subrasante.

Tabla 44 Prueba AASHTO No.1, Subrasante, J. Torres, 2022.

PRUEBA AASHTO "SUBRASANTE"						
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-476-ONNCCE-2013						
SOLICITANTE:	JESSICA TORRES RICO.					
OBRA:	CALIDAD DE BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".					
LOCALIZACIÓN:	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.					
PROCEDENCIA:	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.					
ENVIADO POR:	VISITA LA BANCO.					
MATERIAL:	SUBRASANTE.					
PRUEBA No.1						
PRUEBA NO.	1	2	3	4	5	
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (gr)	21080	21220	21520	21540	21600	
PESO MOLDE (gr)	17620	17620	17620	17620	17620	
PESO SUELO HÚMEDO (gr)	3460	3600	3900	3920	3980	
PESO ESPECÍFICO HÚMEDO (T/m3)	1.644	1.710	1.853	1.862	1.891	
CÁPSULA NO.	6	7	2	3	Y	
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO (gr)	305.5	305.7	326.6	326.1	345.3	
PESO CÁPSULA + SUELO SECO (gr)	281.6	274.1	285.9	281.3	299	
PESO DEL AGUA (gr)	23.9	31.6	40.7	44.8	46.3	
PESO CÁPSULA (gr)	94.3	95	98.5	93.3	94.3	
PESOS SUELO SECO (gr)	187.3	179.1	187.4	188	204.7	
CONTENIDO DE AGUA (%)	12.8	17.6	21.7	23.8	22.6	
PESO ESPECÍFICO SECO (T/m3)	1.458	1.454	1.522	1.504	1.542	
RELACIÓN DE VACÍOS e	----	----	----	----	----	
Altura molde=	11.6	cm			W %=	21.502
Diámetro molde=	15.2	cm				
Área Molde=	181.4583917	cm2			Yd=	1.55
Vol. Molde=	2104.92	cm3				

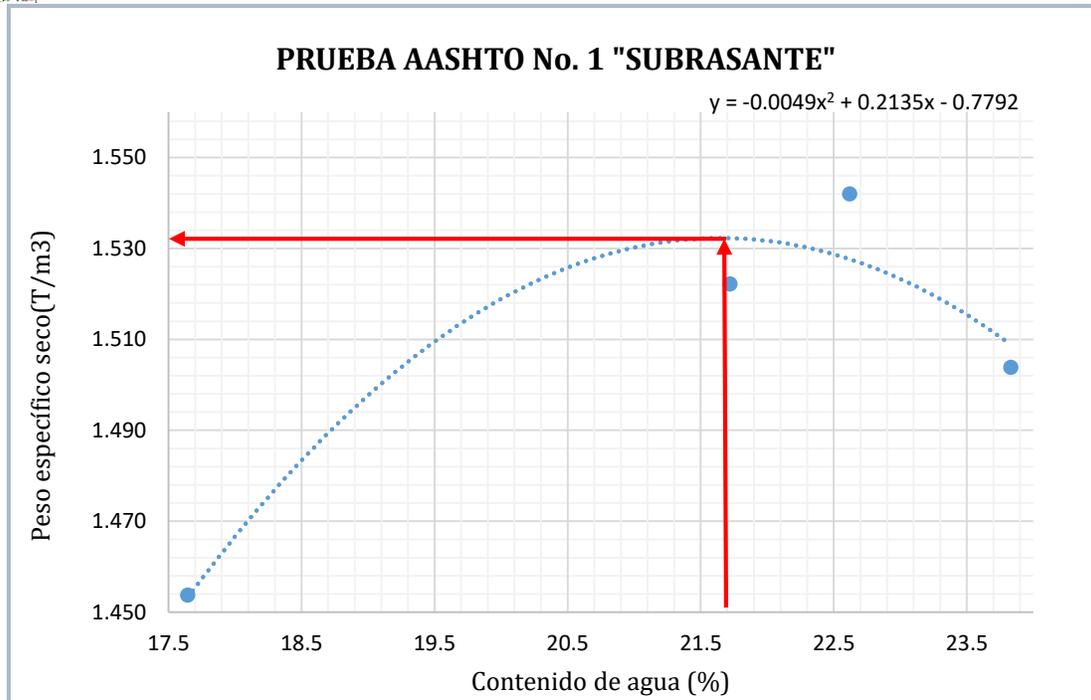


Fig. 113 Gráfica prueba AASHTO No.1, Subrasante, J. Torres, 2022.

Tabla 45 Prueba AASHTO No.2, Subrasante, J. Torres, 2022.

PRUEBA No.2						
PRUEBA NO.	1	6	2	3	4	5
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	20890	21070	21080	21270	21480	21250
PESO MOLDE (gr)	17620	17620	17620	17620	17620	17620
PESO SUELO HÚMEDO (gr)	3270	3450	3460	3650	3860	3630
PESO ESPECÍFICO HÚMEDO (T/m3)	1.556	1.641	1.646	1.736	1.836	1.727
CÁPSULA NO.	2	4	Y	X	3	6
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO (gr)	306.3	307.9	310.3	307.6	305.5	419.5
PESO CÁPSULA + SUELO SECO (gr)	287.8	287.7	282.8	277.6	269.3	355.3
PESO DEL AGUA (gr)	18.5	20.2	27.5	30	36.2	64.2
PESO CÁPSULA (gr)	98.5	90.7	94.3	98	93.3	94.3
PESOS SUELO SECO (gr)	189.3	197	188.5	179.6	176	261
CONTENIDO DE AGUA (%)	9.8	10.3	14.6	16.7	20.6	24.6
PESO ESPECÍFICO SECO (T/m3)	1.417	1.489	1.436	1.488	1.523	1.386
RELACIÓN DE VACÍOS e	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Altura molde=	11.6	cm			W%=	19.25
Diámetro molde=	15.19	cm			Yd=	1.517
Área Molde=	181.2197092	cm <sup>2</sup>				
Vol. Molde=	2102.15	cm <sup>3</sup>				

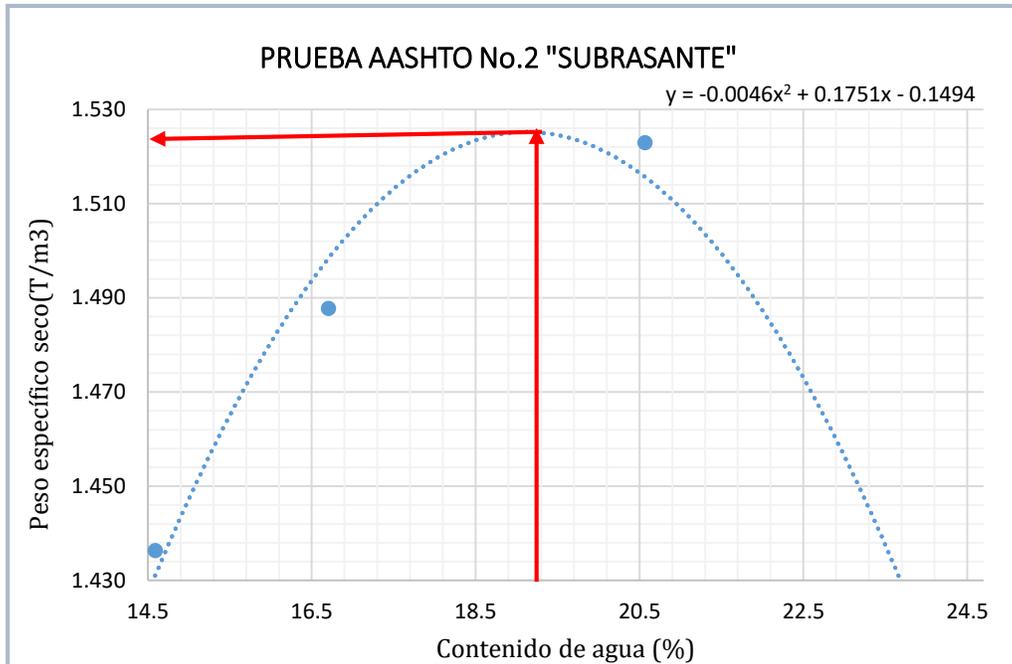


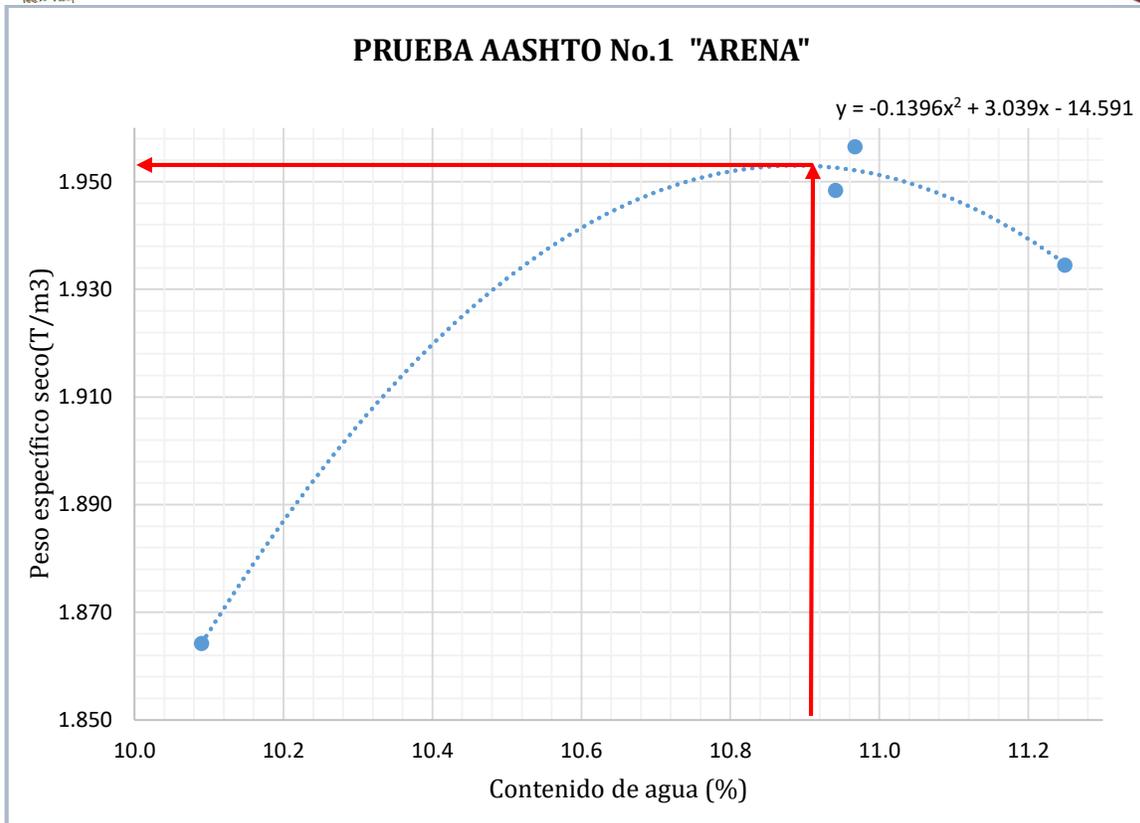
Fig. 114 Gráfica prueba AASHTO No.2, Subrasante, J. Torres, 2022.



11.5.3 Arena.

Tabla 46 Prueba AASHTO No.1, Arena, J. Torres, 2022.

AASHTO "ARENA"								
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-476-ONNCCE-2013								
<b>SOLICITANTE:</b>	JESSICA TORRES RICO.							
<b>OBRA:</b>	CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".							
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.							
<b>PROCEDENCIA:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.							
<b>ENVIADO POR:</b>	VISITA LA BANCO.							
<b>MATERIAL:</b>	ARENA.							
PRUEBA No.1								
PRUEBA NO.	1	2	3	4	5	6	7	
<b>PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (gr)</b>	21550	21780	21940	22170	22150	22190	22220	
<b>PESO MOLDE (gr)</b>	17620	17620	17620	17620	17620	17620	17620	
<b>PESO SUELO HÚMEDO (gr)</b>	3930	4160	4320	4550	4530	4570	4600	
<b>PESO ESPECÍFICO HÚMEDO (T/m3)</b>	1.867	1.976	2.052	2.162	2.152	2.171	2.185	
<b>CÁPSULA NO.</b>	5	Y2	4	6	X	Y	2	
<b>PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO (gr)</b>	420.8	420.7	420.1	420.9	420.5	420.1	420.3	
<b>PESO CÁPSULA + SUELO SECO (gr)</b>	406.1	394.9	389.9	388.7	387.9	387.9	386.9	
<b>PESO DEL AGUA (gr)</b>	14.7	25.8	30.2	32.2	32.6	32.2	33.4	
<b>PESO CÁPSULA (gr)</b>	93.8	93.8	90.6	94.4	98.1	94.3	98.5	
<b>PESOS SUELO SECO (gr)</b>	312.3	301.1	299.3	294.3	289.8	293.6	288.4	
<b>CONTENIDO DE AGUA (%)</b>	4.7	8.6	10.1	10.9	11.2	11.0	11.6	
<b>PESO ESPECÍFICO SECO (T/m3)</b>	1.783	1.820	1.864	1.948	1.934	1.957	1.959	
<b>RELACIÓN DE VACÍOS e</b>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<b>Altura molde=</b>	11.6	cm					<b>W%=</b>	10.89
<b>Diámetro molde=</b>	15.2	cm					<b>Yd=</b>	1.95
<b>Área Molde=</b>	181.4584	cm2						
<b>Vol. Molde=</b>	2104.92	cm3						



*Fig. 115 Gráfica prueba AASHTO No.1, Arena, J. Torres, 2022.*



Tabla 47 Prueba AASHTO No.2, Arena, J. Torres, 2022.

PRUEBA No.2				
PRUEBA NO.	1	2	3	4
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (gr)	21980	22160	22250	22280
PESO MOLDE (gr)	17620	17620	17620	17620
PESO SUELO HÚMEDO (gr)	4360	4540	4630	4660
PESO ESPECÍFICO HÚMEDO (T/m3)	2.071	2.157	2.200	2.214
CÁPSULA NO.	4	5	6	X
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO (gr)	420.9	420.7	420.5	420.3
PESO CÁPSULA + SUELO SECO (gr)	393.9	392.1	387.5	387.5
PESO DEL AGUA (gr)	27	28.6	33	32.8
PESO CÁPSULA (gr)	90.6	93.8	94.3	98
PESOS SUELO SECO (gr)	303.3	298.3	293.2	289.5
CONTENIDO DE AGUA (%)	8.9	9.6	11.3	11.3
PESO ESPECÍFICO SECO (T/m3)	1.902	1.968	1.977	1.989
RELACIÓN DE VACÍOS e	-----	-----	-----	-----
Altura molde=	11.6	cm	W%=	10.6
Diámetro molde=	15.2	cm		
Área Molde=	181.4584	cm <sup>2</sup>	Yd=	2.00
Vol. Molde=	2104.92	cm <sup>3</sup>		

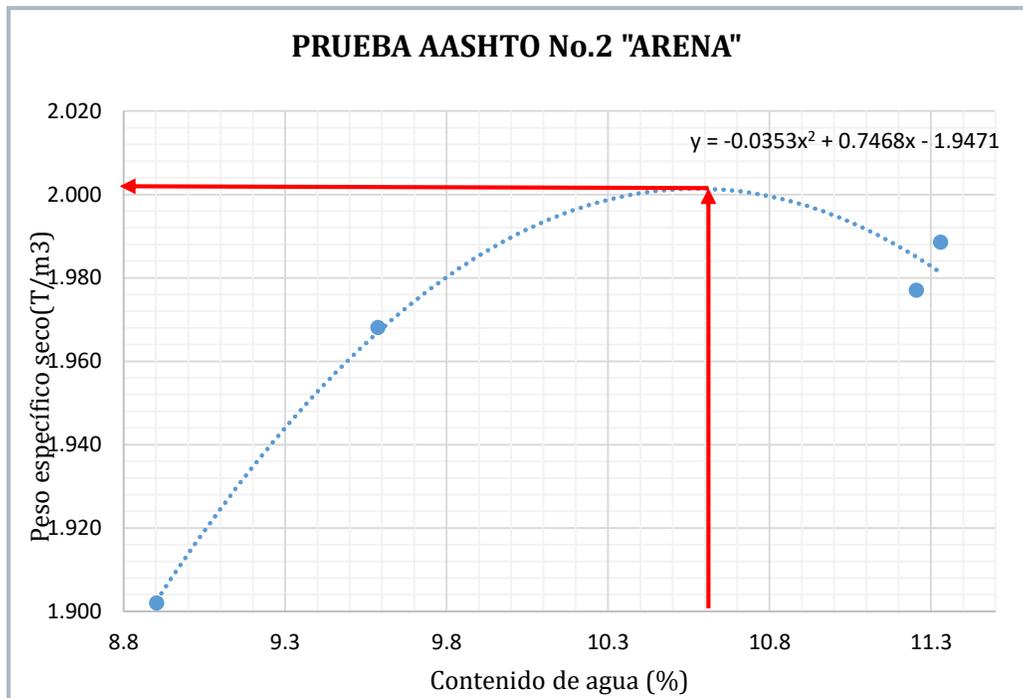


Fig. 116 Gráfica prueba AASHTO No.1, Arena, J. Torres, 2022.



11.5.4 Tepetate.

Tabla 48 Prueba proctor estándar variante "A" No.1, Tepetate, J. Torres, 2022.

PROCTOR ESTÁNDAR VARIANTE "A" TEPEPTATE.					
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-476-ONNCCE-2013					
<b>SOLICITANTE:</b>	JESSICA TORRES RICO.				
<b>OBRA:</b>	CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".				
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.				
<b>PROCEDENCIA:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.				
<b>ENVIADO POR:</b>	VISITA LA BANCO.				
<b>MATERIAL:</b>	TEPETATE.				
PRUEBA No.1					
PRUEBA NO.	1	2	3	4	5
<b>PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (gr)</b>	3470	3575	3690	3715	3685
<b>PESO MOLDE (gr)</b>	1965	1965	1965	1965	1965
<b>PESO SUELO HÚMEDO (gr)</b>	1505	1610	1725	1750	1720
<b>PESO ESPECÍFICO HÚMEDO (T/m3)</b>	1.606	1.718	1.841	1.867	1.835
<b>CÁPSULA NO.</b>	2	6	4	X	5
<b>PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO (gr)</b>	305.4	319	315.2	319.2	309.9
<b>PESO CÁPSULA + SUELO SECO (gr)</b>	280.8	283.5	273.1	270.1	258.8
<b>PESO DEL AGUA (gr)</b>	24.6	35.5	42.1	49.1	51.1
<b>PESO CÁPSULA (gr)</b>	98.5	91.8	90.6	98	93.9
<b>PESOS SUELO SECO (gr)</b>	182.3	191.7	182.5	172.1	164.9
<b>CONTENIDO DE AGUA (%)</b>	13.5	18.5	23.1	28.5	31.0
<b>PESO ESPECÍFICO SECO (T/m3)</b>	1.415	1.450	1.496	1.453	1.401
<b>RELACIÓN DE VACÍOS e</b>	-----	-----	-----	-----	-----
<b>Altura molde=</b>	11.69	cm	<b>W%=</b> 22.5		
<b>Diámetro molde=</b>	10.103	cm			



Área Molde=	80.16606885	cm <sup>2</sup>		Yd=	1.47
Vol. Molde=	937.14	cm <sup>3</sup>			

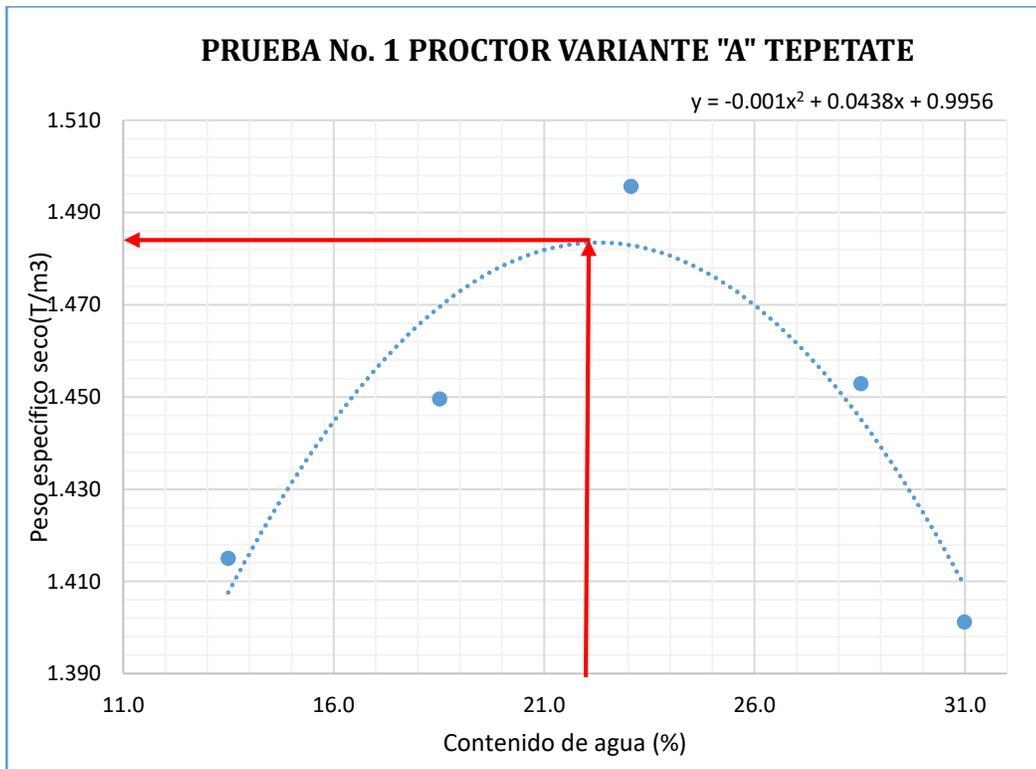


Fig. 117 Gráfica prueba proctor estándar variante "A" No.1, Tepetate, J. Torres, 2022.



*Tabla 49 Prueba proctor estándar variante "A" No.2, Tepetate, J. Torres, 2022*

PRUEBA No.2						
PRUEBA NO.	1	2	3	4	5	
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (gr)	3525	3720	3745	3765	3720	
PESO MOLDE (gr)	1965	1965	1965	1965	1965	
PESO SUELO HÚMEDO (gr)	1560	1755	1780	1800	1755	
PESO ESPECÍFICO HÚMEDO (T/m <sup>3</sup> )	1.665	1.873	1.899	1.921	1.873	
CÁPSULA NO.	2	6	4	X	5	
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO (gr)	315.1	313.5	300.8	311.1	298.7	
PESO CÁPSULA + SUELO SECO (gr)	287.2	277	263.2	270	255.7	
PESO DEL AGUA (gr)	27.9	36.5	37.6	41.1	43	
PESO CÁPSULA (gr)	98.5	91.8	90.6	98	93.9	
PESOS SUELO SECO (gr)	188.7	185.2	172.6	172	161.8	
CONTENIDO DE AGUA (%)	14.8	19.7	21.8	23.9	26.6	
PESO ESPECÍFICO SECO (T/m <sup>3</sup> )	1.450	1.564	1.560	1.550	1.480	
RELACIÓN DE VACÍOS e	-----	-----	-----	-----	-----	
Altura molde=	11.69	cm			W%=	21.2
Diámetro molde=	10.103	cm			Yd=	1.57
Área Molde=	80.16606885	cm <sup>2</sup>				
Vol. Molde=	937.14	cm <sup>3</sup>				

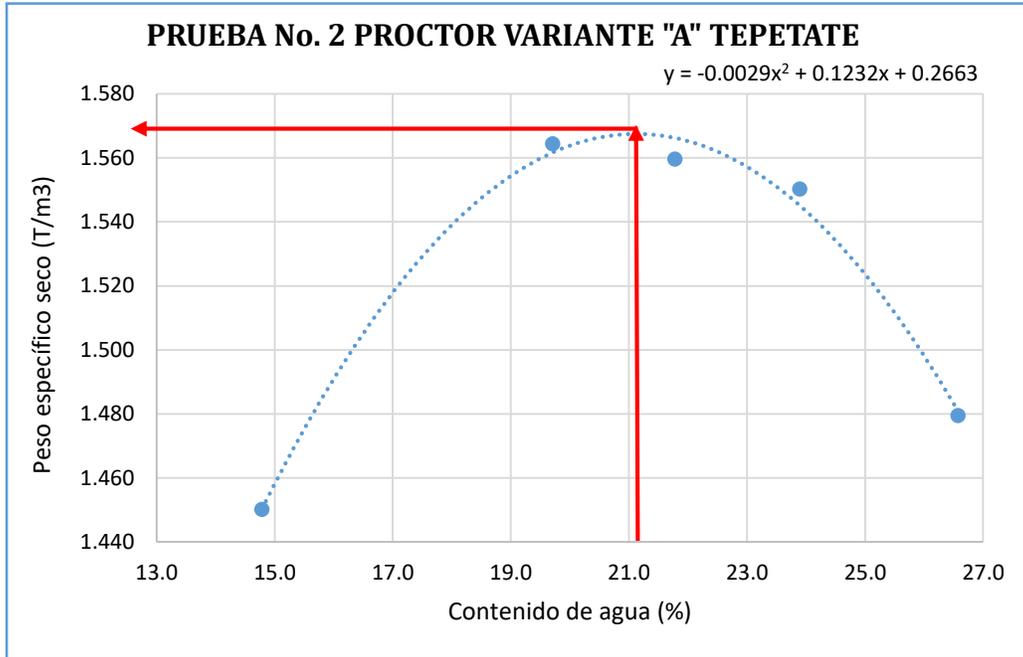
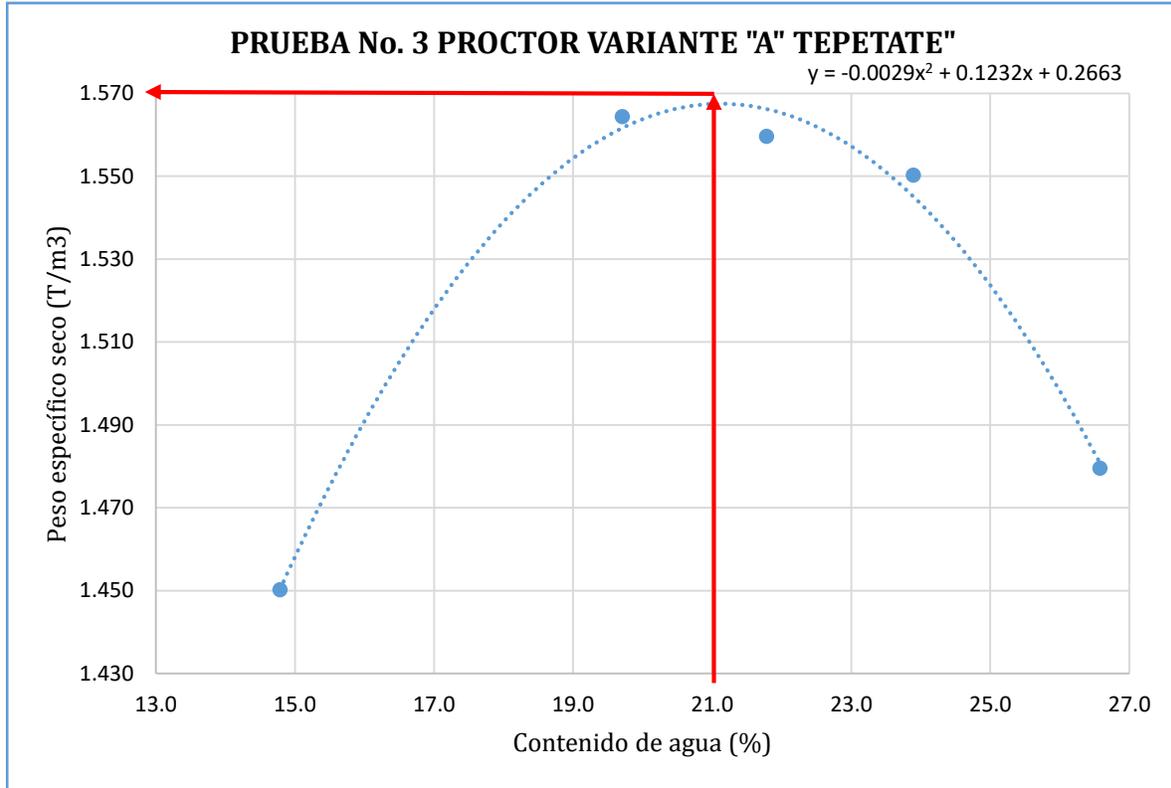


Fig. 118 Gráfica prueba proctor estándar variante "A" No.2, Tepetate, J. Torres, 2022.

Tabla 50 Prueba proctor estándar variante "A" No.3, Tepetate, J. Torres, 2022.

PRUEBA No.3								
PRUEBA NO.	1	2	3	4	5			
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	3525	3720	3745	3765	3720			
PESO MOLDE (gr)	1965	1965	1965	1965	1965			
PESO SUELO HÚMEDO (gr)	1560	1755	1780	1800	1755			
PESO ESPECÍFICO HÚMEDO (T/m3)	1.665	1.873	1.899	1.921	1.873			
CÁPSULA NO.	2	6	4	X	5			
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO (gr)	315.1	313.5	300.8	311.1	298.7			
PESO CÁPSULA + SUELO SECO (gr)	287.2	277	263.2	270	255.7			
PESO DEL AGUA (gr)	27.9	36.5	37.6	41.1	43			
PESO CÁPSULA (gr)	98.5	91.8	90.6	98	93.9			
PESOS SUELO SECO (gr)	188.7	185.2	172.6	172	161.8			
CONTENIDO DE AGUA (%)	14.8	19.7	21.8	23.9	26.6			
PESO ESPECÍFICO SECO (T/m3)	1.450	1.564	1.560	1.550	1.480			
RELACIÓN DE VACÍOS e	-----	-----	-----	-----	-----			
Altura molde=	11.69	cm	<table border="1"> <tr> <td>W% =</td> <td>21.02</td> </tr> <tr> <td>Yd =</td> <td>1.57</td> </tr> </table>		W% =	21.02	Yd =	1.57
W% =	21.02							
Yd =	1.57							
Diámetro molde=	10.103	cm						
Área Molde=	80.16606885	cm <sup>2</sup>						
Vol. Molde=	937.14	cm <sup>3</sup>						



*Fig. 119 Gráfica prueba proctor estándar variante "A" No.3, Tepetate, J. Torres, 2022.*



**11.6 VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS) EN BASE HIDRÁULICA, SUBRASANTE, ARENA Y TEPETATE.**

Para cada material se realizó una prueba y los resultados obtenidos de acuerdo a los estándares que maneja la norma (NMX-C-416-ONNCE-2003.) fueron los siguientes:

**11.6.1 Base hidráulica.**

*Tabla 51 VRS, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*

VRS "BASE HIDRÁULICA"					
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-416-ONNCE-2003					
<b>SOLICITANTE:</b>	JESSICA TORRES RICO.				
<b>OBRA:</b>	CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".				
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.				
<b>PROCEDENCIA:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.				
<b>ENVIADO POR:</b>	VISITA LA BANCO.				
<b>MATERIAL:</b>	BASE HIDRÁULICA.				
DATOS DE COMPACTACIÓN			DATOS DEL MOLDE		
<b>W=</b>	12.85	%	<b>Altura molde=</b>	12.69	cm
<b>yd=</b>	1.28	gr/cm <sup>3</sup>	<b>Diámetro molde=</b>	15.71	cm
<b>Y<sub>m</sub>=</b>	1.45	gr/cm <sup>3</sup>	<b>Área Molde=</b>	193.84	cm <sup>2</sup>
<b>W<sub>L</sub>=</b>	12.85	%	<b>Vol. Molde=</b>	2459.82	cm <sup>3</sup>
<b>Vol. Molde=</b>	2459.82	cm <sup>3</sup>	<b>K=</b>	27253.83	
			<b>X=</b>	375.84	
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)					
mm	DEFORMACIÓN		Y	VRS	VRS EST.
	mm	Y			
0	0	0	0	136.1103	
1.27	75	648.75	47.70		
2.54	214	1851.10	136.11		
3.81	273	2361.45	173.64		
EXPANSIÓN					
MUESTRA	ALTURA INICIAL	ALTURA FINAL	EXPANSIÓN (%)		
1	3.76	3.85	1.01		
	<b>he=</b>	8.88			

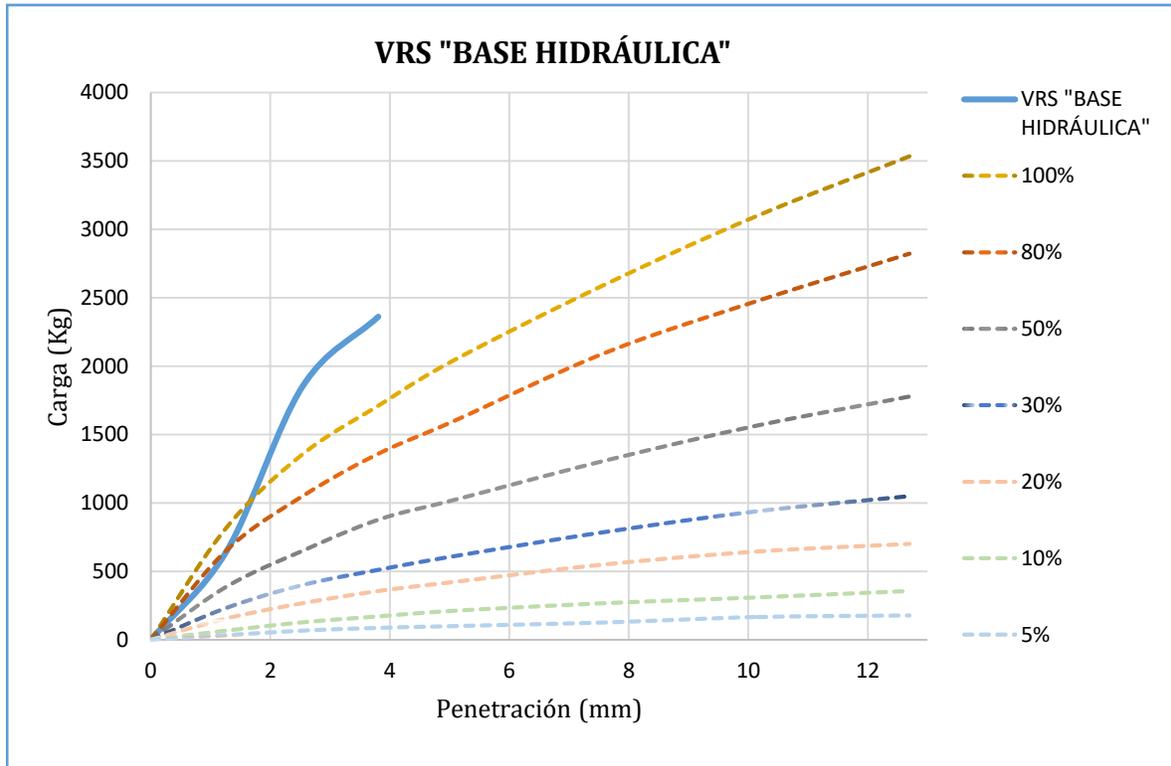


Fig. 120 Gráfica VRS, Base hidráulica, J. Torres, 2022.

De acuerdo al valor relativo de soporte que se obtuvo en la “base hidráulica” analizada, se concluye que se trata de una **Base de buena calidad**.



11.6.2 Subrasante.

Tabla 52 VRS, Subrasante, J. Torres, 2022.

VRS "SUBRASANTE"				
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-416-ONNCCE-2003				
<b>SOLICITANTE:</b>	JESSICA TORRES RICO.			
<b>OBRA:</b>	CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".			
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.			
<b>PROCEDENCIA:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.			
<b>ENVIADO POR:</b>	VISITA LA BANCO.			
<b>MATERIAL:</b>	SUBRASANTE.			
DATOS DE COMPACTACIÓN			DATOS DEL MOLDE	
<b>W=</b>	19.25	%	<b>Altura molde=</b>	12.71 cm
<b>yd=</b>	1.52	gr/cm <sup>3</sup>	<b>Diámetro molde=</b>	15.7 cm
<b>Y<sub>m</sub>=</b>	1.809	gr/cm <sup>3</sup>	<b>Área Molde=</b>	193.592793 cm <sup>2</sup>
<b>W<sub>L</sub>%=</b>	19.250	%	<b>Vol. Molde=</b>	2460.56 cm <sup>3</sup>
<b>Vol. Molde=</b>	2460.564	cm <sup>3</sup>	<b>K=</b>	27,219.1
			<b>X=</b>	375.35
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)				
(mm)	DEFORMACIÓN	Y	VRS	VRS EST.
	mm	Kg		
0	0	0	0	115.12132
1.27	52	449.80	33.07	
2.54	181	1565.65	115.12	
3.81	243	2101.95	154.56	
EXPANSIÓN				
MUESTRA	ALTURA INICIAL	ALTURA FINAL	EXPANSIÓN (%)	
1	6.66	6.7	0.66	
	he=	6.03		

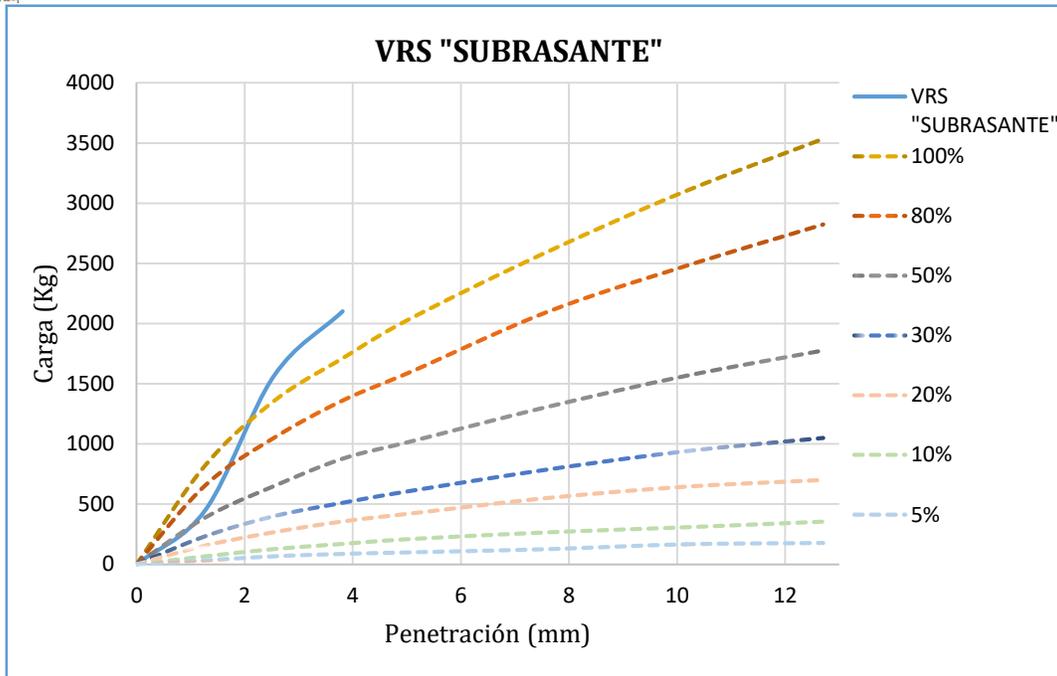


Fig. 121 Gráfica VRS, Subrasante, J. Torres, 2022.

De acuerdo al valor relativo de soporte que se obtuvo en la “subrasante” analizada, se concluye que se trata de una **Subrasante muy buena** superando el 30% mencionado en la norma.



11.6.3 Arena.

Tabla 53 VRS, Arena, J. Torres, 2022.

VRS "ARENA"				
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-416-ONNCCE-2003				
<b>SOLICITANTE:</b>	JESSICA TORRES RICO.			
<b>OBRA:</b>	CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".			
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.			
<b>PROCEDENCIA:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.			
<b>ENVIADO POR:</b>	VISITA LA BANCO.			
<b>MATERIAL:</b>	ARENA.			
DATOS DE COMPACTACIÓN			DATOS DEL MOLDE	
<b>W=</b>	10.6	%	<b>Altura molde=</b>	12.71 cm
<b>yd=</b>	2.00	gr/cm <sup>3</sup>	<b>Diámetro molde=</b>	15.7 cm
<b>Y<sub>m</sub>=</b>	2.215	gr/cm <sup>3</sup>	<b>Área Molde=</b>	193.592793 cm <sup>2</sup>
<b>W<sub>l</sub>%=</b>	10.600	%	<b>Vol. Molde=</b>	2460.56 cm <sup>3</sup>
<b>Vol. Molde=</b>	2460.564	cm <sup>3</sup>	<b>K=</b>	27,219.1
			<b>X=</b>	375.35
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)				
(mm)	DEFORMACIÓN	Y	VRS	VRS EST.
	mm	Kg		
0	0	0	0	5.72
1.27	4	34.60	2.54	
2.54	9	77.85	5.72	
3.81	14	121.10	8.90	
5.08	16	138.40	10.18	
7.62	18	155.70	11.45	
10.16	21	181.65	13.36	
12.7	22	190.30	13.99	
EXPANSIÓN				
MUESTRA	ALTURA INICIAL	ALTURA FINAL	EXPANSIÓN (%)	
1	6.41	6.41	0.00	
	<b>he=</b>	9.36		

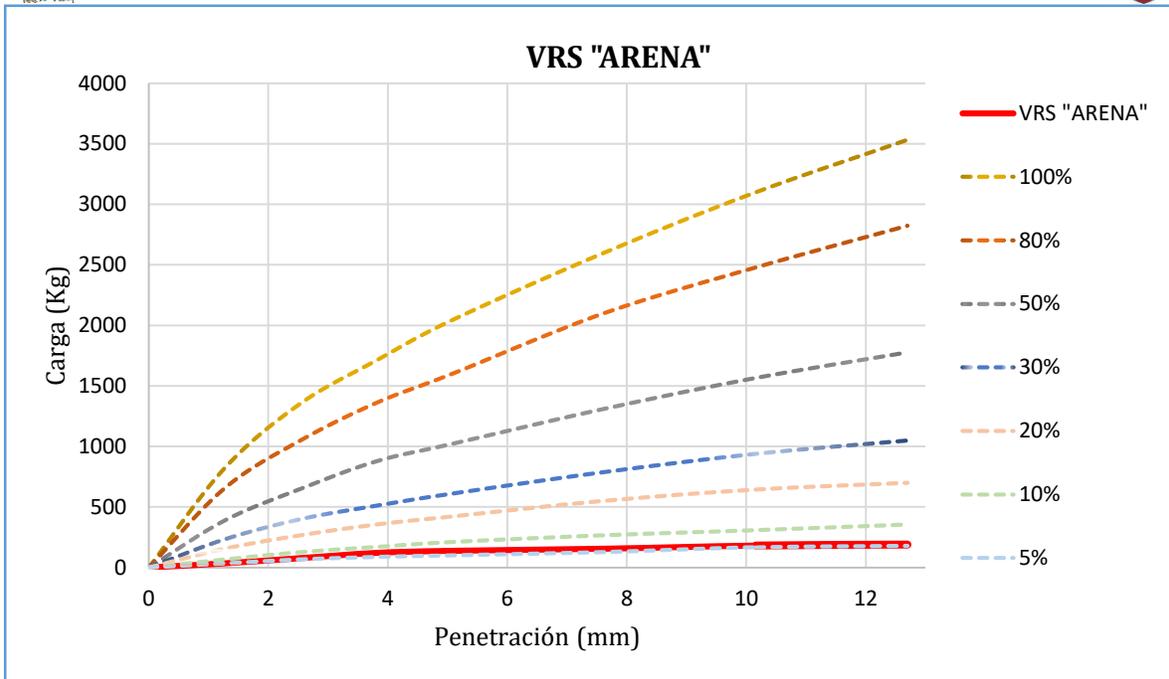


Fig. 122 Gráfica VRS, Arena, J. Torres, 2022.

De acuerdo al valor relativo de soporte que se obtuvo en la "Arena" analizada, se concluye que se trata de una **Arena muy mala**.



11.6.4 Tepetate.

Tabla 54 VRS, Tepetate, J. Torres, 2022.

VRS "TEPETATE"					
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-416-ONNCCE-2003					
<b>SOLICITANTE:</b>		JESSICA TORRES RICO.			
<b>OBRA:</b>		CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".			
<b>LOCALIZACIÓN:</b>		VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.			
<b>PROCEDENCIA:</b>		VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.			
<b>ENVIADO POR:</b>		VISITA LA BANCO.			
<b>MATERIAL:</b>		TEPETATE.			
DATOS DE COMPACTACIÓN.			DATOS DEL MOLDE.		
<b>W=</b>	17	%	<b>Altura molde=</b>	12.69	cm
<b>yd=</b>	1.57	gr/cm <sup>3</sup>	<b>Diámetro molde=</b>	15.7	cm
<b>Y<sub>m</sub>=</b>	1.842	gr/cm <sup>3</sup>	<b>Área Molde=</b>	193.593	cm <sup>2</sup>
<b>W<sub>l</sub>=</b>	17.000	%	<b>Vol. Molde=</b>	2456.69	cm <sup>3</sup>
<b>Vol. Molde=</b>	2456.693	cm <sup>3</sup>	<b>K=</b>	27,219.1	
			<b>X=</b>	375.35	
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg).					
(mm)	DEFORMACIÓN		Y	VRS	VRS EST.
	mm				
0	0		0	0	14.63
1.27	7		60.55	4.45	
2.54	23		198.95	14.63	
3.81	54		467.10	34.35	
5.08	79		683.35	50.25	
7.62	108		934.20	68.69	
10.16	135		1167.75	85.86	
12.7	172		1487.80	109.40	
EXPANSIÓN					
MUESTRA	ALTURA INICIAL	ALTURA FINAL	EXPANSIÓN (%)		
1	2.38	2.38	0.00		
<b>he=</b>		10.25			

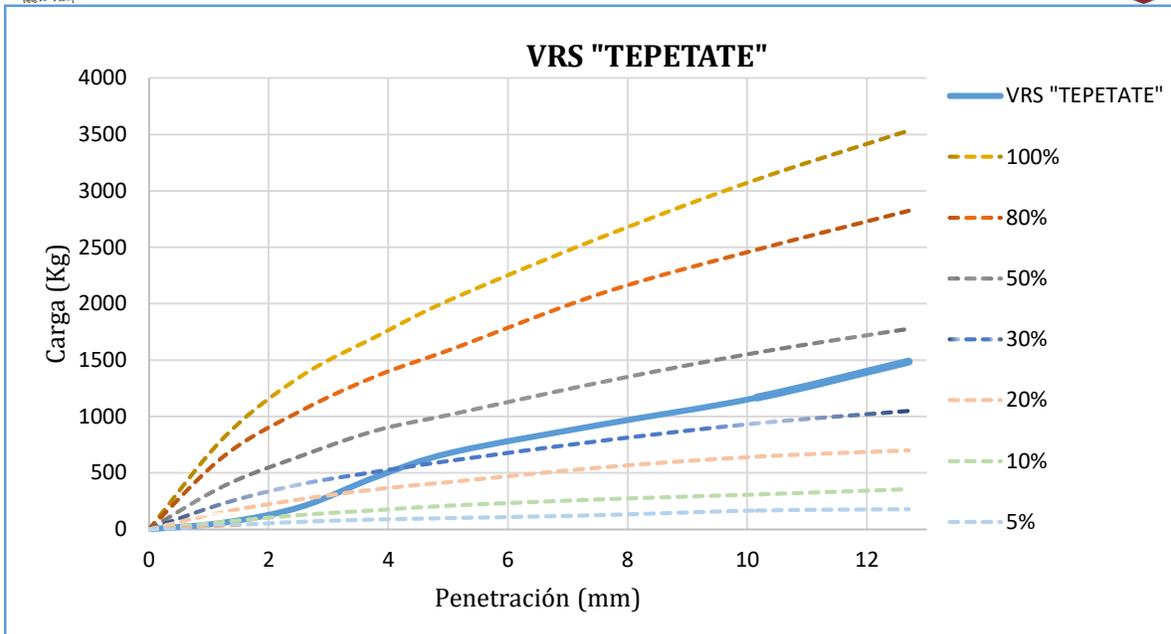


Fig. 123 Gráfica VRS, Tepetate, J. Torres, 2022.

De acuerdo al valor relativo de soporte que se obtuvo en el “Tepetate” analizado, se concluye que se trata de un **Tepetate muy malo**.



**11.7 CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO) EN BASE HIDRÁULICA, SUBRASATE, ARENA Y TEPETATE.**

**11.7.1 Base hidráulica.**

*Tabla 55 CBR, Base hidráulica, J. Torres, 2022.*

CBR "BASE HIDRÁULICA"					
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-522-ONNCCE-2016.					
<b>SOLICITANTE:</b>		JESSICA TORRES RICO.			
<b>OBRA:</b>		CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".			
<b>LOCALIZACIÓN:</b>		VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.			
<b>PROCEDENCIA:</b>		VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.			
<b>ENVIADO POR:</b>		VISITA LA BANCO.			
<b>MATERIAL:</b>		BASE HIDRÁULICA.			
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg).					
(mm)	DEFORMACIÓN	PENETRACIÓN	PENETRACIÓN	CBR <sub>2.54</sub>	CBR <sub>5.08</sub>
	mm	(Kg)	(KN)		
0	0	0	0	<b>68.08</b>	<b>105.91</b>
1.27	45	389.25	0.44		
2.54	105	908.25	1.03		
3.81	160	1384	1.57		
5.08	245	2119.25	2.40		
7.62	310	2681.5	3.04		

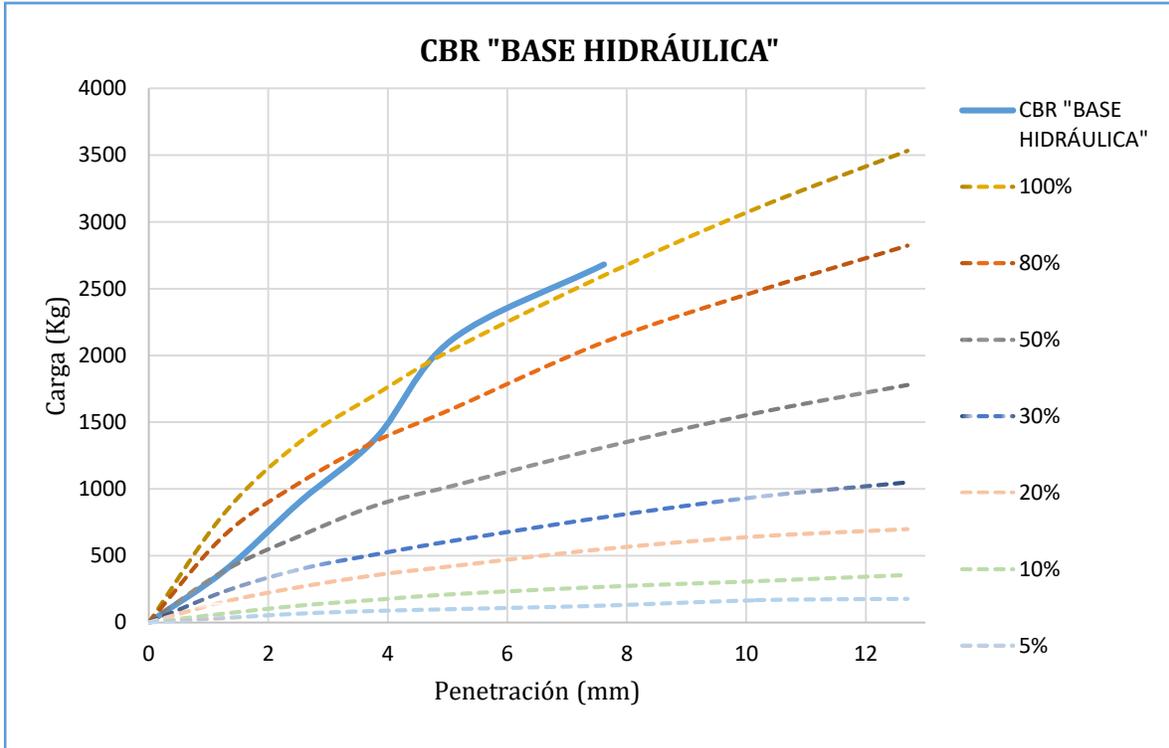


Fig. 124 Gráfica CBR, Base hidráulica, J. Torres, 2022



11.7.2 Subrasante.

Tabla 56 CBR, Subrasante, J. Torres, 2022.

CBR "SUBRASANTE"				
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-522-ONNCCE-2016.				
<b>SOLICITANTE:</b>	JESSICA TORRES RICO.			
<b>OBRA:</b>	CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO"			
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.			
<b>PROCEDENCIA:</b>	VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.			
<b>ENVIADO POR:</b>	VISITA LA BANCO.			
<b>MATERIAL:</b>	SUBRASANTE.			
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg).				
(mm)	DEFORMACIÓN	PENETRACIÓN	PENETRACIÓN	CBR <sub>2.54</sub>
	mm	(Kg)	(KN)	
0	0	0	0	110.23
1.27	76	657.4	0.75	
2.54	170	1470.5	1.67	
3.81	265	2292.25	2.60	

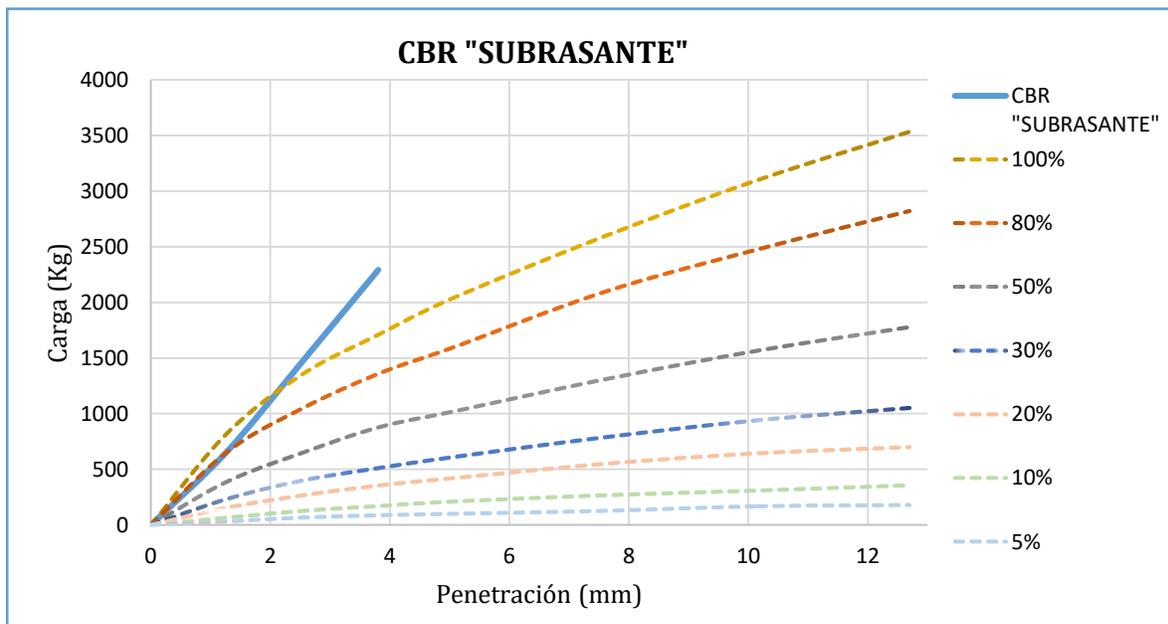


Fig. 125 Gráfica CBR, Subrasante, J. Torres, 2022.



11.7.3 Arena.

Tabla 57 CBR, Arena, J. Torres, 2022.

CBR "ARENA"					
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-522-ONNCCE-2016.					
SOLICITANTE:		JESSICA TORRES RICO.			
OBRA:		CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO"			
LOCALIZACIÓN:		VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.			
PROCEDENCIA:		VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.			
ENVIADO POR:		VISITA LA BANCO.			
MATERIAL:		ARENA.			
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)					
(mm)	DEFORMACIÓN	PENETRACIÓN	PENETRACIÓN	CBR <sub>2.54</sub>	CBR <sub>5.08</sub>
	mm	(Kg)	(KN)		
0	0	0	0	18.16	21.18
1.27	13	112.45	0.13		
2.54	28	242.2	0.27		
3.81	41	354.65	0.40		
5.08	49	423.85	0.48		
7.62	60	519	0.59		
10.16	70	605.5	0.686476415		
12.7	78	674.7	0.764930862		

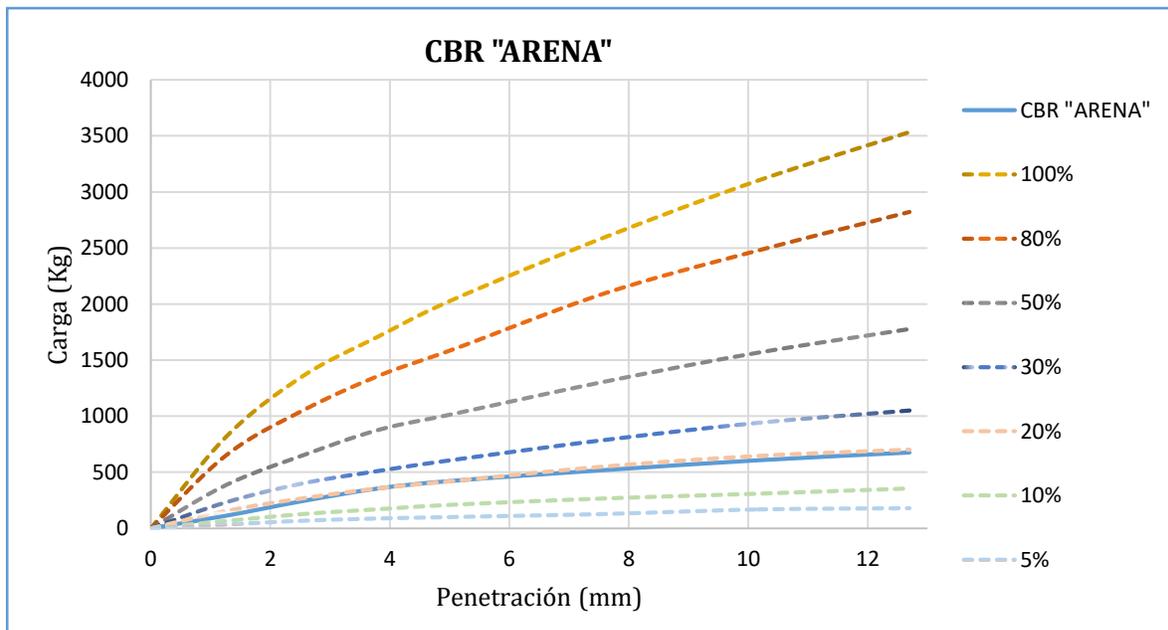


Fig. 126 Gráfica CBR, Arena, J. Torres, 2022.



11.7.4 Tepetate.

Tabla 58 CBR, Tepetate, J. Torres, 2022.

CBR "TEPETATE"					
NORMA DE REFERENCIA NMX-C-522-ONNCCE-2016.					
<b>SOLICITANTE:</b>		JESSICA TORRES RICO.			
<b>OBRA:</b>		CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".			
<b>LOCALIZACIÓN:</b>		VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.			
<b>PROCEDENCIA:</b>		VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.			
<b>ENVIADO POR:</b>		VISITA LA BANCO.			
<b>MATERIAL:</b>		TEPETATE.			
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg).					
(mm)	DEFORMACIÓN	PENETRACIÓN	PENETRACIÓN	CBR <sub>2.54</sub>	CBR <sub>5.08</sub>
	mm	(Kg)	(KN)		
0	0	0.00	0.000	2.59	4.34
1.27	2	17.30	0.020		
2.54	4	34.60	0.039		
3.81	7	60.55	0.069		
5.08	10.05	86.93	0.099		
7.62	20	173.00	0.196		
10.16	29	250.85	0.284		
12.7	39	337.35	0.382		

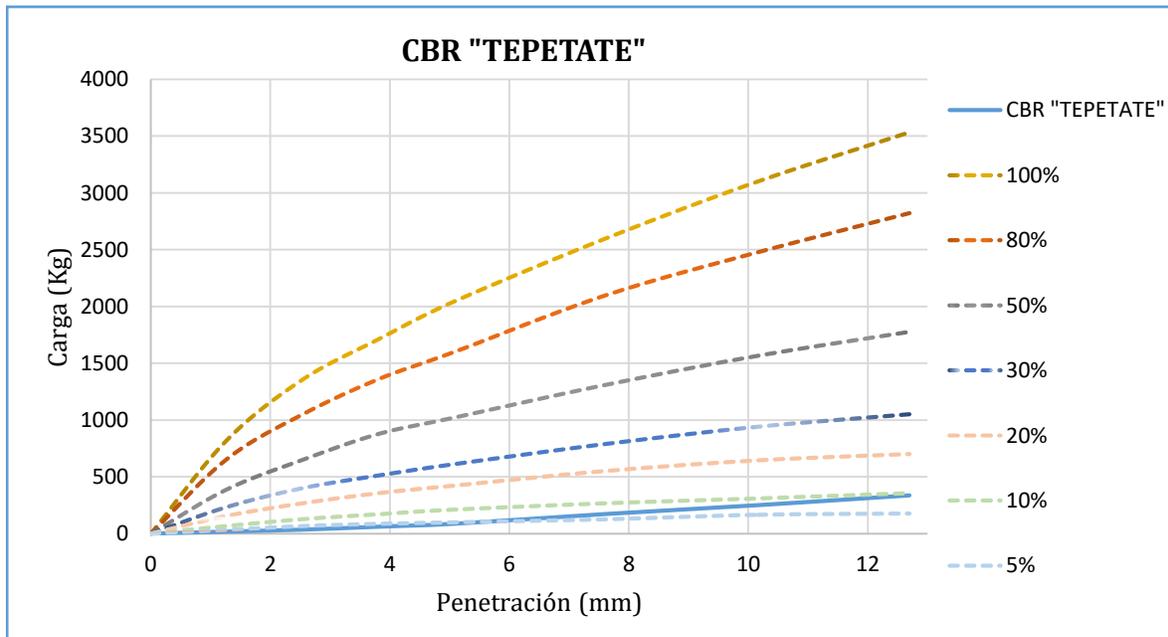


Fig. 127 Gráfica CBR, Tepetate, J. Torres, 2022.

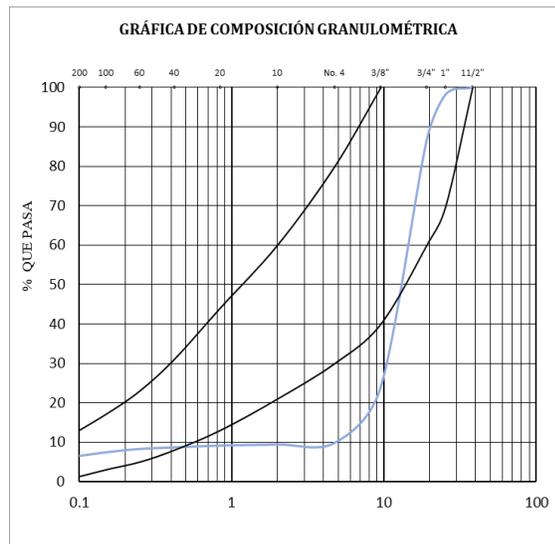


## 12. RESUMEN DE RESULTADOS.

### 12.1 BASE HIDRAULICA.

**Tabla 59 Informe de calidad de los materiales, Base hidráulica, J. Torres, 2022.**

INFORME DE CALIDAD DE MATERIALES						
Norma de Referencia N-CMT-4-02-002/04						
<b>SOLICITANTE:</b>		JESSICA TORRES RICO.				
<b>OBRA:</b>		CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".				
<b>LOCALIZACIÓN:</b>		VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.				
<b>FECHA DE RECIBIDO:</b>		14/09/2021	<b>FECHA DE INFORME:</b>		12/06/2021	
<b>PROCEDENCIA:</b>		VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.				
<b>MATERIAL:</b>		BASE HIDRÁULICA.				
<b>ENVIADA POR:</b>		VISITA AL BANCO.				
<b>CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL</b>	<b>COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA</b>	<b>MALLAS</b>		<b>QUE PASA (%)</b>	<b>ESPECIFICACIONES</b>	
		1 ½"	(38.1)	0	100	100
		1"	(25.4)	98.23	70-100	70-100
		¾"	(19)	86.54	60-100	60-86
		3/8"	(9.51)	23.98	40-100	40-65
		No. 4	(4.76)	9.91	30-80	30-50
		10	(2)	9.51	21-60	21-36
		20	(0.841)	9.21	13-44	13-25
		40	(0.42)	8.75	8-31	8-17
		60	(0.25)	8.37	5-23	5-12
		100	(0.149)	7.49	3-17	3-9
		200	(0.074)	5.89	0-10	0-5
		<b>LÍMITE LÍQUIDO (%)</b>		INP	25 máx	25 máx
	<b>ÍNDICE PLÁSTICO (%)</b>		INP	6 máx	6 máx	
	<b>CONTRACCIÓN LINEAL</b>		0			
	<b>EQUIV. DE ARENA (%)</b>		40.5	40 min	50 min	
	<b>VRS ESTANDAR (%)</b>		136.11	80 min	100 min	
	<b>CBR<sup>2.54</sup> (%)</b>		68.8	-----	-----	
	<b>PVSS (tn/m<sup>3</sup>)</b>		0.8621	-----	-----	
	<b>PVSV (tn/m<sup>3</sup>)</b>		0.893	-----	-----	
	<b>HUMEDAD ÓPTIMA (%)</b>		12.85	-----	-----	
	<b>EXPANSIÓN (%)</b>		0	-----	-----	
	<b>ABSORCIÓN (%)</b>		23.5	-----	-----	
	<b>DENSIDAD</b>		1.46	-----	-----	
	<b>CLASIFICACIÓN SUCS</b>		<b>GP-GM</b>			
<p><b>OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:</b> Se trata de una Grava limosa Mal graduada de acuerdo a la clasificación SUCS, su Valor relativo es del 136%, su CBR es de 68.8%. De acuerdo a su resistencia a la penetración si podría utilizarse como una Base Hidráulica, sin embargo debe mejorarse su granulometría ya que esta No cumple con lo establecido en las Normas Mexicanas.</p>						

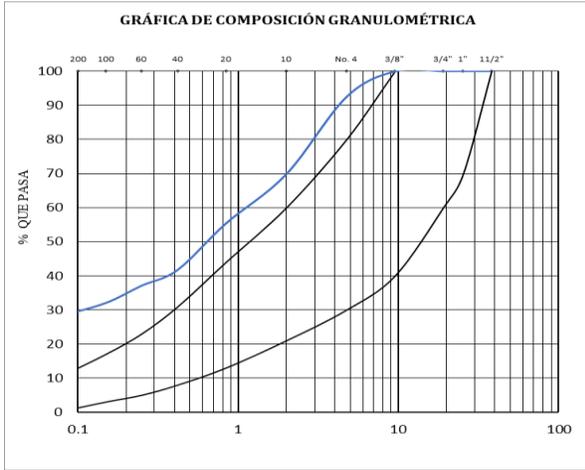




12.2 SUBRASANTE.

Tabla 60 Informe de calidad de los materiales, Subrasante, J. Torres, 2022.

INFORME DE CALIDAD DE MATERIALES					
Norma de Referencia N-CMT-4-02-002/04					
<b>SOLICITANTE:</b>		JESSICA TORRES RICO			
<b>OBRA:</b>		CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".			
<b>LOCALIZACIÓN:</b>		VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.			
<b>FECHA DE RECIBIDO:</b>		14/09/2021	<b>FECHA DE INFORME:</b> 12/06/2021		
<b>PROCEDENCIA:</b>		VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.			
<b>MATERIAL:</b>		SUBRASANTE.			
<b>ENVIADA POR:</b>		VISITA AL BANCO.			
<b>CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL</b>	<b>COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA</b>	$\Sigma L \leq 10^{(6)}$ $\Sigma L > 10^{(6)}$			
		<b>MALLAS</b>	<b>QUE PASA (%)</b>	<b>ESPECIFICACIONES</b>	
		1 1/2"	(38.1)	0	100
		1"	(25.4)	100.00	70-100
		3/4"	(19)	100.00	60-100
		3/8"	(9.51)	99.91	40-100
		No. 4	(4.76)	92.46	30-80
		10	(2)	69.80	21-60
		20	(0.841)	55.38	13-44
		40	(0.42)	41.79	8-31
		60	(0.25)	37.17	5-23
		100	(0.149)	32.08	3-17
	200	(0.074)	28.01	0-10	
	<b>LÍMITE LÍQUIDO (%)</b>		INP	25 máx	
	<b>ÍNDICE PLÁSTICO (%)</b>		INP	6 máx	
	<b>CONTRACCIÓN LINEAL</b>		0		
	<b>EQUIV. DE ARENA (%)</b>		80.95	40 min	
	<b>VRS ESTANDAR (%)</b>		115.12	80 min	
	<b>CBR<sup>2.54</sup> (%)</b>		110.25	-----	
	<b>PVSS (tn/m<sup>3</sup>)</b>		1.05	-----	
<b>PVSV (tn/m<sup>3</sup>)</b>		1.18	-----		
<b>HUMEDAD ÓPTIMA (%)</b>		19.25	-----		
<b>EXPANSIÓN (%)</b>		0	-----		
<b>CLASIFICACIÓN SUCS</b>		SP-ML			
<b>OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:</b> Se trata de una Arena Limosa inorgánica mal graduada de acuerdo a la clasificación SUCS, su Valor relativo es del 115.12%, su CBR es de 110.25%. De acuerdo a su resistencia a la penetración se podría utilizar como una Subrasante, sin embargo debe mejorarse su granulometría ya que esta <b>No</b> cumple con lo establecido en las Normas Mexicanas.					

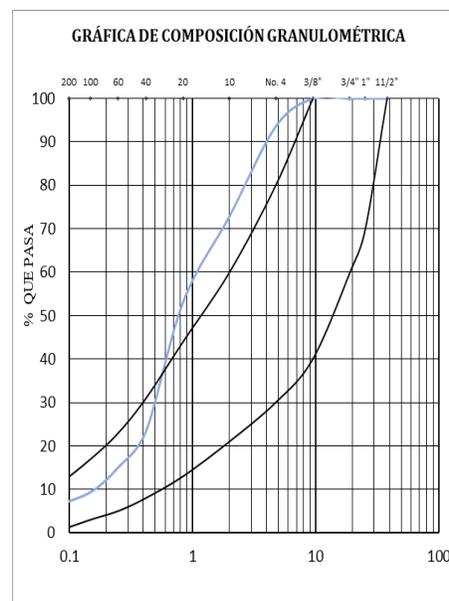




12.3 ARENA.

Tabla 61 Informe de calidad de los materiales, Arena, J. Torres, 2022.

INFORME DE CALIDAD DE MATERIALES						
Norma de Referencia N-CMT-4-02-002/04						
SOLICITANTE:		JESSICA TORRES RICO				
OBRA:		CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".				
LOCALIZACIÓN:		VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.				
FECHA DE RECIBIDO:		14/09/2021	FECHA DE INFORME:		12/06/2021	
PROCEDENCIA:		VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.				
MATERIAL:		ARENA.				
ENVIADA POR:		VISITA AL BANCO.				
CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL	COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA			$\Sigma L \leq 10^{(6)}$	$\Sigma L > 10^{(6)}$	
		MALLAS		QUE PASA (%)	ESPECIFICACIONES	
		1 1/2"	(38.1)	0	100	100
		1"	(25.4)	100.00	100	100
		3/4"	(19)	100.00	100	62-100
		1/2"	(12.7)	100.00	65-100	45-70
		3/8"	(9.51)	100.00	48-72	33-58
		No. 4	(4.76)	93.66	18-38	14-33
		10	(2)	73.01	21-60	21-36
		20	(0.841)	53.29	13-44	13-25
		40	(0.42)	23.56	8-31	8-17
		60	(0.25)	15.13	5-23	5-12
	100	(0.149)	9.41	3-17	3-9	
	200	(0.074)	5.99	0-10	0-5	
	LÍMITE LÍQUIDO (%)		INP	25 máx	25 máx	
ÍNDICE PLÁSTICO (%)		INP	6 máx	6 máx		
CONTRACCIÓN LINEAL		0				
EQUIV. DE ARENA (%)		90.66	40 min	50 min		
VRS ESTANDAR (%)		5.72	80 min	100 min		
CBR <sup>2.54</sup> (%)		18.8	-----	-----		
PVSS (tn/m <sup>3</sup> )		1.45	-----	-----		
HUMEDAD ÓPTIMA (%)		10.6	-----	-----		
EXPANSIÓN (%)		0	-----	-----		
DENSIDAD		2.48	-----	-----		
CLASIFICACIÓN SUCS		SW-SM				
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES: Se trata de una <b>Arena Limosa bien graduada (SW-SM)</b> de acuerdo a su clasificación SUCS , su VRS es de 5.72% y su CBR es de 18.8%, no cumple como una base hidráulica, sin embargo se le puede dar otro uso en cualquier obra de construcción.						

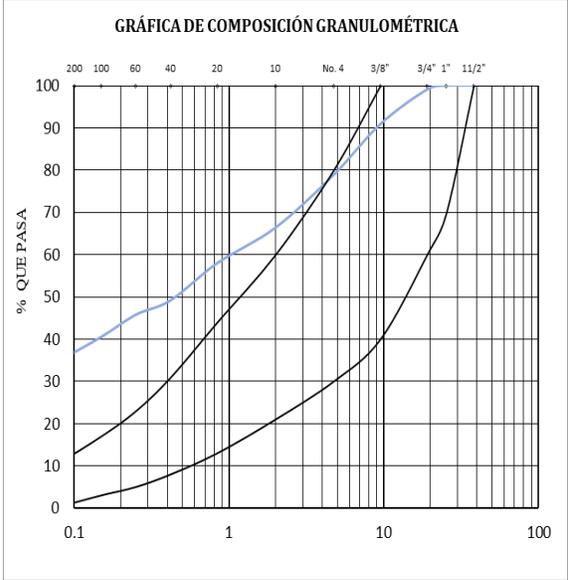




12.4 TEPETATE.

Tabla 62 Informe de calidad de los materiales, Tepetate, J. Torres, 2022.

INFORME DE CALIDAD DE MATERIALES A2:L40						
Norma de Referencia N-CMT-4-02-002/04						
<b>SOLICITANTE:</b>		JESSICA TORRES RICO				
<b>OBRA:</b>		CALIDAD DEL BANCO DE MATERIALES "EL COPALILLO".				
<b>LOCALIZACIÓN:</b>		VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.				
<b>FECHA DE RECIBIDO:</b>		14/09/2021	<b>FECHA DE INFORME:</b>		12/06/2021	
<b>PROCEDENCIA:</b>		VILLA JIMÉNEZ, MICHOACÁN, MÉXICO.				
<b>MATERIAL:</b>		TEPETATE.				
<b>ENVIADA POR:</b>		VISITA AL BANCO.				
<b>CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL</b>	<b>COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA</b>			$\Sigma L \leq 10^{(6)}$	$\Sigma L > 10^{(6)}$	
		<b>MALLAS</b>		<b>QUE PASA (%)</b>	<b>ESPECIFICACIONES</b>	
		1 1/2"	(38.1)	0	100	100
		1"	(25.4)	100.00	70-100	70-100
		3/4"	(19)	99.05	60-100	60-86
		3/8"	(9.51)	90.89	40-100	40-65
		No. 4	(4.76)	78.86	30-80	30-50
		10	(2)	66.36	21-60	21-36
		20	(0.841)	57.96	13-44	13-25
		40	(0.42)	49.17	8-31	8-17
		60	(0.25)	45.74	5-23	5-12
		100	(0.149)	40.45	3-17	3-9
		200	(0.074)	34.15	0-10	0-5
	<b>LÍMITE LÍQUIDO (%)</b>		INP	25 máx	25 máx	
	<b>ÍNDICE PLÁSTICO (%)</b>		INP	6 máx	6 máx	
	<b>CONTRACCIÓN LINEAL</b>		0			
	<b>EQUIV. DE ARENA (%)</b>		29.51	40 min	50 min	
	<b>VRS ESTANDAR (%)</b>		14.63	80 min	100 min	
	<b>CBR<sup>2.54</sup> (%)</b>		2.59	-----	-----	
	<b>PVSS (tn/m<sup>3</sup>)</b>		1.18	-----	-----	
<b>HUMEDAD ÓPTIMA (%)</b>		21.02	-----	-----		
<b>EXPANSIÓN (%)</b>		0	-----	-----		
<b>CLASIFICACIÓN SUCS</b>		<b>ML</b>				
<b>OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:</b> Se trata de un Limo baja plasticidad (ML), no adecuado para base hidráulica, con un VRS de 14.63% y un CBR de 2.59%.						





### 13. CONCLUSIONES.

Gracias a la investigación realizada se pueden concluir los siguientes puntos:

- Conocer la calidad de un agregado pétreo es muy importante al momento de realizar cualquier construcción civil, esto garantiza un buen aprovechamiento de las características de cada uno de ellos.
- Es necesario que todos los bancos de materiales cuenten con estudios de calidades geotécnicas de los agregados pétreos para que así sus propietarios conozcan la calidad que ofrecen a la población y así tomar decisiones que mejoren su posición en el mercado.
- De acuerdo a las pruebas realizadas al material “base hidráulica” se obtuvo como resultado una grava limosa inorgánica mal graduada (**GP-GM**), su límite líquido es muy cercano a cero por lo tanto el límite plástico es inapreciable y su contracción lineal y contracción volumétrica es igual a 0; tiene un equivalente de arena del 40.5% que únicamente cumple para bases hidráulicas con un número de ejes equivalentes acumulados, de 8,2 t, cuando ese tránsito sea de uno (1) a diez (10) millones esperados durante la vida útil del pavimento; su absorción es 23.5% considerándose un material muy poroso y ligero ya que su densidad es del 1.46; su resistencia a la penetración es buena ya que obtuvo un VRS de 136.11% y un CBR de 68.8%.
- El material “subrasante” se clasificó de acuerdo al sistema SUCS como Arena limosa inorgánica mal graduada (**SP-SM**), su límite líquido es muy cercano a cero por lo tanto el límite plástico es inapreciable y su contracción lineal y contracción volumétrica es igual a 0; su equivalente de arena es del 80.95% aceptado para una subrasante; su resistencia a la penetración es aceptable ya que obtuvo un VRS de 115.12 % y un CBR de 110.25%.
- La “arena” analizada se clasificó como una Arena limosa bien graduada (**SP-SM**) de acuerdo al sistema SUCS; su límite líquido es muy cercano a cero por lo tanto el límite plástico es inapreciable y su contracción lineal y contracción



volumétrica es igual a 0; su equivalente de arena aceptado tenido más del 50%; tiene una densidad aceptable en una arena; su resistencia a la penetración no es aceptable ya que obtuvo un VRS de 5.72 % y un CBR de 18.8%, se puede considerar que el material se contaminó antes de hacer esta prueba.

- El “tepetate” analizado se clasificó de acuerdo al sistema SUCS como un Limo inorgánico de baja plasticidad (**ML**), su límite líquido es de 35.2%, límite plástico de 26.77%, y su índice plástico es de 8.43%, su contracción lineal es del 4.09% y su contracción volumétrica de 5.77%, no es significativa por lo tanto no contiene material orgánico, su equivalente de arena es de 29.51%; su VRS es de 14.63% y el CBR de 2.59% considerado como un material no resistente.
- En general los agregados analizados no cumplen con las características necesarias para ser empleados como Base hidráulica, Subrasante, Arena y Tepetate.
- El Valor relativo de soporte (VRS) y el California bearing ratio (CBR), varían ya que la forma de compactación de las muestras no es la misma; para realizar la prueba de VRS se obtuvo una muestra compactada estáticamente (prueba porter), mientras que para determinar el CBR se utilizan muestras compactadas dinámicamente (prueba AASHTO), al no ser compactadas de la misma forma su resistencia a la penetración varía; de las dos pruebas el resultado obtenido mediante el CBR es el que más se asemeja a la forma de compactación en campo.
- Realizar mejoras en las granulometrías de los materiales analizados serviría para obtener una mejor calidad y así darles el uso que se requiere. Esto se podría hacer mediante una trituración y cribado más estandarizado.
- Se recomienda realizar este tipo de ensayos destinados a la obtención calidades geotécnicas a bancos de materiales, cada 3 a 5 años debido a que conforme continúa la explotación de estos; no toda grava, arena y tepetate van a tener siempre las mismas características, si similares, pero no iguales.



- La presencia de material fino en los agregados pétreos altera significativamente las características y propiedades de los materiales, reflejándose en su resistencia.
- Los agregados analizados se pueden utilizar para cualquier obra civil siempre y cuando se tomen en cuenta sus propiedades y se mejoren en el caso de ser necesarios.



## 14. REFERENCIAS.

American Society for Testing and Materials, 2. (2020). *<https://geo-webonline.com/el-sistema-de-clasificacion-de-suelos-aashto/>*.

calidad., C. y. (2018). *Ejecución del control de calidad durante la construcción o conservación.*

Chan, P. (1993). *Quantitative analysis of aggregate shape based on fractals.*

(2014). *CRITERIOS Y LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA FACTIBILIDADES.*

DAS, B. M. (2014). *FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA GEOTÉCNICA, cuarta edición.* CENGAGE, Learning.

Gonzalo Duque Escobar, C. E. (2016). *GEOMECÁNICA PARA INGENIEROS.*

Juárez Badillo, R. R. (2005). *MECÁNICA DE SUELOS.* LIMUSA.

México., E. d. (s.f.). *<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/municipios/16044a.html>*.

Minero, D. G. (2015). *Estudio de la Cadena Productiva de los Materiales Pétreos.* Cd. Mx.

M-MMP-4-04-001/02. (2002). *Métodos de muestreo y pruebas de materiales.*

M-MMP-4-04-004/02. (s.f.). *Metodos de muestreo y pruebas de materiales, Equivalente de arena.*

Mora, D. F. (2016). *Proceso de Producción de Agregados Pétreos y su Control de Calidad.*

N.CTR.CAR-1-01-008/00. (s.f.). *CTR. CONSTRUCCIÓN.*

NMX-C-164-ONNCCE-2014. (s.f.). *Organismo Nacional de la Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, Densidad y absorción de agregado grueso. .*



NMX-C-165-ONNCCE-2014. (s.f.). *Organizmo Nacional de la Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, Densidad y absorción en arena.*

NMX-C-165-ONNCCE-2014. (2014). *Organizmo Nacional de la Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, Densidad y absorción de agregado fino.*

NMX-C-416-ONNCE-2003. (s.f.). *Organizmo Nacional de la Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, Valor relativo de soporte.*

NMX-C-476-ONNCCE-2013. (s.f.). *Organizmo Nacional de la Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, Compactación dinámica y estandar modificada (AASHTO).*

NMX-C-493-ONNCCE-2018. (s.f.). *Organizmo Nacional de la Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, Límites de consistencia.*

NMX-C-496-ONNCCE-2014. (s.f.). *Organizmo Nacional de la Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, Determinación de la composición graular.*

NMX-C-522-ONNCCE-2016. (s.f.). *Organizmo Nacional de la Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, CBR.*

SARA, B. G. (2019). *"BANCOS DE MATERIALES Y SUS CARACTERÍSTICAS PARA SU USO EN LA CONSTRUCCIÓN"*. CD. MX.

SCT. (2022). *Listado Bancos de Material*. Obtenido de <http://b.materiales.siac.gob.mx/>.