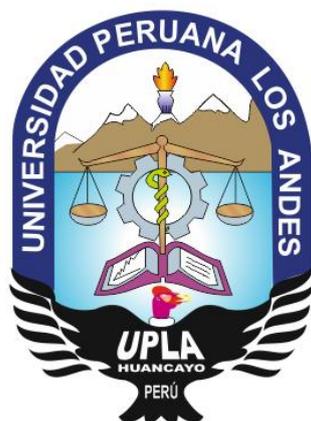


**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

**ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE  
EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. BALDEON SAUÑE IRVIN PAVEL**

**Línea de Investigación Institucional:**

**Transportes y Urbanismo.**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2019**

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

---

DR. CASIO AURELIO TORRES LÓPEZ  
PRESIDENTE

---

ING. CARLOS ALBERTO GONZALES ROJAS  
JURADO

---

ING. JULIO BUYU NAKANDAKARE SANTANA  
JURADO

---

ING. RANDO PORRAS OLARTE  
JURADO

---

Mg. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES  
SECRETARIO DOCENTE

ASESOR TEMÁTICO

- ING. JEANNELLE SOFIA HERRERA MONTES

## **DEDICATORIA**

A Dios por mostrarme el camino correcto en cada acción de mi vida.

A mí querida madre Guadalupe, mi hermana Guisenia y mi padre River, por creer en todo momento en mí y darme la oportunidad de poder estudiar y culminar mi carrera universitaria, y así mismo estar presente en cada etapa formativa de mi vida con sus consejos, su apoyo incondicional y su paciencia.

A mi asesora Ing. Jeannelle Sofía Herrera Montes, por guiarme en el desarrollo de la presente tesis.

**IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Peruana Los Andes, por ser líder en la formación de profesionales de calidad, del mismo modo a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por guiarme mediante sus conocimientos y experiencias durante mi formación universitaria.

A mi asesora Ing. Jeannelle Sofía Herrera Montes por su asesoramiento, y empeño en el desarrollo de la presente investigación.

A mi madre Guadalupe Herlinda Sauñe Quispe y a mi padre River Marcos Rufino por su apoyo incondicional, por su esfuerzo y por su dedicación en logro de mis objetivos.

A mi hermana Guisenia Aurora Baldeon Sauñe por darme la oportunidad de poder acceder a una educación universitaria y por creer en todo momento en mi persona.

## INDICE

RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
INTRODUCCION .....	xviii
CAPITULO I .....	1
PROBLEMA DE LA INVESTIGACION .....	1
1.1. Planteamiento del problema .....	1
1.2. Formulación y sistematización del problema .....	2
1.2.1. Problema General.....	2
1.2.2. Problemas Específicos .....	2
1.3. Justificación .....	3
1.3.1. Practica o Social.....	3
1.3.2. Metodológica .....	3
1.4. Delimitaciones.....	3
1.4.1. Espacial .....	3
1.4.2. Temporal .....	4
1.4.3. Económica.....	4
1.5. Limitaciones .....	4
1.6. Objetivos .....	5
1.6.1. Objetivo General.....	5
1.6.2. Objetivo Especificos .....	5
CAPITULO II .....	6
MARCO TEORICO .....	6
2.1. Antecedentes .....	6
2.1.1. Antecedentes Internacionales .....	6
2.1.2. Antecedentes Nacionales .....	7
2.1.3. Antecedentes Locales .....	9
2.2. Marco conceptual.....	11
2.2.1. El suelo.....	11
2.2.2. Proceso de formación de los suelos .....	13
2.2.3. Clasificación de suelos .....	16
2.2.4. Propiedades físicas y mecánicas de los suelos.....	24
2.2.5. Subrasante .....	25
2.2.6. Parámetros que determinan la Subrasante .....	28
2.2.7. Sílice.....	29
2.2.8. Principales características de la sílice .....	30
2.2.9. Tipos de sílice.....	30
2.2.10. Usos y aplicaciones de la sílice .....	31
2.2.11. Estabilización de suelos .....	32
2.2.12. Métodos de estabilización de suelos .....	33
2.2.13. Tipos de estabilización de suelos .....	34
2.2.14. Procedimiento de los ensayos en laboratorio .....	37
2.3. Definición de términos .....	56
2.4. Hipótesis .....	59
2.4.1. Hipótesis General .....	59
2.4.2. Hipótesis específicas .....	59
2.5. Variables.....	59
2.5.1. Definición conceptual de la variable .....	59
2.5.2. Definición operacional de la variable .....	59

2.5.3. Operacionalización de la variable .....	60
CAPITULO III .....	61
METODOLOGIA .....	61
3.1. Método de investigación .....	61
3.2. Tipo de investigación .....	61
3.3. Nivel de investigación .....	61
3.4. Diseño de investigación .....	62
3.5. Población y muestra .....	62
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	62
3.6.1. Técnicas .....	62
3.6.2. Instrumentos .....	63
3.7. Procesamiento de la información .....	63
3.8. Técnicas y análisis de datos .....	64
CAPITULO IV .....	65
RESULTADOS .....	65
4.1. Caracterización de la Subrasante .....	65
4.1.1. Exploración de campo .....	65
4.1.2. Características de la subrasante .....	67
4.1.3. Descripción de los suelos de Subrasante .....	74
4.1.4. Perfil Estratigráfico .....	95
4.2. Caracterización de la Arena de Sílice .....	96
4.2.1. Exploración de campo .....	96
4.2.2. Descripción del material de Arena de Sílice .....	98
4.2.3. Potencia del material de Arena de Sílice .....	119
4.3. Análisis de las combinaciones Arena de Sílice + material de Subrasante .....	120
4.3.1. Combinaciones realizadas .....	120
4.3.2. Características generales de las Combinaciones .....	122
CAPITULO V .....	163
DISCUSION DE RESULTADOS .....	163
5.1. Límites de consistencia .....	163
5.2. Clasificación de suelos .....	165
5.3. Relaciones Humedad Densidad - Proctor Modificado .....	168
5.4. Capacidad de soporte – CBR (MTC E-132) .....	170
5.5. Prueba de hipótesis .....	173
CONCLUSIONES .....	177
RECOMENDACIONES .....	179
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	180
ANEXOS .....	182

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Nomenclatura de clasificación de suelos – SUCS .....	18
Tabla 2: Segunda Nomenclatura de clasificación de suelos – SUCS .....	18
Tabla 3: Resumen de la Clasificación SUCS .....	21
Tabla 4: Categorías de subrasante .....	28
Tabla 5: Tamices Usados Para granulometría de los materiales .....	41
Tabla 6: Operacionalización de variables .....	60
Tabla 7: Ubicación de los puntos de muestreo - calicatas .....	65
Tabla 8: Características generales de las muestras de Subrasante .....	74
Tabla 9: Datos granulométricos del material de Subrasante (C-01).....	75
Tabla 10: Datos granulométricos del material de Subrasante (C-02).....	76
Tabla 11: Datos granulométricos del material de Subrasante (C-03).....	77
Tabla 12: Límite Líquido del material de Subrasante (C-01).....	78
Tabla 13: Límite Plástico del material de Subrasante (C-01) .....	78
Tabla 14: Índice de Plasticidad del material de Subrasante (C-01).....	78
Tabla 15: Límite Líquido del material de Subrasante (C-02).....	79
Tabla 16: Límite Plástico del material de Subrasante (C-02) .....	79
Tabla 17: Índice de Plasticidad del material de Subrasante (C-02).....	79
Tabla 18: Límite Líquido del material de Subrasante (C-03).....	80
Tabla 19: Límite Plástico del material de Subrasante (C-03) .....	80
Tabla 20: Índice de Plasticidad del material de Subrasante (C-03).....	80
Tabla 21: Clasificación SUCS material de Subrasante (C-01) .....	81
Tabla 22: Clasificación SUCS material de Subrasante (C-02) .....	81
Tabla 23: Clasificación SUCS material de Subrasante (C-03) .....	82
Tabla 24: Datos granulométricos para la clasificación AASHTO del material de Subrasante (C-01).....	83
Tabla 25: Datos de los límites de consistencia para la clasificación AASHTO del material de Subrasante (C-01) .....	83
Tabla 26: Datos granulométricos para la clasificación AASHTO del material de Subrasante (C-02).....	84
Tabla 27: Datos de los límites de consistencia para la clasificación AASHTO del material de Subrasante (C-02).....	84
Tabla 28: Datos granulométricos para la clasificación AASHTO del material de Subrasante (C-03).....	85
Tabla 29: Datos de los límites de consistencia para la clasificación AASHTO de la muestra del material de Subrasante (C-03).....	85
Tabla 30: Proctor Modificado del material de Subrasante (C-01).....	86
Tabla 31: Proctor Modificado del material de Subrasante (C-02).....	87
Tabla 32: Proctor Modificado del material de Subrasante (C-03).....	88
Tabla 33: Compactación para CBR del material de Subrasante (C-01).....	89
Tabla 34: Penetración CBR del material de Subrasante (C-01).....	89
Tabla 35: Expansión del material de Subrasante (C-01).....	90
Tabla 36: Valor relativo de soporte CBR del material de Subrasante (C-01) ...	90
Tabla 37: Compactación para CBR del material de Subrasante (C-02).....	91
Tabla 38: Penetración CBR del material de Subrasante (C-02).....	91
Tabla 39: Expansión del material de Subrasante (C-02).....	92
Tabla 40: Valor relativo de soporte CBR del material de Subrasante (C-02) ...	92
Tabla 41: Compactación para CBR del material de Subrasante (C-03).....	93

Tabla 42: Penetración CBR del material de Subrasante (C-03).....	93
Tabla 43: Expansión del material de Subrasante (C-03).....	94
Tabla 44: Valor relativo de soporte CBR del material de Subrasante (C-03) ...	94
Tabla 45: Ubicación de los puntos de muestreo de la Arena de Sílice .....	96
Tabla 46: Características generales de la Arena de sílice .....	98
Tabla 47: Granulometría de la Arena de Sílice (AS-1) .....	99
Tabla 48: Granulometría de la Arena de Sílice (AS-2) .....	100
Tabla 49: Granulometría de la Arena de Sílice (AS-3) .....	101
Tabla 50: Límite Líquido de la Arena de Sílice (AS-1) .....	102
Tabla 51: Limite Plástico de la Arena de Sílice (AS-1).....	102
Tabla 52: Índice de Plasticidad de la Arena de Sílice (AS-1) .....	102
Tabla 53: Límite Líquido de la Arena de Sílice (AS-2) .....	103
Tabla 54: Limite Plástico de la Arena de Sílice (AS-2).....	103
Tabla 55: Índice de Plasticidad de la Arena de Sílice (AS-2) .....	103
Tabla 56: Límite Líquido de la Arena de Sílice (AS-3) .....	104
Tabla 57: Limite Plástico de la Arena de Sílice (AS-3).....	104
Tabla 58: Índice de Plasticidad de la Arena de Sílice (AS-3) .....	104
Tabla 59: Clasificación SUCS de la Arena de Sílice (AS-1) .....	105
Tabla 60: Clasificación SUCS de la Arena de Sílice (AS-2) .....	105
Tabla 61: Clasificación SUCS de la Arena de Sílice (AS-3) .....	106
Tabla 62: Datos granulométricos para la clasificación AASHTO de la Arena de Sílice (AS-1) .....	107
Tabla 63: Datos de los límites de consistencia para la clasificación AASHTO de la Arena de Sílice (AS-1).....	107
Tabla 64: Datos granulométricos para la clasificación AASHTO de la Arena de Sílice (AS-2) .....	108
Tabla 65: Datos de los límites de consistencia para la clasificación AASHTO de la Arena de Sílice (AS-2).....	108
Tabla 66: Datos granulométricos para la clasificación AASHTO de la Arena de Sílice (AS-3) .....	109
Tabla 67: Datos de los límites de consistencia para la clasificación AASHTO de la Arena de Sílice (AS-3).....	109
Tabla 68: Proctor Modificado de la Arena de Sílice (AS-1) .....	110
Tabla 69: Proctor Modificado de la Arena de Sílice (AS-2) .....	111
Tabla 70: Proctor Modificado de la Arena de Sílice (AS-3) .....	112
Tabla 71: Compactación para CBR de la Arena de Sílice (AS-1) .....	113
Tabla 72: Penetración CBR de la Arena de Sílice (AS-1) .....	113
Tabla 73: Expansión de la Arena de Sílice (AS-1) .....	114
Tabla 74: Valor relativo de soporte CBR de la Arena de Sílice (AS-1).....	114
Tabla 75: Compactación para CBR de la Arena de Sílice (AS-2) .....	115
Tabla 76: Penetración CBR de la Arena de Sílice (AS-2) .....	115
Tabla 77: Expansión de la Arena de Sílice (AS-2) .....	116
Tabla 78: Valor relativo de soporte CBR de la Arena de Sílice (AS-2).....	116
Tabla 79: <i>Compactación para CBR de la Arena de Sílice (AS-3)</i> .....	117
Tabla 80: Datos de la penetración CBR de la Arena de Sílice (AS-3).....	117
Tabla 81: Expansión de la Arena de Sílice (AS-3) .....	118
Tabla 82: Valor relativo de soporte CBR de la Arena de Sílice (AS-3).....	118
Tabla 83: Calculo del volumen de la Cantera de Arena de Sílice ubicado en el KM 28+500.....	119

Tabla 84: Calculo del volumen del depósito de Arena de Sílice ubicado en el KM 27+600.....	120
Tabla 85: Nomenclatura para las muestras .....	121
Tabla 86: Características generales de las combinaciones .....	122
Tabla 87: Granulometría de la combinación C-10%.....	123
Tabla 88: Granulometría de la combinación C-20%.....	124
Tabla 89: Granulometría de la combinación C-30%.....	125
Tabla 90: Granulometría de la combinación C-40%.....	126
Tabla 91: Granulometría de la combinación C-50%.....	127
Tabla 92: Granulometría de la combinación C-60%.....	128
Tabla 93: Limite Líquido de la combinación C-10% .....	129
Tabla 94: Limite Plástico de la combinación C-10% .....	129
Tabla 95: Índice de Plasticidad de la combinación C-10%.....	129
Tabla 96: Limite Líquido de la combinación C-20% .....	130
Tabla 97: Limite Plástico de la combinación C-20% .....	130
Tabla 98: Índice de Plasticidad de la combinación C-20%.....	130
Tabla 99: Limite Líquido de la combinación C-30% .....	131
Tabla 100: Limite Plástico de la combinación C-30% .....	131
Tabla 101: Índice de Plasticidad de la combinación C-30%.....	131
Tabla 102: Limite Líquido de la combinación C-40% .....	132
Tabla 103: Limite Plástico de la combinación C-40% .....	132
Tabla 104: Índice de Plasticidad de la combinación C-40%.....	132
Tabla 105: Limite Líquido de la combinación C-50% .....	133
Tabla 106: Limite Plástico de la combinación C-50% .....	133
Tabla 107: Índice de Plasticidad de la combinación C-50%.....	133
Tabla 108: Limite Líquido de la combinación C-60% .....	134
Tabla 109: Limite Plástico de la combinación C-60% .....	134
Tabla 110: Índice de Plasticidad de la combinación C-60%.....	134
Tabla 111: Clasificación SUCS de la combinación C-10% .....	135
Tabla 112: Clasificación SUCS de la combinación C-20% .....	135
Tabla 113: Clasificación SUCS de la combinación C-30% .....	136
Tabla 114: Clasificación SUCS de la combinación C-40% .....	137
Tabla 115: Clasificación SUCS de la combinación C-50% .....	137
Tabla 116: Clasificación SUCS de la combinación C-60% .....	138
Tabla 117: Datos granulométricos para la clasificación AASHTO de la combinación C-10%.....	139
Tabla 118: Datos de los límites de consistencia para la clasificación AASHTO de la combinación C-10% .....	139
Tabla 119: Datos granulométricos para la clasificación AASHTO de la combinación C-20%.....	140
Tabla 120: Datos de los límites de consistencia para la clasificación AASHTO de la combinación 20% .....	140
Tabla 121: Datos granulométricos para la clasificación AASHTO de la combinación 30%.....	141
Tabla 122: Datos de los límites de consistencia para la clasificación AASHTO de la combinación 30% .....	141
Tabla 123: Datos granulométricos para la clasificación AASHTO de la combinación C-40% .....	142

Tabla 124: Datos de los límites de consistencia para la clasificación AASHTO de la combinación C-40% .....	142
Tabla 125: Datos granulométricos para la clasificación AASHTO de la combinación C-50% .....	143
Tabla 126: Datos de los límites de consistencia para la clasificación AASHTO de la combinación C-50% .....	143
Tabla 127: Datos granulométricos para la clasificación AASHTO de la combinación C-60% .....	144
Tabla 128: Datos de los límites de consistencia para la clasificación AASHTO de la combinación C-60% .....	144
Tabla 129: Proctor Modificado de la combinación C-10%.....	145
Tabla 130: Proctor Modificado de la combinación C-20%.....	146
Tabla 131: Proctor Modificado de la combinación C-30%.....	147
Tabla 132: Proctor Modificado de la combinación C-40%.....	148
Tabla 133: Proctor Modificado de la combinación C-50%.....	149
Tabla 134: Proctor Modificado de la combinación C-60%.....	150
Tabla 135: Compactación para CBR de la combinación de C-10% .....	151
Tabla 136: Penetración CBR de la combinación C-10%.....	151
Tabla 137: Expansión de la combinación C-10%.....	152
Tabla 138: Valor relativo de soporte CBR de la combinación C-10% .....	152
Tabla 139: Compactación para CBR de la combinación C-20% .....	153
Tabla 140: Penetración CBR de la combinación C-20%.....	153
Tabla 141: Expansión de la combinación C-20%.....	154
Tabla 142: Valor relativo de soporte CBR de la combinación C-20% .....	154
Tabla 143: Compactación para CBR de la combinación C-30% .....	155
Tabla 144: Penetración CBR de la combinación C-30%.....	155
Tabla 145: Expansión de la combinación C-30%.....	156
Tabla 146: Valor relativo de soporte CBR de la combinación C-30% .....	156
Tabla 147: Datos de compactación para CBR de la combinación C-40% .....	157
Tabla 148: Datos de la penetración CBR de la combinación C-40% .....	157
Tabla 149: Datos de la expansión de la combinación C-40% .....	158
Tabla 150: Valor relativo de soporte CBR de la combinación C-40% .....	158
Tabla 151: Compactación para CBR de la combinación C-50% .....	159
Tabla 152: Penetración CBR de la combinación C-50%.....	159
Tabla 153: Expansión de la combinación C-50%.....	160
Tabla 154: Valor relativo de soporte CBR de la combinación C-50% .....	160
Tabla 155: Datos de compactación para CBR de la combinación C-60% .....	161
Tabla 156: Penetración CBR de la combinación C-60%.....	161
Tabla 157: Expansión de la combinación C-60%.....	162
Tabla 158: Valor relativo de soporte CBR de la combinación C-60% .....	162
Tabla 159: Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad .....	163
Tabla 160: Índice de Plasticidad de las muestras y combinaciones.....	164
Tabla 161: Clasificación SUCS y AASHTO de las muestras y combinaciones .....	166
Tabla 162: Clasificación de Suelos Según Índice de Grupo .....	167
Tabla 163: Máxima Densidad Seca y Óptimo Contenido de Humedad del material de Subrasante, Arena de Sílice y las Combinaciones .....	168
Tabla 164: CBR al 95 % de su Máxima Densidad Seca del material de Subrasante, Arena de Sílice y las Combinaciones.....	170

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Croquis de ubicación de la población.....	4
Figura 2: Resumen del Sistema de Clasificación SUCS .....	17
Figura 3: Carta de Plasticidad – Limites de Atterberg .....	20
Figura 4: Expresión para determinar el índice de grupo .....	22
Figura 5: Carta de plasticidad AASHTO.....	23
Figura 6: Sistema de Clasificación AASHTO .....	24
Figura 7: Cuarteo del material de Subrasante.....	37
Figura 8: Cuarteo del material de Arena de Sílice.....	38
Figura 9: Combinación arena de sílice y material de subrasante C-10%.....	39
Figura 10: Combinación arena de sílice y material de subrasante C-10%.....	39
Figura 11: Combinación arena de sílice y material de subrasante C-60%.....	40
Figura 12: Secado de la muestra .....	40
Figura 13: Diferencia granulométrica del material de Subrasante tamizado ....	42
Figura 14: Materiales y muestra para ensayo de Límite Líquido C-10% .....	43
Figura 15: Ensayo Límite Líquido C-10%.....	44
Figura 16: Pesado de a muestra para determinar la Humedad .....	45
Figura 17: Verificación en el ensayo de Limite Plástico .....	46
Figura 18: Preparación del material para el Ensayo de Proctor Modificado.....	47
Figura 19: División del material para el ensayo.....	48
Figura 20: Material preparado de la combinación C-30% .....	49
Figura 21: Golpes con el pisón al material de ensayo.....	49
Figura 22: Muestras preparadas para ensayo de CBR .....	50
Figura 23: Equipos para el ensayo de CBR .....	51
Figura 24: Enrasando la superficie del molde .....	52
Figura 25: Ensayo CBR terminado.....	52
Figura 26: Moldes sumergidos por 96 horas .....	53
Figura 27: Medida de la Expansión.....	54
Figura 28: Medida de la expansión en el segundo molde .....	54
Figura 29: Prensa CBR .....	55
Figura 30: Molde listo para su penetración en la maquina CBR .....	55
Figura 31: Calicata 01 - Muestreo de material de Subrasante Km: 21+465.00	66
Figura 32: Calicata 02 - Muestreo de material de Subrasante Km: 21+465.00	66
Figura 33: Calicata 03 - Muestreo de material de Subrasante Km: 21+765.00	67
Figura 34: Registro de excavación de la C-01 .....	68
Figura 35: Registro de excavación de la C-02 .....	70
Figura 36: Registro de excavación de la C-03 .....	72
Figura 37: Curva granulométrica del material de Subrasante (C-01) .....	75
Figura 38: Curva granulométrica del material de Subrasante (C-02) .....	76
Figura 39: Curva granulométrica del material de Subrasante (C-03).....	77
Figura 40: Diagrama de fluidez del material de Subrasante (C-01) .....	78
Figura 41: Diagrama de fluidez del material de Subrasante (C-02) .....	79
Figura 42: Diagrama de fluidez del material de Subrasante (C-03) .....	80
Figura 43: Clasificación SUCS según carta de plasticidad del material de Subrasante (C-01).....	81
Figura 44: Clasificación SUCS según carta de plasticidad del material de Subrasante (C-02).....	82

Figura 45: Clasificación SUCS según carta de plasticidad del material de Subrasante (C-03).....	82
Figura 46: Clasificación de suelos según AASHTO del material de Subrasante (C-01).....	83
Figura 47: Cálculo del Índice de Grupo del material de Subrasante (C-01) .....	83
Figura 48: Clasificación de suelos según AASHTO del material de Subrasante (C-02).....	84
Figura 49: Cálculo del Índice de Grupo del material de Subrasante (C-02) .....	84
Figura 50: Clasificación de suelos según AASHTO del material de Subrasante (C-03).....	85
Figura 51: Cálculo del Índice de Grupo del material de Subrasante (M-3).....	85
Figura 52: Relación Humedad – Densidad, del material de Subrasante (C-01).....	86
Figura 53: Relación Humedad – Densidad, del material de Subrasante (C-02).....	87
Figura 54: Relación Humedad – Densidad, del material de Subrasante (C-03).....	88
Figura 55: Curva de CBR del material de Subrasante (C-01) .....	90
Figura 56: Curva de CBR del material de Subrasante (C-02) .....	92
Figura 57: Curva de CBR del material de Subrasante (C-03) .....	94
Figura 58: Perfil estratigráfico KM 20+940 – 21+940 .....	95
Figura 59: Depósito de Arena de Sílice Ubicado en el Km: 27+600.00 .....	96
Figura 60: Cantera de Arena de Sílice Ubicado en el Km: 28+500.00 .....	97
Figura 61: Muestreo de Arena de Sílice en el Km: 27+650.00.....	97
Figura 62: Curva granulométrica de la Arena de Sílice (AS-1) .....	99
Figura 63: Curva granulométrica de la Arena de Sílice AS-2.....	100
Figura 64: Curva granulométrica de la Arena de Sílice AS-3.....	101
Figura 65: Diagrama de fluidez de la Arena de Sílice (AS-1) .....	102
Figura 66: Diagrama de fluidez de la Arena de Sílice (AS-2).....	103
Figura 67: Diagrama de fluidez de la Arena de Sílice (AS-3).....	104
Figura 68: Clasificación SUCS según carta de plasticidad de la Arena de Sílice (AS-1).....	105
Figura 69: Clasificación SUCS según carta de plasticidad de la Arena de Sílice (AS-2).....	106
Figura 70: Clasificación SUCS según carta de la Arena de Sílice (AS-3) .....	106
Figura 71: Clasificación de suelos según AASHTO de la Arena de Sílice (AS-1) .....	107
Figura 72: Cálculo del Índice de Grupo de la Arena de Sílice (AS-1).....	107
Figura 73: Clasificación de suelos según AASHTO de la Arena de Sílice (AS-2) .....	108
Figura 74: Cálculo del Índice de Grupo de la Arena de Sílice (AS-2).....	108
Figura 75: Clasificación de suelos según AASHTO de la Arena de Sílice (AS-3) .....	109
Figura 76: Cálculo del Índice de Grupo de la Arena de Sílice (AS-3).....	109
Figura 77: Relación Humedad – Densidad, de la Arena de Sílice (AS-1) .....	110
Figura 78: Relación Humedad – Densidad, de la Arena de Sílice (AS-2) .....	111
Figura 79: Relación Humedad – Densidad, de la Arena de Sílice (AS-1) .....	112
Figura 80: Curva de CBR de la Arena de Sílice (AS-1).....	114
Figura 81: Curva de CBR de la Arena de Sílice (AS-2).....	116
Figura 82: Curva de CBR de la Arena de Sílice (AS-3).....	118
Figura 83: Curva granulométrica de la combinación C-10% .....	123
Figura 84: Curva granulométrica de la combinación C-20% .....	124

Figura 85: Curva granulométrica de la combinación C-30% .....	125
Figura 86: Curva granulométrica de la combinación C-40% .....	126
Figura 87: Curva granulométrica de la combinación C-50% .....	127
Figura 88: Curva granulométrica de la combinación C-60% .....	128
Figura 89: Diagrama de fluidez de la combinación C-10% .....	129
Figura 90: Diagrama de fluidez de la combinación C-20% .....	130
Figura 91: Diagrama de fluidez de la combinación C-30% .....	131
Figura 92: Diagrama de fluidez de la combinación C-40% .....	132
Figura 93: Diagrama de fluidez de la combinación C-50% .....	133
Figura 94: Diagrama de fluidez de la combinación C-60% .....	134
Figura 95: Clasificación SUCS según carta de plasticidad de la combinación C-10% .....	135
Figura 96: Clasificación SUCS según carta de plasticidad de la combinación C-20% .....	136
Figura 97: Clasificación SUCS según carta de plasticidad de la combinación C-30% .....	136
Figura 98: Clasificación SUCS según carta de plasticidad de la combinación C-40% .....	137
Figura 99: Clasificación SUCS según carta de plasticidad de la combinación C-50% .....	138
Figura 100: Clasificación SUCS según carta de plasticidad de la combinación C-60% .....	138
Figura 101: Clasificación de suelos según AASHTO de la combinación C-10% .....	139
Figura 102: Cálculo del Índice de Grupo de la combinación C-10% .....	139
Figura 103: Clasificación de suelos según AASHTO de la combinación 20% .....	140
Figura 104: Cálculo del Índice de Grupo de la combinación 20% .....	140
Figura 105: Clasificación de suelos según AASHTO de la combinación 30% .....	141
Figura 106: Cálculo del Índice de Grupo de la combinación 30% .....	141
Figura 107: Clasificación de suelos según AASHTO de la combinación C-40% .....	142
Figura 108: Cálculo del Índice de Grupo de la combinación C-40% .....	142
Figura 109: Clasificación de suelos según AASHTO de la combinación C-50% .....	143
Figura 110: Cálculo del Índice de Grupo de la combinación C-50% .....	143
Figura 111: Clasificación de suelos según AASHTO de la combinación C-60% .....	144
Figura 112: Cálculo del Índice de Grupo de la combinación C-60% .....	144
Figura 113: Relación Humedad – Densidad, de la combinación C-10% .....	145
Figura 114: Relación Humedad – Densidad, de la combinación C-20% .....	146
Figura 115: Relación Humedad – Densidad, de la combinación C-30% .....	147
Figura 116: Relación Humedad – Densidad, de la combinación C-40% .....	148
Figura 117: Relación Humedad – Densidad, de la combinación C-50% .....	149
Figura 118: Relación Humedad – Densidad, de la combinación C-60% .....	150
Figura 119: Curva de CBR de la combinación C-10% .....	152
Figura 120: Curva de CBR de la combinación C-20% .....	154
Figura 121: Curva de CBR de la combinación C-30% .....	156
Figura 122: Curva de CBR de la combinación C-40% .....	158
Figura 123: Curva de CBR de la combinación C-50% .....	160

Figura 124: Curva de CBR de la combinación C-60% .....	162
Figura 125: Comportamiento del Índice de Plasticidad de las muestras y combinaciones. ....	165
Figura 126: Comportamiento de la Máxima Densidad Seca sobre los porcentajes de Combinaciones con Arena de Sílice .....	169
Figura 127: Comportamiento de Optimo Contenido de Humedad sobre los porcentajes de Combinaciones .....	169
Figura 128: Comparación de los CBR obtenidos de las distintas combinaciones. ....	171
Figura 129: Comportamiento del CBR sobre los porcentajes de Combinaciones .....	172

## RESUMEN

La presente investigación partió del problema general ¿Cuál es el comportamiento del uso de la arena de sílice en la estabilización de la subrasante de la carretera Chupuro – Vista Alegre, Región Junín?; el objetivo general fue; Analizar el resultado del uso de la arena de sílice en la estabilización de la subrasante de la Carretera Chupuro – Vista alegre, Región Junín, y la hipótesis general que se contrastó fue: El uso de la arena de sílice mejora las propiedades físico mecánicas en la estabilización de la subrasante de la Carretera Chupuro – Vista Alegre, Región Junín.

El método general de investigación fue el CIENTÍFICO, tipo de investigación fue APLICADA, nivel DESCRIPTIVO – EXPLICATIVO, diseño de investigación Cuasi EXPERIMENTAL, el enfoque de investigación fue CUANTITATIVA; tipo de muestreo NO PROBABILISTICO, así mismo la población fue la carretera Chupuro – Vista Alegre – Chicche – Chongos Alto – Huasicancha con una longitud de 58 km y la muestra fue del km 20+940 al km 21+940.

Se concluyó que la arena de sílice tuvo resultados positivos en la estabilización de la subrasante ya que ha mejoró sus propiedades físico – mecánicas al realizar la combinación en distintas proporciones y puede ser una alternativa de solución a las subrasantes que tengan baja capacidad de soporte, baja densidad seca, porcentajes altos de contenido de humedad e índices plásticos elevados.

**PALABRAS CLAVE:** Arena de Sílice, Subrasante, Estabilización de la Subrasante.

## **ABSTRACT**

The present investigation started from the general problem. What is the behavior of the use of silica sand in the stabilization of the subgrade of the Chupuro - Vista Alegre highway, Junín Region? the general objective was; Analyze the result of the use of silica sand in the stabilization of the subgrade of the Chupuro Highway - Vista Alegre, Junín Region, and the general hypothesis that is contrasted with: The use of silica sand improves the mechanical physical properties in the stabilization of the subgrade of the Chupuro Highway - Vista Alegre, Junín Region.

The general research method was the SCIENTIFIC, type of research was APPLIED, DESCRIPTIVE - EXPLANATORY level, Quasi EXPERIMENTAL research design, the research approach was QUANTITATIVE; type of sampling NOT PROBABILISTIC, also the population was the Chupuro - Vista Alegre - Chicche - Chongos Alto - Huasicancha road with a length of 58 km and the sample was from km 20 + 940 to km 21 + 940.

It was concluded that silica sand has had positive results in the stabilization of the subgrade and that it has improved its physical and mechanical properties when performing the combination in different proportions and may be an alternative solution to subgrade that have low support capacity, low dry density, high percentages of moisture content and dangerous plastic indexes.

**KEYWORDS:** Silica Sand, Subgrade, Subgrade Stabilization.

## INTRODUCCION

Uno de los grandes aportes de la Ingeniería Civil en nuestra sociedad es la apertura y mejoramiento de las vías de comunicación, incide de tal manera en las comunidades pertenecientes a los proyectos viales, dándoles la facilidad de poder acceder a nuevas y mejores oportunidades, tanto sociales y económicas.

En la ejecución de las obras viales, las características físicas – mecánicas de la subrasante son las que determinan el paquete estructural de la vía, por lo tanto, es esencial que la subrasante cumpla con todos los parámetros técnicos que nos indican las normas, cuando no sucede lo mencionado es que se recurre al reemplazo de material, en consecuencia generando movimientos de tierra de gran magnitud, otro método de darle solución al problema es realizar la ejecución de mejoramientos mediante métodos de estabilización, con el objetivo de mejorar sus propiedades, en ese contexto es que reside la naturaleza de la presente investigación, en analizar el efecto del uso de la arena de sílice en la estabilización de la subrasante de la Carretera Chupuro – Vista alegre, Región Junín, como un nuevo método de estabilización.

En el proceso de ejecución de la obra “Mejoramiento de la carretera Chupuro – Vista Alegre – Chicche – Chongos Alto – Huasicancha”, se pudo observar que en varios tramos la calidad de la subrasante era inadecuada, por estar con un CBR menor al 3%, por lo tanto generándose una necesidad de estabilizar el terreno de fundación. Teniendo en cuenta que en la obra existe un depósito de arena de sílice en el km 27+600 y una cantera del mismo material en el km 28+500, se opta por analizar el efecto del uso de la arena de sílice en la estabilización de la subrasante mediante la combinación en determinados porcentajes, para lo cual se realizó ensayos en laboratorio de suelos dándonos resultados de porcentajes óptimos y valores de soporte (CBR).

La tesis “ANALISIS DEL USO DE LA ARENA DE SILICE EN LA ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE” consta de cinco capítulos:

El primer capítulo nos detalla lo referente al problema de investigación, donde se formula y se sistematiza el problema, a su vez se justifica y se delimita la investigación y se genera los objetivos generales y específicos.

En el segundo capítulo se hace referencia al marco teórico, donde se detalla los antecedentes internacionales, nacionales y locales respecto a investigaciones que tienen el mismo objetivo, y para mayor entendimiento se realiza la definición de términos, se determina las hipótesis y se realiza la definición conceptual y operacional de las variables.

En el tercer capítulo se hace mención a la parte metodológica de la investigación, describiendo el método de investigación, el tipo de investigación, el nivel de investigación, el diseño de la investigación, la población, la muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, el procesamiento de la información y las técnicas de análisis de datos.

En el cuarto capítulo se detalla los resultados obtenidos en la investigación, tales como de los ensayos en laboratorio de suelos del material de subrasante y de sus combinaciones con arena de sílice en determinados porcentajes, así mismo el cálculo del volumen de con que se cuenta de arena de sílice.

En el quinto capítulo se realizó la discusión de los resultados donde se detalla el análisis final de los resultados que se obtuvieron.

Por consiguiente se dio a conocer las conclusiones a que se llegó en la presente investigación, las recomendaciones, la referencia bibliográfica usada y los anexos.

Bach: BALDEON SAUÑE IRVIN PAVEL

# **CAPITULO I**

## **PROBLEMA DE LA INVESTIGACION**

### 1.1. Planteamiento del problema

El mejoramiento de las vías de comunicación como son las carreteras, es un rubro que ayuda a mejorar las condiciones de vida de la sociedad, mediante la reducción de contaminantes atmosféricos por material particulado y la facilidad de transitabilidad de vehículos.

Al momento de la ejecución de las carreteras, es muy usual encontrar suelo como subrasante con baja capacidad de soporte, el cual es determinante en el espesor que debe de tener el paquete estructural del pavimento, por lo tanto es una parte esencial en el diseño de pavimentos, teniendo la particularidad de otorgar la respuesta estructural y el comportamiento del pavimento en construcción y operación, es por lo mencionado que cuando la calidad de subrasante es malo, es necesario recurrir a un método de estabilización de subrasante, para lo cual existen varios métodos de estabilización de suelos; como son mediante el uso o adición de cal, cemento, escoria, cloruro de sodio, cloruro de calcio, cloruro de magnesio, productos asfálticos y geosintéticos.

En la ejecución de la carretera Chupuro – Vista Alegre – Chicche – Chongos Alto – Huasicancha, en la progresiva del Km 20+940 al 21+940, se encontró material de subrasante inadecuado o pobre, suelos arcillosos con plasticidad media y con baja capacidad de soporte, a los cuales, son necesarios realizar un mejoramiento de sus propiedades físico – mecánicas mediante algún

método de estabilización, o por un método de combinación con arena de sílice, el cual se propone en la presente investigación, ya que logra la estabilización de la subrasante.

La arena de sílice es un material muy duro que se encuentra en las rocas, se puede presentar en forma de arena; inherentemente clara, baja en humedad y dura, y también se puede presentar en forma de roca; amorfa y con la misma composición química de la arena, que al combinarse con otros materiales, aumenta la cohesión, aumenta la densidad, disminuye la penetración del agua, incrementa la adhesión entre agregados y reduce la permeabilidad.

Mediante las combinaciones adecuadas de la arena de sílice con el suelo de subrasante, se busca analizar el efecto del uso de la arena de sílice en la estabilización de la subrasante, mediante la aplicación de porcentajes y la evaluación de la capacidad de soporte, la máxima densidad seca y su índice plástico.

## 1.2. Formulación y sistematización del problema

### 1.2.1. Problema General

- ¿Cuál es el comportamiento del uso de la arena de sílice en la estabilización de la subrasante de la carretera Chupuro – Vista Alegre, Región Junín?

### 1.2.2. Problemas Específicos

- a) ¿Cuál es el comportamiento del índice de plasticidad con la adición de arena de sílice en la subrasante?
- b) ¿Cuáles son los valores de la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad con la adición de arena de sílice en la subrasante?
- c) ¿Cuáles son los valores de la capacidad de soporte (CBR) obtenidos con la adición de arena de sílice en la subrasante?

### 1.3. Justificación

#### 1.3.1. Practica o Social

Con el desarrollo de la presente investigación “ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE” se planteó contribuir a la solución del problema que aqueja a los pobladores, directamente a su salud, asociado a la contaminación atmosférica por material particulado (polvo) y a la dificultad de transitabilidad de vehículos, mediante el mejoramiento de a subrasante de la Carretera Chupuro – Vista Alegre – Chicche – Chongos Alto – Huasicancha, con una longitud de carretera de 58 km y de esta manera poder elevar la calidad de vida de la población inmersa en el proyecto, utilizando la incorporación de arena de sílice en la subrasante de la carretera mencionada.

#### 1.3.2. Metodológica

Con los resultados positivos en la presente investigación, y con la aplicación de los procedimientos correctos que sirvieron para demostrar la validez y confiabilidad, podrá ser utilizado en otras investigaciones y en distintas obras asociadas a proyectos de carreteras.

### 1.4. Delimitaciones

#### 1.4.1. Espacial

El desarrollo espacial de la presente tesis se dio dentro de la carretera Chupuro – Vista Alegre – Chicche – Chongos Alto – Huasicancha.

- Región : Junín
- Provincia : Huancayo
- Distrito : Huancayo
- Localidad : Chupuro – Vista Alegre – Chicche – Chongos – Alto – Huasicancha.

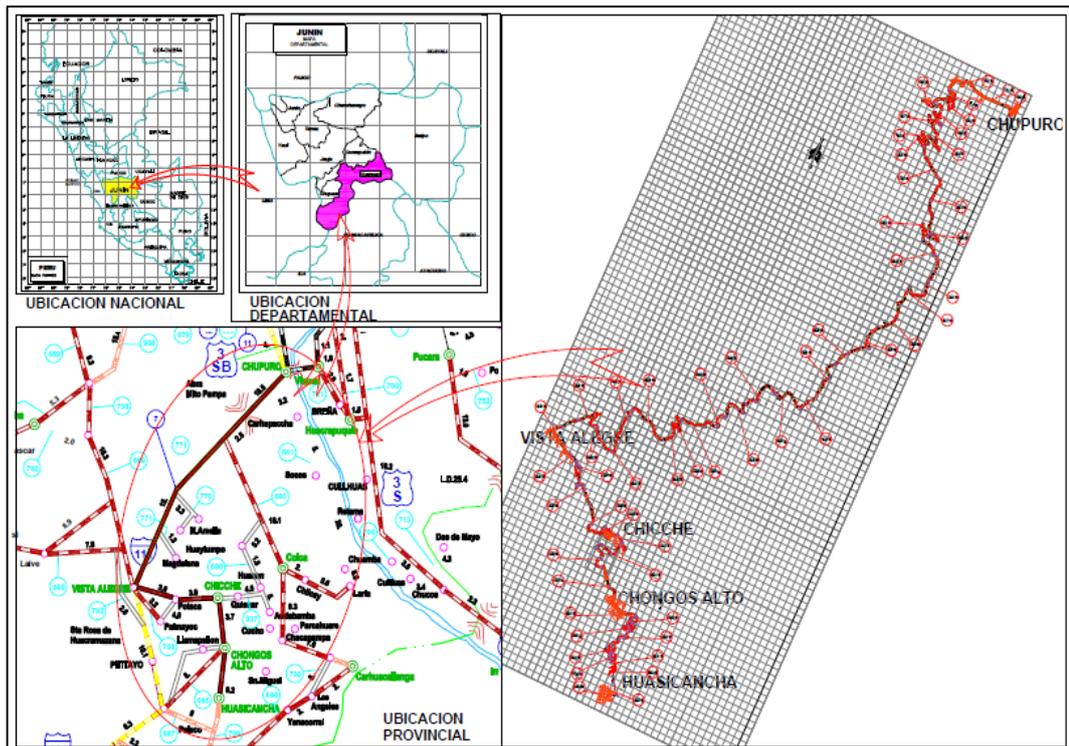


Figura 1: Croquis de ubicación de la población

#### 1.4.2. Temporal

La presente tesis está delimitada en el año 2018 - 2019, entre los meses de mayo del 2018 a abril del 2019.

#### 1.4.3. Económica

Los gastos incurridos en la realización de la presente tesis, han sido costeados absolutamente por la titular de la presente investigación, los cuales fueron respecto al desarrollo y los ensayos de la mecánica de suelos.

#### 1.5. Limitaciones

Las limitaciones encontradas al realizar la presente investigación fueron; la poca difusión de información referente al uso de la arena de sílice en la estabilización de la subrasante y así mismo otra de las limitantes fue el factor económico por el costo de los ensayos en el laboratorio al material de subrasante, los ensayos a la arena de sílice y los ensayos a la combinación en distintos porcentajes de arena de sílice con material de subrasante.

## 1.6. Objetivos

### 1.6.1. Objetivo General

- Analizar el resultado del uso de la arena de sílice en la estabilización de la subrasante de la Carretera Chupuro – Vista alegre, Región Junín.

### 1.6.2. Objetivo Específicos

- a) Analizar el comportamiento del índice de plasticidad con la adición de arena de sílice en la subrasante.
  
- b) Identificar los valores de la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad con la adición de arena de sílice en la subrasante.
  
- c) Evaluar los valores de la capacidad de soporte (CBR) obtenidos con la adición de arena de sílice en la subrasante.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

a) El autor **DENIS ROBIN RUANO LOPEZ**, en el año 2012 en su investigación titulada **“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS POR MEDIO DE ARENAS VOLCÁNICAS Y CAL VIVA”** tesis para optar el título profesional de INGENIERO CIVIL de la UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA. Llega a las siguientes conclusiones:

- La cal viva tiene un bajo costo en el mercado comparada con la cal hidratada y se pudo comprobar que su uso es muy eficaz en la estabilización de suelos cohesivos, ya que se pueden lograr una estabilización de bajo costo mezclándola con la arena sílice y arena azul.
- Los bancos de arena sílice y arena azul son de un volumen considerado para una extracción a gran escala para realizar estabilizaciones masivas de suelos para la construcción de obras de ingeniería civil que se requieran esto da un alto nivel de confianza para usarlas de forma constante en diferentes proyectos del área metropolitana.
- Las mezclas propuestas van del 10 por ciento, 25 por ciento y 50 por ciento de arena sobre el material a estabilizar logrando obtener desde un valor de CBR de 52,6 por ciento a 91,5 por ciento, lo que

da un amplio margen de valores que podemos seleccionar según sea la utilidad que necesitemos aplicar.

#### 2.1.2. Antecedentes Nacionales

a) La ingeniera **ROCÍO DEL CARMEN PÉREZ COLLANTES** en el año 2012 en su investigación titulada: **ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SU USO COMO SUBRASANTE MEJORADA Y/O SUB BASE DE PAVIMENTOS**, tesis para optar el Grado de Maestro en Ciencias con mención en INGENIERIA GEOTÉCNICA de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA LIMA- PERU llega a las siguientes conclusiones:

- Las cenizas volantes funcionan como aditivo inhibidor de las propiedades expansivas del material, pero este requiere ser adicionado en porcentajes excesivos, al menos en el caso de una arcilla expansiva, en promedio mayor a 20%.
- La ceniza volante empleada como materia prima es una ceniza que la suma de porcentaje de sus principales constituyentes ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) es mayor a 70%.
- La Difracción de Rayos X muestra que el suelo arcilloso y la ceniza volante están constituidos principalmente por Cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ).
- Los resultados permiten concluir que el suelo estudiado tipo CH/A-7-6 (14) es arcilla inorgánica de alta plasticidad, por lo que este material no es recomendable para el uso como subrasante en pavimentos.
- Las arcillas en combinación con cenizas volantes y cemento en un 3%, da buenos resultados mejorando la resistencia del suelo arcilloso desde 7.7% hasta 51% de CBR al 100% de la MDS del Proctor Modificado y obteniéndose menores costos en su construcción.
- Los valores de espesores de pavimento se reducen conforme se incrementa el valor de CBR.

b) El bachiller **ROXANA MARIA UGAZ PALOMINO** en el año 2006 en su investigación titulada: **“ESTABILIZACION DE SUELOS Y SU APLICACIÓN EN EL MEJORAMIENTO DE SUB RASANTE”** tesis para optar el título profesional de ingeniero civil de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERA LIMA – PERU llega a las siguientes conclusiones:

- La estabilización de suelos para carreteras ha tenido en estos últimos tiempos una gran acogida por parte del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, al lanzar estudios de diseño en construcción, rehabilitación y mantenimiento de carreteras de tercer orden o caminos rurales. Debido a esto se han venido empleando diversos productos estabilizadores de suelo, importados por lo general; pero sin tener un seguimiento y análisis de la aplicabilidad de ellos en suelos peruanos. El tema de estabilización de suelos, tiene mucho tiempo de haber sido estudiado, pero aun así, se ha venido realizando de manera muy empírica y primando intereses comerciales, más que los logros técnico-económico de la utilización de alguno de estos productos.
- La historia de la estabilización de suelos en el Perú, nos ha arrojado como saldo pérdidas cuantiosas de dinero y tiempo, acompañado de perjuicios económicos y de progreso a poblaciones rurales que son las directamente afectadas debido a este tipo de obras, las cuales se han venido realizando empleando un mal diseño de estabilización y dejándolo por completo a las recomendaciones de proveedores que determinan dosificaciones de los diversos productos tomando en cuenta solo la aplicación de ellos en otros países.
- Debido a los presupuesto ya establecidos para este tipo de carreteras, el factor económico es muy importante, pero jamás determinante, siendo éste el que fomenta la generación de nuevas técnicas que nos proporcionen mayores logros a menores costos, ya que no se puede seguir empleando tecnología tradicional sin analizar, si ésta nos brinda los objetivos de Durabilidad,

Trabajabilidad y Resistencia que se buscan en este tipo de carreteras.

c) El autor **ROBINSON JARA ANYAYPOMA**, en el año 2014 en su investigación titulada “**EFFECTO DEL CAL COMO ESTABILIZANTE DE UNA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO**” tesis para optar el título profesional de INGENIERO CIVIL de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA. Llega a las siguientes conclusiones:

- Para el tipo de suelo estudiado perteneciente a al subrasante la dosis de cal al 4% es la óptima para estabilizarla.
- El índice de plasticidad disminuye, logrando la máxima disminución con la adición de 6% de cal, con un valor de 9.26. La muestra con cal al 0% presenta un índice plástico de 36.87, esto nos representa una disminución de un 74.97% del índice plástico.
- La densidad seca máxima con la adición de los diferentes porcentajes de cal disminuye, siendo el mínimo de 1.55 en la muestra con cal al 6%. El contenido de humedad aumenta siendo el máximo de 22.20% en la muestra con cal al 6%.
- El CBR de diseño al 95% máximo se logra con un porcentaje de cal de 4% con un valor de 11.48%. El CBR mínimo es de 2.55% sin adicionar cal a la muestra, el cual está por debajo del 6% exigido para subrasantes.

### 2.1.3. Antecedentes Locales

a) El bachiller **ROLY ROBERTH LEIVA GONZALES** en el año 2016 en su proyecto de investigación titulada: “**UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUBRASANTE EN EL JR. AREQUIPA, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+100, DISTRITO DE ORCOTUNA, CONCEPCIÓN.**” tesis para optar el título profesional de ingeniero civil de la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU - HUANCAYO Llegan a las siguientes conclusiones:

- Las bolsas de polietileno influyen en el mejoramiento de la subrasante, mediante el uso de bolsas de polietileno fundido en forma de grumos, se realizó diferentes proporciones que son: del 2%, 4%, 6%, 8% y 10 % logrando un aumento de CBR en promedio de 7.98%, superior al permisible.
- El CBR del suelo arcilloso es 4.15% al 95% de la máxima densidad seca y al adicionar bolsas de polietileno fundido al 6% del peso seco del suelo, con dimensiones amorfas pasante el tamiz 3/4” y retenido 3/8”, incrementó el CBR (California Bearing Ratio) a 7.98% al 95% de la máxima densidad seca debido a que las bolsas de polietileno fundido en forma de grumos presenta propiedades de flexo compresión y también redujo porcentualmente la expansión 36.85%.

b) El bachiller **CLAUDIA MARÍA CUADROS SURICHAQUI** en el año 2017 en su investigación titulada: **“MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE EN UNA VÍA AFIRMADA DE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL DE LA REGIÓN JUNÍN MEDIANTE LA ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON ÓXIDO DE CALCIO - 2016”** tesis para optar el título profesional de ingeniero de civil de la UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - HUANCAYO – PERU llega a las siguientes conclusiones:

- La estabilización química con Óxido de Calcio influye positivamente en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, ya que reduce el índice de plasticidad y aumenta significativamente el valor de soporte (C.B.R.) del suelo estabilizado respecto al suelo natural.
- Se determinó que el porcentaje óptimo de óxido de calcio al adicionar diversas proporciones (1%, 3%, 5% y 7%) para la estabilización del suelo en estudio es de 3% respecto al peso del suelo, mejorando así las propiedades del suelo de subrasante en estudio, dando como resultado la reducción del Índice de Plasticidad de un suelo natural con un IP de 19.08% a un IP de 4.17% posterior a su estabilización, asimismo redujo el óptimo contenido de humedad para su compactación de un 18.3% en suelo natural a un 15.6% posterior a

su estabilización, además aumentó significativamente el valor de C.B.R. de un 4.85% para suelo natural a un valor de C.B.R de 15.64% posterior a su estabilización, categorizándolo como un material de subrasante buena, de acuerdo al Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” – Sección suelos y pavimentos, después de su estabilización.

- Se comparó los costos de la estabilización física por combinación de suelos y la estabilización química con Óxido de Calcio, dando como resultado una reducción del 44.41% de costos, entre estos dos métodos de estabilización de suelos. Queda demostrando la ventaja económica que tiene el uso del óxido de calcio como estabilizante químico frente al método conocido de estabilización física por combinación de suelos.

## 2.2. Marco conceptual

### 2.2.1. El suelo

Se define el suelo en la Ingeniería Civil como los sedimentos no consolidados de partículas sólidas, fruto de la alteración de las rocas, o suelos transportados por agentes como el agua, hielo o viento con contribución de la gravedad como fuerza direccional selectiva, y que pueden tener materia orgánica. El suelo es un cuerpo natural heterogéneo. (Duque Escobar & Escobar Potes, 2002, p. 16)

Desde el punto de vista general de la ingeniería como ciencia, el suelo viene a ser el sustrato físico sobre en el que se ejecutan las obras, del que importan las propiedades físico-químicas, especialmente las propiedades mecánicas. Desde la concepción de la ingeniería se tiene que separar el termino roca por considerarse específicamente bajo este término un sustrato formado por elementos que pueden ser separados sin un aporte significativamente alto de energía, el suelo es cómo un sistema multifase formado por:

- La fase sólida, que conforman el esqueleto de la composición del suelo.

- La fase líquida (generalmente agua).
- La Fase gaseosa (generalmente aire) que ocupan los intersticios entre los sólidos.

Y a su vez se puede contemplar tres grupos de parámetros que permiten definir el comportamiento del suelo ante la obra que en él incide:

- Los parámetros de identificación
- Los parámetros de estado
- Los parámetros estrictamente geo mecánicos.

Lo concerniente a los parámetros de identificación son los más significativos del suelo; la granulometría (distribución de los tamaños de grano que constituyen el agregado), la plasticidad (la variación de consistencia del agregado en función del contenido en agua) y el tamaño de las partículas va desde los tamaños granulares conocidos como gravas y arenas, hasta los finos como la arcilla y el limo. Las variaciones en la consistencia del suelo en función del contenido en agua diferencian también las mencionadas clases granulométricas principales.

Dentro de los parámetros de estado se encuentran fundamentalmente la humedad (contenido en agua del agregado), y la densidad, referida al grado de compacidad que muestren las partículas constituyentes.

En función de la variación de los parámetros de identificación y de los parámetros de estado varía el comportamiento geo mecánico del suelo, definiéndose un segundo orden de parámetros tales como la resistencia al esfuerzo cortante, la deformabilidad o la permeabilidad.

En el comportamiento del suelo influye La composición química y/o mineralógica de la fase sólida, esta influencia se puede observar particularmente en suelos de grano muy fino (arcillas). En la composición que tiene el suelo es que depende la capacidad de retención del agua, y la consistencia del volumen, y se puede observar que en los materiales arcillosos se presentan los mayores problemas. Estos son filosilicatos hidrófilos capaces de retener grandes

cantidades de agua por absorción, lo que provoca su expansión, y por consiguiente generando una inestabilidad en las obras si es que no se realiza una apropiada cimentación.

De manera genérica, es usual hablar de movimiento de suelos incluyendo en el concepto el trabajo con materiales, como rocas y otros, que sobrepasan la definición formal.

## 2.2.2. Proceso de formación de los suelos

### 2.2.2.1. Suelos sedimentarios

Para llegar a un mejor entendimiento de como se ha formado los suelos sedimentarios es necesario tener presente sus tres fases, las cuales son; la formación del sedimento; el Transporte de los sedimentos y el depósito de los sedimentos, que a continuación se explica:

#### a) Formación de sedimentos

La meteorización física y química de las rocas de la superficie terrestre comprende el principal modo de formación de los sedimentos. Las partículas de limo, arena y grava son las que forman la meteorización física de la roca, a su vez por procesos de alteración química de las mismas se forman las partículas arcillosas y la formación de partículas arcillosas a partir de las rocas puede producirse, por combinación de elementos en disolución o por la descomposición química de otros minerales.

#### b) Transporte de los sedimentos

En el transporte de los sedimentos, existen agentes como el agua, aire, hielo, gravedad y organismos vivos que son los encargados de transportar el material. Esta forma de transportar el material afecta de dos formas a los sedimentos, la primera afecta de tal manera que modifica la forma, el tamaño y la textura de las partículas por abrasión, desgaste, impacto y disolución; y la segunda produce una clasificación o graduación de las partículas.

c) Depósito de los sedimentos

Una vez que se han transportado, es que se comienzan a formar las partículas del suelo sedimentario, mediante el depósito del material; y los agentes encargados de ocasionar el depósito en el agua son la reducción de la velocidad, la disminución de la solubilidad y el aumento de electrolitos. Para que se dé el proceso de sedimentación tiene que producirse una disminución de la fuerza de las corrientes en el transcurso del desemboque en un lago, océano, o un gran volumen de agua, Cualquier cambio en la temperatura del agua o en su naturaleza química puede provocar una reducción en la solubilidad de la corriente, produciéndose la precipitación de alguno de los elementos disueltos.

2.2.2.2. Suelos residuales

El origen de los suelos residuales se da cuando los productos de la meteorización no son transportados como sedimentos, sino que se acumulan en el sitio en que se van formando. Es decir la acumulación del suelo residual se forma cuando la velocidad de descomposición de la roca supera a la de arrastre de los productos de la descomposición. El clima (Temperatura y lluvia), la naturaleza de la roca original, el drenaje y la actividad bacteriana son los actores que influyen en la velocidad de alteración de la naturaleza de los productos de la meteorización. (Escobar Moreno, L. 2015, p. 5)

El perfil de un suelo residual puede dividirse en tres zonas: el primero es la zona superior, en la que existe un elevado grado de meteorización, pero también cierto arrastre de materiales; la segunda zona es la intermedia, en cuya parte superior existe una cierta meteorización, pero también cierto grado de deposición hacia la parte inferior de la misma; y la tercera es la zona parcialmente meteorizada que sirve de transición del suelo residual a la roca original inalterada.

Uno de los otros factores que han favorecido el desarrollo de espesores importantes de suelos residuales en muchas partes del mundo es la temperatura.

#### 2.2.2.3. Depósitos artificiales

Este depósito de suelo no está formado por los factores de la naturaleza, es un depósito generado por el hombre, el cual se denomina terraplén o relleno.

El término terraplén deriva del francés, concretamente de la suma de dos palabras “terre” (tierra) y “plein” (lleno). No obstante, no hay que pasar por alto tampoco que precisamente esa voz gala había sido tomada de un verbo italiano del siglo XVI: “terrapienare”, que puede traducirse como “llenar de tierra”. Por lo tanto un terraplén es la tierra que se emplea para construir un camino o una estructura defensiva, o que se utiliza con el objetivo de rellenar algún espacio. La noción también se usa con referencia a un desnivel. Lo habitual es que el terraplén se desarrolle para elevar el nivel de un terreno y así contar con un plano de apoyo que permita el impulso de una construcción. Por lo general un terraplén se compone de los cimientos (el sector inferior, que se ubica junto a la superficie donde se apoya), el espaldón (los sectores laterales o exteriores), el núcleo (el relleno en sí mismo) y la coronación (el sector superior). Para la creación del terraplén se requiere el uso de distintas maquinarias. Para poder llevar a cabo la construcción de un terraplén se hace necesario contar con una o varias personas que sean las encargadas de gestionar y controlar aspectos fundamentales en ese proceso como son los siguientes; materiales que se vayan a utilizar en la mencionada construcción es fundamental que no cuenten con raíces ni con ningún otro tipo de elemento orgánico, a la hora de realizar este proceso es imprescindible que previamente se compruebe y certifique claramente que la superficie ofrece la estabilidad necesaria. Pero no sólo eso, también esta tiene que estar libre de todo de maleza o de elementos que impidan el correcto

proceso que se tiene entre manos y para darle forma a dicho elemento se hará mediante capas. En este sentido, antes de colocar una nueva capa de material hay que certificar que la anterior está absolutamente estable y uniforme. (Pérez Porto & María Merino, 2016)

### 2.2.3. Clasificación de suelos

Los suelos que tengan sus propiedades semejantes se clasifican en grupos y subgrupos que están basados en su comportamiento ingenieril, los sistemas de clasificación proporcionan un lenguaje que nos ayude a expresar en forma concisa las características generales de los suelos, que son infinitamente variadas sin una descripción detallada, actualmente, dos sistemas de clasificación que usan la distribución por tamaño de grano y plasticidad de los suelos son usados en la ingeniería de suelos. Estos son el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y AASHTO. El sistema AASHTO lo usan principalmente los departamentos de caminos estatales y de condados, mientras que los ingenieros geotécnicos usualmente prefieren el Sistema Unificado. (Braja M. Das. 1999, p. 35)

#### 2.2.3.1. Clasificación SUCS

Según la (NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.134, 2017), Este método de ensayo detalla un sistema para la clasificación de suelos minerales y orgánico minerales con propósitos de ingeniería, que están basados en la determinación en el laboratorio de las características de granulometría, limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad y los cuales se usan cuando se necesite una clasificación precisa, este método de ensayo clasifica suelos provenientes de cualquier localización geográfica dentro de categorías que representan los resultados de los ensayos de laboratorio prescritos para determinar las características de granulometría, limite líquido e índice de plasticidad, las diversas agrupaciones de este sistema de clasificación, están diseñadas para

correlacionar en una forma general los diversos tipos de suelos con su comportamiento dentro del campo de la ingeniería. Este método proporciona un primer paso útil en cualquier investigación de campo o de laboratorio, con propósito de ingeniería geotécnica.

El sistema de clasificación SUCS clasifica a los suelos en dos categorías: “suelos de grano grueso que son de naturaleza tipo grava y arenosa con menos del 50% pasando la malla No. 200 y los suelos de grano fino con 50% o más que pasan la malla No. 200” (Braja M. Das, 2001, p. 39).

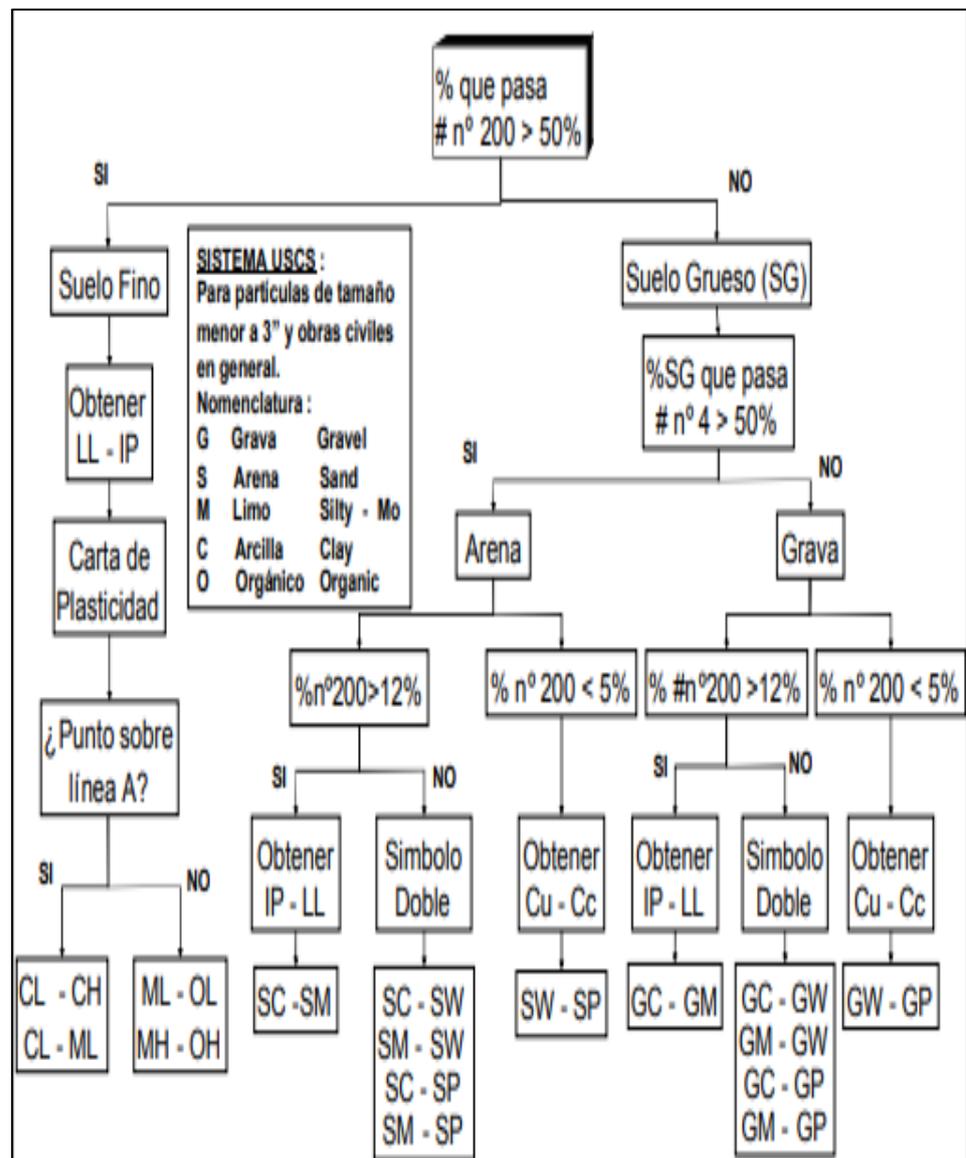


Figura 2: Resumen del Sistema de Clasificación SUCS

Al usar el método SUCS para la clasificación de suelos es necesario conocer la nomenclatura con la que trabaja, en el grupo de suelos granulares, las siglas son G (grava), S (arena), W (bien graduada) y P (mal graduada). Para el grupo de suelos finos la nomenclatura es M (limo), C (arcilla), H (alta compresibilidad) y L (baja compresibilidad). Y para los suelos orgánicos la sigla es Pt (turba).

Tabla 1: *Nomenclatura de clasificación de suelos – SUCS*

SIMBOLO	DEFINICION
<b>G</b>	Grava
<b>S</b>	Arena
<b>M</b>	Limo
<b>C</b>	Arcilla
<b>O</b>	Orgánico

*Fuente: Mecánica de Suelos – Eulalio Juárez Badillo.*

Tabla 2: *Segunda Nomenclatura de clasificación de suelos – SUCS*

LETRA	DEFINICION
<b>P</b>	Pobrementemente graduado (tamaño de partícula uniforme)
<b>W</b>	Bien graduado (tamaño de partículas diversos)
<b>H</b>	Alta plasticidad
<b>L</b>	Baja plasticidad

*Fuente: Mecánica de Suelos – Eulalio Juárez Badillo.*

### **Límites de Plasticidad**

La plasticidad de un suelo es una propiedad dependiente de contenido de agua y no una propiedad circunstancial, las arcillas pueden ser materiales muy secos y presentar una consistencia como la del ladrillo, presentando una plasticidad nula, y ese mismo material arcilloso con la influencia de una gran cantidad de agua, se

convertirá un material lodoso y expansivo, con una suspensión líquida.

En los materiales de suelo se presenta un intervalo referente al contenido de agua de un material arcilloso que hace que se comporte de forma plástica. La plasticidad de un suelo exige, para ser expresada en forma conveniente, la utilización de dos parámetros en lugar de uno solo. Según su contenido de agua en orden decreciente, un suelo que tiende a ser plástico, puede estar en cualquiera de los siguientes estados de consistencia, definidos por los Atterberg.

- El Estado líquido, que tiene las propiedades y las apariencias de una suspensión.
- El Estado semilíquido tiene las propiedades de un fluido viscoso.
- El Estado plástico, en el cual el material se comporta de una manera plástica.
- El Estado semisólido, en este estado por la poca influencia del agua, el suelo tiene una apariencia de un material sólido, pero de todas maneras disminuye de volumen al estar sujeto a secado.
- Estado sólido, es cuando el volumen del suelo no varía con el secado, porque tiene una influencia del agua nula, ya que no está presente en este estado.

Los anteriores estados son fases generales por los que pasa el suelo al irse secando y no existen criterios exactos para distinguir sus fronteras. El establecimiento de estas ha de hacerse en forma puramente convencional.

Atterberg estableció las primeras convenciones para ello, bajo el nombre general de Límites de Consistencia. La frontera convencional entre los estados semilíquido y plástico fue llamada por Atterberg Límite Líquido. Para lo cual Atterberg lo definió en términos de una técnica de laboratorio que consistía en colocar el suelo remoldeado en una cápsula, formando en él una ranura y en hacer cerrar la ranura golpeando secamente la cápsula contra una

superficie dura el cual se llama la copa de casa grande; el suelo tenía el contenido de agua correspondiente al límite líquido, según Atterberg cuando los bordes inferiores de la ranura se tocaban, sin mezclarse, al cabo de un cierto número de golpes.

La frontera convencional entre los estados plástico y semisólido fue llamada por Atterberg Límite Plástico y también en términos de una manipulación de laboratorio. Atterberg rolaba un fragmento de suelo hasta convertirlo en un cilindro de espesor no especificado; el agrietamiento y desmoronamiento del rollito, en un cierto momento, indicaba que se había alcanzado el límite plástico y el contenido de agua en tal momento era la frontera deseada.

A las fronteras anteriores que definen el intervalo plástico del suelo se les ha llamado Límites de Plasticidad.

Atterberg consideraba que la plasticidad del suelo quedaba determinada por el límite líquido y por la cantidad máxima de una cierta arena, que podía ser agregada al suelo, estando este con el contenido de agua correspondiente al límite líquido, sin que perdiera por completo su plasticidad. Además, encontró que la diferencia entre los valores de los límites de plasticidad, llamada Índice Plástico, se relacionaba fácilmente con la cantidad de arena añadida, siendo de más fácil determinación, por lo que sugirió su uso, en lugar de la arena, como segundo parámetro para definir la plasticidad.

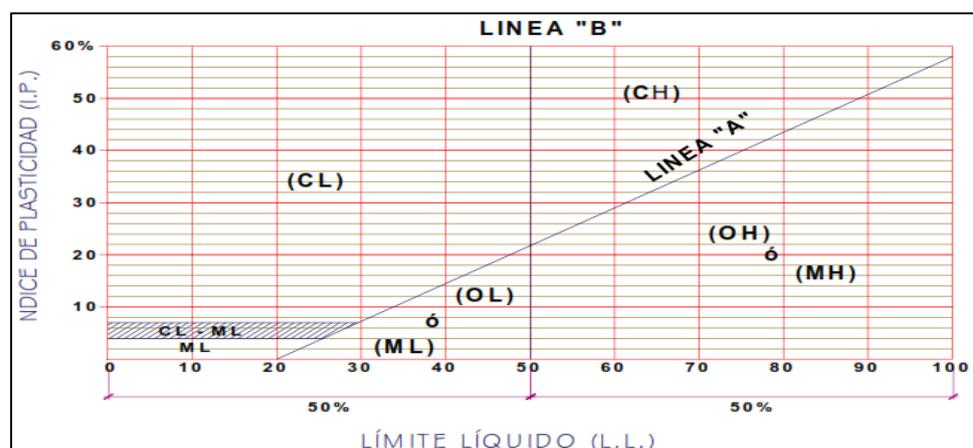


Figura 3: Carta de Plasticidad – Límites de Atterberg

Tabla 3: *Resumen de la Clasificación SUCS*

<b>SUELOS GRANULARES GRUESOS</b> mas del 50% retenido en el tamiz N° 200 (0.075)	<b>GRAVA</b> > 50% de la fraccion gruesa retenida en el tamiz N° 4 (4.75 mm)	grava limpia menos del 5% pasa el tamiz N° 200	<b>GW</b> grava bien graduada, grava fina a gruesa	
		grava con mas de 12% de finos pasantes del tamiz N° 200	<b>GP</b> grava pobremente graduada	
			<b>GM</b> grava limosa	
	<b>ARENA</b> ≥ 50% de la fraccion gruesa pasa tamiz N° 4 (4.75 mm)	Arena Limpia	<b>SW</b> arena bien graduada, arena fina a gruesa	
		Arena con mas de 12% de finos pasantes del tamiz N° 200	<b>SP</b> arena pobremente graduada	
			<b>SM</b> arena limosa	
<b>SUELOS DE GRANO FINO</b> mas del 50% pasa el tamiz N° 200 (0.075)	<b>Limo y Arcillas</b> limite liquido < 50	Inorganico	<b>ML</b> limo	
		Organico	<b>CL</b> arcilla	
			<b>OL</b> limo organico	
	<b>Limo y Arcillas</b> limite liquido ≥ 50	Inorganico		limo de alta plasticidad, limo elastico
				<b>MH</b> plasticidad, limo elastico
		Organico	<b>CH</b> arcilla de alta plasticidad	
<b>SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS</b>		<b>OH</b> arcilla organica, limo organico		
		<b>PT</b> turba		

Fuente: *Mecánica de Suelos – Eulalio Juárez Badillo.*

#### 2.2.3.2. Clasificación AASHTO

Este es el sistema del Departamento de Caminos de U.S.A., introducido en 1929, Adoptado por la American Association of State Highway Officials entre otras, Es de uso especial para la construcción de vías, en especial para manejo de subrasantes y terraplenes (Vlady CCora, 2011, p. 26).

#### Criterios de la clasificación

Los ensayos necesarios se reducen a análisis granulométricos (tamices n° 10, 40, y 200 ASTM), a su vez es necesario obtener la determinación de los límites de Atterberg y del Índice de Plasticidad. (Vlady CCora, 2011, p. 26).

### Reglas del Índice de Grupo

El índice del grupo indica la idoneidad de un suelo determinado para construir explanaciones, Cuanto más bajo es el Índice de Grupo, mejor es el suelo (Vlady CCora, 2011, p. 26).

Ed.1973	$IG = 0,2 a + 0,005 ac + 0,01 bd$	
IG máx = 20	Máximo	Mínimo
a = % que pasa nº 200 ( 35 - 75 )		40      0
b = % que pasa nº 200 ( 15 - 55 )		40      0
c = % LL ( 40 - 60 )	20	0
d = % IP ( 10 - 30 )	20	0
ASTM D 3282 - 73 (78)		
Ed.1978	$IG = ( F - 35 ) ( 0,2 + 0,005 ( LL - 40 ) ) + 0,01 ( F - 15 ) ( IP - 10 )$	
IG puede ser > 20		

Figura 4: Expresión para determinar el índice de grupo

- Si  $IG < 0$ , entonces  $IG = 0$ .
- El índice de grupo se redondea a un número entero
- No hay límite superior para IG – índice de grupo
- El IG de los grupos A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-4, A-2-5 y A-3 siempre será cero.
- Cuando calculamos el IG de los suelos perteneciente a los grupos A-2-6 y A-2-7, use el índice de grupo parcial para IP:
- $IG = 0.01 (F - 15) \times (IP - 10)$
- Clasifica al suelo en 8 grupos principales: A - 1 a A - 8
- A - 1, A - 2, A - 3: Corresponde a suelo granulares, donde el 35% o menos de las partículas pasan a través de la malla N° 200.
- A - 4, A - 5, A - 6, A - 7: Corresponde a suelos cohesivos, donde más del 35 % pasan la malla N° 200. Ellos son: limos, arcillas.
- A-8: Son turba, compostas orgánicas y otros suelos altamente orgánicos, estos se identifican por inspección visual.

### Sub clases de la clasificación

A-1-a: si IP del T-40 < 6%, Además el T-200=15%, T-40=30% y T-10=50%, A -1-b: si es del grupo A1 y no cumple con A-1-a, A-2-4 ; A-2-5, A-2-6, y A-2-7: según la fracción fina se encuentre en las zonas 4, 5, 6 o 7 de la Carta de Plasticidad AASHTO y A-7-5: si  $IP \leq LL - 30$ ; A-7-6 si  $IP > LL - 30$ . (Vlady CCora, 2011, p. 26).

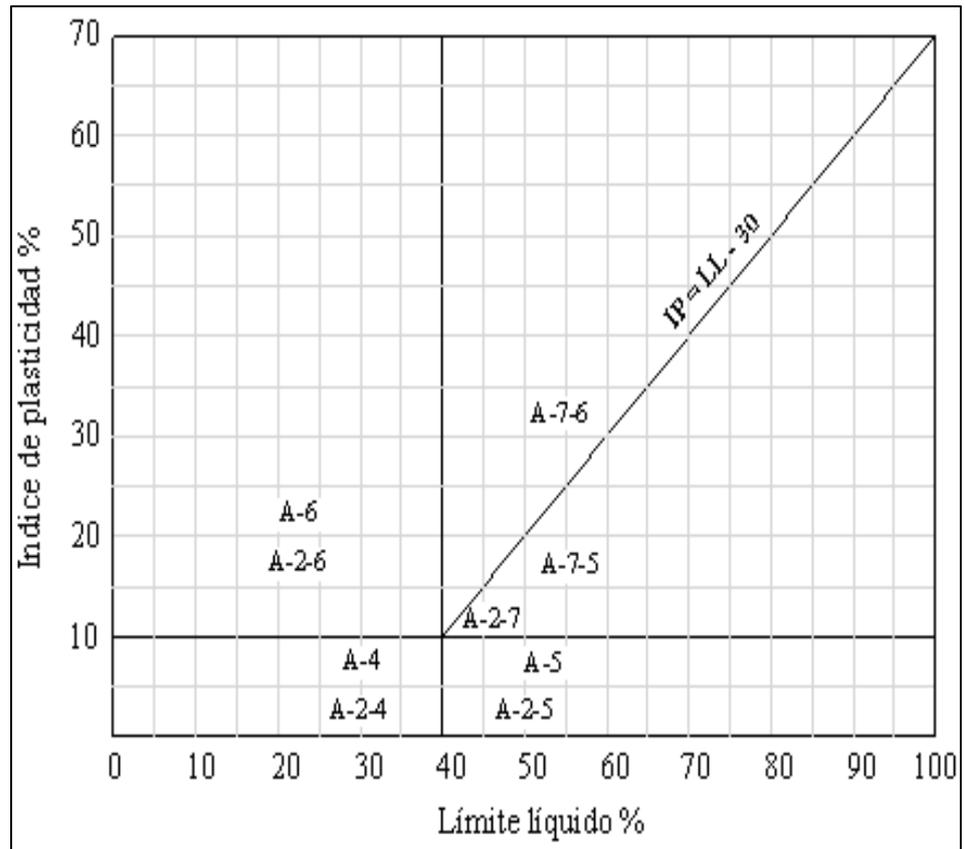


Figura 5: Carta de plasticidad AASHTO

Para clasificar un suelo de acuerdo a las tablas mostradas, los datos de prueba se aplican de izquierda a derecha. Por un proceso de eliminación, el primer grupo desde la izquierda en el que los datos de prueba se ajusten, es la clasificación correcta.

El IG se escribe en paréntesis después de la designación de grupo o sub grupo.

CLASIFICACIÓN GENERAL	SUELOS GRANULARES (MAX. 35% PASA LA MALLA Nº 200)							SUELOS LIMO - ARCILLA (MAS 35% PASA LA MALLA Nº 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
SUBGRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
% QUE PASA TAMIZ Nº 10 Nº 40 Nº 200	MAX. 50 MAX. 30 MAX. 15	MAX. 50 MAX. 25	MIN. 51 MAX. 10	MAX. 35	MAX. 35	MAX. 35	MAX. 35	MIN. 36	MIN. 36	MIN. 36	MIN. 36
Características del material que pasa el tamiz Nº 40 LÍMITE LÍQUIDO ÍNDICE DE PLASTICIDAD				MAX. 40 MAX. 10	MIN. 41 MAX. 10	MAX. 40 MIN. 11	MIN. 41 MIN. 11	MAX. 40 MAX. 10	MIN. 41 MAX. 10	MAX. 40 MIN. 11	MIN. 41 MIN. 11
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0	0	0	MAX. 4	MAX. 4	MAX. 8	MAX. 12	MAX. 16	MAX. 20
PRINCIPALES MATERIALES CONSTITUYENTES	GRAVAS Y ARENAS		ARENAS FINAS	GRAVAS Y ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS				SUELOS LIMOSOS		SUELOS ARCILLOSOS	

**Nota:** El grupo (A - 7) es subdividido en (A - 7 - 5) o (A - 7 - 6), del límite plástico:  
Si el L.P.  $\geq$  30, la clasificación es (A - 7 - 5)  
Si el L.P.  $<$  30, la clasificación es (A - 7 - 6)

Figura 6: Sistema de Clasificación AASHTO

#### 2.2.4. Propiedades físicas y mecánicas de los suelos

El suelo de fundación es un material no consolidado formado por una gran variedad de partículas minerales, con líquidos y gases incluidos. Adicionalmente, el suelo puede también contener materias orgánicas que afectan sus propiedades físicas. Las partículas minerales son gránulos de diferentes tamaños, composición y características, que no se hallan firmemente ligados entre sí, como sucede por ejemplo con los cristales de un metal, sino que son capaces de disgregarse y reubicarse bajo la acción de las fuerzas exteriores que sobre ellos actúan, y cuya resistencia depende del índice de humedad y del porcentaje de gas que contienen. (Herrera Gómez, E. 2011).

Las propiedades estructurales de los materiales dispersos que forman los suelos, dependen no solamente de la resistencia de sus gránulos aislados, sino también de las fuerzas de adherencia o atracción que existen entre ellos y los agregados. Estas fuerzas son de naturaleza muy compleja y responden a campos de energía externa o interna que tienen su origen en fuerzas moleculares electromagnéticas y actúan directamente sobre las partículas sólidas, en sus puntos de contacto. Además, la magnitud de estas fuerzas varía en función de la

composición mineral de las partículas, su tamaño y el porcentaje de humedad que llena los vacíos. (Herrera Gómez, E. 2011).

Las propiedades físicas y mecánicas de un suelo permiten identificarlo y clasificarlo dentro de una amplia gama de posibilidades que existen en la naturaleza. Estas propiedades dependen además de la posición geográfica del suelo y la profundidad y espesor del estrato. Entre las propiedades físicas y mecánicas de un suelo se pueden enumerar:

- La composición del suelo
- La densidad, porosidad e índice de vacíos
- El tamaño y forma de las partículas
- La textura y el color
- La consistencia y el contenido de humedad
- La permeabilidad y capilaridad
- La compresibilidad
- La capacidad portante
- La retracción y expansión

#### 2.2.5. Subrasante

El Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” – Sección suelos y pavimentos define a la Subrasante como la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado, la subrasante es el asiento directo de la estructura del pavimento y forma parte del prisma de la carretera que se construye entre el terreno natural allanado o explanada y la estructura del pavimento. La subrasante es la capa superior del terraplén o el fondo de las excavaciones en terreno natural, que soportará la estructura del pavimento, y está conformada por suelos seleccionados de características aceptables y compactados por capas para constituir un cuerpo estable en óptimo estado, de tal manera que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito. Su capacidad de soporte en condiciones de servicio, junto con el tránsito

y las características de los materiales de construcción de la superficie de rodadura, constituyen las variables básicas para el diseño de la estructura del pavimento que se colocará encima. En la etapa constructiva, los últimos 0.30m de suelo debajo del nivel superior de la subrasante, deberán ser compactados al 95% de la máxima densidad seca obtenida del ensayo proctor modificado.

La Subrasante se le da de nombre al suelo que sirve como fundación para todo el paquete estructural de un pavimento. En la década del 40, el concepto de diseño de pavimentos estaba basado en las propiedades ingenieriles de la subrasante. Estas propiedades eran la clasificación de suelos, plasticidad, resistencia al corte, susceptibilidad a las heladas y drenaje. Desde las postrimerías de la década del 50, se puso más énfasis en las propiedades fundamentales de la subrasante y se idearon ensayos para caracterizar mejor a estos suelos. Ensayos usando cargas estáticas o de baja velocidad de deformación tales como el CBR, compresión simple son reemplazados por ensayos dinámicos y de repetición de cargas tales como el ensayo del módulo resiliente, que representan mucho mejor lo que sucede bajo un pavimento en lo concerniente a tensiones y deformaciones, La calidad de los suelos para subrasantes se puede relacionar con el módulo resiliente, el módulo de Poisson, el valor soporte del suelo y el módulo de reacción de la subrasante.. (Valladares Pinedo, E. 2015).

Cuando se desea conocer las propiedades de los suelos en un proyecto, es necesario tomar muestras en todo el desarrollo del mismo mediante el proceso de las calicatas y posteriormente en el laboratorio mediante los ensayos se determinarán sus propiedades:

- Granulometría
- Humedad
- Límites de Atterberg (líquido e índice plástico)
- Densidad (Proctor)
- Valor de Soporte (CBR)

La función de la subrasante es soportar las cargas que transmite el pavimento y darle sustentación, además de considerarse la cimentación del pavimento. Entre mejor calidad se tenga en esta capa el espesor del pavimento será más reducido y habrá un ahorro en costos sin mermar la calidad.

De la calidad de ésta depende, en gran parte, el espesor que debe tener un pavimento, sea éste flexible o rígido. Como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas del tránsito.

Es necesario tener en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad, tanto en lo que se refiere a la resistencia como a las eventuales variaciones de volumen. Los cambios de volumen en un suelo expansivo, pueden ocasionar graves daños a las estructuras que se apoyan sobre éste, por esta razón, al construir un pavimento hay que intentar al máximo controlar las variaciones volumétricas del mismo a causa de la humedad.

La subrasante es una parte esencial en el diseño de pavimentos. Tiene la particularidad de otorgar la respuesta estructural y el comportamiento del pavimento en construcción y operación. La subrasante puede estar constituida por suelos en su estado natural, o por éstos con algún proceso de mejoramiento tal como la estabilización mecánica, la estabilización físico – química con aditivos como el cemento Portland, la cal, el asfalto, entre otras. Tiene una gran influencia en las operaciones de construcción del pavimento y en la eficiencia del mismo. Las subrasantes inestables presentan problemas relativos a la colocación y compactación de los materiales de base y/o sub base y no dan soporte adecuado para las subsiguientes operaciones de pavimentación.

Como material de fundación, se debe establecer cuál es su resistencia mecánica y específicamente ante la presencia de cargas. Se busca la relación entre la carga y la deformación unitaria, La resistencia varía con las condiciones de humedad, compactación y confinamiento.

Dentro del análisis de la subrasante es necesario conocer el valor relativo de soporte (CBR), el cual es determinante para proceder a trabajar la capa mencionada y las siguientes capas que conforman el pavimento. Para lo cual existen categorías que nos determinan su calidad.

Tabla 4: Categorías de subrasante

<b>Categorías de Subrasante</b>	<b>CBR</b>
S0: Subrasante Inadecuada	CBR < 3 %
S1: Subrasante Pobre	De CBR >= 3 % A CBR < 6 %
S2: Subrasante Regular	De CBR >= 6 % A CBR < 10 %
S3: Subrasante Buena	De CBR >= 10 % A CBR < 20 %
S4: Subrasante Muy Buena	De CBR >= 20 % A CBR < 30 %
S5: Subrasante Excelente	De CBR >= 30 %

*Fuente: Manual De Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos.*

#### 2.2.6. Parámetros que determinan la Subrasante

##### a) Capacidad portante

La subrasante debe tener la capacidad de soportar las cargas transmitidas por la estructura del pavimento. La capacidad de carga es función del tipo de suelo, del grado de compactación y de su contenido de humedad.

El propósito del pavimento es proporcionar una superficie confortable al tránsito de vehículos. Consecuentemente, es necesario que la subrasante sea capaz de soportar un número grande de repeticiones de carga sin presentar deformaciones.

##### b) Contenido de humedad.

El diferente grado de humedad de la subrasante afecta en forma determinante su capacidad de carga, pudiendo además llegar a provocar inclusive contracciones y/o expansiones indeseables, especialmente en el caso de la presencia de suelos finos.

El contenido de humedad es afectado principalmente por las condiciones de drenaje, elevación del nivel freático, infiltración etc. Una subrasante con un elevado contenido de humedad sufrirá deformaciones prematuras ante el paso de las cargas de solicitación de los vehículos.

c) Contracción y/o expansión

Algunos suelos se contraen o se expanden, dependiendo de su grado de plasticidad y su contenido de humedad. Cualquier pavimento construido sobre estos suelos, si no se adoptan las medidas pertinentes, tenderán a deformarse y/o deteriorarse prematuramente. Para evitar que las deflexiones admisibles en la subrasante excedan los límites establecidos, debe cumplirse que la presión transmitida por la carga se mantenga por debajo del valor de la carga máxima transmitida al suelo, para lo cual deberá tomarse en cuenta el tránsito de diseño a través del número de repeticiones de carga, las deflexiones máximas esperadas y el CBR del material con el que se ejecutará el mejoramiento

#### 2.2.7. Sílice

La sílice o también conocida como sílica es un material muy duro que se encuentra en casi todas las rocas, es un cristal común que se presenta naturalmente. La sílice es el componente principal de la arena, arenisca, cuarcita o granito. Éste se encuentra en la mayoría de los lechos rocosos y forma polvo durante el trabajo con minería, la formación de canteras, la construcción de túneles y la manipulación de muchos minerales metálicos. (Dias Vergara, P. 2015)

La sílice desde épocas muy remotas y hasta nuestros días ha sido uno de los minerales más usados en todo el mundo, llámense mayas, aztecas, egipcios fenicios, desde la prehistoria el hombre ha hecho uso de este mineral para darle infinidad de usos desde hacer monumentos dedicados a sus dioses cosa que era de relevante

importancia en aquellos tiempos, así como en la confección de ciertas armas que le servían para defenderse de los animales y además les servían para pelear en los combates, también ya desde entonces la utilizaban para hacer diversos artículos de porcelana vidrio, y ahora cemento para la construcción.

La arena de Sílice está compuesta por dióxido de Silicio ( $\text{Si O}_2$ ) en más de un 99 % y de pequeñas cantidades de otros minerales, generalmente en forma de óxidos. Se trata de una molécula formada por dos átomos de oxígeno y un átomo de silicio, es insoluble en agua y posee una gran dureza y por el avance de los procesos de extracción de materiales de cantera, ahora ya se pueda dar un mejor uso al sílice (Ecured, 2012)

#### 2.2.8. Principales características de la sílice

La sílice o también conocida como sílica es un material muy duro que se encuentra en casi todas las rocas. Ésta se puede encontrar en varias formas, siendo su forma cristalina la de mayor volumen en la corteza terrestre. En la construcción existe desconocimiento de la presencia de sílice libre cristalizada. La sílice es el componente principal de la arena, arenisca, cuarcita o granito y sus principales propiedades al combinarlo con otros materiales son:

- Aumenta la cohesión
- Aumenta la densidad
- Disminuye la penetración del agua
- Incrementa la adhesión entre agregados
- Reduce la permeabilidad
- Reduce la segregación y exudación

#### 2.2.9. Tipos de sílice

La sílice puede encontrarse en una amplia gama de opciones, entre las que se encuentran:

a) Sílice en arena

Es una sílice cristalina natural de alta calidad y alta pureza. Es inherentemente clara, blanca, baja en humedad, inerte, dura.

Está disponible en cinco distribuciones estrechas y consistentes, con tamaños máximos de 5, 10, 15, 30 y 40 micras.

b) Sílice en roca

Es una forma sintética, blanca y amorfa con la misma composición química que la arena, solo que en un tamaño más grande e irregular.

Sus características están determinadas por su distribución de tamaño de partícula, porosidad, superficie específica y pureza. Es un material sintético de múltiples aplicaciones.

#### 2.2.10. Usos y aplicaciones de la sílice

Los usos industriales de la sílice derivan de sus importantes propiedades físicas y químicas, destacándose especialmente su dureza, resistencia química, alto punto de fusión, piezoelectricidad, piroelectricidad y transparencia. Es la materia prima fundamental para la fabricación del vidrio (aproximadamente el 70 % de su composición es de sílice) y de la porcelana. Sus arenas son utilizadas especialmente como lecho filtrante para depuración y potabilización de las aguas (para la retención de los flóculos de tamaños muy pequeños que no son separados por decantación), y por su dureza son utilizados para la fabricación de lejías, abrasivos industriales y arenados. Es una materia prima muy importante en la composición de las fórmulas de detergentes, pinturas, hormigones y morteros especiales, y constituyen la materia prima básica para la obtención del silicio, así mismo son la base para la fabricación de refractarios de sílica y arenas de modelo, dado su alto punto de fusión.

A partir de las arenas sílices se pueden producir fracciones granulométricas específicas destinadas a mercados industriales tan diversos como: Filtros de agua, Perforaciones, Fundición, Vidrio, Morteros, Plantas Potabilizadoras, Arenados, Pisos de cerámica,

Pinturas, Resinas, Loza, Epoxi, Campos deportivos (Futbol, Golf, Paddle, Tenis, etc.), Piletas de natación. En la mayoría de los usos de las arenas y las gravas, es indispensable cumplir con las especificaciones de tamaño de grano, características físicas y composición química; sin embargo hay aplicaciones que hacen énfasis en la dureza y forma de las partículas.

Dentro de los usos y aplicaciones más comunes de la sílice en las construcciones se encuentran en las:

- Carreteras
- Concreto
- Concreto de alta resistencia
- Construcciones hidráulicas
- Losas
- Pavimentos industriales
- Pilotes
- Puentes
- Puertos
- Vigas

#### 2.2.11. Estabilización de suelos

Se le llama estabilización de un suelo al proceso por el se someten los suelos naturales a cierta manipulación o tratamiento de modo que podamos aprovechar sus mejores cualidades, obteniéndose un firme estable, capaz de soportar los efectos del tránsito y las condiciones de clima más severas.

Se dice que es la corrección de una deficiencia para darle una mayor resistencia al terreno o bien, disminuir su plasticidad. (Zuluaga Angel, D. 2005, p.5)

El Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” – Sección suelos y pavimentos define como estabilización el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos,

naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de subrasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos. En cambio cuando se estabiliza una sub base granular o base granular, para obtener un material de mejor calidad se denomina como sub base o base granular tratada (con cemento o con cal o con asfalto, etc.).

Las ventajas de la estabilización de suelos es la siguiente:

- Mejora materiales marginales
- Mejora la resistencia
- Mejora la durabilidad
- Controla el cambio de volumen del suelo
- Mejora la Trabajabilidad del suelo
- Reduce los requerimientos de espesor de los pavimentos
- Provee un suelo impermeable
- Reduce el polvo

#### 2.2.12. Métodos de estabilización de suelos

##### a) Estabilización de suelos mediante métodos físicos

Este método de estabilización es usada para mejorar el suelo produciendo cambios físicos en el suelo, existen muchos métodos para realizar la estabilización física como por ejemplo las mezclas de suelos; este tipo de estabilización es de uso generalizado pero por si sola no logra producir los efectos deseados, necesitándose siempre la compactación como complemento, en los casos que se realiza esta estabilización, los suelos de grano grueso como las grava-arenas limpias tienen un alto rozamiento interno que les permite soportar grandes esfuerzos, pero esta cualidad no hace que sea estable como para ser pavimento de una carretera ya que al no tener cohesión sus partículas se mueven libremente y con el paso de los vehículos se pueden separar e incluso salirse del camino. Las arcillas, tienen el efecto contrario, presentan una gran cohesión y muy poca fricción lo

que provoca que pierdan estabilidad cuando hay mucha humedad. La mezcla adecuada de estos dos tipos de suelo puede dar como resultado un material estable en el que se puede aprovechar la gran fricción interna de uno y la cohesión del otro para que las partículas se mantengan unidas. (zuluaga Angel, D. 2005, p.5)

b) Estabilización de suelos mediante métodos químicos

Este tipo de método de estabilización está enfocado a la utilización de ciertas sustancias químicas y en el uso se involucra la sustitución de iones metálicos y cambios en la constitución de los suelos involucrados en el proceso, un claro ejemplo es el uso de la cal el cual disminuye la plasticidad de los suelos arcillosos y puede ser económica, el uso del cemento portland que como efecto tiene el aumento de la resistencia del suelo, las emulsiones asfálticas que es usado en los materiales triturados que no presentan cohesión, el cloruro de sodio que funciona como impermeabilizante y también disminuye la producción de polvos, el cloruro de calcio que también tiene efecto impermeabilizante y los polímeros que se utilizan en el asfalto para darle mayor resistencia. (zuluaga Angel, D. 2005, p.5)

c) Estabilización de suelos mediante métodos mecánicos

La estabilización mecánica es aquella con la que se logra mejorar considerablemente un suelo sin que se produzcan reacciones químicas de importancia. Esto se da por el método de la compactación, que al ejercer fuerzas verticales en la plataforma hace que el suelo se estabilice, la aplicación de este mejoramiento se da generalmente en los terraplenes, la sub-base, base y en las carpetas asfálticas, pero se tiene que resaltar que para aplicar este tipo de métodos las plataformas tienen que cumplir las normas técnicas. (zuluaga Angel, D. 2005, p.5)

### 2.2.13. Tipos de estabilización de suelos

a) Estabilización con Cal

El Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” – Sección suelos y pavimentos nos dice que El suelo-cal se obtiene por mezcla del suelo, cal y agua. En el cual el cal que se utiliza es óxido cálcico (cal anhidra o cal viva), que es obtenido por calcinación de materiales calizos, o hidróxido cálcico (cal hidratada o cal apagada), estas cales se llaman también aéreas por la propiedad que tienen de endurecerse en el aire, una vez mezcladas con agua, por acción del anhídrido carbónico, al mezclar el suelo con la cal, se produce una reacción rápida de floculación e intercambio iónico, seguida de otra muy lenta de tipo puzolánico, con formación de nuevos productos químicos. La sílice y alúmina de las partículas del suelo se combinan con la cal en presencia de agua para formar silicatos y aluminatos cálcicos insolubles.

b) Estabilización con Cemento

El Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” – Sección suelos y pavimentos nos dice que el material llamado suelo-cemento se obtiene por la combinación de un suelo con cemento, agua y otras eventuales adiciones, seguida de una compactación y un curado adecuados, mediante esto el material suelto se convierte en otro endurecido, mucho más resistente. A diferencia del concreto, sin embargo, los granos de los suelos no están envueltos en pasta de cemento endurecido, sino que están puntualmente unidos entre sí. Por ello, el suelo-cemento tiene una resistencia inferior y un módulo de elasticidad más bajo que el concreto.

c) Suelos estabilizados con escoria

El Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” – Sección suelos nos dice respecto a la estabilización con escoria que en casos de escasez de finos, se podrá realizar una combinación de escoria, arena fina y cal, en este caso la cal a utilizar tiene que cumplir las especificaciones técnicas que nos da la norma, no obstante, en

este caso no se admitirá el uso de cal viva, porque podría causar expansión en el suelo.

d) Estabilización con cloruro de sodio

El Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” – Sección suelos, nos dice que el cloruro de sodio funciona como estabilizante natural, y que está compuesto aproximadamente por 98% de NaCl y un 2% de arcillas y limos, y tiene la propiedad fundamental, al ser higroscópico, es absorber la humedad del aire y de los materiales que le rodean, restando el punto de evaporación y mejorando la cohesión del suelo. Su poder coagulante conlleva a un menor esfuerzo mecánico para lograr la densificación deseada, debido al intercambio iónico entre el Sodio y los minerales componentes de la matriz fina de los materiales, produciéndose una acción cementante.

e) Estabilización con productos asfálticos

El Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” – Sección suelos, nos dice que la mezcla de un suelo con un producto asfáltico puede tener como finalidad, Un aumento de su estabilidad por las características aglomerantes del ligante que envuelve las partículas del suelo y realiza un proceso de impermeabilización del suelo, haciéndolo menos sensible a los cambios de humedad y por tanto más estable en condiciones adversas.

f) Estabilización con geosintéticos

El Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” – Sección suelos nos dice que La experiencia internacional que se tiene hasta ahora de los geosintéticos, respecto al comportamiento frente a los agentes agresivos y respecto a su resistencia mecánica, ha permitido la diversificación funcional de los geosintéticos; así tenemos, que la función drenante y anticontaminante es la misión específica de los geotextiles; la función específica de armado o

refuerzo del terreno (o de la explanada) o de los pavimentos, está en el ámbito de las geomallas; y, la función de impermeabilización o protección está en el campo de las geomembranas.

#### 2.2.14. Procedimiento de los ensayos en laboratorio

##### a) Obtención de muestras representativas en laboratorio (MTC E-105)

Para la obtención de muestras representativas (Cuarteo), se siguió cuidadosamente los procedimientos descritos en la norma del MTC E-105, para que el material sea usado posteriormente en los ensayos para la caracterización del material de subrasante muestreado y en la caracterización en la adición de arena de sílice con el material muestreado en determinados porcentajes, para lo cual el procedimiento fue el siguiente:

Teniendo en cuenta la norma MTC E-105, el método que se usó para realizar el cuarteo en la presente investigación fue el “Método B – Cuarteo manual”, y el procedimiento fue el siguiente:

- Se colocó el material muestreado sobre una base limpia para evitar la alteración de la muestra.
- El material se mesclo bien hasta formar una pila con forma de cono, realizándolo por cuatro veces.
- Se extendió y se aplano la pila del material, a continuación se dividió el material en cuatro partes iguales, de las cuales se apartaron para trabajar dos cuartos diagonales opuestos y se eliminaron los otros dos cuartos.



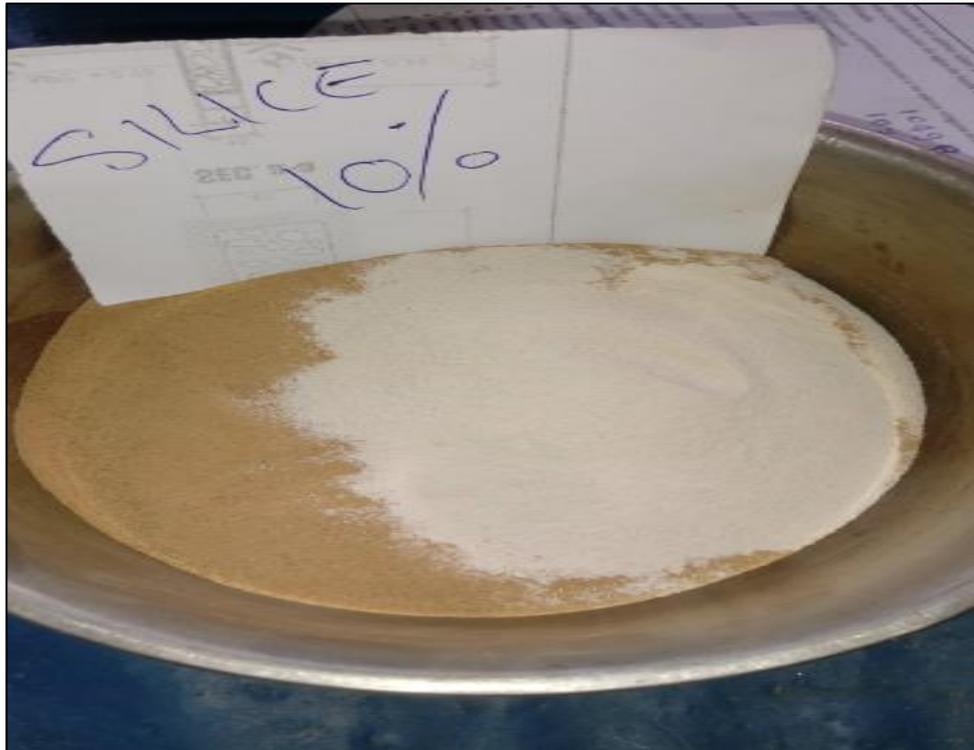
*Figura 7: Cuarteo del material de Subrasante*



*Figura 8:* Cuarteo del material de Arena de Sílice

Teniendo en cuenta que la presente tesis está enfocada en analizar el efecto del uso de la arena de sílice en la estabilización de la subrasante, se realizó las combinaciones de los materiales como muestras para realizar los ensayos, la dosificación en porcentajes de las combinaciones fueron del 10%, 20%, 30%, 40%, 50% y 60%, estos porcentajes nos indican el volumen de arena de sílice que estará presente en las respectivas combinaciones, por lo tanto para el procesamiento y presentación de los resultados de datos, tablas y figuras, se le dio la nomenclatura siguiente; C-10%, C-20%, C-30%, C-40%, C-50% y C-60%.

En el proceso de realizar las combinaciones, los materiales previamente se secaron, cabe indicar que las combinaciones no tienen humedad natural por que ya son materiales seleccionados con intencionalidad, para realizar las combinaciones según las distintas dosificaciones en porcentajes, se realizó previamente un cuarteo general de los dos materiales; tanto la arena de sílice y el material de subrasante, con la intención de tener muestras representativas y uniformes y a medida que se necesite tener la facilidad de utilizarlo inmediatamente.



*Figura 9:* Combinación arena de sílice y material de subrasante C-10%



*Figura 10:* Combinación arena de sílice y material de subrasante C-10%



*Figura 11: Combinación arena de sílice y material de subrasante C-60%.*

b) Determinación del contenido de Humedad del suelo (MTC E-108)

Teniendo en cuenta la norma MTC E-108 se determinó la Humedad del material de los tres puntos muestreados de subrasante y de las tres muestras de arena de sílice, para lo cual se presenta la siguiente tabla con los resultados obtenidos y que están validados por los ensayos realizados en laboratorio de suelos, los cuales se presentan en el Anexo.



*Figura 12: Secado de la muestra*

- c) Análisis granulométrico de los suelos y análisis granulométrico método del tamizado de la combinación de la arena de sílice con material de subrasante por (MTC E-107).

Con el material ya cuarteado y teniendo las muestras representativas para proceder a realizar el ensayo granulométrico basado en la norma MTC E-107, se procedió a secar el material a una temperatura ambiente hasta su secado total.

Una vez seco el material se procedió a desintegrar los terrones con ayuda de un martillo de goma.

Utilizando la malla 4,760 mm (Nº 4) se separó en dos fracciones, una retenida sobre el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) y otra que pasa dicho tamiz. Ambas fracciones se realizan su granulometría por separado y al término del ensayo se unió todos los resultados para generar una sola curva granulométrica por ser el mismo material.

Para el ensayo granulométrico de las fracciones se utilizaron los siguientes tamices:

Tabla 5: *Tamices Usados Para granulometría de los materiales*

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	76.200
2 1/2"	60.350
2"	50.800
1 1/2"	38.100
1"	25.400
3/4"	19.000
1/2"	12.500
3/8"	9.500
1/4"	6.300
Nº4	4.750
Nº10	2.000
Nº20	0.850
Nº40	0.430
Nº60	0.250
Nº140	0.106
Nº200	0.075

Fuente: *Manual de Ensayo de Materiales R.D. N° 18-2016-MTC/14*

Teniendo en cuenta la normativa, el proceso de tamizado manual se realizó moviendo el tamiz de un lado para otro y recorriendo circunferencias, causando como efecto que el material a tamizar se mantenga en la malla. Para efectos de comprobación al desmontar los tamices, se dio por terminado el proceso cuándo dejó de pasar más del 1 % de la parte retenida al tamizar durante un minuto, por efecto de la forma al realizar el proceso siempre quedan partículas apesadas en las mallas para lo cual se sacan con un pincel y cepillo que fueron juntados con el retenido del tamiz en que corresponde. Lo que siguió a continuación fue realizar el pesaje del material retenido en cada malla y anotar los datos en el cuaderno de apuntes de que posteriormente se procesó con ayuda de las hojas de cálculo Excel.



*Figura 13:* Diferencia granulométrica del material de Subrasante tamizado

Para el análisis granulométrico de la fracción fina que es el pasante de la malla 4,760 mm (Nº 4), ya con el material listo se procedió a realizar un lavado de la muestra con el objetivo de desintegrar los terrones encontrados y que no se han podido romper con facilidad

cuando el material a estado seco, para lo cual se tuvo que tener como base la malla N° 200, después el material saturado se secó en el horno a una temperatura de  $110\pm 5$  °C y una vez ya con el material seco se procedió a realizar el procedimiento convencional de tamizado manual con las mallas que corresponden.

d) Límites de Consistencia (Limite Liquido MTC E-110, Limite Plástico MTC E-111)

Para realizar la determinación de los límites de consistencia se recurrió a las normas MTC E-110 Y MTC E-111 los cuales nos sirvieron para realizar los ensayos y cálculos para la determinación del Limite Liquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad respectivamente y los procedimientos en el desarrollo fueron los siguientes:

Limite Líquido:

La cantidad de material necesario es en promedio de 150 – 200 gr, el material se pasó por el tamiz N° 40 (0.425 mm) obteniendo una muestra representativa para proseguir con el ensayo.

Se colocó el material en una vasija de porcelana y se procedió a mezclarlo añadiendo agua destilada haciendo uso de la espátula, para lo cual la mezcla formada tiene que dejarse en reposo unas 24 horas para evitar un límite liquido falso.



Figura 14: Materiales y muestra para ensayo de Límite Liquido C-10%

Con la mezcla ya obtenida después de las 24 horas, se colocó una porción en la cazuela de la copa de Casagrande y se comprimió hacia abajo y a la vez extendiéndola con la espátula hasta llegar al punto de obtener una posición del material adecuada hasta conseguir una profundidad de 1 cm como espesor máximo, seguidamente haciendo uso del acanalador se dividió a lo largo de la línea central del material en la cazuela de modo que se formó una ranura limpia y con las dimensiones adecuadas. Lo consiguiente fue elevar y golpear la taza de bronce teniendo en cuenta la velocidad de 1.9 a 2.1 golpes por segundo hasta llegar al punto que las dos mitades queden unidas y para fines de cálculo se anotó la cantidad de golpes necesarios para el ensayo.



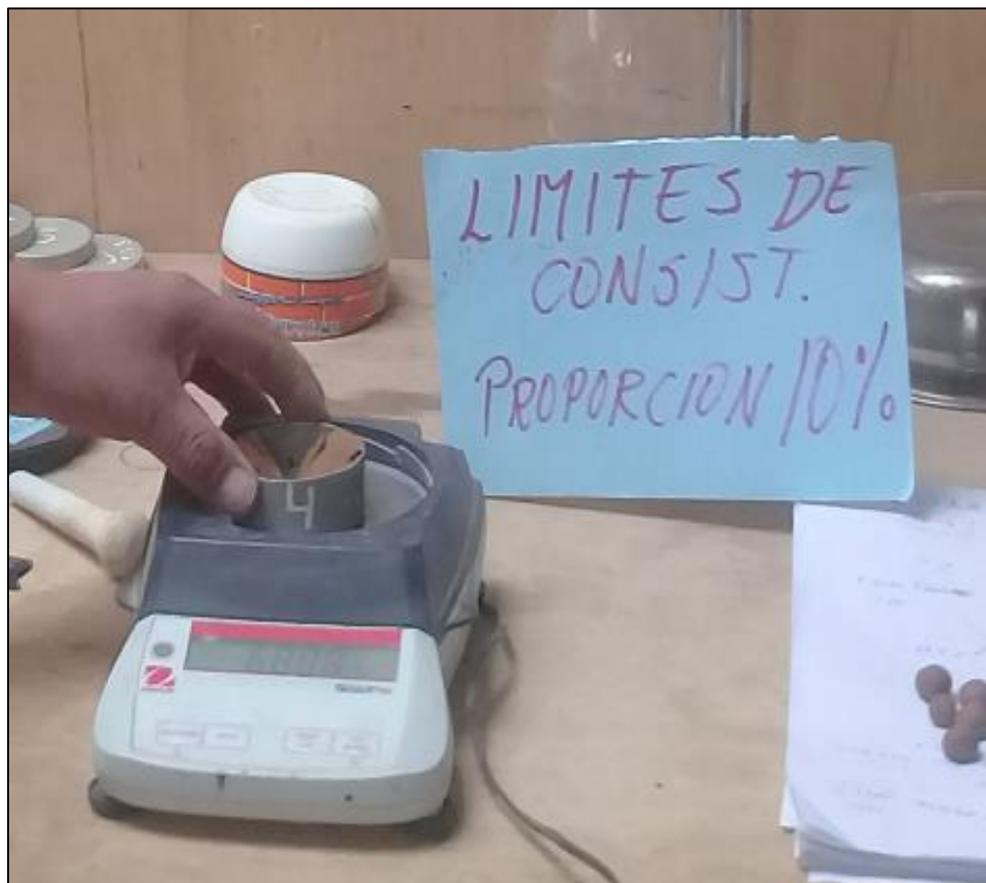
*Figura 15: Ensayo Limite Líquido C-10%*

Con las mitades unidas se sacó una tajada similar al ancho de la espátula y se procedió a pesar para fines de cálculo, la muestra se tiene secar al horno por unas 24 horas. Todo el procedimiento mencionado se tiene que volver a repetir con el mismo material pero con diferentes adiciones de agua, uno mayor que el otro para

aumentar la fluidez de la muestra a ensayar, y se tiene que tener en cuenta los siguientes intervalos 30-35, 20-25, 15-20 para cerrar la ranura del suelo.

Y para realizar el cálculo se tiene que aplicar la siguiente formula:

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado en el horno}} \times 100$$



*Figura 16:* Pesado de a muestra para determinar la Humedad

#### Limite Plástico:

Se tomó aproximadamente 20 gr. de material pasante de la malla N° 40 (0.425 mm), la muestra se amasa con agua destilada hasta que se formó una masa manejable, también se puede utilizar el material preparado para la determinación del Limite Liquido. Ya con el material listo para el ensayo se tomó una porción de 1.5 gr. a 2.0 gr. para la muestra a trabajar.

Se moldeo la muestra con una forma elipsoide y para darle forma se rodó con los dedos de la mano sobre una superficie lisa hasta obtener una forma cilíndrica. Las porciones obtenidas se pesaron y se colocaron en el horno para nuevamente pesarlo en estado seco y mediante cálculos obtener su contenido de humedad y se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado en el horno}} \times 100$$



*Figura 17: Verificación en el ensayo de Limite Plástico*

Índice de Plasticidad:

Teniendo en cuenta que el índice de plasticidad es una diferencia entre su Limite Líquido y su Limite Plástico, se aplicó la fórmula siguiente:

$$IP = LL - LP$$

Donde:

IP: Índice Plástico

LL: Limite Líquido

LP: Limite Plástico

e) Clasificación de suelos SUCS y AASHTO

Clasificación SUCS

Para realizar la clasificación SUCS de las muestras de material de Subrasante, Arena de Sílice y las Combinaciones de material se utilizó los resultados de los ensayos realizados en cuanto a la determinación del Limite Líquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad, estos datos se plasmaron en la carta de plasticidad o carta de Casagrande intersectando el Limite Líquido con el Índice de Plasticidad y de esta forma ubicando el tipo de material que le corresponde.

Clasificación AASHTO

Para realizar la clasificación de suelos AASHTO se utilizó los datos obtenidos en laboratorio respecto al ensayo granulométrico, Limite Líquido e Índice de Plasticidad, y el uso de la tabla de clasificación de suelos AASHTO, para realizar una correcta clasificación en este método es necesario de conocer el Índice de Grupo (IG) para determinar la calidad del suelo.

f) Relaciones Humedad Densidad - Proctor Modificado (MTC E-115)

Para utilizar el método de desarrollo adecuado que nos manda la norma para la ejecución del ensayo fue necesario recurrir a los datos granulométricos obtenidos, para lo cual se usó el método "B" puesto que su uso es para material que es retenido más del 20 % en el tamiz Nº 4 (4.75 mm) y el 20% o menos del peso del material es retenido por el tamiz 3/8 pulg (9,5 mm) el cual coincide con los datos obtenidos.



*Figura 18: Preparación del material para el Ensayo de Proctor Modificado*

Para el desarrollo del ensayo los materiales usados fueron; molde de 4", un pisón de 4.54 kg de peso y que tenga una altura de caída de 45.7 cm, una balanza digital, horno de secado, tamiz de 3/8 pulg. Y tamiz N° 4, recipientes, Enrasador, brocha y probeta graduada.

Para iniciar pasar el material por el tamiz de 3/8 pulg y se trabajara con el pasante, luego el material a ensayar se mezcló con una cantidad de agua para obtener el contenido de humedad basado en porcentajes del peso seco del material, para realizar el primer ensayo se trabajó con la humedad estimada.

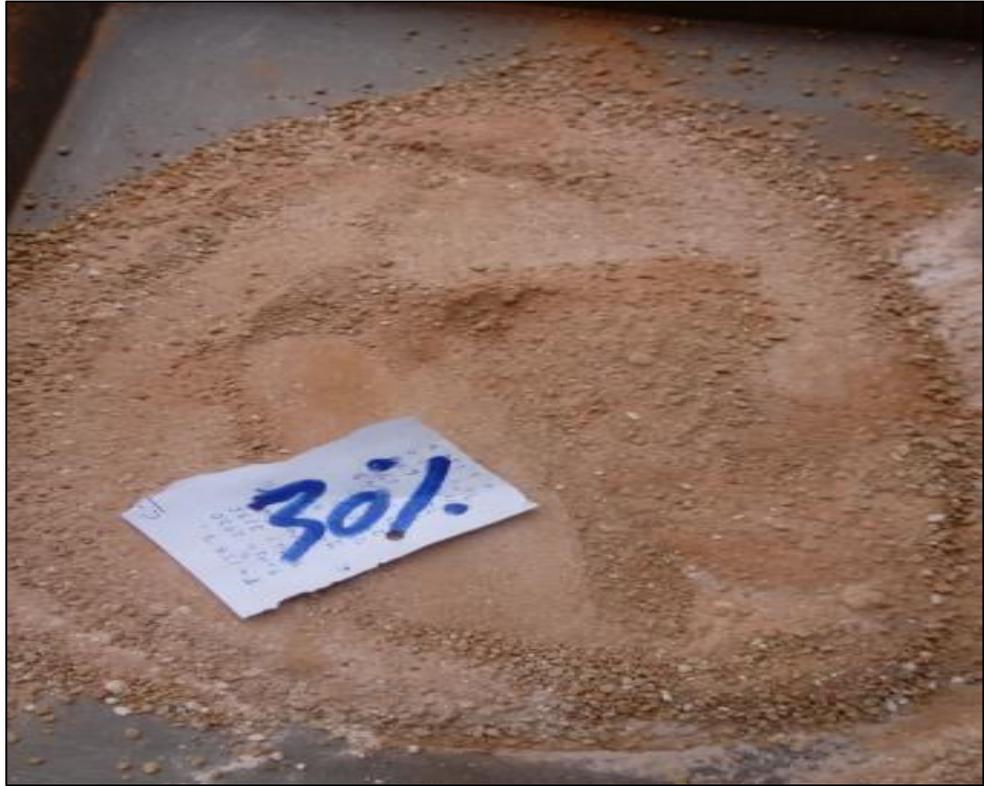


*Figura 19: División del material para el ensayo*

Se pesó el molde y se realizó la medida de las dimensiones internas del molde que nos sirvieron para determinar el volumen.

Para el proceso de compactación se dio en 5 capas, aplicando por cada capa 25 golpes como lo indica la normativa para el método "B", se tuvo cuidado que la última capa este por encima de la altura del molde, después se retiró con cuidado el collar de compactación y se enraso la superficie del material a la altura de la parte superior del molde.

Se pesó el molde con el suelo compactado y se tomó una parte del material del molde que sirvió para determinar el contenido de humedad, el material restante y el material del molde se desechó puesto que ya estaba alterado y no sirve para realizar los demás ensayos y de la misma manera se volvió a repetir el procedimiento hasta conseguir los puntos correctos y necesarios que nos ayudó para determinar la humedad optima del material y su máxima densidad seca.



*Figura 20: Material preparado de la combinación C-30%*



*Figura 21: Golpes con el pisón al material de ensayo*

g) Capacidad de soporte – CBR (MTC E-132)

Para preparar la muestra a ensayar se realizó como indica la norma respecto al ensayo de CBR, con la muestra ya lista se utilizó unos 5 kg para cada molde de CBR.



*Figura 22: Muestras preparadas para ensayo de CBR*

Previamente para realizar en el ensayo CBR ya se ha determinado la humedad óptima y la densidad máxima con el ensayo de proctor modificado con el objetivo de establecer su peso unitario máximo y su humedad óptima. Siguiendo lo que nos indica la norma MTC E-132 se utilizó la energía del proctor modificado, y una energía inferior al proctor modificado con la finalidad de analizar la variación de soporte.



Figura 23: Equipos para el ensayo de CBR

Utilizando la estufa se halló la humedad del suelo con el fin de saber cuánto más de agua se le tiene que añadir para que trabaje con su humedad óptima.

El molde en que se trabajó cada espécimen se pesó incluido su base, posteriormente se colocó el collar con el disco espaciador y el papel de filtro.

Con el molde listo se procedió a realizar el proceso de compactación con el material en su interior, teniendo en cuenta un sistema dinámico de compactación, la cantidad de moldes que se compactaron fueron 3, con la cantidad de golpe de 55, 26 y 12 por cada capa.

Finalizado la compactación se saca el collar y fue necesario enrasar para tener una superficie recta y resistente, terminado esto se tuvo que separar y desmontar el molde para luego invertirlo obviando el disco espaciador y colocando el papel de filtro para que sirva como separación entre el molde y la base, el cual se pesó y se anotó como dato para su respectivo calculo posterior

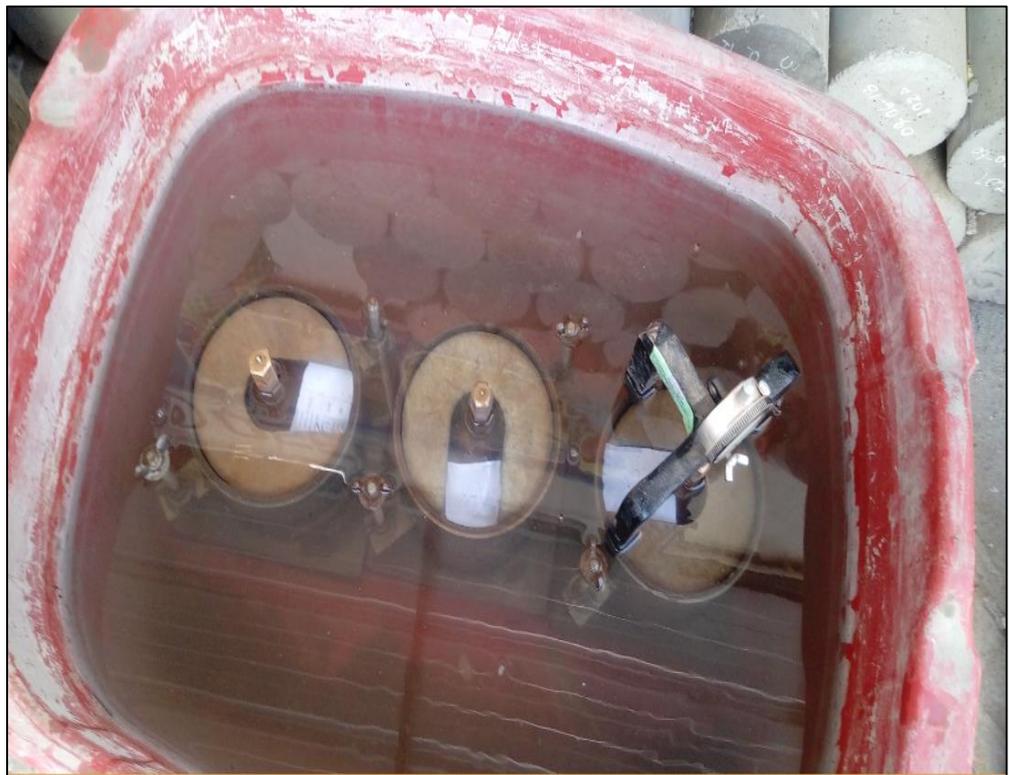


Figura 24: Enrasando la superficie del molde



Figura 25: Ensayo CBR terminado

Teniendo en cuenta el tipo de material que se trabajó como es el material de subrasante, arena de sílice y las respectivas combinaciones fue necesario analizar su expansión, para lo cual se sumergió en agua durante 96 horas, para esto se colocó sobre la base superior un vástago y encima del vástago los anillo que fueron necesarios para simular una sobrecarga que simula las diferentes capas que se encuentran por encima del suelo. Respecto a las lecturas que nos indican la expansión se utilizó el trípode colocando sobre los bordes del molde sus patas, por lo cual de esta manera se colocó el dial y se anotó la lectura y de la misma manera fue leído durante 4 días manteniendo de manera constante el nivel del agua.



*Figura 26:* Moldes sumergidos por 96 horas

Después que paso las 96 horas y finalizando las lecturas del hinchamiento, se procedió a sacar el molde del agua y se dejó escurrir durante 15 minutos y se procedió a sacar la sobrecarga. Finalizando esto se realizó el proceso de penetración sin antes haber pesado el molde.



*Figura 27: Medida de la Expansión*



*Figura 28: Medida de la expansión en el segundo molde*

En el proceso de penetración se le aplicó una carga el cual en el ensayo sirve para producir una intensidad de carga que se asemeje al pavimento, el molde con la muestra se llevó a la maquina CBR y se procedió a realizar el ensayo de manera que se midió la penetración del pistón, la velocidad de penetración uniforme fue de 1.27 mm (0.05") por minuto, cada lectura se anotó según la penetración y finalmente se desmonto y se tomó una parte de la muestra para determinar su humedad.



*Figura 29: Prensa CBR*



*Figura 30: Molde listo para su penetración en la maquina CBR*

### 2.3. Definición de términos

- **Análisis:** Examen detallado de una cosa para conocer sus características o cualidades, o su estado, y extraer conclusiones, que se realiza separando o considerando por separado las partes que la constituyen.
- **AASHTO:** La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes o por sus siglas en inglés AASHTO, es un órgano que establece normas, publica especificaciones y hace pruebas de protocolos y guías usadas en el diseño y construcción de carreteras.
- **Densidad:** Relación entre la masa y el volumen de una sustancia, o entre la masa de una sustancia y la masa de un volumen igual de otra sustancia tomada como patrón.
- **Combinación:** Mezcla o unión de sustancias con características distintas que posteriormente se componen en un todo.
- **Compactación:** Es el proceso por el cual un esfuerzo aplicado a un suelo causa densificación a medida que el aire se desplaza de los poros entre los granos del suelo.
- **Dosificación:** Implica establecer las proporciones apropiadas en una mezcla de dos o más materiales.
- **Esponjamiento:** Es el incremento de volumen, expresado en porcentaje del volumen in situ.
- **Estabilización:** proceso mediante el cual se someten los suelos a cierta manipulación o tratamiento de modo que se pueda mejorar sus propiedades.
- **Expansión:** Es una propiedad física de los suelos que puede evaluarse en una cimentación. En las estructuras constructivas existe hinchamiento del suelo cuando aumenta su cantidad de agua y se retraen cuando la disminuye.
- **Granulometría:** Esta referido a la medición y graduación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la

abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

- **Impermeabilidad:** Característica que tienen las superficies de rechazar el agua sin dejarse atravesar por ella.
- **Índice de vacíos:** Se define como el grado o la proporción en que los espacios vacíos de un suelo o una roca contienen fluido (agua, petróleo). Se expresa como un porcentaje en relación con el volumen total de vacíos.
- **Límites de Atterberg:** se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos, aunque su comportamiento varía a lo largo del tiempo. El nombre de estos es debido al científico sueco Albert Mauritz Atterberg (1846-1916).
- **Limite líquido:** es el contenido de agua, expresado en porcentaje respecto al peso del suelo seco, que delimita la transición entre el estado líquido y plástico de un suelo remoldeado o amasado.
- **Limite plástico:** es la humedad a partir de la cual un suelo deja de tener un comportamiento frágil para pasar a tenerlo plástico, es decir, la humedad límite entre el estado sólido y el plástico
- **Índice de plasticidad:** es el tamaño del intervalo de contenido de agua, expresado como un porcentaje de la masa seca de suelo, dentro del cual el material está en un estado plástico. Este índice corresponde a la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico del suelo.
- **Mejoramiento:** es la modificación de las características de un suelo por una acción física (vibraciones por ejemplo) o por la inclusión en el suelo de una la mezcla del suelo con un material más resistente, con el fin de aumentar la capacidad y/o la resistencia al corte, disminuir los asentamientos, tanto absolutos como diferenciales, y acelerarlos cuando sucedan, disminuir o eliminar el riesgo de licuefacción en caso de terremoto o de vibraciones importantes.
- **Máxima Densidad Seca:** viene a ser la máxima densificación de un suelo con un óptimo contenido de humedad, al aplicar una energía de compactación

- **Optimo Contenido de Humedad:** Humedad del suelo que produce una máxima densidad seca.
- **Permeabilidad:** Capacidad que tiene un material de permitirle a un flujo que lo atravesase sin alterar su estructura interna.
- **Proctor:** Es una prueba o ensayo de laboratorio que sirve para determinar la relación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco de un suelo compactado.
- **Propiedades físicas y mecánicas de la subrasante:** Densidad, contenido de humedad, permeabilidad, capacidad de soporte.
- **Saturación:** se refiere al contenido de agua del suelo cuando prácticamente todos los espacios están llenos de agua.
- **Sílice:** La arena sílica o arena de sílice es un compuesto resultante de la combinación de la sílice con el oxígeno. Su composición química está formada por un átomo de sílice y dos átomos de Oxígeno, formando una molécula muy estable:  $\text{SiO}_2$ .
- **Sub base:** Capa que forma parte de la estructura de un pavimento que se encuentra inmediatamente por debajo de la capa de Base
- **Subrasante:** Superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte o relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado.
- **SUCS:** es el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, es un sistema de clasificación de suelos usado en ingeniería y geología para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo.
- **Suelo:** Parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre ella
- **Valor de soporte:** Es la evaluación de la calidad de un material de suelo con base en su resistencia, medida a través de un ensayo de placa a escala.

## 2.4. Hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis General

- El uso de la arena de sílice mejora las propiedades físico mecánicas en la estabilización de la subrasante de la Carretera Chupuro – Vista Alegre, Región Junín.

### 2.4.2. Hipótesis específicas

- a) El Índice de plasticidad se reduce con la adición de arena de sílice en la subrasante.
- b) Los valores de la máxima densidad seca tienden a aumentar y el óptimo contenido de humedad tiende a disminuir, con la adición de arena de sílice en la subrasante.
- c) Los valores de la capacidad de soporte (CBR) tienden a aumentar con la adición de arena de sílice en la subrasante.

## 2.5. Variables

### 2.5.1. Definición conceptual de la variable

#### **Variable Independiente (X):**

- **ARENA DE SILICE:**

Es una sílice cristalina natural de alta calidad y alta pureza. Es inherentemente clara, baja en humedad y dura.

#### **Variable Dependiente (Y):**

- **ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE:**

Proceso físico o químico, mediante el cual se mejora las condiciones mecánicas de la subrasante.

### 2.5.2. Definición operacional de la variable

#### **Variable Independiente (X):**

- **ARENA DE SILICE:**

Entre las características más importantes de la arena de sílice al mezclarse con otros materiales con características similares es que aumenta la cohesión, aumenta la densidad, disminuye la penetración del agua, incrementa la adhesión entre agregados, reduce la permeabilidad y aumenta el valor de soporte.

**Variable Dependiente (Y):**

• **ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE:**

Mejoramiento de las condiciones mecánicas determinadas en laboratorio, las cuales son la determinación de la Granulometría, Humedad, Límites de Atterberg, Densidad (Proctor) y Valor de soporte (CBR).

2.5.3. Operacionalizacion de la variable

Tabla 6: Operacionalizacion de variables

Tipo de variable	Nombre de la variable	Indicadores	Unidad de medida
<b><u>Variable Independiente</u></b>	ARENA DE SILICE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Granulometría</li> <li>• Humedad</li> <li>• Límites de Atterberg (Limite líquido y Limite plástico)</li> <li>• Proctor modificado (MDS y OCH)</li> <li>• Capacidad de soporte (CBR)</li> </ul>	<p>-</p> <p>%</p> <p>%</p> <p>Kg/m<sup>3</sup></p> <p>%</p> <p>Kg/m<sup>3</sup></p>
<b><u>Variable Dependiente</u></b>	ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Granulometría</li> <li>• Humedad</li> <li>• Límites de Atterberg (Limite líquido y Limite plástico)</li> <li>• Proctor modificado (MDS y OCH)</li> <li>• Capacidad de soporte (CBR)</li> </ul>	<p>-</p> <p>%</p> <p>%</p> <p>Kg/m<sup>3</sup></p> <p>%</p> <p>Kg/m<sup>3</sup></p>

Fuente: Manual De Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA**

#### **3.1. Método de investigación**

Como método de investigación general se utilizó el Método científico; que mediante una serie ordenada de pasos se pudo producir conocimientos validos que son confiables, y que se realizaron mediante la observación y el planteamiento de la hipótesis se llevó a su comprobación mediante la experimentación.

#### **3.2. Tipo de investigación**

En el desarrollo de la presente tesis, el tipo de investigación es aplicada, porque busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad. Fundamentalmente está basado en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica, ocupándose del proceso de enlace entre la teoría y el producto.

#### **3.3. Nivel de investigación**

El Nivel de investigación es Descriptivo – Explicativo, porque se desea describir las características y los componentes de un determinado problema y se busca explicar las causas que originaron la situación analizada, posteriormente estableciendo conclusiones y explicaciones para enriquecer o esclarecer las teorías.

### 3.4. Diseño de investigación

En la presente tesis el diseño de investigación es cuasi experimental, ya que por medio de este tipo de investigación podemos aproximarnos a los resultados de una investigación experimental en situaciones en las que no es posible el control y manipulación absoluta de las variables.

La investigación se dio con el muestreo de datos en campo, seguidamente con los ensayos correspondientes en laboratorio y finalizando con el procesamiento de datos y resultados en gabinete.

### 3.5. Población y muestra

#### **POBLACIÓN**

La población está constituida por la carretera Chupuro Vista alegre – Chicche – Chongos Alto – Huasicancha, el cual tiene una longitud de 58 km.

#### **MUESTRA**

El tipo de muestreo realizado fue no probabilístico; porque este método de muestreo depende en gran medida de la experiencia de los investigadores. La muestra está definida del tramo comprendido entre la progresiva 20+940.00 al 21+940.00 de la carretera Chupuro - Vista Alegre.

### 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.6.1. Técnicas

La técnica que se utilizó para el desarrollo de la presente tesis fue la observación ya que nos permitió analizar la relación directa con la realidad.

Para la recolección de información y de datos se realizó el muestreo del material de subrasante en el tramo del km: 20+940.00 al 21+940.00, para lo cual se realizaron tres calicatas con una profundidad de 1.50 m; la primera calicata fue en el km: 21+115.00, la segunda calicata fue en el km: 21+465.00 y la tercera calicata para realizar el muestreo de material de subrasante fue en el km 21+765.00.

Teniendo en cuenta que la tesis está enfocada en analizar el efecto de la arena de sílice en la estabilización de la subrasante, se realizó el muestreo de la arena de sílice de tres puntos; el primer punto de muestreo fue en el depósito de material de arena de sílice en el km: 27+650.00, el segundo punto de muestreo fue en el depósito de material de arena de sílice en el km: 27+660.00 y el tercer punto fue en la cantera de Arena de Sílice en el km: 28+500.00

Posteriormente las muestras fueron trasladadas al laboratorio para su procesamiento del material de subrasante, de la arena de sílice y realizar sus respectivos combinaciones en determinados porcentajes. Se realizó un levantamiento topográfico del depósito de arena de sílice del km 28+600.00 que es su punto de acceso y un levantamiento topográfico de la cantera de arena de sílice del km: 28+500.00 para determinar su capacidad y potencia neta aprovechable los cuales se pueden observar en el Anexo 05, por consiguiente están ordenados de manera lógica y de forma representativa, por lo tanto al momento de su evaluación se realizó de manera eficiente y eficaz.

### 3.6.2. Instrumentos

Para la presente investigación los instrumentos usados fueron equipos de laboratorio de mecánica de suelos, equipos topográficos, equipos de cómputo para realizar el procesamiento de datos, equipos de fotografía y libretas de apuntes en el levantamiento de las muestras.

### 3.7. Procesamiento de la información

Después de haberse efectuado el muestreo del material de subrasante y el muestreo de las arenas de sílice se desarrolló sus ensayos correspondientes en el laboratorio de suelos, efectuando los ensayos de determinación de la granulometría, determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, clasificación SUCS y AASHTO, el ensayo Proctor modificado método "B" y ensayo CBR según las normas correspondientes para carreteras tanto para el material de subrasante, para el material de arena de

sílice y para las respectivas combinaciones en porcentajes de 10%, 20%, 30%, 40%, 50% y 60%. Por consiguiente, se realizó el procesamiento de datos haciendo uso del programa Excel.

Respecto al cálculo del volumen del material de arena de sílice, Se realizó mediante la delimitación del espacio de prueba, ya con el desarrollo del levantamiento topográfico mediante el uso de estación total, posteriormente se efectuó el procesamiento de datos mediante el uso del AutoCAD Civil 3D que sirvió para poder determinar determinó su capacidad y potencia neta aprovechable del depósito y cantera de arena de sílice.

### 3.8. Técnicas y análisis de datos

Para el análisis de los datos, previamente se realizó todo el procesamiento en el programa Excel, generando cuadros y gráficos comparativos de los resultados de la determinación granulométrica, de los límites de consistencia, del proctor modificado y del valor de soporte CBR de las muestras de subrasante, de las muestras de arena de sílice y de las combinaciones realizadas. En función a los cuadros, tablas, y gráficos comparativos se determinaron los resultados finales.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Caracterización de la Subrasante

##### 4.1.1. Exploración de campo

Para analizar el uso de la arena de sílice en la estabilización de la subrasante, es que se realizó el muestreo de tres puntos de material de subrasante, que se encuentran dentro del Km: 20+940.00 al Km: 21+940.00, para lo cual la primera calicata fue realizada en el Km: 21+115.00 con una profundidad de 1.70 m, la segunda calicata fue realizada en el Km: 21+465.00 con una profundidad de 1.50 m y la tercera calicata fue realizada en el Km: 21+765.00 con una profundidad de 1.50 m.

Tabla 7: *Ubicación de los puntos de muestreo - calicatas*

Muestra	PROGRESIVA Ubicación	COORDENADAS UTM (WGS 84)			Prof. (m)
		Norte	Este	Elevación (msnm)	
CALICATA 01 M-2	21+115.00	8647119.750	471413.415	4183.9	1.70
CALICATA 02 M-2	21+465.00	8646781.099	471386.592	4181.9	1.50
CALICATA 03 M-2	21+765.00	8646513.800	471308.742	4166.1	1.50

*Fuente: Elaboración propia. (Del levantamiento topográfico y georeferenciación)*



*Figura 31: Calicata 01 - Muestreo de material de Subrasante Km: 21+465.00*



*Figura 32: Calicata 02 - Muestreo de material de Subrasante Km: 21+465.00*



*Figura 33:* Calicata 03 - Muestreo de material de Subrasante Km: 21+765.00

#### 4.1.2. Características de la subrasante

Para la presente investigación, se dio en campo el estudio y reconocimiento geotécnico de los suelos encontrados en las calicatas excavadas; por lo cual se un registro de excavación para realizar la descripción de los tipos de suelos encontrados, En el registro de excavación se anotó el espesor de los estratos del suelo; teniendo en cuenta el procedimiento de campo (visual-manual) se ha obtenido la clasificación de las 3 muestras de suelos M-2 (Calicata 01), M-2 (Calicata 02), M-2 (Calicata 03), las clasificación realizadas fueron (Sistema Unificado de Clasificación – SUCS y AASHTO), dichas clasificaciones que han sido verificados mediante los ensayos de mecánica de suelos realizados en laboratorio, así mismo, las muestras tomadas en campo fueron representativas del suelo encontrado, se ha muestreado material para realizar los ensayos que corresponden, estas muestras han sido debidamente identificadas y transportadas en bolsas plásticas de polietileno para su conservación y traslado al laboratorio. Así mismo se efectuó el registro fotográfico de vistas en detalle de estratos encontrados y vistas panorámicas del terreno.

a) **REGISTRO DE EXCAVACION**

**Calicata 01**

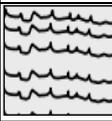
REGISTRO DE EXCAVACION												
SOLICITA		Bach. BALDEON SAUÑE IRVIN PAVEL										
OBRA		Mejoramiento de la carretera Chupuro – Vista Alegre – Chicche – Chongos Alto – Huasicancha										
CALICATA		C-1	COORD. ESTE	471413.415								
UBICACIÓN		Km 21+115	COORD. NORTE	8647119.75								
LADO		Derecho	MATERIAL	Terreno de Fundacion Prof=1.70 mts								
CALICATA 01												
EXCAVACION A CIELO ABIERTO - CALICATA												
PROF. (m)	GRAFICO	COTA (msnm)	DESCRIPCION	SUCS	AASHTO	GRANULOMETRIA			L.L. (%)	I.P. (%)	H.N. (%)	MUESTRA
						<	0.075 mm	4.75 mm				
						0.075 mm	a 4.75 mm	a 75 mm				
0.00		Cota Terreno: <b>4184.064</b>										
0.10		Cota Subrasante: <b>4183.912</b>	Turba u otros suelos altamente orgánicos	-	-				-	-	-	M-1
0.20												
0.30			Arcillas inorganicas de plasticidad media, Cementacion moderada, material humedo, color marron oscuro y compacidad densa.	CL	A-7-6 (16)	86.5	13.5	2.9	40.75	17.9	19.6	M-2
0.40												
0.50												
0.60												
0.70												
0.80												
0.90												
1.00												
1.10												
1.20												
1.30												
1.40												
1.50												
1.60												
1.70		Cota fondo C-01: <b>4182.412</b>										
1.80												
1.90												
2.00												

Figura 34: Registro de excavación de la C-01

### **Descripción del registro de excavación**

De la Calicata 01, Ubicado en el Km 21+115.00 lado derecho, con la coordenada de ubicación Este: 471413.415 y la coordenada de ubicación Norte: 8647119.75, con una profundidad total de 1.70 m, teniendo como nivel superior la cota de terreno natural (4184.064 msnm), a su vez teniendo la línea de subrasante a 0.15 m debajo del nivel de terreno natural con una cota de (4183.912 msnm), de la excavación realizada, se encontró en los primeros 0.20 m material de turba u otros suelos altamente orgánicos, posteriormente de 0.20 m a 1.70 m se encontró Arcillas inorgánicas de plasticidad media, Cementación moderada, material húmedo, material color marrón oscuro con una compacidad densa y no se ubicó la presencia de nivel de la napa freática. Para la realización de los ensayos de la mecánica de suelos se ha extraído muestras del segundo estrato (M-2), el cual es el estrato más representativo de la Calicata 01 ya que es el material que se encuentra a nivel de la subrasante. Cabe indicar que posteriormente el material muestreado fue trasladado al laboratorio de suelos para realizar su determinación de su humedad natural, la determinación de sus límites de consistencia (Limite Liquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad), sus ensayos granulométricos, la respectiva clasificación de suelos según el sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) y el sistema AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), y además se realizó el ensayo de proctor modificado para determinar su Máxima Densidad Seca y su Optimo Contenido de Humedad, y así mismo se realizó el ensayo de capacidad de soporte (CBR), a una penetración de 1" al 95% de su máxima densidad seca.

## Calicata 02

REGISTRO DE EXCAVACION												
<b>SOLICITA</b>	Bach. BALDEON SAUÑE IRVIN PAVEL											
<b>OBRA</b>	Mejoramiento de la carretera Chupuro – Vista Alegre – Chicche – Chongos Alto – Huasicancha											
<b>CALICATA</b>	C-2	<b>COORD. ESTE</b>	471386.592									
<b>UBICACIÓN</b>	Km 21+465	<b>COORD. NORTE</b>	8646781.099									
<b>LADO</b>	Izquierdo	<b>MATERIAL</b>	Terreno de Fundacion Prof=1.50 mts									
CALICATA 02												
EXCAVACION A CIELO ABIERTO - CALICATA												
PROF. (m)	GRAFICO	COTA (msnm)	DESCRIPCION	SUCS	AASHTO	GRANULOMETRIA			L.L. (%)	I.P. (%)	H.N. (%)	MUESTRA
						< 0.075 mm	0.075 mm a 4.75 mm	4.75 mm a 75 mm				
		Cota Terreno: <b>4181.954</b>										
0.10			Turba u otros suelos altamente orgánicos	-	-	-	-	-	-	-	-	M-1
0.20												
0.30												
0.40			Arcillas inorganicas de plasticidad media, Cementacion moderada, material humedo, color marron oscuro y compacidad densa.	CL	A-6 (14)	86	10.4	3.6	38.46	16.1	22.4	M-2
0.50												
0.60												
0.70												
0.80												
0.90												
1.00												
1.10												
1.20												
1.30												
1.40												
1.50	Cota fondo C-02: <b>4181.445</b>											
1.60												
1.70												
1.80												
1.90												
2.00												

*Figura 35: Registro de excavación de la C-02*

### **Descripción del registro de excavación**

De la Calicata 02, Ubicado en el Km 21+465.00 lado Izquierdo, con la coordenada de ubicación Este: 471386.592 y la coordenada de ubicación Norte: 8646781.099, con una profundidad total de 1.50 m, teniendo como nivel superior de la calicata la cota de terreno natural (4181.945 msnm), a su vez teniendo la línea de subrasante a 0.05 m por encima del nivel de terreno natural con una cota de (4181.900 msnm), de la excavación realizada, se encontró en los primeros 0.30 m material de turba u otros suelos altamente orgánicos, posteriormente de 0.30 m a 1.50 m se encontró Arcillas inorgánicas de plasticidad media, Cementación moderada, material húmedo, material color marrón oscuro con una compacidad densa y no se ubicó la presencia de nivel de la napa freática. Para la realización de los ensayos de la mecánica de suelos se ha extraído muestras del segundo estrato (M-2), el cual es el estrato más representativo de la Calicata 02 ya que es el material que se encuentra a nivel de la subrasante. Cabe indicar que posteriormente el material muestreado fue trasladado al laboratorio de suelos para realizar su determinación de su humedad natural, la determinación de sus límites de consistencia (Limite Liquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad), sus ensayos granulométricos, la respectiva clasificación de suelos según el sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) y el sistema AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), y además se realizó el ensayo de proctor modificado para determinar su Máxima Densidad Seca y su Optimo Contenido de Humedad, y así mismo se realizó el ensayo de capacidad de soporte (CBR), a una penetración de 1" al 95% de su máxima densidad seca.

### Calicata 03

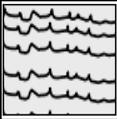
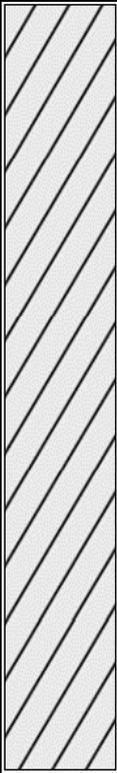
REGISTRO DE EXCAVACION												
SOLICITA	Bach. BALDEON SAUÑE IRVIN PAVEL											
OBRA	Mejoramiento de la carretera Chupuro – Vista Alegre – Chicche – Chongos Alto – Huasicancha											
CALICATA	C-3	COORD. ESTE	471308.742									
UBICACIÓN	Km 21+765	COORD. NORTE	8646513.8									
LADO	Derecho	MATERIAL	Terreno de Fundacion Prof=1.50 mts									
CALICATA 03 (M-3)												
EXCAVACION A CIELO ABIERTO - CALICATA												
PROF. (m)	GRAFICO	COTA (msnm)	DESCRIPCION	SUCS	AASHTO	GRANULOMETRIA			L.L. (%)	I.P. (%)	H.N. (%)	MUESTRA
						< 0.075 mm	0.075 mm a 4.75 mm	4.75 mm a 75 mm				
0.00		Cota Terreno: <b>4166.103</b>										
0.10			Turba u otros suelos altamente orgánicos	-	-				-	-	-	M-1
0.20												
0.30			Arcillas inorganicas de plasticidad media, Cementacion moderada, material humedo, color marron oscuro y compacidad densa.	CL	A-7-6 (16)	85.30	12.30	2.40	41.22	18.58	23.10	M-2
0.40												
0.50												
0.60												
0.70												
0.80												
0.90												
1.00												
1.10												
1.20												
1.30												
1.40		Cota fondo C-02: <b>4164.603</b>										
1.50												
1.60												
1.70												
1.80												
1.90												
2.00												

Figura 36: Registro de excavación de la C-03

### **Descripción del registro de excavación**

De la Calicata 03, Ubicado en el Km 21+765.00 lado Izquierdo, con la coordenada de ubicación Este: 471308.742 y la coordenada de ubicación Norte: 8646513.800, con una profundidad total de 1.50 m, teniendo como nivel superior de la calicata la cota de terreno natural (4166.103 msnm), a su vez teniendo la línea de subrasante a 0.75 m por encima del nivel de terreno natural con una cota de (4166.846 msnm), de la excavación realizada, cabe indicar que en este caso se realizara un relleno hasta alcanzar al nivel de subrasante, se encontró en los primeros 0.20 m material de turba u otros suelos altamente orgánicos, posteriormente de 0.20 m a 1.50 m se encontró Arcillas inorgánicas de plasticidad media, Cementación moderada, material húmedo, material color marrón oscuro con una compacidad densa y no se ubicó la presencia de nivel de la napa freática. Para la realización de los ensayos de la mecánica de suelos se ha extraído muestras del segundo estrato (M-2), el cual es el estrato más representativo de la Calicata 03 ya que es el material que se encuentra a nivel de la subrasante. Cabe indicar que posteriormente el material muestreado fue trasladado al laboratorio de suelos para realizar su determinación de su humedad natural, la determinación de sus límites de consistencia (Limite Liquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad), sus ensayos granulométricos, la respectiva clasificación de suelos según el sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) y el sistema AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), y además se realizó el ensayo de proctor modificado para determinar su Máxima Densidad Seca y su Optimo Contenido de Humedad, y así mismo se realizó el ensayo de capacidad de soporte (CBR), a una penetración de 1" al 95% de su máxima densidad seca.

#### 4.1.3. Descripción de los suelos de Subrasante

##### a) Características generales de la subrasante

Tabla 8: *Características generales de las muestras de Subrasante*

ENSAYOS GENERALES	NORMA	Calicata 01	Calicata 02	Calicata 03
		M-2	M-2	M-2
Contenido de Humedad	MTCE 108	19.58%	22.44%	23.10%
Límite Líquido	MTCE 110	40.75%	38.46%	41.22%
Límite Plástico	MTCE 111	22.91%	22.40%	22.64%
Índice de Plasticidad	MTCE 111	17.85%	16.07%	18.58%
Clasificación SUCS	NTP 339.135	CL	CL	CL
Clasificación AASHTO	NTP 339.134	A-7-6 (16)	A-6 (14)	A-7-6 (16)
Proctor Modificado M.D.S (grs/cm <sup>3</sup> )	MTCE 115	1.777 gr/cm <sup>3</sup>	1.810 gr/cm <sup>3</sup>	1.825 gr/cm <sup>3</sup>
OCH	MTCE 115	15.81%	15.40%	15.50%
C.B.R. para el 95% de la M.D.S a 0.1"	MTCE 132	2.80%	3.30%	3.70%

Fuente: Elaboración en base a los ensayos en laboratorio

Los suelos descritos de la Calicata 01 (M-2), Calicata 02 (M-2), Calicata 03 (M-2), han sido descritos y clasificados de acuerdo a la metodología de construcción de vías, la clasificación se ha dado mediante el método AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) y el método SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), por lo que se presenta el cuadro consolidado de las características del material extraído de cada una de las calicatas y del material de subrasante, por lo que se ha realizado en el laboratorio de suelos los ensayos para precisar el contenido de humedad, los límites de consistencia (Limite Líquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad), así mismo se realizó el ensayo de proctor modificado para poder establecer la Máxima Densidad Seca del material de subrasante y su Optimo Contenido de Humedad, y para finalizar se ha realizado el ensayo de Capacidad de Soporte (CBR) al 95% de la Máxima Densidad Seca a una penetración de 0.1", de los cuales según las categorías de subrasante se ha tenido como resultado material con un CBR menor al 6% los cuales pobres e inadecuados.

b) Granulometría

Material de Subrasante (C-01)

Tabla 9: Datos granulométricos del material de Subrasante (C-01)

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1"	25.400				100.0
3/4"	19.000				100.0
1/2"	12.500	19.2	1.4	1.4	98.6
3/8"	9.500	6.4	0.5	1.8	98.2
1/4"	6.300	14.0	1.0	2.8	97.2
N°4	4.750	3.4	0.2	3.0	97.0
N°10	2.000	8.6	0.6	3.6	96.4
N°20	0.850	5.3	0.4	4.0	96.0
N°40	0.425	7.4	0.5	4.5	95.5
N°60	0.250	10.1	0.7	5.3	94.7
N°100	0.150	59.7	4.2	9.5	90.5
N°200	0.075	57.0	4.0	13.5	86.5
< N°200	FONDO	1222.9	86.5	100.0	0.0

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

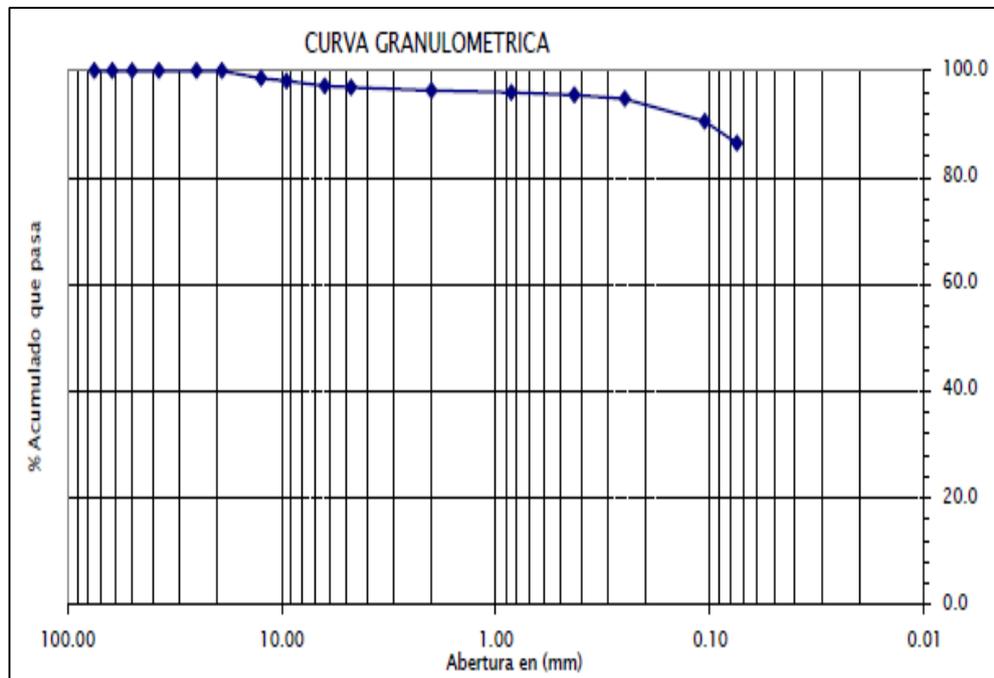


Figura 37: Curva granulométrica del material de Subrasante (C-01)

Material de Subrasante (C-02)

Tabla 10: Datos granulométricos del material de Subrasante (C-02)

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1"	25.400				100.0
3/4"	19.000				100.0
1/2"	12.500	19.2	1.4	1.4	98.6
3/8"	9.500	16.4	1.2	2.6	97.4
1/4"	6.300	14.0	1.0	3.7	96.3
N°4	4.750	3.4	0.3	3.9	96.1
N°10	2.000	18.6	1.4	5.3	94.7
N°20	0.850	10.3	0.8	6.0	94.0
N°40	0.425	5.4	0.4	6.4	93.6
N°60	0.250	10.1	0.7	7.2	92.8
N°100	0.150	51.7	3.8	11.0	89.0
N°200	0.075	40.0	3.0	14.0	86.0
< N°200	FONDO	1164.3	86.0	100.0	0.0

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

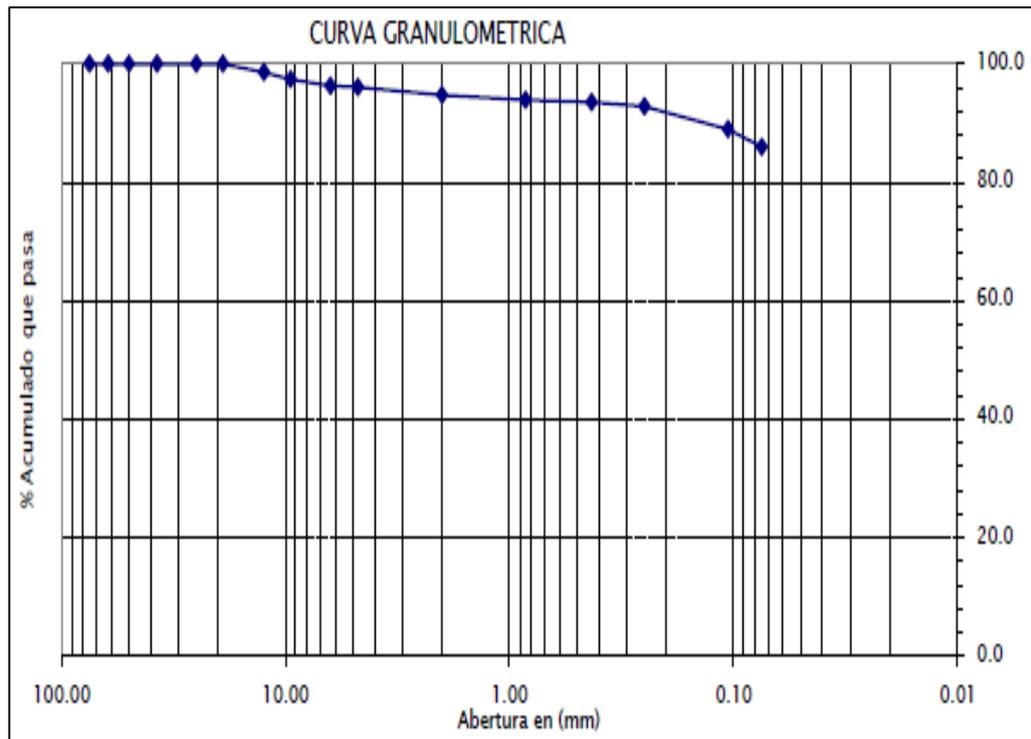


Figura 38: Curva granulométrica del material de Subrasante (C-02)

### Material de Subrasante (C-03)

Tabla 11: Datos granulométricos del material de Subrasante (C-03)

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400				100.0
3/4"	19.000				100.0
1/2"	12.500	25.3	1.6	1.6	98.4
3/8"	9.500	7.3	0.5	2.1	97.9
1/4"	6.300	4.3	0.3	2.3	97.7
N°4	4.750	15.3	1.0	3.3	96.7
N°10	2.000	6.6	0.4	3.7	96.3
N°20	0.850	6.3	0.4	4.1	95.9
N°40	0.425	16.3	1.0	5.2	94.8
N°60	0.250	19.1	1.2	6.4	93.6
N°100	0.150	52.7	3.3	9.7	90.3
N°200	0.075	79.0	5.0	14.7	85.3
< N°200	FONDO	1346.2	85.3	100.0	0.0

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

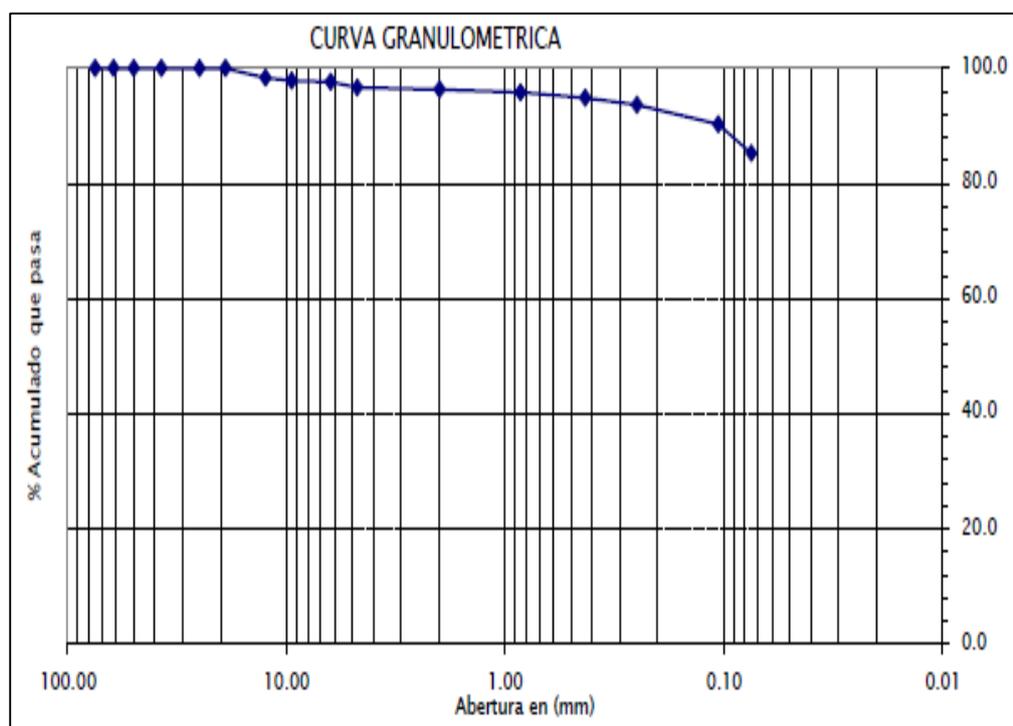


Figura 39: Curva granulométrica del material de Subrasante (C-03)

c) Plasticidad

Material de Subrasante (C-01)

Tabla 12: Límite Líquido del material de Subrasante (C-01)

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)					
Nº DE RECIPIENTE		T-01	T-02	T-03	T-04
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	43.13	48.45	44.52	43.90
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)	37.54	41.34	38.09	37.43
PESO DEL AGUA	(gr)	5.59	7.11	6.43	6.47
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)	22.58	22.93	22.56	22.49
PESO DE L SUELO SECO	(gr)	14.96	18.41	15.53	14.94
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	37.37	38.62	41.40	43.31
NÚMERO DE GOLPES		39	34	26	19

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 13: Limite Plástico del material de Subrasante (C-01)

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)			
Nº DE RECIPIENTE		T-01	T-02
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	40.25	40.22
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)	37.06	36.83
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)	22.97	22.20
PESO DEL AGUA	(gr)	3.19	3.39
PESO DEL SUELO SECO	(gr)	14.09	14.63
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	22.64	23.17

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

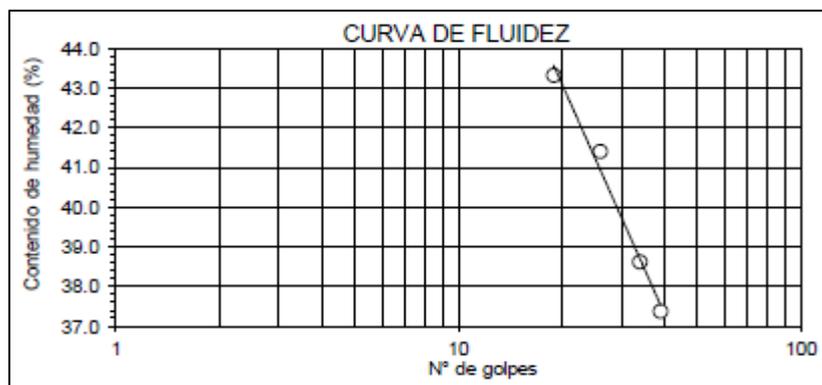


Figura 40: Diagrama de fluidez del material de Subrasante (C-01)

Tabla 14: Índice de Plasticidad del material de Subrasante (C-01)

CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	40.75
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	22.91
INDICE DE PLASTICIDAD	(%)	17.85

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

## Material de Subrasante (C-02)

Tabla 15: Límite Líquido del material de Subrasante (C-02)

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)					
Nº DE RECIPIENTE		T-01	T-02	T-03	T-04
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	40.96	49.92	41.90	40.59
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)	34.11	40.35	33.80	32.77
PESO DEL AGUA	(gr)	6.85	9.57	8.10	7.82
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)	14.41	14.98	13.77	14.20
PESO DEL SUELO SECO	(gr)	19.7	25.37	20.03	18.57
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	34.77	37.72	40.44	42.11
NÚMERO DE GOLPES		35	26	22	16

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 16: Límite Plástico del material de Subrasante (C-02)

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)			
Nº DE RECIPIENTE		T-01	T-02
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	15.24	15.64
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)	13.98	14.32
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)	8.26	8.52
PESO DEL AGUA	(gr)	1.26	1.32
PESO DEL SUELO SECO	(gr)	5.72	5.80
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	22.03	22.76

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

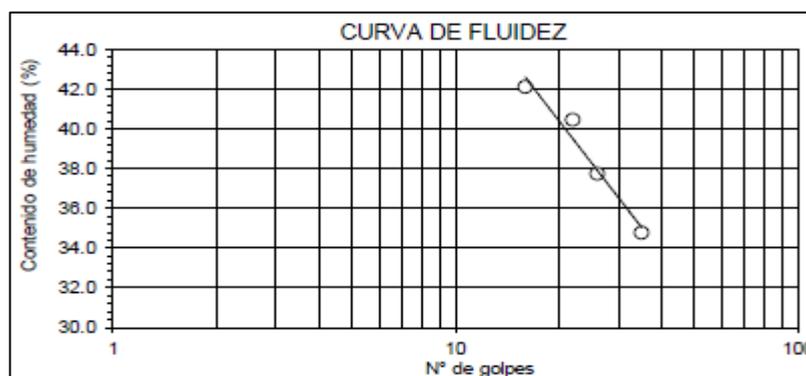


Figura 41: Diagrama de fluidez del material de Subrasante (C-02)

Tabla 17: Índice de Plasticidad del material de Subrasante (C-02)

CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	38.46
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	22.40
INDICE DE PLASTICIDAD	(%)	16.07

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

## Material de Subrasante (C-03)

Tabla 18: Límite Líquido del material de Subrasante (C-03)

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)					
N° DE RECIPIENTE		T-01	T-02	T-03	T-04
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	<b>74.09</b>	<b>86.11</b>	<b>101.08</b>	<b>91.96</b>
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)	<b>65.51</b>	<b>73.64</b>	<b>86.2</b>	<b>75.79</b>
PESO DEL AGUA	(gr)	8.58	12.47	14.88	16.17
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)	42.97	42.78	51.93	40.62
PESO DEL SUELO SECO	(gr)	22.54	30.86	34.27	35.17
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	<b>38.07</b>	<b>40.41</b>	<b>43.42</b>	<b>45.98</b>
NÚMERO DE GOLPES		<b>30</b>	<b>26</b>	<b>21</b>	<b>14</b>

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 19: Límite Plástico del material de Subrasante (C-03)

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)			
N° DE RECIPIENTE		T-01	T-02
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	<b>29.24</b>	<b>29.64</b>
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)	<b>27.21</b>	<b>27.59</b>
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)	<b>18.26</b>	<b>18.52</b>
PESO DEL AGUA	(gr)	<b>2.03</b>	<b>2.05</b>
PESO DEL SUELO SECO	(gr)	<b>8.95</b>	<b>9.07</b>
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	<b>22.68</b>	<b>22.60</b>

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

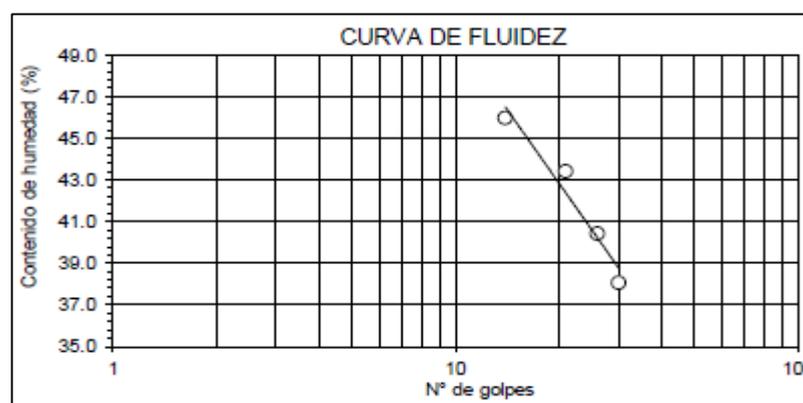


Figura 42: Diagrama de fluidez del material de Subrasante (C-03)

Tabla 20: Índice de Plasticidad del material de Subrasante (C-03)

CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	41.22
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	22.64
INDICE DE PLASTICIDAD	(%)	18.58

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

d) Clasificación AASHTO y SUCS

Material de Subrasante (C-01)

Tabla 21: *Clasificación SUCS material de Subrasante (C-01)*

MATERIAL DE SUBRASANTE (M-1)		
Límite Líquido (LL)	40.75%	<b>CL</b>
Límite Plástico (LP)	22.91%	
Índice de Plasticidad (IP)	17.85%	

*Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio*

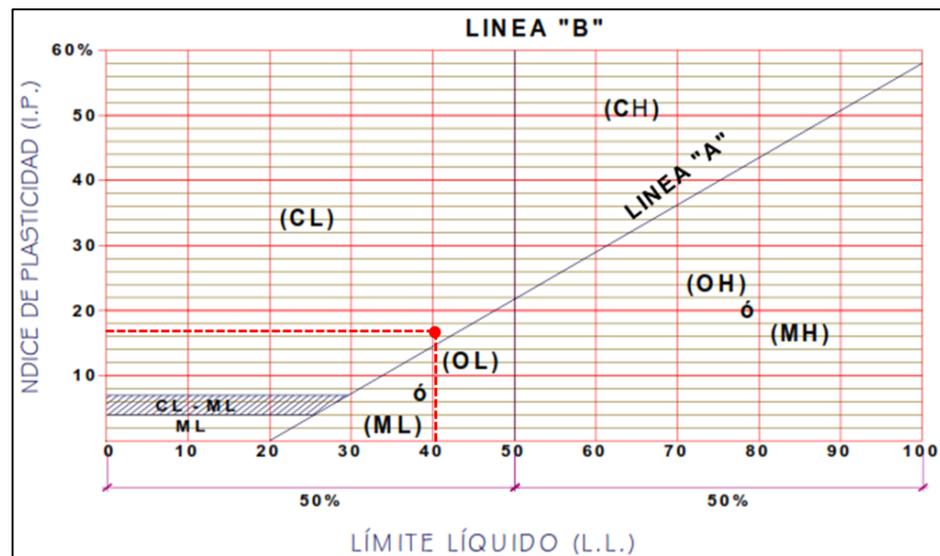


Figura 43: Clasificación SUCS según carta de plasticidad del material de Subrasante (C-01)

Por lo Tanto la clasificación SUCS es:

- **CL (ARCILLA LIGERA)**

Material de Subrasante (C-02)

Tabla 22: *Clasificación SUCS material de Subrasante (C-02)*

MATERIAL DE SUBRASANTE (M-2)		
Límite Líquido (LL)	38.46%	<b>CL</b>
Límite Plástico (LP)	22.40%	
Índice de Plasticidad (IP)	16.07%	

*Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio*

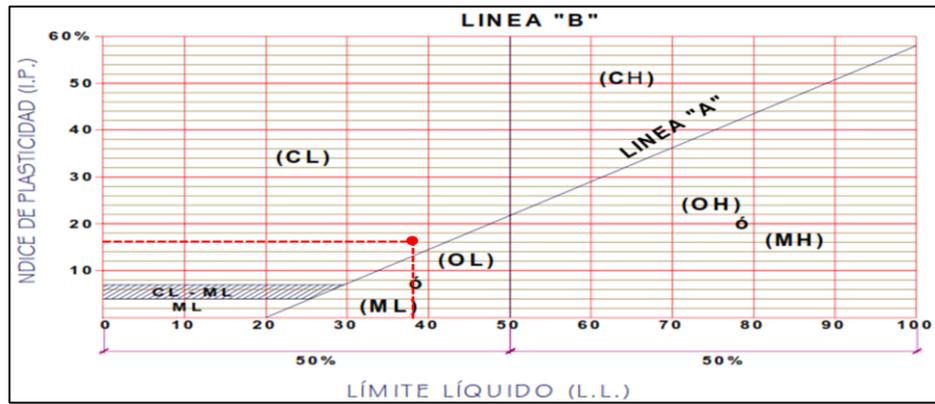


Figura 44: Clasificación SUCS según carta de plasticidad del material de Subrasante (C-02)

Por lo Tanto la clasificación SUCS es:

- **CL (ARCILLA LIGERA)**

Material de Subrasante (C-03)

Tabla 23: Clasificación SUCS material de Subrasante (C-03)

MATERIAL DE SUBRASANTE (M-2)		CL
Límite Líquido (LL)	41.22%	
Límite Plástico (LP)	22.64%	
Índice de Plasticidad (IP)	18.58%	

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

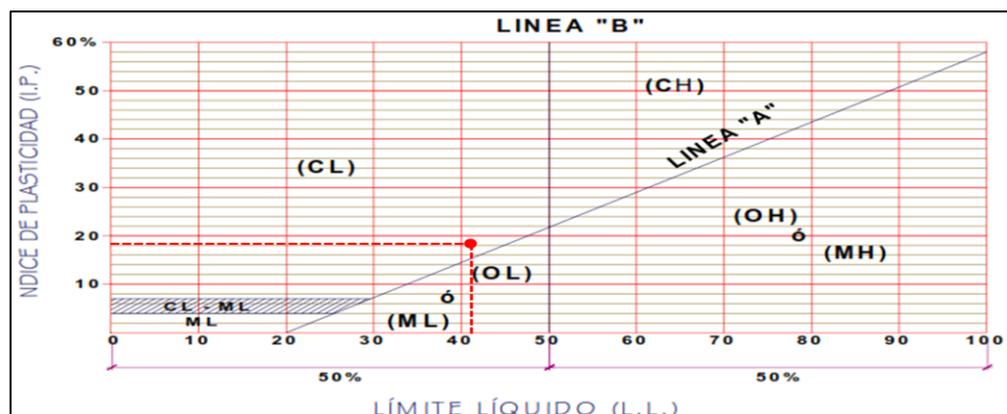


Figura 45: Clasificación SUCS según carta de plasticidad del material de Subrasante (C-03)

Por lo Tanto la clasificación SUCS es:

- **CL (ARCILLA LIGERA)**

## Material de Subrasante (C-01)

Tabla 24: Datos granulométricos para la clasificación AASHTO del material de Subrasante (C-01)

MATERIAL DE SUBRASANTE (M-1)	
TAMAÑO (MM)	% QUE PASA
Nº 40 (0.425)	95.50%
Nº 200 (0.075)	86.50%

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 25: Datos de los límites de consistencia para la clasificación AASHTO del material de Subrasante (C-01)

MATERIAL DE SUBRASANTE (M-1)	
LÍMITE LÍQUIDO (LL)	40.75%
LÍMITE PLÁSTICO (LP)	22.91%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	17.85%
F	86.50%

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

CLASIFICACIÓN GENERAL	SUELOS GRANULARES (MAX. 35% PASA LA MALLA Nº 200)							SUELOS LIMO - ARCILLA (MAS 35% PASA LA MALLA Nº 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
SUBGRUPOS											A-7-5 A-7-6
% QUE PASA TAMIZ Nº 10 Nº 40 Nº 200	MAX. 50 MAX. 30 MAX. 15	MAX. 50 MAX. 25	MIN. 51 MAX. 10	MAX. 35	MAX. 35	MAX. 35	MAX. 35	MIN. 36	MIN. 36	MIN. 36	MIN. 36
Características del material que pasa el tamiz Nº 40											
LÍMITE LÍQUIDO				MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	MAX. 6	MAX. 6	N.P.	MAX. 10	MAX. 10	MIN. 11	MIN. 11	MAX. 10	MAX. 10	MIN. 11	MIN. 11
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0	0	0	MAX. 4	MAX. 4	MAX. 8	MAX. 12	MAX. 16	MAX. 20
PRINCIPALES MATERIALES CONSTITUYENTES	GRAVAS Y ARENAS		ARENAS FINAS	GRAVAS Y ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS				SUELOS LIMOSOS		SUELOS ARCILLOSOS	

Figura 46: Clasificación de suelos según AASHTO del material de Subrasante (C-01)

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

$$IG = (86.50 - 35)(0.2 + 0.005(40.75 - 40)) + 0.01(86.50 - 15)(17.85 - 10)$$

$$IG = 16$$

Figura 47: Cálculo del Índice de Grupo del material de Subrasante (C-01)

Por lo Tanto la clasificación AASHTO es:

- A-7-6 (16) = ARCILLA Y LIMO PLASTICO

## Material de Subrasante (C-02)

Tabla 26: Datos granulométricos para la clasificación AASHTO del material de Subrasante (C-02)

MATERIAL DE SUBRASANTE (M-2)	
TAMAÑO (MM)	% QUE PASA
Nº 40 (0.425)	93.60%
Nº 200 (0.075)	86.00%

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 27: Datos de los límites de consistencia para la clasificación AASHTO del material de Subrasante (C-02)

MATERIAL DE SUBRASANTE (M-2)	
LÍMITE LÍQUIDO (LL)	38.46%
LÍMITE PLÁSTICO (LP)	22.40%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	16.07%
F	86.00%

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

CLASIFICACIÓN GENERAL	SUELOS GRANULARES (MAX. 35% PASA LA MALLA Nº 200)							SUELOS LIMO - ARCILLA (MAS 35% PASA LA MALLA Nº 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
SUBGRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
% QUE PASA TAMIZ Nº 10 Nº 40 Nº 200	MAX. 50 MAX. 30 MAX. 15	MAX. 50 MAX. 25	MIN. 51 MAX. 10	MAX. 35	MAX. 35	MAX. 35	MAX. 35	MIN. 36	MIN. 36	MIN. 36	MIN. 36
Características del material que pasa el tamiz Nº 40											
LÍMITE LÍQUIDO				MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	MAX. 6	MAX. 6	N.P.	MAX. 10	MAX. 10	MIN. 11	MIN. 11	MAX. 10	MAX. 10	MIN. 11	MIN. 11
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0	0	0	MAX. 4	MAX. 4	MAX. 8	MAX. 12	MAX. 16	MAX. 20
PRINCIPALES MATERIALES CONSTITUYENTES	GRAVAS Y ARENAS		ARENAS FINAS	GRAVAS Y ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS				SUELOS LIMOSOS		SUELOS ARCILLOSOS	

Figura 48: Clasificación de suelos según AASHTO del material de Subrasante (C-02)

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

$$IG = (86.00 - 35)(0.2 + 0.005(38.46 - 40)) + 0.01(86.00 - 15)(16.07 - 10)$$

$$IG = 14$$

Figura 49: Cálculo del Índice de Grupo del material de Subrasante (C-02)

Por lo Tanto la clasificación AASHTO es:

- A-6 (14) = ARCILLA Y LIMO PLASTICO

### Material de Subrasante (C-03)

Tabla 28: Datos granulométricos para la clasificación AASHTO del material de Subrasante (C-03)

MATERIAL DE SUBRASANTE (M-3)	
TAMAÑO (MM)	% QUE PASA
N° 40 (0.425)	94.80%
N° 200 (0.075)	85.30%

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 29: Datos de los límites de consistencia para la clasificación AASHTO de la muestra del material de Subrasante (C-03)

MATERIAL DE SUBRASANTE (M-3)	
LÍMITE LÍQUIDO (LL)	41.22%
LÍMITE PLÁSTICO (LP)	22.64%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	18.58%
F	85.30%

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

CLASIFICACIÓN GENERAL	SUELOS GRANULARES (MAX. 35% PASA LA MALLA N° 200)							SUELOS LIMO - ARCILLA (MAS 35% PASA LA MALLA N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
SUBGRUPOS											
% QUE PASA TAMIZ N° 10 N°40 N° 200	MAX. 50 MAX. 30 MAX. 15	MAX. 50 MAX. 25	MIN. 51 MAX. 10	MAX. 35	MAX. 35	MAX. 35	MAX. 35	MIN. 36	MIN. 36	MIN. 36	MIN. 36
Características del material que pasa el tamiz N° 40											
LÍMITE LÍQUIDO				MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	MAX. 6	MAX. 6	N.P.	MAX. 10	MAX. 10	MIN. 11	MIN. 11	MAX. 10	MAX. 10	MIN. 11	MIN. 11
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0	0	0	MAX. 4	MAX. 4	MAX. 8	MAX. 12	MAX. 16	MAX. 20
PRINCIPALES MATERIALES CONSTITUYENTES	GRAVAS Y ARENAS		ARENAS FINAS	GRAVAS Y ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS				SUELOS LIMOSOS	SUELOS ARCILLOSOS		

Figura 50: Clasificación de suelos según AASHTO del material de Subrasante (C-03)

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

$$IG = (85.30 - 35)(0.2 + 0.005(41.22 - 40)) + 0.01(85.30 - 15)(18.58 - 10)$$

$$IG = 16$$

Figura 51: Cálculo del Índice de Grupo del material de Subrasante (M-3)

Por lo Tanto la clasificación AASHTO es:

- A-7-6 (16) = ARCILLA Y LIMO PLASTICO

e) Máxima Densidad Seca y Optimo Contenido de Humedad

Material de Subrasante (C-01)

Tabla 30: Proctor Modificado del material de Subrasante (C-01)

ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO						
ENSAYO N°		1	2	3	4	4
Número de Capas		5	5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	(gr)	3474.7	3622.3	3690.3	3689.5	3604.6
Peso molde + base	(gr)	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1729.1	1876.7	1944.7	1943.9	1859.0
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	941	941	941	941	941
Densidad Humeda (peso volumétrico humedo)	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.838</b>	<b>1.994</b>	<b>2.067</b>	<b>2.066</b>	<b>1.976</b>
Tara N°		E-03	C-05	C-04	C-01	E-03
Peso del Suelo Húmedo + Tara	(gr)	91.14	101.34	87.35	105.69	108.72
Peso del Suelo Seco + Tara	(gr)	84.71	91.97	78.22	92.13	93.14
Peso de Tara	(gr)	22.12	22.42	22.44	22.12	23.35
Peso de agua	(gr)	6.43	9.37	9.13	13.56	15.58
Peso del suelo seco	(gr)	62.59	69.55	55.78	70.01	69.79
Contenido de Humedad	(%)	10.27	13.47	16.37	19.37	22.32
Densidad Seca (peso volumétrico seco)	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.666</b>	<b>1.758</b>	<b>1.776</b>	<b>1.731</b>	<b>1.615</b>
<b>Densidad máxima</b>					(gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1.777</b>
<b>Húmedad óptima</b>					(%)	<b>15.81</b>

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

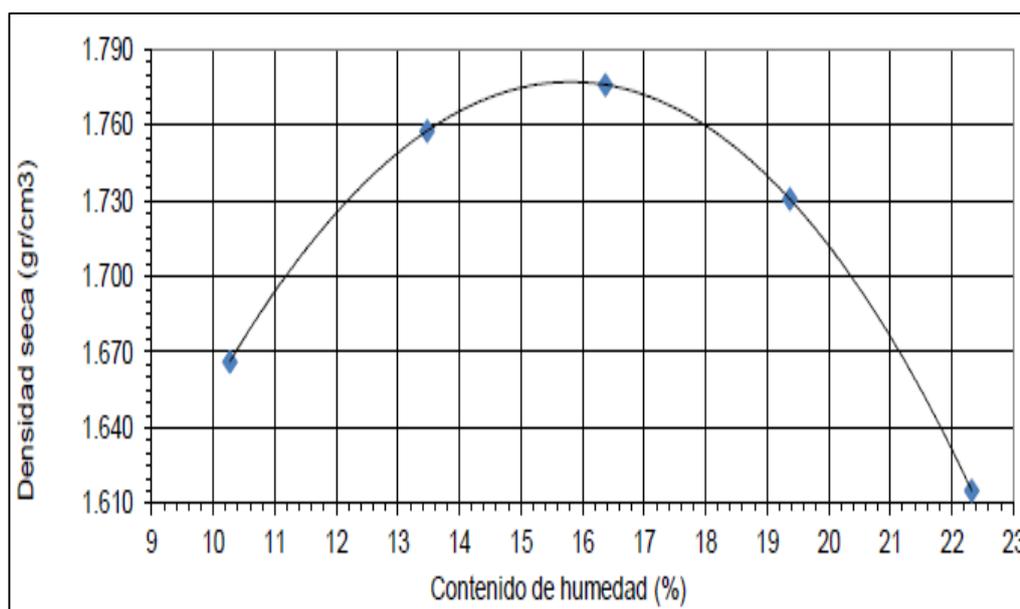


Figura 52: Relación Humedad – Densidad, del material de Subrasante (C-01)

## Material de Subrasante (C-02)

Tabla 31: Proctor Modificado del material de Subrasante (C-02)

ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO						
ENSAYO N°		1	2	3	4	5
Número de Capas		5	5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	(gr)	3374.7	3542.2	3699.4	3662.8	3543.6
Peso molde + base	(gr)	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1629.1	1796.6	1953.8	1917.2	1798.0
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	941	941	941	941	941
Densidad Humeda (peso volumétrico humedo)	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.731</b>	<b>1.909</b>	<b>2.076</b>	<b>2.037</b>	<b>1.911</b>
Tara N°		D-9	D-4	D-12	Z-2	Z-11
Peso del Suelo Húmedo + Tara	(gr)	<b>125.56</b>	<b>121.31</b>	<b>134.50</b>	<b>137.90</b>	<b>121.30</b>
Peso del Suelo Seco +Tara	(gr)	<b>118.64</b>	<b>112.39</b>	<b>123.35</b>	<b>121.28</b>	<b>105.10</b>
Peso de Tara	(gr)	45.74	40.02	49.25	28.92	29.57
Peso de agua	(gr)	6.92	8.92	11.15	16.62	16.20
Peso del suelo seco	(gr)	72.90	72.37	74.10	92.36	75.53
Contenido de Humedad	(%)	9.49	12.33	15.05	17.99	21.45
Densidad Seca (peso volumétrico seco)	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.581</b>	<b>1.700</b>	<b>1.805</b>	<b>1.727</b>	<b>1.573</b>
<b>Densidad máxima</b>					(gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1.810</b>
<b>Húmedad óptima</b>					(%)	<b>15.40</b>

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

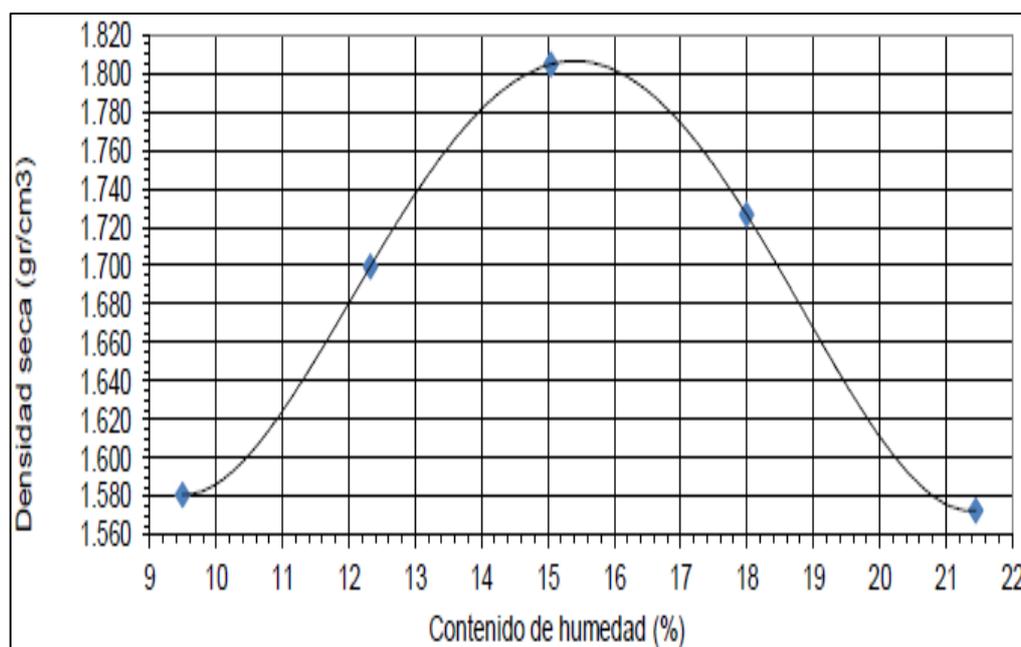


Figura 53: Relación Humedad – Densidad, del material de Subrasante (C-02)

## Material de Subrasante (C-03)

Tabla 32: Proctor Modificado del material de Subrasante (C-03)

ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO						
ENSAYO N°		1	2	3	4	5
Número de Capas		5	5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	(gr)	3444.7	3599.2	3729.4	3672.8	3583.3
Peso molde + base	(gr)	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1699.1	1853.6	1983.8	1927.2	1837.7
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	941	941	941	941	941
Densidad Humeda (peso volumétrico humedo)	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.806</b>	<b>1.970</b>	<b>2.108</b>	<b>2.048</b>	<b>1.953</b>
Tara N°		D-38	D-33	D-21	M-5	M-4
Peso del Suelo Húmedo + Tara	(gr)	<b>124.30</b>	<b>121.31</b>	<b>145.22</b>	<b>146.89</b>	<b>141.01</b>
Peso del Suelo Seco + Tara	(gr)	<b>117.19</b>	<b>112.31</b>	<b>131.79</b>	<b>130.79</b>	<b>123.99</b>
Peso de Tara	(gr)	45.71	41.12	42.94	42.35	42.51
Peso de agua	(gr)	7.11	9.00	13.43	16.10	17.02
Peso del suelo seco	(gr)	71.48	71.19	88.85	88.44	81.48
Contenido de Humedad	(%)	9.95	12.64	15.12	18.20	20.89
Densidad Seca (peso volumétrico seco)	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.642</b>	<b>1.749</b>	<b>1.831</b>	<b>1.733</b>	<b>1.615</b>
<b>Densidad máxima</b>					(gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1.825</b>
<b>Húmedad óptima</b>					(%)	<b>15.50</b>

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

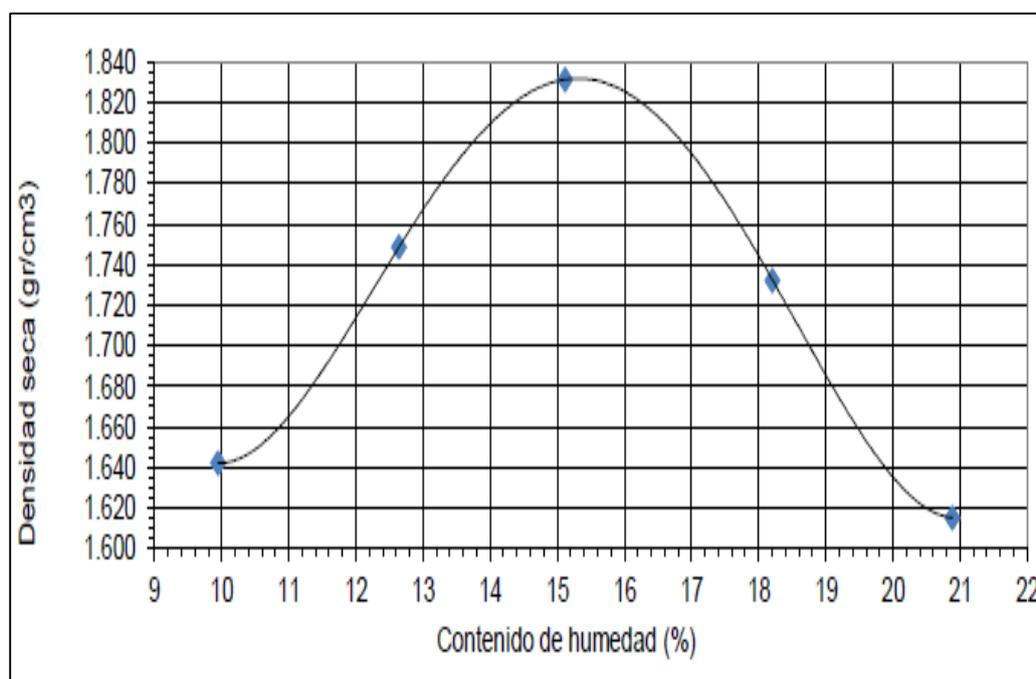


Figura 54: Relación Humedad – Densidad, del material de Subrasante (C-03)

f) Capacidad de Soporte (CBR)

Material de Subrasante (C-01)

Tabla 33: Compactación para CBR del material de Subrasante (C-01)

COMPACTACIÓN						
Molde N°	M-F		M-B		M-D	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	55		26		12	
Condición de la muestra	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	8,970	9,200	8,815	9,180	8,550	8,985
Peso de molde (g)	4,603	4,603	4,685	4,685	4,676	4,676
Peso del suelo húmedo (g)	4,367	4,597	4,130	4,495	3,874	4,309
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,114.2	2,114.2	2,114.5	2,114.5	2,115.8	2,115.8
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.07	2.17	1.95	2.13	1.83	2.04
% de humedad	15.82	20.79	15.90	23.41	15.83	25.62
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.78	1.80	1.69	1.72	1.58	1.62
Tara (N°)	D-10	C-2	D-04	C-18	D-12	E-3
Peso suelo húmedo + tara (g)	152.99	89.48	147.22	94.46	150.50	77.24
Peso suelo seco + tara (g)	138.01	78.02	132.51	80.75	135.98	66.01
Peso de tara (g)	43.34	22.91	40.02	22.19	44.25	22.17
Peso de agua (g)	14.98	11.46	14.71	13.71	14.52	11.23
Peso de suelo seco (g)	94.67	55.11	92.49	58.56	91.73	43.84
Contenido de humedad (%)	15.82	20.79	15.90	23.41	15.83	25.62

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 34: Penetración CBR del material de Subrasante (C-01)

PENETRACION									
PENETRACION PULG	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	KG	LBS	LBS/PULG2	KG	LBS	LBS/PULG2	KG	LBS	LBS/PULG2
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	8.40	18.52	5.89	6.40	14.11	4.49	3.90	8.60	2.74
0.05	23.30	51.37	16.35	15.40	33.95	10.81	10.80	23.81	7.58
0.08	38.50	84.88	27.02	26.10	57.54	18.32	20.10	44.31	14.11
0.10	55.10	121.47	38.67	39.30	86.64	27.58	29.90	65.92	20.98
0.15	86.20	190.04	60.49	60.60	133.60	42.53	45.30	99.87	31.79
0.20	119.30	263.01	83.72	84.50	186.29	59.30	63.20	139.33	44.35
0.25	160.40	353.62	112.56	112.30	247.58	78.81	83.50	184.08	58.60
0.30	199.60	440.04	140.07	140.20	309.08	98.38	102.20	225.31	71.72
0.40	280.90	619.27	197.12	185.30	408.51	130.03	132.70	292.55	93.12
0.50	328.10	723.33	230.24	222.30	490.08	156.00	155.80	343.48	109.33

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 35: Expansión del material de Subrasante (C-01)

TIEMPO HORAS	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	LECTURA DIAL	EXPANSION mm. %		LECTURA DIAL	EXPANSION mm. %		LECTURA DIAL	EXPANSION mm. %	
24.00	55.00	1.397	1.19	94.00	2.388	2.04	97.50	2.477	0.00
48.00	81.00	2.057	1.76	128.50	3.264	2.78	106.50	2.705	2.11
72.00	114.00	2.896	2.47	139.00	3.531	3.01	109.00	2.769	2.31
96.00	118.00	2.997	2.56	139.00	3.531	3.01	109.00	2.769	2.36

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 36: Valor relativo de soporte CBR del material de Subrasante (C-01)

%MDS	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	a 2.5 mm de Penetracion	a 5.0 mm de Penetracion
CBR al 100%	1.777	3.90 %	5.58 %
CBR al 95%	1.688	2.80 %	4.00 %

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

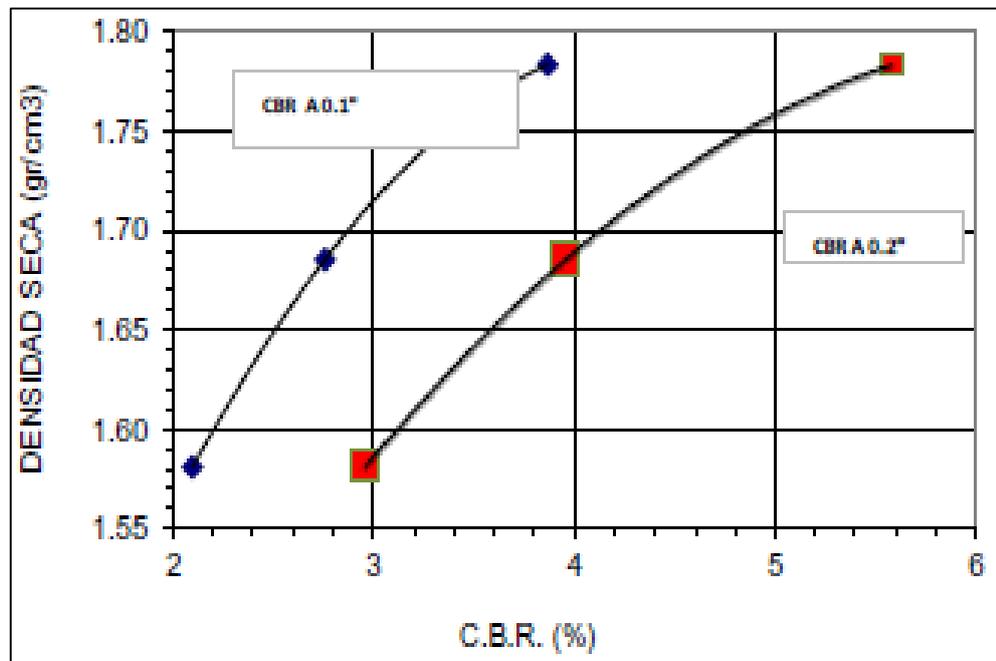


Figura 55: Curva de CBR del material de Subrasante (C-01)

## Material de Subrasante (C-02)

Tabla 37: Compactación para CBR del material de Subrasante (C-02)

COMPACTACIÓN						
Molde N°	M-F		M-B		M-D	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	55		26		12	
Condición de la muestra	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9,040	9,200	8,830	9,170	8,575	8,965
Peso de molde (g)	4,603	4,603	4,685	4,685	4,676	4,676
Peso del suelo húmedo (g)	4,437	4,597	4,145	4,485	3,899	4,289
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,114.2	2,114.2	2,114.5	2,114.5	2,115.8	2,115.8
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.10	2.17	1.96	2.12	1.84	2.03
% de humedad	15.43	17.41	15.40	20.00	15.36	23.15
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.82	1.85	1.70	1.77	1.60	1.65
Tara (N°)	D-10	C-2	D-04	C-18	D-12	E-3
Peso suelo húmedo + tara (g)	148.56	99.48	123.09	104.46	150.10	87.24
Peso suelo seco + tara (g)	134.46	88.02	112.01	90.75	135.99	75.01
Peso de tara (g)	43.07	22.21	40.08	22.19	44.15	22.17
Peso de agua (g)	14.10	11.46	11.08	13.71	14.11	12.23
Peso de suelo seco (g)	91.39	65.81	71.93	68.56	91.84	52.84
Contenido de humedad (%)	15.43	17.41	15.40	20.00	15.36	23.15

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 38: Penetración CBR del material de Subrasante (C-02)

PENETRACION									
PENETRACION PULG	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	KG	LBS	LBS/PULG <sup>2</sup>	KG	LBS	LBS/PULG <sup>2</sup>	KG	LBS	LBS/PULG <sup>2</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	9.66	21.30	6.78	7.36	16.23	5.16	4.49	9.89	3.15
0.05	26.80	59.07	18.80	17.71	39.04	12.43	12.42	27.38	8.72
0.08	44.28	97.61	31.07	30.02	66.17	21.06	23.12	50.96	16.22
0.10	63.37	139.69	44.47	45.20	96.64	31.72	34.39	75.81	24.13
0.15	99.13	218.54	69.56	69.69	153.64	48.90	52.10	114.85	36.56
0.20	137.20	302.46	96.28	97.18	214.23	68.19	72.68	160.23	51.00
0.25	184.46	406.66	129.44	129.15	284.71	90.63	96.03	211.70	67.39
0.30	229.54	506.40	161.08	161.23	355.45	113.14	117.53	259.11	82.48
0.40	323.00	712.16	226.69	213.10	469.79	149.54	152.61	336.43	107.09
0.50	377.32	831.83	267.78	255.65	563.59	179.40	179.17	395.00	125.73

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 39: *Expansión del material de Subrasante (C-02)*

TIEMPO	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
HORAS	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
24.00	56.00	1.422	1.21	90.00	2.286	1.95	99.50	2.527	0.00
48.00	88.00	2.235	1.91	126.50	3.213	2.74	107.50	2.731	2.16
72.00	117.00	2.972	2.54	137.00	3.480	2.97	111.00	2.819	2.33
96.00	124.00	3.150	2.69	137.00	3.480	2.97	113.00	2.870	2.41

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 40: Valor relativo de soporte CBR del material de Subrasante (C-02)

%MDS	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	a 2.5 mm de Penetracion	a 5.0 mm de Penetracion
CBR al 100%	1.810	4.40 %	6.42 %
CBR al 95%	1.720	3.30 %	4.80 %

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

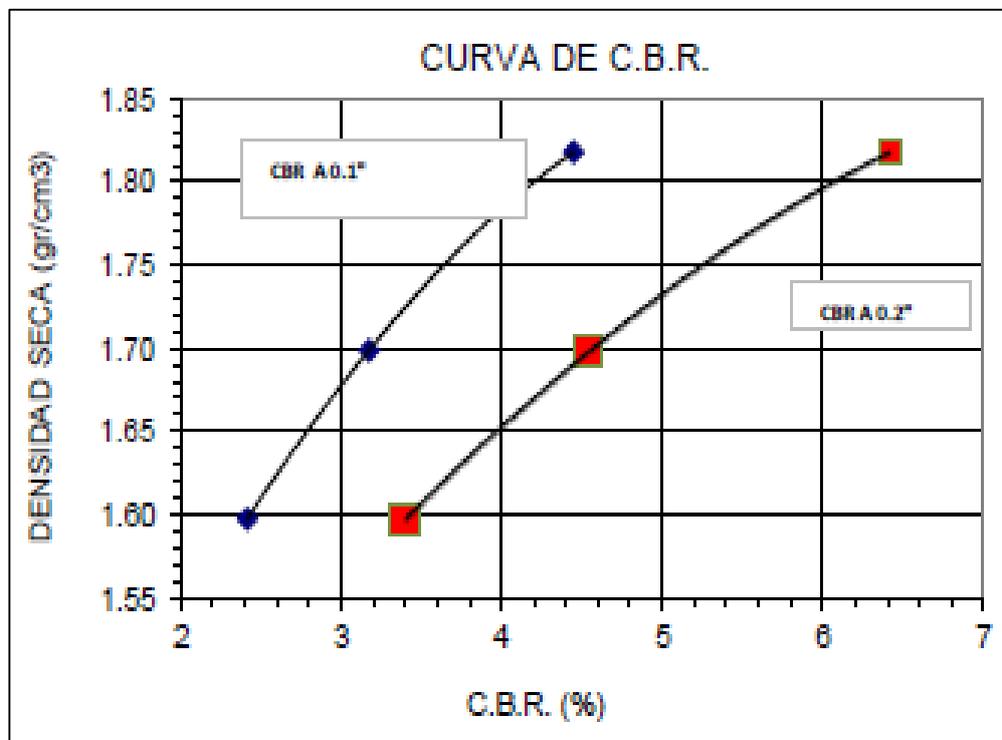


Figura 56: Curva de CBR del material de Subrasante (C-02)

### Material de Subrasante (C-03)

Tabla 41: Compactación para CBR del material de Subrasante (C-03)

COMPACTACIÓN						
Molde N°	M-F		M-B		M-D	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	55		26		12	
Condición de la muestra	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9,055	9,210	8,865	9,170	8,590	8,985
Peso de molde (g)	4,685	4,685	4,676	4,676	4,628	4,628
Peso del suelo húmedo (g)	4,370	4,525	4,189	4,494	3,962	4,357
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,114.2	2,114.2	2,114.5	2,115.8	2,116.9	2,116.9
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.07	2.14	1.98	2.12	1.87	2.06
% de humedad	15.52	22.74	15.48	24.50	15.47	27.15
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.79	1.74	1.71	1.71	1.62	1.62
Tara (N°)	A-12	C-3	E-3	C-18	D-11	E-5
Peso suelo húmedo + tara (g)	154.25	88.28	146.02	92.77	150.02	75.11
Peso suelo seco + tara (g)	138.01	78.02	132.21	80.85	135.98	65.94
Peso de tara (g)	33.34	32.91	43.02	32.19	45.25	32.17
Peso de agua (g)	16.24	10.26	13.81	11.92	14.04	9.17
Peso de suelo seco (g)	104.67	45.11	89.19	48.66	90.73	33.77
Contenido de humedad (%)	15.52	22.74	15.48	24.50	15.47	27.15

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 42: Penetración CBR del material de Subrasante (C-03)

PENETRACION									
PENETRACION PULG	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	KG	LBS	LBS/PULG <sup>2</sup>	KG	LBS	LBS/PULG <sup>2</sup>	KG	LBS	LBS/PULG <sup>2</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	10.25	22.59	7.19	7.81	17.21	5.48	4.76	10.49	3.34
0.05	27.43	60.46	19.25	18.79	41.42	13.18	13.18	29.05	9.25
0.08	45.97	101.35	32.26	31.84	70.20	22.34	25.52	54.06	17.21
0.10	67.22	148.20	47.17	48.60	107.14	34.10	35.10	77.39	24.63
0.15	103.14	227.38	72.38	73.93	162.99	51.88	55.27	121.84	38.78
0.20	138.50	305.34	97.19	105.09	231.68	73.75	77.10	169.98	54.11
0.25	192.69	424.80	135.22	137.01	302.04	96.14	101.87	224.58	71.49
0.30	243.51	536.85	170.88	171.04	377.08	120.03	124.68	274.88	87.50
0.40	338.70	746.69	237.68	226.07	498.39	158.64	161.89	356.91	113.61
0.50	400.28	882.46	280.90	271.21	597.90	190.32	190.08	419.04	133.39

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 43: *Expansión del material de Subrasante (C-03)*

TIEMPO	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
HORAS	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
24.00	55.00	1.397	1.19	94.00	2.388	2.04	97.50	2.477	0.00
48.00	81.00	2.057	1.76	128.50	3.264	2.78	106.50	2.705	2.11
72.00	114.00	2.896	2.47	139.00	3.531	3.01	109.00	2.769	2.31
96.00	118.00	2.997	2.56	139.00	3.531	3.01	109.00	2.769	2.36

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 44: *Valor relativo de soporte CBR del material de Subrasante (C-03)*

%MDS	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	a 2.5 mm de Penetracion	a 5.0 mm de Penetracion
CBR al 100%	1.825	4.70 %	6.48 %
CBR al 95%	1.734	3.70 %	5.25 %

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

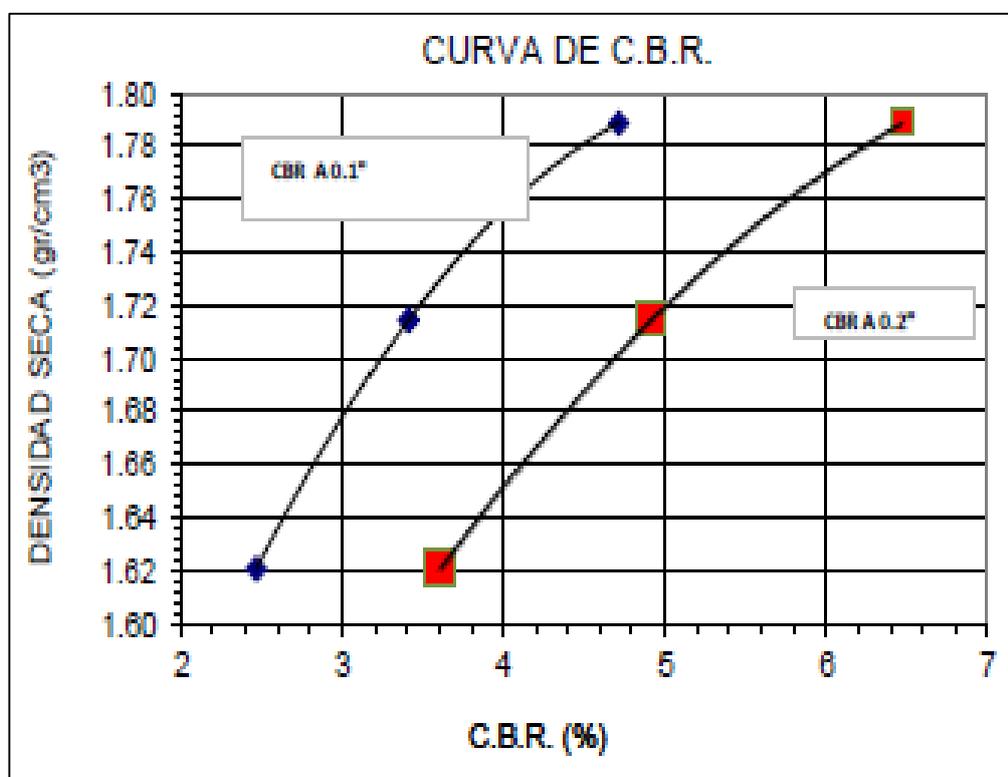
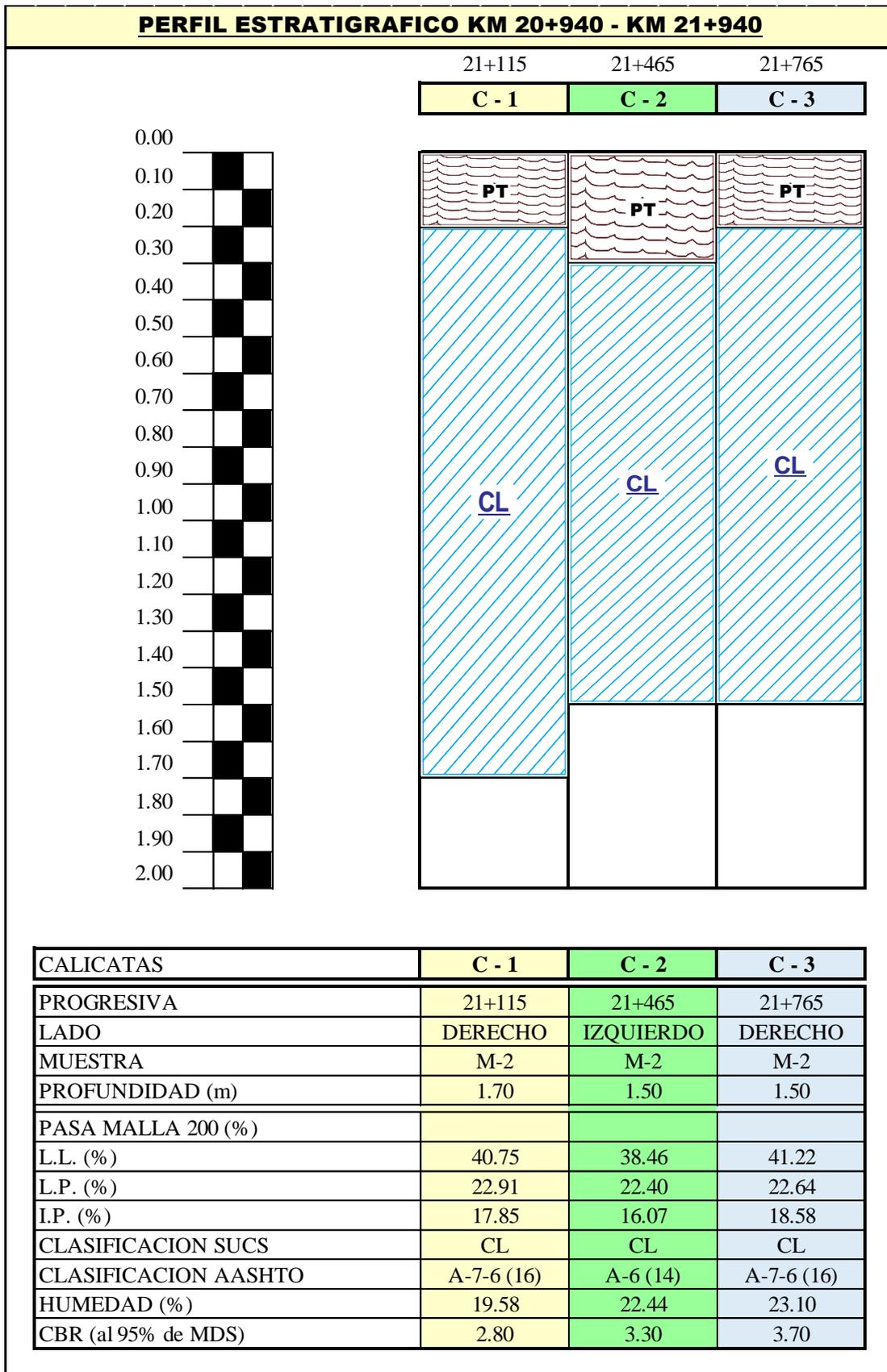


Figura 57: *Curva de CBR del material de Subrasante (C-03)*

#### 4.1.4. Perfil Estratigráfico



*Figura 58: Perfil estratigráfico KM 20+940 – 21+940*

## 4.2. Caracterización de la Arena de Sílice

### 4.2.1. Exploración de campo

Dado que la presente investigación está enfocada en analizar el efecto del uso de la arena de sílice en la estabilización de la subrasante, se realizó el muestreo de Arena de Sílice de tres puntos alternos, los dos primeros puntos de muestreo fueron en el depósito de material de Arena de Sílice ubicado en obra en la progresiva del km: 27+600.00 Lado izquierdo y el tercer punto de muestreo fue de la cantera en obra de Arena de Sílice ubicado en el km: 28+500.00 Lado derecho, y para obtener los volúmenes con que se cuenta de Arena de Sílice es que se realizó un levantamiento topográfico del depósito y cantera, para lo cual se adjunta los planos de ubicación de los puntos de muestreo de Arena de Sílice y material de Subrasante en el Anexo 05, en la siguiente tabla se muestra los detalles de los puntos de muestreo.

Tabla 45: Ubicación de los puntos de muestreo de la Arena de Sílice

Muestra	PROGRESIVA Ubicación	COORDENADAS UTM (WGS 84)			Prof. (m)
		Norte	Este	Elevación (msnm)	
AS-1	27+650.00	8644403.817	468111.936	4113.6	-
AS-2	27+660.00	8644394.927	468123.383	4114.2	-
AS-3	28+500.00	8644290.214	467924.479	4125.1	-

Fuente: Elaboración propia. (Del levantamiento topográfico y georeferenciación)



Figura 59: Depósito de Arena de Sílice Ubicado en el Km: 27+600.00



*Figura 60: Cantera de Arena de Sílice Ubicado en el Km: 28+500.00*



*Figura 61: Muestreo de Arena de Sílice en el Km: 27+650.00*

#### 4.2.2. Descripción del material de Arena de Sílice

##### a) Características generales de la Arena de Sílice

Tabla 46: *Características generales de la Arena de sílice*

ENSAYOS GENERALES	NORMA	AS - 1	AS - 2	AS - 3
Contenido de Humedad	MTCE 108	-	-	-
Límite Líquido	MTCE 110	NP	NP	NP
Límite Plástico	MTCE 111	NP	NP	NP
Índice de Plasticidad	MTCE 111	-	-	-
Clasificación SUCS	NTP 339.135	SM	SM	SM
Clasificación AASHTO	NTP 339.134	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-4 (0)
Proctor Modificado M.D.S (grs/cm <sup>3</sup> )	MTCE 115	1.974 gr/cm <sup>3</sup>	1.980 gr/cm <sup>3</sup>	1.982 gr/cm <sup>3</sup>
OCH	MTCE 115	7.85%	7.80%	7.83%
C.B.R. para el 95% de la M.D.S a 0.1"	MTCE 132	6.30%	5.00%	7.50%

Fuente: Elaboración en base a los ensayos en laboratorio

El material de Arena de Sílice AS-1, AS-2 y AS-3 muestreados del depósito y la cantera, ubicados en el km 27+650.00, 27+660.00 y 28+500.00 respectivamente, han sido descritos y clasificados de acuerdo a la metodología de construcción de vías, la clasificación se ha dado mediante el método AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) y el método SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), por lo que se presenta el cuadro consolidado de las características de la arena de sílice muestreado de la cantera y el depósito, por lo que se ha realizado en el laboratorio de suelos los ensayos para precisar el contenido de humedad, los límites de consistencia (Limite Líquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad), así mismo se realizó el ensayo de proctor modificado para poder establecer la Máxima Densidad Seca del material de subrasante y su Optimo Contenido de Humedad, y para finalizar se ha realizado el ensayo de Capacidad de Soporte (CBR) al 95% de la Máxima Densidad Seca a una penetración de 0.1", de los cuales según las categorías de subrasante se ha tenido como resultado material con un CBR menor al 10% los cuales son materiales regulares y pobres.

b) Granulometría

Arena de Sílice (AS-1)

Tabla 47: Granulometría de la Arena de Sílice (AS-1)

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400				100.0
3/4"	19.000				100.0
1/2"	12.500	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.500	18.5	1.9	1.9	98.1
1/4"	6.300	15.6	1.6	3.5	96.5
N°4	4.750	7.1	0.7	4.3	95.7
N°10	2.000	27.1	2.8	7.1	92.9
N°20	0.850	21.5	2.2	9.3	90.7
N°40	0.425	19.8	2.1	11.4	88.6
N°60	0.250	169.5	17.6	29.0	71.0
N°100	0.150	387.1	40.2	69.1	30.9
N°200	0.075	31.6	3.3	72.4	27.6
< N°200	FONDO	266.1	27.6	100.0	0.0

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

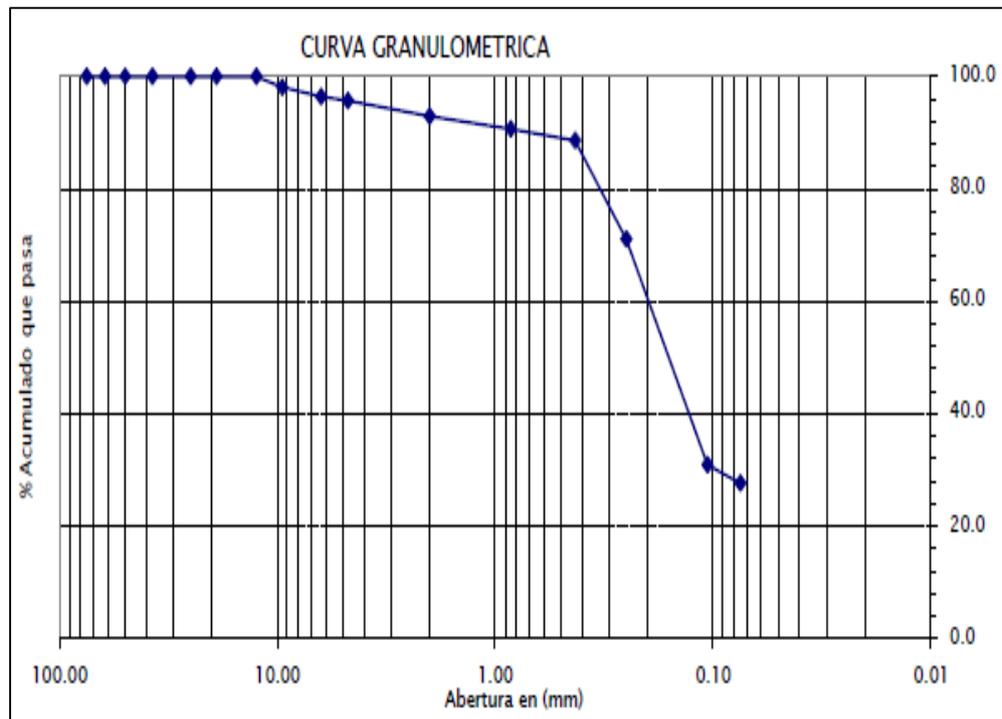


Figura 62: Curva granulométrica de la Arena de Sílice (AS-1)

Arena de Sílice (AS-2)

Tabla 48: Granulometría de la Arena de Sílice (AS-2)

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.800				100.0
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400				100.0
3/4"	19.000				100.0
1/2"	12.500	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.500	8.0	0.8	0.8	99.2
1/4"	6.300	15.6	1.6	2.5	97.5
N°4	4.750	7.1	0.7	3.2	96.8
N°10	2.000	27.1	2.8	6.0	94.0
N°20	0.850	39.5	4.1	10.2	89.8
N°40	0.425	65.8	6.9	17.1	82.9
N°60	0.250	169.5	17.7	34.8	65.2
N°100	0.150	287.1	30.0	64.8	35.2
N°200	0.075	61.6	6.4	71.3	28.7
< N°200	FONDO	274.7	28.7	100.0	0.0

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

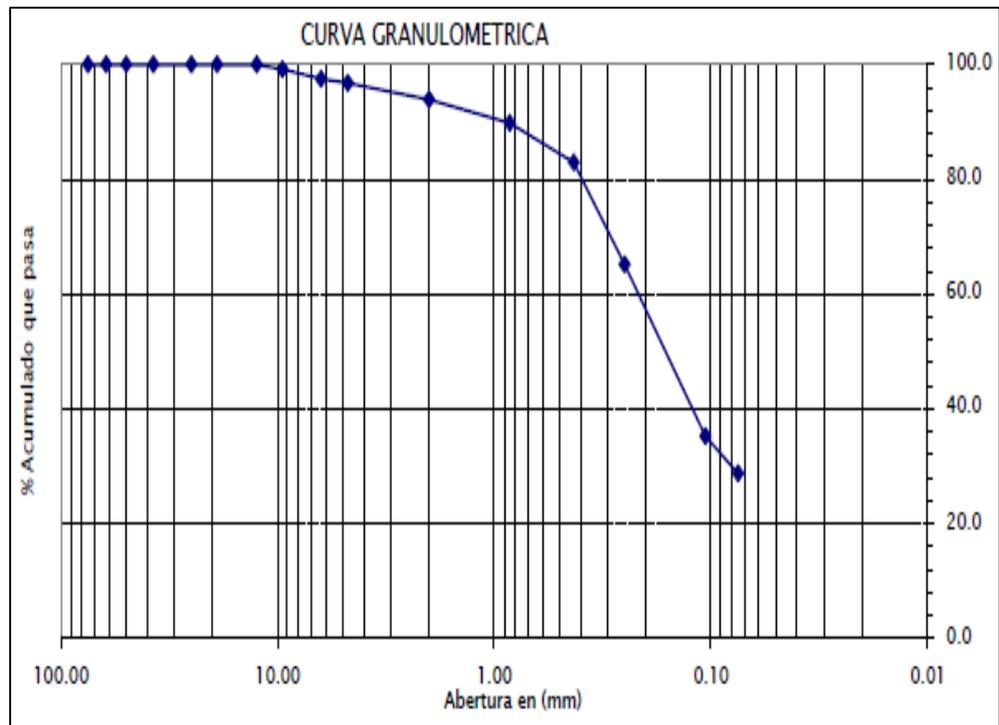


Figura 63: Curva granulométrica de la Arena de Sílice AS-2

### Arena de Sílice (AS-3)

Tabla 49: Granulometría de la Arena de Sílice (AS-3)

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400				100.0
3/4"	19.000				100.0
1/2"	12.500	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0
1/4"	6.300	12.3	1.2	1.2	98.8
N°4	4.750	1.8	0.2	1.4	98.6
N°10	2.000	42.9	4.3	5.7	94.3
N°20	0.850	18.4	1.8	7.5	92.5
N°40	0.425	44.3	4.4	12.0	88.0
N°60	0.250	125.8	12.6	24.6	75.5
N°100	0.150	304.8	30.5	55.0	45.0
N°200	0.075	49.2	4.9	60.0	40.1
< N°200	FONDO	400.5	40.1	100.0	0.0

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

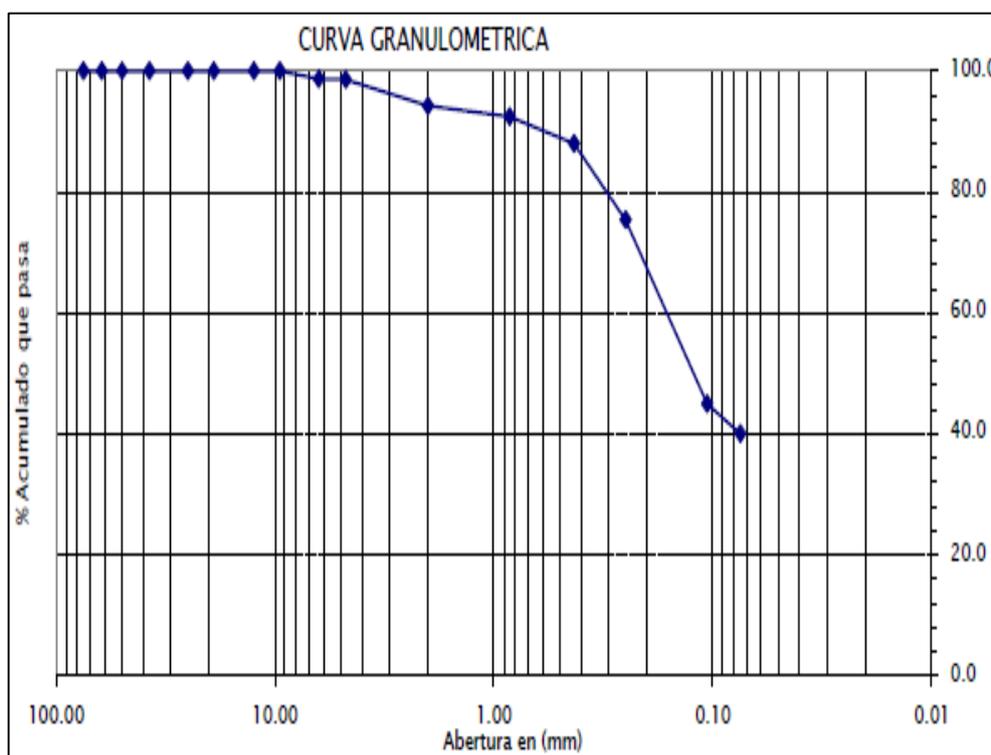


Figura 64: Curva granulométrica de la Arena de Sílice AS-3

c) Plasticidad

Arena de Sílice (AS-1)

Tabla 50: Límite Líquido de la Arena de Sílice (AS-1)

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)					
Nº DE RECIPIENTE		T-01	T-02	T-03	T-04
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	<b>N.P.</b>			
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)				
PESO DEL AGUA	(gr)				
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)				
PESO DE L SUELO SECO	(gr)				
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)				
NÚMERO DE GOLPES					

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 51: Límite Plástico de la Arena de Sílice (AS-1)

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)			
Nº DE RECIPIENTE		T-01	T-02
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	<b>N.P.</b>	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)		
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)		
PESO DEL AGUA	(gr)		
PESO DE L SUELO SECO	(gr)		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)		

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

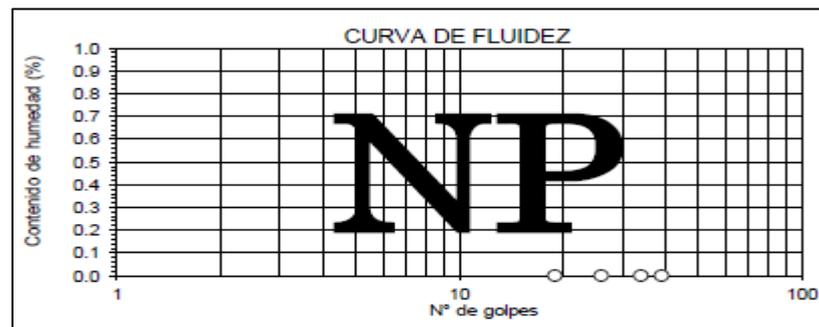


Figura 65: Diagrama de fluidez de la Arena de Sílice (AS-1)

Tabla 52: Índice de Plasticidad de la Arena de Sílice (AS-1)

CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	NP
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	(%)	---

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Arena de Sílice (AS-2)

Tabla 53: Límite Líquido de la Arena de Sílice (AS-2)

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)					
Nº DE RECIPIENTE		T-01	T-02	T-03	T-04
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	<b>N.P.</b>			
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)				
PESO DEL AGUA	(gr)				
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)				
PESO DE L SUELO SECO	(gr)				
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)				
NÚMERO DE GOLPES					

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 54: Límite Plástico de la Arena de Sílice (AS-2)

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)			
Nº DE RECIPIENTE		T-01	T-02
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	<b>N.P.</b>	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)		
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)		
PESO DEL AGUA	(gr)		
PESO DE L SUELO SECO	(gr)		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)		

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

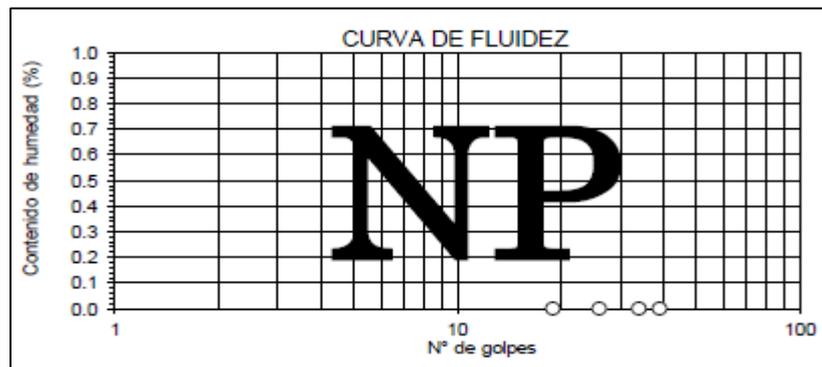


Figura 66: Diagrama de fluidez de la Arena de Sílice (AS-2)

Tabla 55: Índice de Plasticidad de la Arena de Sílice (AS-2)

CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	NP
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	(%)	---

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

### Arena de Sílice (AS-3)

Tabla 56: Límite Líquido de la Arena de Sílice (AS-3)

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)					
N° DE RECIPIENTE		T-01	T-02	T-03	T-04
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	<b>N.P.</b>			
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)				
PESO DEL AGUA	(gr)				
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)				
PESO DE L SUELO SECO	(gr)				
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)				
NÚMERO DE GOLPES					

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 57: Límite Plástico de la Arena de Sílice (AS-3)

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)			
N° DE RECIPIENTE		T-01	T-02
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	<b>N.P.</b>	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)		
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)		
PESO DEL AGUA	(gr)		
PESO DE L SUELO SECO	(gr)		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)		

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

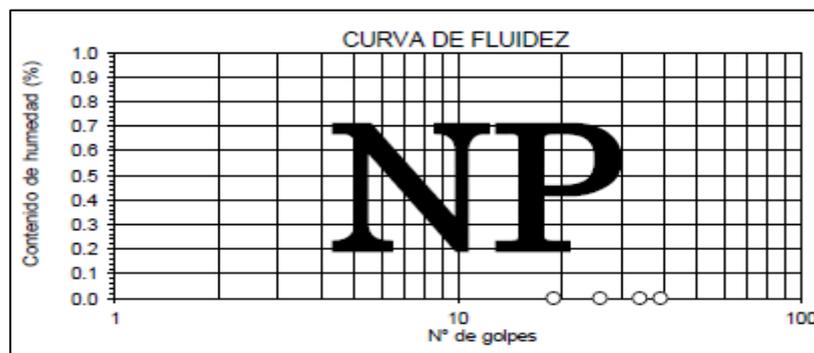


Figura 67: Diagrama de fluidez de la Arena de Sílice (AS-3)

Tabla 58: Índice de Plasticidad de la Arena de Sílice (AS-3)

CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	NP
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	(%)	---

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

d) Clasificación AASHTO y SUCS

Arena de Sílice (AS-1)

Tabla 59: Clasificación SUCS de la Arena de Sílice (AS-1)

ARENA DE SILICE (AS-1)		
Límite Líquido (LL)	NP	<b>SM</b>
Límite Plástico (LP)	NP	
Índice de Plasticidad (IP)	-	

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

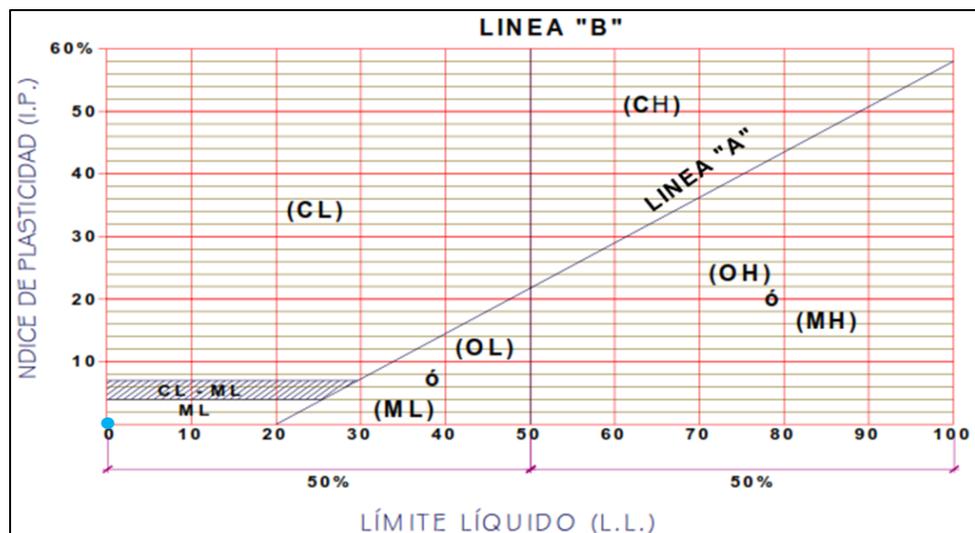


Figura 68: Clasificación SUCS según carta de plasticidad de la Arena de Sílice (AS-1)

Por lo Tanto la clasificación SUCS es:

- **SM (ARENA LIMOSA)**

Arena de Sílice (AS-2)

Tabla 60: Clasificación SUCS de la Arena de Sílice (AS-2)

ARENA DE SILICE (AS-2)		
Límite Líquido (LL)	NP	<b>SM</b>
Límite Plástico (LP)	NP	
Índice de Plasticidad (IP)	-	

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

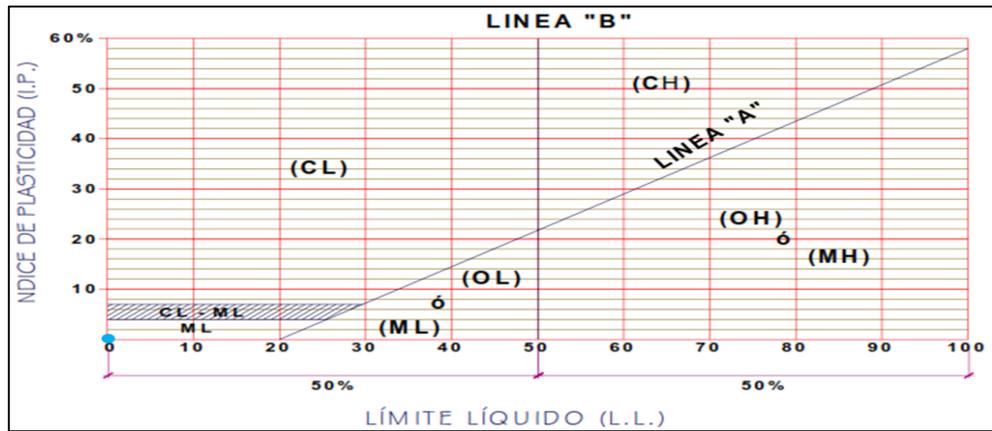


Figura 69: Clasificación SUCS según carta de plasticidad de la Arena de Sílice (AS-2)

Por lo Tanto la clasificación SUCS es:

- **SM (ARENA LIMOSA)**

#### Arena de Sílice (AS-3)

Tabla 61: Clasificación SUCS de la Arena de Sílice (AS-3)

ARENA DE SILICE (AS-3)		
Límite Líquido (LL)	NP	<b>SM</b>
Límite Plástico (LP)	NP	
Índice de Plasticidad (IP)	-	

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

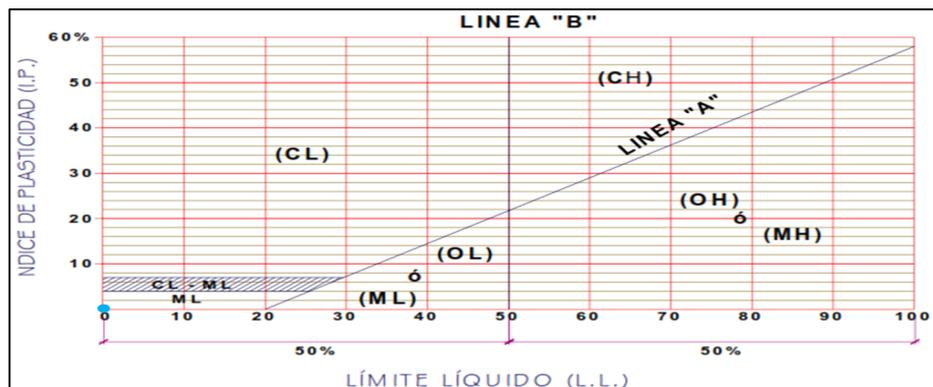


Figura 70: Clasificación SUCS según carta de la Arena de Sílice (AS-3)

Por lo Tanto la clasificación SUCS es:

- **SM (ARENA LIMOSA)**

### Arena de Sílice (AS-1)

Tabla 62: Datos granulométricos para la clasificación AASHTO de la Arena de Sílice (AS-1)

ARENA DE SILICE (AS-1)	
TAMAÑO (MM)	% QUE PASA
Nº 40 (0.425)	88.60%
Nº 200 (0.075)	27.60%

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 63: Datos de los límites de consistencia para la clasificación AASHTO de la Arena de Sílice (AS-1)

ARENA DE SILICE (AS-1)	
LÍMITE LÍQUIDO (LL)	NP
LÍMITE PLÁSTICO (LP)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	-
F	27.60%

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

CLASIFICACIÓN GENERAL	SUELOS GRANULARES (MAX. 35% PASA LA MALLA Nº 200)							SUELOS LIMO - ARCILLA (MAS 35% PASA LA MALLA Nº 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
SUBGRUPOS											A-7-5 A-7-6
% QUE PASA TAMIZ Nº 10 Nº 40 Nº 200	MAX. 50 MAX. 30 MAX. 15	MAX. 50 MAX. 25	MIN. 51 MAX. 10	MAX. 35	MAX. 35	MAX. 35	MAX. 35	MIN. 36	MIN. 36	MIN. 36	MIN. 36
Características del material que pasa el tamiz Nº 40											
LÍMITE LÍQUIDO				MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	MAX. 6	MAX. 6	N.P.	MAX. 10	MAX. 10	MIN. 11	MIN. 11	MAX. 10	MAX. 10	MIN. 11	MIN. 11
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0	0	0	MAX. 4	MAX. 4	MAX. 8	MAX. 12	MAX. 16	MAX. 20
PRINCIPALES MATERIALES CONSTITUYENTES	GRAVAS Y ARENAS		ARENAS FINAS	GRAVAS Y ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS				SUELOS LIMOSOS		SUELOS ARCILLOSOS	

Figura 71: Clasificación de suelos según AASHTO de la Arena de Sílice (AS-1)

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

$$IG = (27.60 - 35)(0.2 + 0.005(0 - 40)) + 0.01(27.60 - 15)(0 - 10)$$

$$IG = 0$$

Figura 72: Cálculo del Índice de Grupo de la Arena de Sílice (AS-1)

**Por lo Tanto la clasificación AASHTO es:**

- **A-2-4 (0) = MATERIALES GRANULARES CON PARTICULAS FINAS LIMOSAS**

### Arena de Sílice (AS-2)

Tabla 64: Datos granulométricos para la clasificación AASHTO de la Arena de Sílice (AS-2)

ARENA DE SILICE (AS-2)	
TAMAÑO (MM)	% QUE PASA
N° 40 (0.425)	82.90%
N° 200 (0.075)	28.70%

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 65: Datos de los límites de consistencia para la clasificación AASHTO de la Arena de Sílice (AS-2)

ARENA DE SILICE (AS-2)	
LÍMITE LÍQUIDO (LL)	NP
LÍMITE PLÁSTICO (LP)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	-
F	28.70%

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

CLASIFICACIÓN GENERAL	SUELOS GRANULARES (MAX. 35% PASA LA MALLA N° 200)							SUELOS LIMO - ARCILLA (MAS 35% PASA LA MALLA N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
SUBGRUPOS											A-7-5 A-7-6
% QUE PASA TAMIZ N° 10 N°40 N° 200	MAX. 50 MAX. 30 MAX. 15	MAX. 50 MAX. 25	MIN. 51 MAX. 10	MAX. 35	MAX. 35	MAX. 35	MAX. 35	MIN. 36	MIN. 36	MIN. 36	MIN. 36
Características del material que pasa el tamiz N° 40											
LÍMITE LÍQUIDO				MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	MAX. 6	MAX. 6	N.P.	MAX. 10	MAX. 10	MIN. 11	MIN. 11	MAX. 10	MAX. 10	MIN. 11	MIN. 11
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0	0	0	MAX. 4	MAX. 4	MAX. 8	MAX. 12	MAX. 16	MAX. 20
PRINCIPALES MATERIALES CONSTITUYENTES	GRAVAS Y ARENAS		ARENAS FINAS	GRAVAS Y ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS				SUELOS LIMOSOS	SUELOS ARCILLOSOS		

Figura 73: Clasificación de suelos según AASHTO de la Arena de Sílice (AS-2)

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

$$IG = (28.70 - 35)(0.2 + 0.005(0 - 40)) + 0.01(28.70 - 15)(0 - 10)$$

$$IG = 0$$

Figura 74: Cálculo del Índice de Grupo de la Arena de Sílice (AS-2)

**Por lo Tanto la clasificación AASHTO es:**

- **A-2-4 (0) = MATERIALES GRANULARES CON PARTICULAS FINAS LIMOSAS**

### Arena de Sílice (AS-3)

Tabla 66: Datos granulométricos para la clasificación AASHTO de la Arena de Sílice (AS-3)

ARENA DE SILICE (AS-3)	
TAMAÑO (MM)	% QUE PASA
N° 40 (0.425)	88.00%
N° 200 (0.075)	40.10%

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 67: Datos de los límites de consistencia para la clasificación AASHTO de la Arena de Sílice (AS-3)

ARENA DE SILICE (AS-1)	
LÍMITE LÍQUIDO (LL)	NP
LÍMITE PLÁSTICO (LP)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	-
F	40.10%

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

CLASIFICACIÓN GENERAL	SUELOS GRANULARES (MAX. 35% PASA LA MALLA N° 200)							SUELOS LIMO - ARCILLA (MAS 35% PASA LA MALLA N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
SUBGRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
% QUE PASA TAMIZ N° 10 N°40 N° 200	MAX. 50 MAX. 30 MAX. 15	MAX. 50 MAX. 25	MIN. 51 MAX. 10	MAX. 35	MAX. 35	MAX. 35	MAX. 35	MIN. 36	MIN. 36	MIN. 36	MIN. 36
Características del material que pasa el tamiz N° 40											
LÍMITE LÍQUIDO				MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	MAX. 6	MAX. 6	N.P.	MAX. 10	MAX. 10	MIN. 11	MIN. 11	MAX. 10	MAX. 10	MIN. 11	MIN. 11
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0	0	0	MAX. 4	MAX. 4	MAX. 8	MAX. 12	MAX. 16	MAX. 20
PRINCIPALES MATERIALES CONSTITUYENTES	GRAVAS Y ARENAS		ARENAS FINAS	GRAVAS Y ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS				SUELOS LIMOSOS	SUELOS ARCILLOSOS		

Figura 75: Clasificación de suelos según AASHTO de la Arena de Sílice (AS-3)

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

$$IG = (40.10 - 35)(0.2 + 0.005(0 - 40)) + 0.01(40.10 - 15)(0 - 10)$$

$$IG = 0$$

Figura 76: Cálculo del Índice de Grupo de la Arena de Sílice (AS-3)

**Por lo Tanto la clasificación AASHTO es:**

- **A-4 (0) = ARENA LIMOSA**

e) Máxima Densidad Seca y Optimo Contenido de Humedad

Arena de Sílice (AS-1)

Tabla 68: *Proctor Modificado de la Arena de Sílice (AS-1)*

ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO					
ENSAYO N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	(gr)	3603.4	3689.1	3753.7	3671.8
Peso molde + base	(gr)	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1857.8	1943.5	2008.1	1926.2
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	941	941	941	941
Densidad Humeda (peso volumétrico humedo)	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.974</b>	<b>2.065</b>	<b>2.134</b>	<b>2.047</b>
Tara N°		C-7	D-1	D-8	D-5
Peso del Suelo Húmedo + Tara	(gr)	163.90	168.90	198.30	188.10
Peso del Suelo Seco +Tara	(gr)	158.83	161.62	187.08	173.25
Peso de Tara	(gr)	40.60	40.64	50.28	44.48
Peso de agua	(gr)	5.07	7.28	11.22	14.85
Peso del suelo seco	(gr)	118.23	120.98	136.80	128.77
Contenido de Humedad	(%)	4.29	6.02	8.20	11.53
Densidad Seca (peso volumétrico seco)	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.893</b>	<b>1.948</b>	<b>1.972</b>	<b>1.835</b>
<b>Densidad máxima</b>				(gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1.974</b>
<b>Húmedad óptima</b>				(%)	<b>7.85</b>

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

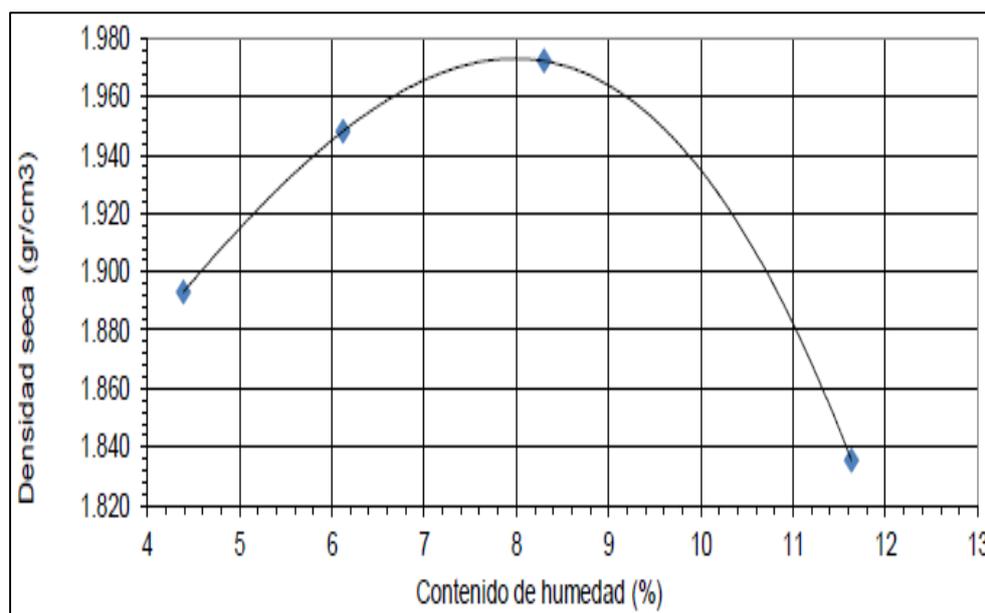


Figura 77: Relación Humedad – Densidad, de la Arena de Sílice (AS-1)

## Arena de Sílice (AS-2)

Tabla 69: Proctor Modificado de la Arena de Sílice (AS-2)

ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO						
ENSAYO N°		1	2	3	4	5
Número de Capas		5	5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	(gr)	3525.0	3612.1	3724.7	3754.8	3692.4
Peso molde + base	(gr)	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1779.4	1866.5	1979.1	2009.2	1946.8
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	941	941	941	941	941
Densidad Humeda (peso volumétrico humedo)	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.891</b>	<b>1.984</b>	<b>2.103</b>	<b>2.135</b>	<b>2.069</b>
Tara N°		D-4	D-5	D-6	D-8	D-17
Peso del Suelo Húmedo + Tara	(gr)	173.89	158.92	168.31	168.13	156.18
Peso del Suelo Seco + Tara	(gr)	169.85	153.45	160.25	158.39	145.85
Peso de Tara	(gr)	40.03	44.48	43.64	50.28	50.18
Peso de agua	(gr)	4.04	5.47	8.06	9.74	10.33
Peso del suelo seco	(gr)	129.82	108.97	116.61	108.11	95.67
Contenido de Humedad	(%)	3.11	5.02	6.91	9.01	10.80
Densidad Seca (peso volumétrico seco)	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.834</b>	<b>1.889</b>	<b>1.967</b>	<b>1.959</b>	<b>1.867</b>
<b>Densidad máxima</b>					(gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1.980</b>
<b>Húmedad óptima</b>					(%)	<b>7.80</b>

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

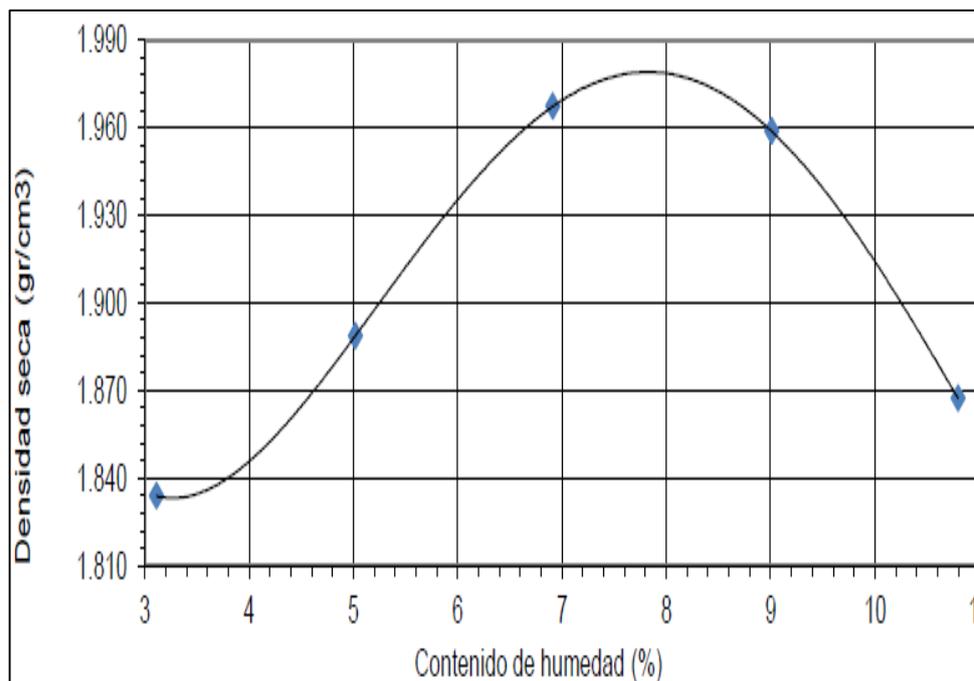


Figura 78: Relación Humedad – Densidad, de la Arena de Sílice (AS-2)

### Arena de Sílice (AS-3)

Tabla 70: Proctor Modificado de la Arena de Sílice (AS-3)

ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO						
ENSAYO N°		1	2	3	4	5
Número de Capas		5	5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	(gr)	3523.6	3658.4	3746.8	3756.7	3709.1
Peso molde + base	(gr)	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1778.0	1912.8	2001.2	2011.1	1963.5
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	941	941	941	941	941
Densidad Humeda (peso volumétrico humedo)	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.889</b>	<b>2.033</b>	<b>2.127</b>	<b>2.137</b>	<b>2.087</b>
Tara N°		N-1	N-2	N-3	N-4	D-15
Peso del Suelo Húmedo + Tara	(gr)	146.50	149.54	142.32	141.22	154.13
Peso del Suelo Seco +Tara	(gr)	143.35	143.64	135.26	132.40	141.85
Peso de Tara	(gr)	38.95	39.58	39.45	38.95	39.01
Peso de agua	(gr)	3.15	5.90	7.06	8.82	12.28
Peso del suelo seco	(gr)	104.40	104.06	95.81	93.45	102.84
Contenido de Humedad	(%)	3.02	5.67	7.37	9.44	11.94
Densidad Seca (peso volumétrico seco)	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.834</b>	<b>1.924</b>	<b>1.981</b>	<b>1.953</b>	<b>1.864</b>
Densidad máxima					(gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1.982</b>
Húmedad óptima					(%)	<b>7.83</b>

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

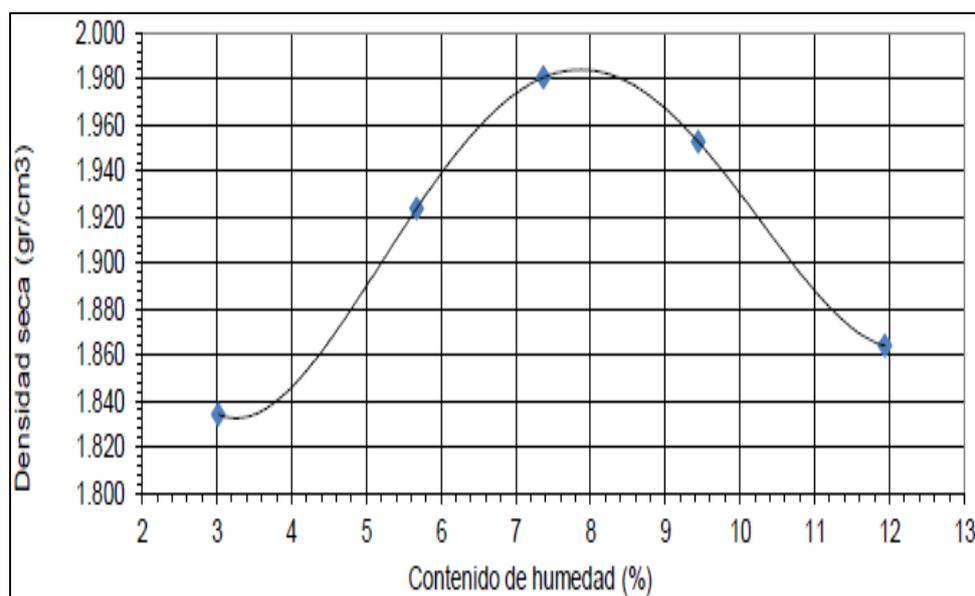


Figura 79: Relación Humedad – Densidad, de la Arena de Sílice (AS-1)

f) Capacidad de Soporte (CBR)

Arena de Sílice (AS-1)

Tabla 71: Compactación para CBR de la Arena de Sílice (AS-1)

COMPACTACIÓN						
Molde N°	M-F		M-B		M-D	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	55		26		12	
Condición de la muestra	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9,175	9,240	8,910	9,080	8,985	9,000
Peso de molde (g)	4,676	4,605	4,628	4,675	4,990	4,680
Peso del suelo húmedo (g)	4,499	4,635	4,282	4,405	3,995	4,320
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,115.8	2,115.8	2,116.9	2,116.9	2,119.8	2,119.8
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.13	2.19	2.02	2.08	1.89	2.04
% de humedad	7.83	18.13	7.84	19.49	7.86	19.73
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.97	1.85	1.88	1.74	1.75	1.70
Tara (N°)	D-9	R-1	D-7	G-1	D-13	E-9
Peso suelo húmedo + tara (g)	145.63	73.78	158.18	82.24	136.65	99.20
Peso suelo seco + tara (g)	138.38	65.32	149.79	72.12	129.91	86.57
Peso de tara (g)	45.74	18.66	42.78	20.20	44.16	22.56
Peso de agua (g)	7.25	8.46	8.39	10.12	6.74	12.63
Peso de suelo seco (g)	92.64	46.66	107.01	51.92	85.75	64.01
Contenido de humedad (%)	7.83	18.13	7.84	19.49	7.86	19.73

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 72: Penetración CBR de la Arena de Sílice (AS-1)

PENETRACION									
PENETRACION PULG	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	KG	LBS	LBS/PULG <sup>2</sup>	KG	LBS	LBS/PULG <sup>2</sup>	KG	LBS	LBS/PULG <sup>2</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	12.80	28.22	8.98	5.00	11.02	3.51	4.90	10.80	3.44
0.05	51.90	114.42	36.42	25.70	56.66	18.03	18.80	41.45	13.19
0.08	96.00	211.64	67.37	58.00	127.87	40.70	46.90	103.40	32.91
0.10	146.70	323.41	102.95	103.40	227.96	72.56	65.90	145.28	46.25
0.15	213.40	470.46	149.75	158.60	349.65	111.30	100.50	221.56	70.53
0.20	278.30	613.54	195.30	214.70	473.33	150.66	135.50	298.72	95.09
0.25	341.60	753.09	239.72	268.30	591.49	188.28	172.30	379.85	120.91
0.30	395.00	870.82	277.19	315.70	695.99	221.54	199.80	440.48	140.21
0.40	475.80	1048.95	333.89	378.30	834.00	265.47	249.10	549.17	174.81
0.50	524.30	1155.87	367.92	426.00	939.16	298.94	285.00	628.31	200.00

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 73: Expansión de la Arena de Sílice (AS-1)

TIEMPO	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
HORAS	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
24.00	8.00	0.203	0.17	10.20	0.259	0.22	23.50	0.597	0.00
48.00	10.10	0.257	0.22	15.50	0.394	0.34	25.00	0.635	0.00
72.00	12.50	0.318	0.27	18.00	0.457	0.39	27.20	0.691	0.00
96.00	13.50	0.343	0.29	18.50	0.470	0.40	27.50	0.699	1.08

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 74: Valor relativo de soporte CBR de la Arena de Sílice (AS-1)

%MDS	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	a 2.5 mm de Penetracion	a 5.0 mm de Penetracion
CBR al 100%	1.777	3.90 %	5.58 %
CBR al 95%	1.688	2.80 %	4.00 %

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

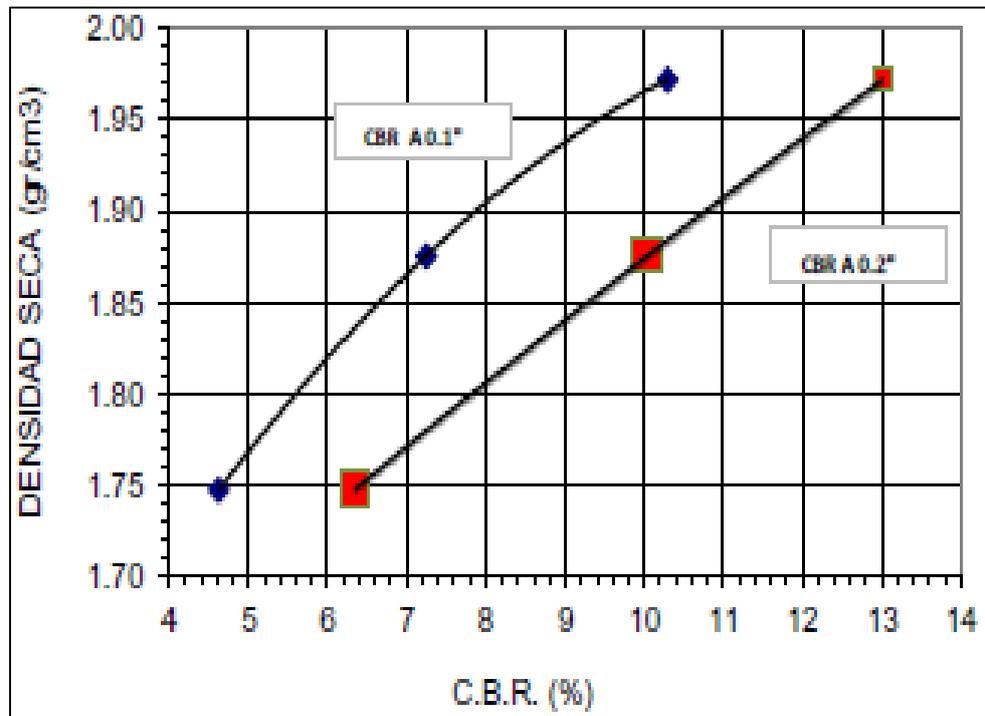


Figura 80: Curva de CBR de la Arena de Sílice (AS-1)

## Arena de Sílice (AS-2)

Tabla 75: Compactación para CBR de la Arena de Sílice (AS-2)

COMPACTACIÓN						
Molde N°	M-B		M-2		M-D	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	055		026		012	
Condición de la muestra	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9,200	9,210	9,350	9,180	8,795	9,090
Peso de molde (g)	4,685	4,605	4,990	4,675	4,676	4,680
Peso del suelo húmedo (g)	4,515	4,605	4,360	4,505	4,119	4,410
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,114	2,114	2,115	2,115	2,116	2,116
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.14	2.18	2.06	2.13	1.95	2.08
Tara (N°)	D-5	A-2	C-7	A-1	C-13	C-9
Peso suelo húmedo + tara (g)	140.23	71.78	141.18	80.14	106.65	103.20
Peso suelo seco + tara (g)	133.38	64.32	134.05	70.20	102.14	87.57
Peso de tara (g)	45.74	18.66	42.78	20.20	44.16	22.56
Peso de agua (g)	6.85	7.46	7.13	9.94	4.51	15.63
Peso de suelo seco (g)	87.64	45.66	91.27	50.00	57.98	65.01
Contenido de humedad (%)	7.82	16.34	7.81	19.88	7.78	24.04

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 76: Penetración CBR de la Arena de Sílice (AS-2)

PENETRACION									
PENETRACION PULG	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	KG	LBS	LBS/PULG <sup>2</sup>	KG	LBS	LBS/PULG <sup>2</sup>	KG	LBS	LBS/PULG <sup>2</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	9.60	21.16	6.74	3.75	8.27	2.63	3.68	8.10	2.58
0.05	48.93	107.86	34.33	21.28	46.90	14.93	19.10	42.11	13.40
0.08	92.00	202.82	64.56	53.50	117.95	37.54	39.18	86.37	27.49
0.10	130.90	288.58	91.86	88.55	195.22	62.14	54.70	120.59	38.39
0.15	193.05	425.60	135.47	135.95	299.72	95.40	79.38	174.99	55.70
0.20	234.73	517.47	164.72	175.03	385.86	122.82	105.63	232.86	74.12
0.25	279.20	615.52	195.93	211.23	465.67	148.23	129.23	284.89	90.68
0.30	316.25	697.20	221.93	236.78	521.99	166.16	149.85	330.36	105.16
0.40	379.85	837.42	266.56	283.73	625.50	199.10	186.83	411.87	131.10
0.50	433.23	955.09	304.01	319.50	704.37	224.21	222.75	491.07	156.31

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 77: Expansión de la Arena de Sílice (AS-2)

TIEMPO	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
HORAS	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
24.00	8.50	0.216	0.18	11.00	0.279	0.24	25.00	0.635	0.00
48.00	12.00	0.305	0.26	16.00	0.406	0.35	27.00	0.686	0.00
72.00	13.50	0.343	0.29	19.00	0.483	0.41	29.00	0.737	0.00
96.00	14.20	0.361	0.31	20.00	0.508	0.40	30.00	0.762	1.08

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 78: Valor relativo de soporte CBR de la Arena de Sílice (AS-2)

%MDS	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	a 2.5 mm de Penetracion	a 5.0 mm de Penetracion
CBR al 100%	1.98	9.20 %	10.98 %
CBR al 95%	1.881	5.00 %	7.30 %

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

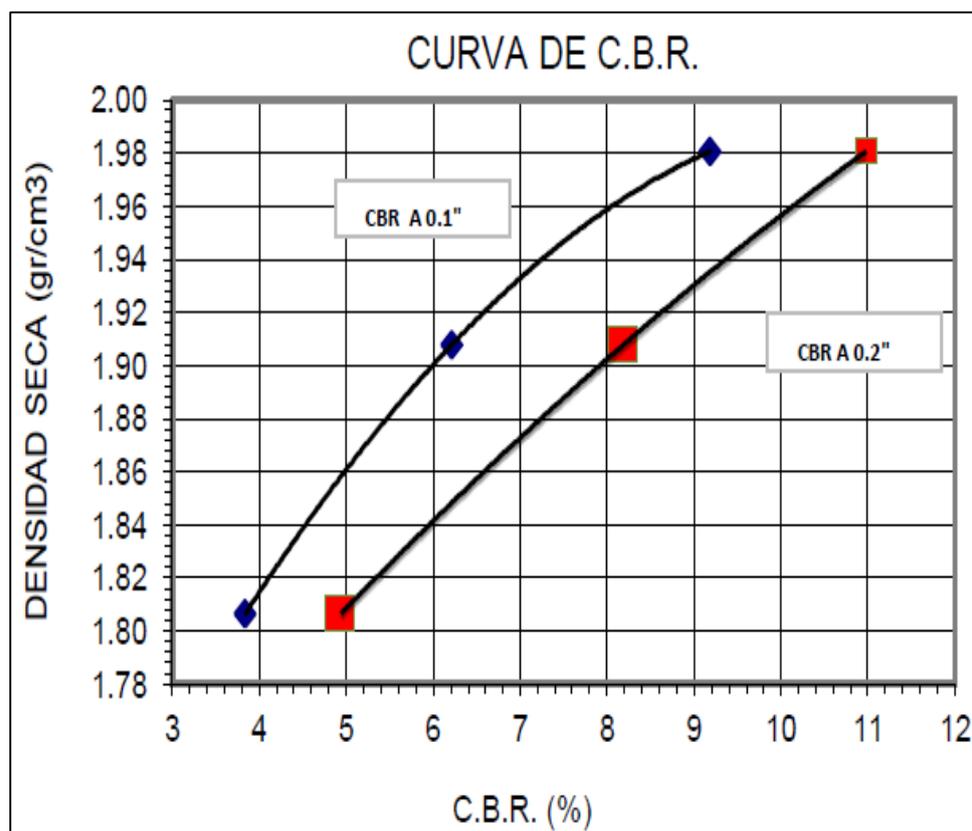


Figura 81: Curva de CBR de la Arena de Sílice (AS-2)

### Arena de Sílice (AS-3)

Tabla 79: Compactación para CBR de la Arena de Sílice (AS-3)

COMPACTACIÓN						
Molde N°	M-C		M-F		M-E	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	055		026		012	
Condición de la muestra	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9,220	9,240	8,950	9,080	8,845	9,000
Peso de molde (g)	4,703	4,605	4,603	4,675	4,675	4,680
Peso del suelo húmedo (g)	4,517	4,635	4,347	4,405	4,170	4,320
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,114	2,114	2,115	2,115	2,116	2,116
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.14	2.19	2.06	2.08	1.97	2.04
Tara (N°)	D-1	A-2	C-5	C-1	D-11	E-9
Peso suelo húmedo + tara (g)	125.63	73.78	175.18	82.24	156.53	99.20
Peso suelo seco + tara (g)	118.08	65.32	164.79	72.12	147.02	86.57
Peso de tara (g)	22.12	18.66	32.15	20.20	25.26	22.56
Peso de agua (g)	7.55	8.46	10.39	10.12	9.51	12.63
Peso de suelo seco (g)	95.96	46.66	132.64	51.92	121.76	64.01
Contenido de humedad (%)	7.87	18.13	7.83	19.49	7.81	19.73

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 80: Datos de la penetración CBR de la Arena de Sílice (AS-3)

PENETRACION									
PENETRACION PULG	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	KG	LBS	LBS/PULG <sup>2</sup>	KG	LBS	LBS/PULG <sup>2</sup>	KG	LBS	LBS/PULG <sup>2</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	9.60	21.16	6.74	3.75	8.27	2.63	3.68	8.10	2.58
0.05	48.93	107.86	34.33	21.28	46.90	14.93	19.10	42.11	13.40
0.08	92.00	202.82	64.56	53.50	117.95	37.54	39.18	86.37	27.49
0.10	130.90	288.58	91.86	88.55	195.22	62.14	54.70	120.59	38.39
0.15	193.05	425.60	135.47	135.95	299.72	95.40	79.39	174.99	55.70
0.20	234.73	517.47	164.72	175.03	385.86	122.82	105.63	232.86	74.12
0.25	279.20	615.52	195.93	211.23	465.67	148.23	129.33	284.89	90.68
0.30	316.25	697.20	221.93	236.78	521.99	166.16	149.85	330.36	105.16
0.40	379.85	837.42	266.56	283.73	625.50	199.10	186.83	411.87	131.10
0.50	433.23	955.09	304.01	319.50	704.37	224.21	222.75	491.08	156.31

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 81: Expansión de la Arena de Sílice (AS-3)

TIEMPO	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
HORAS	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
24.00	8.50	0.216	0.18	11.00	0.279	0.24	25.00	0.635	0.00
48.00	12.00	0.305	0.26	16.00	0.406	0.35	27.00	0.686	0.00
72.00	13.50	0.343	0.29	19.00	0.483	0.41	29.00	0.737	0.00
96.00	14.20	0.361	0.31	20.00	0.508	0.43	30.00	0.762	1.08

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 82: Valor relativo de soporte CBR de la Arena de Sílice (AS-3)

%MDS	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	a 2.5 mm de Penetracion	a 5.0 mm de Penetracion
CBR al 100%	1.982	11.60 %	14.70 %
CBR al 95%	1.883	7.50 %	10.40 %

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

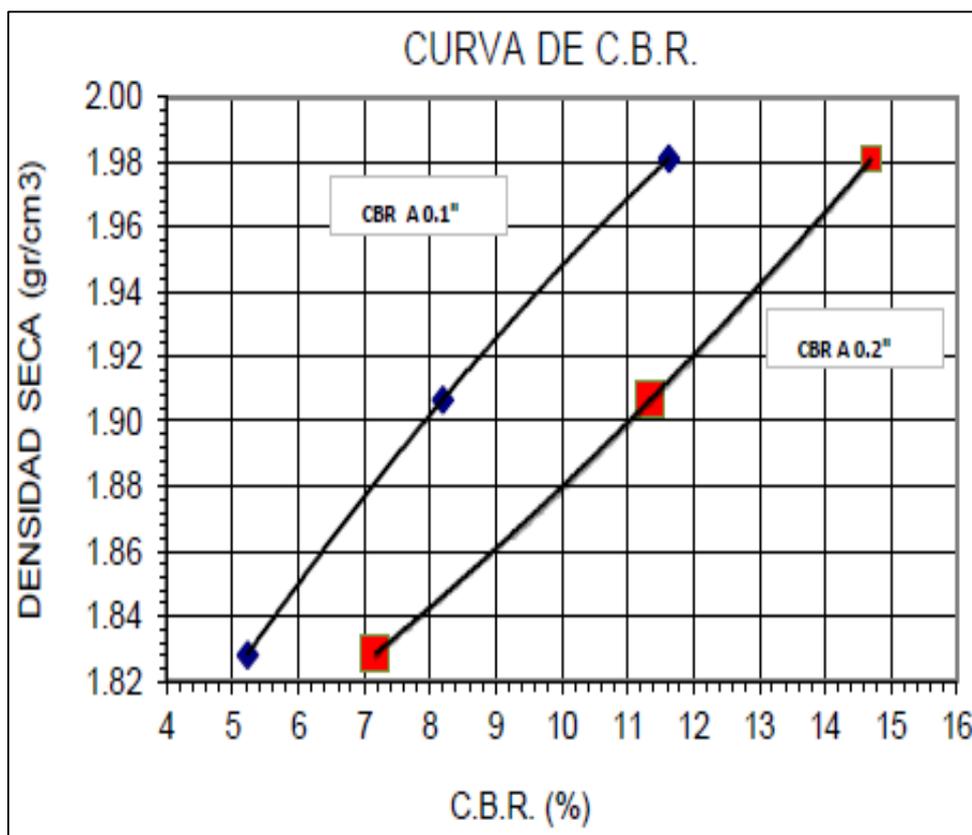


Figura 82: Curva de CBR de la Arena de Sílice (AS-3)

#### 4.2.3. Potencia del material de Arena de Sílice

Para determinar el volumen con que se cuenta del material de Arena de Sílice fue necesario realizar un levantamiento topográfico, el cual se hizo el levantamiento del depósito de Arena de Sílice ubicado en el km: 27+600.00 y de la cantera de Arena de Sílice ubicado en el km: 28+500 que se muestra en el Anexo 05, para lo cual mediante el trabajo de gabinete y el procesamiento de datos es que se determinó su volumen el cual se muestra a continuación:

Tabla 83: *Calculo del volumen de la Cantera de Arena de Sílice ubicado en el KM 28+500*

LONGITUD TOTAL		82 M.	M3.	LONG.	M3.
Totales de Movimiento de Tierras (m3.):			<b>58,747.53</b>	82.29	<b>58,747.53</b>
ESTACA METROS	AREA DE CORTE	AREA DE RELLENO	Tipo de Suelo	MATERIAL SUELTO (ARENA DE SILICE)	VOLUMEN DISPONIBLE
0	225.844	0.000	1		
10	762.176	0.000	1	4,940.10	4,940.10
20	895.495	0.000	1	8,288.36	8,288.36
30	923.956	0.000	1	9,097.26	9,097.26
40	865.721	0.000	1	8,948.39	8,948.39
50	799.993	0.000	1	8,328.57	8,328.57
60	722.750	0.000	1	7,613.72	7,613.72
70	588.407	0.000	1	6,555.79	6,555.79
80	287.513	0.000	1	4,379.60	4,379.60
82.29	232.809	0.000	1	595.77	595.77
<b>Totales de Movimiento de Tierras (m3.):</b>				<b>58,747.53</b>	<b>58,747.53</b>

Fuente: *Elaboración propia*

#### **Por lo Tanto:**

Volumen calculado de la Cantera de Arena de Sílice: **58747.53 m3**

Tabla 84: *Calculo del volumen del depósito de Arena de Sílice ubicado en el KM 27+600*

LONGITUD TOTAL :		40 M.	M3.	LONG.	M3.
Totales de Movimiento de Tierras (m3.):			<b>9,409.70</b>	40.21	<b>9,409.70</b>
ESTACA METROS	AREA DE CORTE	AREA DE RELLENO	Tipo de Suelo	MATERIAL SUELTO (ARENA DE SILICE)	VOLUMEN DISPONIBLE
0	0.000	0.000	1		
5	144.985	0.000	1	362.46	362.46
10	277.035	0.000	1	1,055.05	1,055.05
15	295.157	0.000	1	1,430.48	1,430.48
20	295.784	0.000	1	1,477.35	1,477.35
25	299.806	0.000	1	1,488.98	1,488.98
30	299.467	0.000	1	1,498.18	1,498.18
35	265.830	0.000	1	1,413.24	1,413.24
40	7.332	0.000	1	682.91	682.91
40.21	2.655	0.000	1	1.05	1.05
<b>Totales de Movimiento de Tierras (m3.):</b>			<b>9,409.70</b>		<b>9,409.70</b>

Fuente: *Elaboración propia*

**Por lo Tanto:**

Volumen calculado en el depósito de Arena de Sílice: **9409.70 m3**

4.3. Análisis de las combinaciones Arena de Sílice + material de Subrasante

4.3.1. Combinaciones realizadas

Teniendo en cuenta que la presente tesis está enfocado en analizar el efecto del uso de la arena de sílice en la estabilización de la subrasante, se realizó las combinaciones de los materiales como muestras para

realizar los ensayos, la dosificación en porcentajes de las combinaciones fueron del 10%, 20%, 30%, 40%, 50% y 60%, estos porcentajes nos indican el peso de arena de sílice del total que estará presente en las respectivas combinaciones, por lo tanto para el procesamiento y presentación de los resultados de datos, tablas y figuras, se le dio la nomenclatura siguiente; C-10%, C-20%, C-30%, C-40%, C-50% y C-60%.

Tabla 85: *Nomenclatura para las muestras*

MATERIAL	DESCRIPCION	MATERIAL DE SUBRASANTE	ARENA DE SILICE
		PESO.	PESO.
• Combinación	C-10%	90.00 %	10.00 %
• Combinación	C-20%	80.00 %	20.00 %
• Combinación	C-30%	70.00 %	30.00 %
• Combinación	C-40%	60.00 %	40.00 %
• Combinación	C-50%	50.00 %	50.00 %
• Combinación	C-60%	40.00 %	60.00 %

Fuente: Elaboración propia

En el proceso de realizar las combinaciones, los materiales previamente se secaron, cabe indicar que las combinaciones no tienen humedad natural por que ya son materiales seleccionados con intencionalidad, para realizar las combinaciones según las distintas dosificaciones en porcentajes, se realizó previamente un cuarteo general de los dos materiales; tanto la arena de sílice y el material de subrasante, con la intención de tener muestras representativas y uniformes y a medida que se necesite tener la facilidad de utilizarlo inmediatamente.

#### 4.3.2. Características generales de las Combinaciones

##### a) Resultado general de las combinaciones

Tabla 86: *Características generales de las combinaciones*

ENSAYOS GENERALES	NORMA	C-10%	C-20%	C-30%	C-40%	C-50%	C-60%
Contenido de Humedad	MTCE 108	-	-	-	-	-	-
Límite Líquido	MTCE 110	35.30%	31.25%	28.88%	27.65%	25.15%	22.86%
Límite Plástico	MTCE 111	22.63%	21.54%	NP	NP	NP	NP
Índice de Plasticidad	MTCE 111	12.67%	9.72%	-	-	-	-
Clasificación SUCS	NTP 339.135	CL	CL	ML	ML	SP-SM	ML
Clasificación AASHTO	NTP 339.134	A-6 (9)	A-4 (6)	A-4 (0)	A-4 (0)	A-3 (0)	A-4 (0)
Proctor Modificado M.D.S (grs/cm <sup>3</sup> )	MTCE 115	1.798 gr/cm <sup>3</sup>	1.840 gr/cm <sup>3</sup>	1.874 gr/cm <sup>3</sup>	1.900 gr/cm <sup>3</sup>	1.954 gr/cm <sup>3</sup>	1.938 gr/cm <sup>3</sup>
OCH	MTCE 115	15.20%	14.10%	12.70%	11.60%	11.10%	10.60%
C.B.R. para el 95% de la M.D.S a 0.1"	MTCE 132	3.70%	5.00%	6.40%	8.30%	15.50%	10.80%

*Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de los ensayos*

Las combinaciones de Arena de Sílice más material de Subrasante en sus respectivas dosificaciones en porcentajes C-10%, C-20%, C-30%, C-40%, C-50% y C-60%, respectivamente, han sido descritos y clasificados de acuerdo a la metodología de construcción de vías, la clasificación se ha dado mediante el método AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) y el método SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), por lo que se presenta el cuadro consolidado de las nuevas características del material de subrasante con la combinación de arena de sílice muestreado de la cantera y el depósito, por lo que se ha realizado en el laboratorio de suelos los ensayos para precisar sus nuevas características respecto al contenido de humedad, los límites de consistencia (Limite Líquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad), así mismo se realizó el ensayo de proctor modificado para poder establecer la Máxima Densidad Seca del material de subrasante y su Optimo Contenido de Humedad, y para finalizar se ha realizado el ensayo de Capacidad de Soporte (CBR) al 95% de la Máxima Densidad

Seca a una penetración de 0.1", de los cuales según las categorías de subrasante se ha tenido como resultado material con un CBR máximo de 15.5 % el cual es un material de subrasante buena.

b) Granulometría

Combinación C-10%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 87: Granulometría de la combinación C-10%

GRANULOMETRIA												
MALLAS	% QUE PASA											
	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	N° 4	N° 10	N° 20	N° 40	N° 60	N° 100	N° 200	
<b>MATERIAL DE SUBRASANTE</b>	A	100.0	98.6	98.2	97.2	97.0	96.4	96.0	95.5	94.7	90.5	86.5
<b>ARENA DE SILICE</b>	B	100.0	100.0	98.1	96.5	95.7	92.9	90.7	88.6	71.0	30.9	27.6

COMBINACION C-10%											
MALLAS	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	N° 4	N° 10	N° 20	N° 40	N° 60	N° 100	N° 200
<b>0.90 X A</b>	90.0	88.7	88.4	87.5	87.3	86.8	86.4	86.0	85.2	81.5	77.9
<b>0.10 X B</b>	10.0	10.0	9.8	9.7	9.6	9.3	9.1	8.9	7.1	3.1	2.8
<b>Σ</b>	100.0	98.7	98.2	97.1	96.9	96.1	95.5	94.8	92.3	84.5	80.6

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

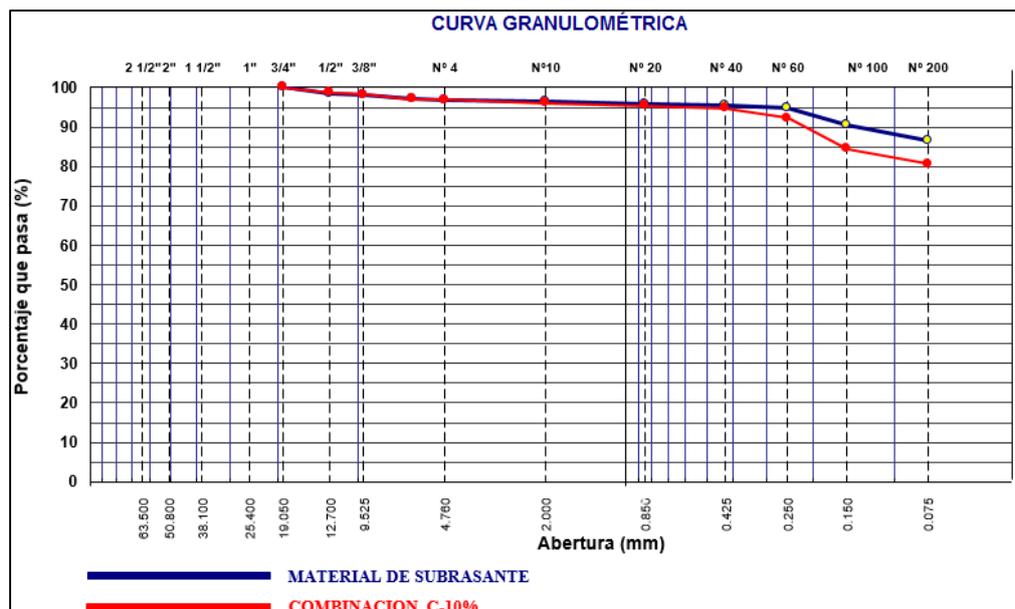


Figura 83: Curva granulométrica de la combinación C-10%

Combinación C-20%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 88: Granulometría de la combinación C-20%

GRANULOMETRIA												
MALLAS	% QUE PASA											
	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	Nº 4	Nº 10	Nº 20	Nº 40	Nº 60	Nº 100	Nº 200	
<b>MATERIAL DE SUBRASANTE</b>	A	100.0	98.6	98.2	97.2	97.0	96.4	96.0	95.5	94.7	90.5	86.5
<b>ARENA DE SILICE</b>	B	100.0	100.0	98.1	96.5	95.7	92.9	90.7	88.6	71.0	30.9	27.6

COMBINACION C-20%												
MALLAS	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	Nº 4	Nº 10	Nº 20	Nº 40	Nº 60	Nº 100	Nº 200	
<b>0.80 X A</b>	80.0	78.9	78.6	77.8	77.6	77.1	76.8	76.4	75.8	72.4	69.2	
<b>0.20 X B</b>	20.0	20.0	19.6	19.3	19.1	18.6	18.1	17.7	14.2	6.2	5.5	
<b>Σ</b>	100.0	98.9	98.2	97.1	96.7	95.7	94.9	94.1	90.0	78.6	74.7	

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

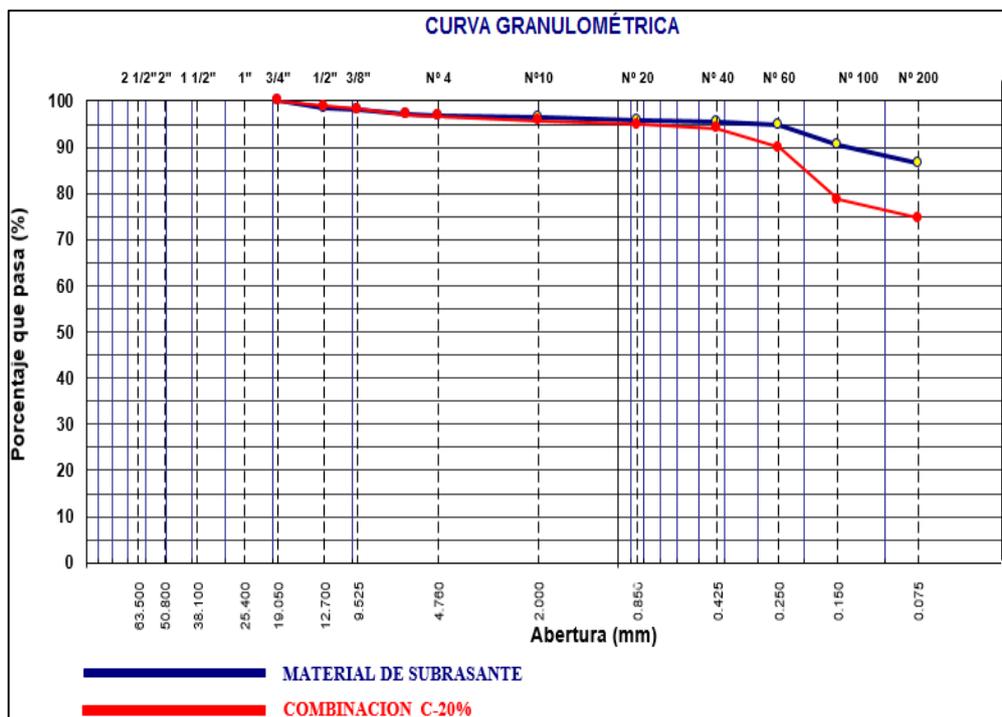


Figura 84: Curva granulométrica de la combinación C-20%

Combinación C-30%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 89: Granulometría de la combinación C-30%

GRANULOMETRIA												
MALLAS		% QUE PASA										
		3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	N° 4	N° 10	N° 20	N° 40	N° 60	N° 100	N° 200
<u>MATERIAL DE SUBRASANTE</u>	A	100.0	98.6	98.2	97.2	97.0	96.4	96.0	95.5	94.7	90.5	86.5
<u>ARENA DE SILICE</u>	B	100.0	100.0	98.1	96.5	95.7	92.9	90.7	88.6	71.0	30.9	27.6

COMBINACION C-30%												
MALLAS		3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	N° 4	N° 10	N° 20	N° 40	N° 60	N° 100	N° 200
<u>0.70 X A</u>		70.0	69.0	68.7	68.0	67.9	67.5	67.2	66.9	66.3	63.4	60.6
<u>0.30 X B</u>		30.0	30.0	29.4	29.0	28.7	27.9	27.2	26.6	21.3	9.3	8.3
$\Sigma$		100.0	99.0	98.2	97.0	96.6	95.4	94.4	93.4	87.6	72.6	68.8

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

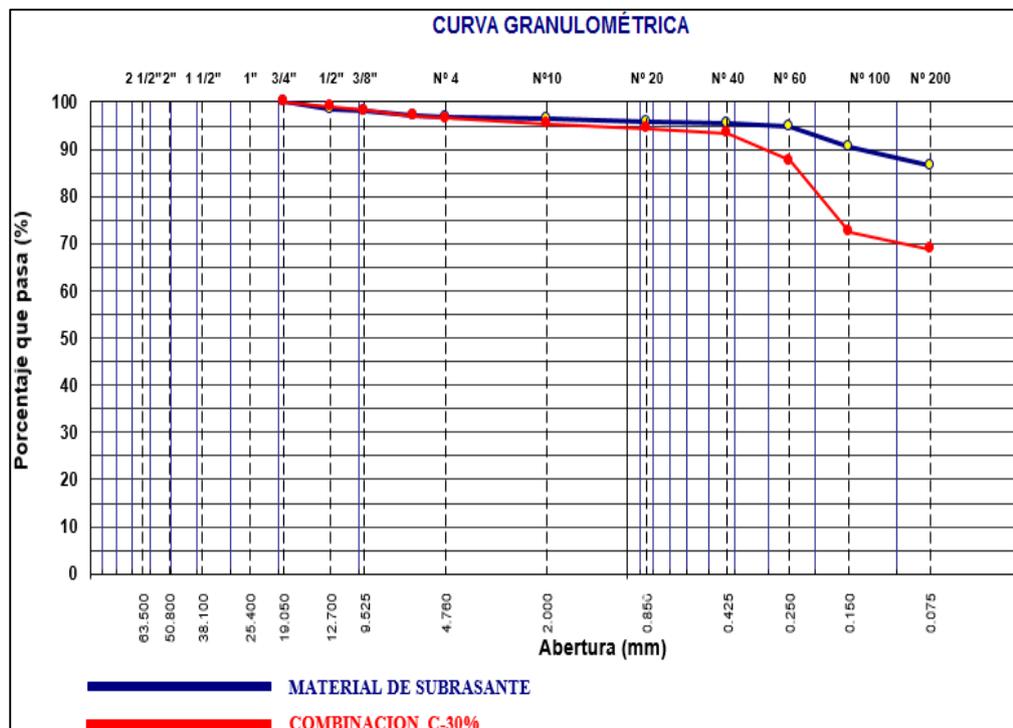


Figura 85: Curva granulométrica de la combinación C-30%

Combinación C-40%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 90: Granulometría de la combinación C-40%

GRANULOMETRIA												
MALLAS		% QUE PASA										
		3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	N° 4	N° 10	N° 20	N° 40	N° 60	N° 100	N° 200
<u>MATERIAL DE SUBRASANTE</u>	A	100.0	98.6	98.2	97.2	97.0	96.4	96.0	95.5	94.7	90.5	86.5
<u>ARENA DE SILICE</u>	B	100.0	100.0	98.1	96.5	95.7	92.9	90.7	88.6	71.0	30.9	27.6

COMBINACION C-40%												
MALLAS		3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	N° 4	N° 10	N° 20	N° 40	N° 60	N° 100	N° 200
<u>0.60 X A</u>		60.0	59.2	58.9	58.3	58.2	57.8	57.6	57.3	56.8	54.3	51.9
<u>0.40 X B</u>		40.0	40.0	39.2	38.6	38.3	37.2	36.3	35.4	28.4	12.4	11.0
$\Sigma$		100.0	99.2	98.2	96.9	96.5	95.0	93.9	92.7	85.2	66.7	62.9

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

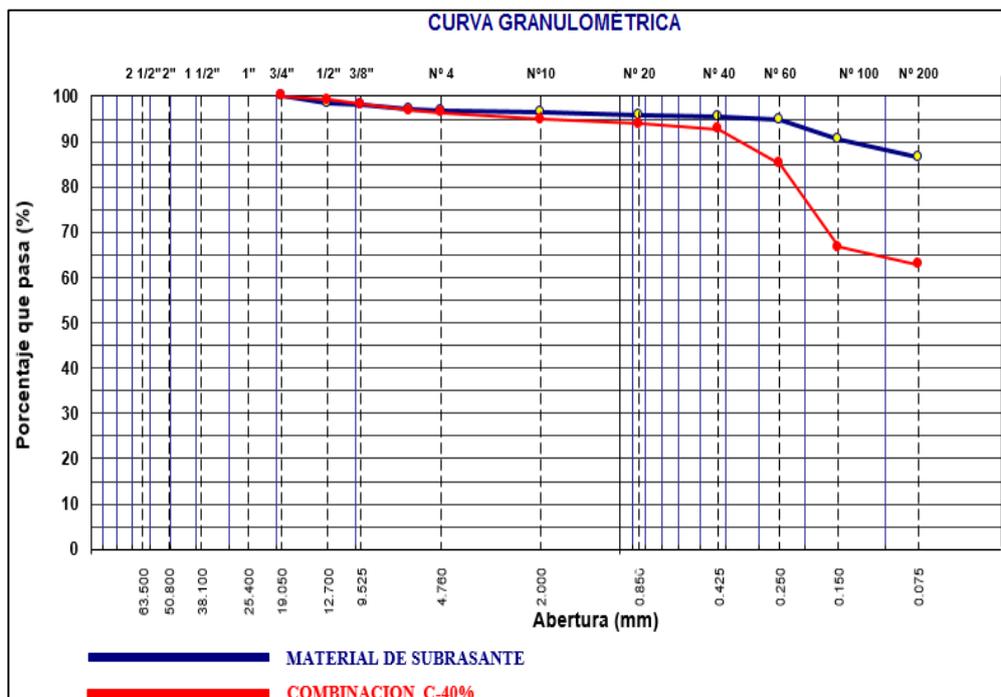


Figura 86: Curva granulométrica de la combinación C-40%

Combinación C-50%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 91: Granulometría de la combinación C-50%

GRANULOMETRIA												
MALLAS		% QUE PASA										
		3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	Nº 4	Nº 10	Nº 20	Nº 40	Nº 60	Nº 100	Nº 200
<b>MATERIAL DE SUBRASANTE</b>	A	100.0	98.6	98.2	97.2	97.0	96.4	96.0	95.5	94.7	90.5	86.5
<b>ARENA DE SILICE</b>	B	100.0	100.0	98.1	96.5	95.7	92.9	90.7	88.6	71.0	30.9	27.6

COMBINACION C-50%												
MALLAS		3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	Nº 4	Nº 10	Nº 20	Nº 40	Nº 60	Nº 100	Nº 200
<b>0.50 X A</b>		50.0	49.3	49.1	48.6	48.5	48.2	48.0	47.8	47.4	45.3	43.3
<b>0.50 X B</b>		50.0	50.0	49.1	48.3	47.9	46.5	45.4	44.3	35.5	15.5	13.8
<b>Σ</b>		100.0	99.3	98.2	96.9	96.4	94.7	93.4	92.1	82.9	60.7	57.1

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

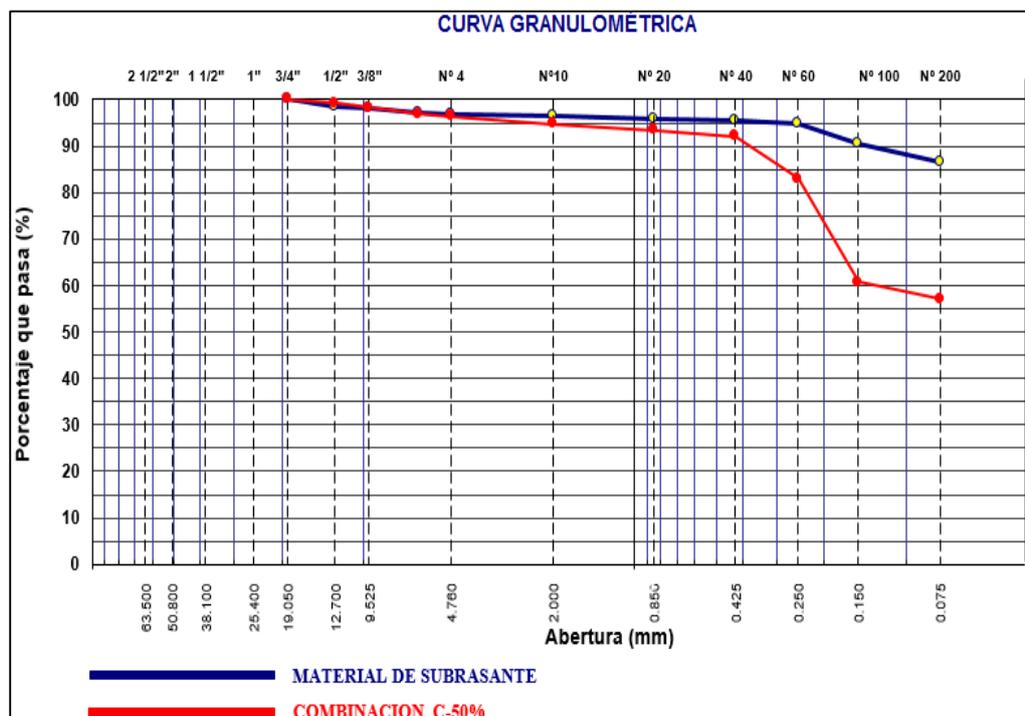


Figura 87: Curva granulométrica de la combinación C-50%

Combinación C-60%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 92: Granulometría de la combinación C-60%

GRANULOMETRIA												
MALLAS		% QUE PASA										
		3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	N° 4	N° 10	N° 20	N° 40	N° 60	N° 100	N° 200
MATERIAL DE SUBRASANTE	A	100.0	98.6	98.2	97.2	97.0	96.4	96.0	95.5	94.7	90.5	86.5
ARENA DE SILICE	B	100.0	100.0	98.1	96.5	95.7	92.9	90.7	88.6	71.0	30.9	27.6

COMBINACION C-60%												
MALLAS		3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	N° 4	N° 10	N° 20	N° 40	N° 60	N° 100	N° 200
<b>0.40 X A</b>		40.0	39.4	39.3	38.9	38.8	38.6	38.4	38.2	37.9	36.2	34.6
<b>0.60 X B</b>		60.0	60.0	58.9	57.9	57.4	55.7	54.4	53.2	42.6	18.5	16.6
<b>Σ</b>		100.0	99.4	98.1	96.8	96.2	94.3	92.8	91.4	80.5	54.7	51.2

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

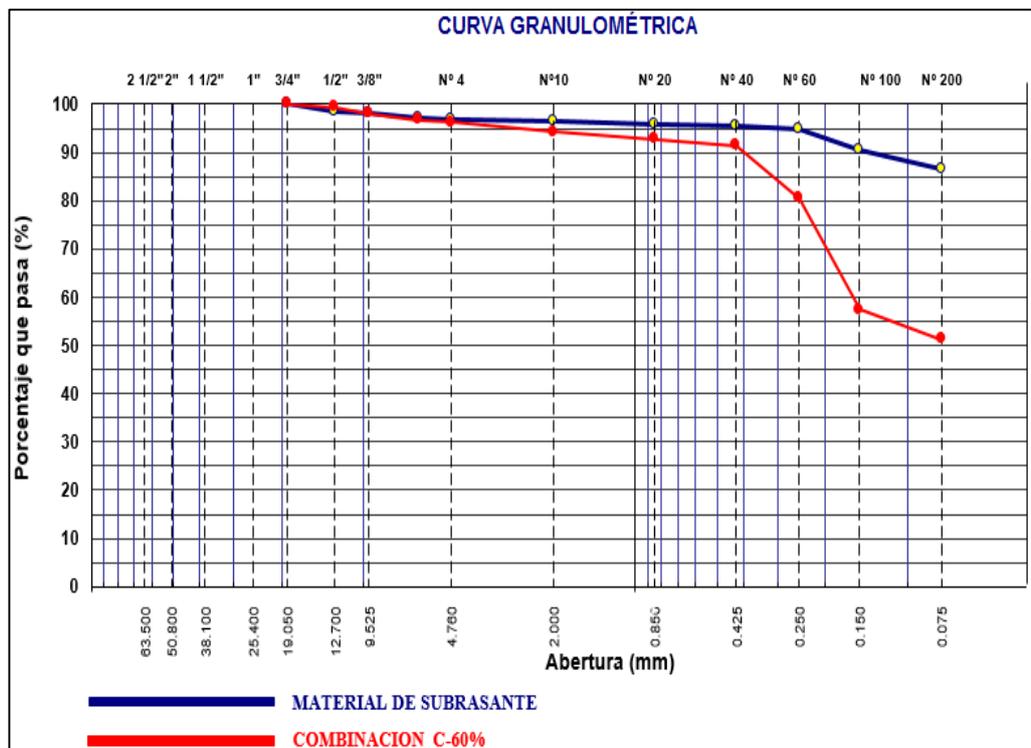


Figura 88: Curva granulométrica de la combinación C-60%

c) Plasticidad

Combinación C-10%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 93: *Limite Líquido de la combinación C-10%*

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)					
Nº DE RECIPIENTE		T-01	T-02	T-03	T-04
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	43.77	42.18	43.69	44.08
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)	38.39	37.21	38.06	38.29
PESO DEL AGUA	(gr)	5.38	4.97	5.63	5.79
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)	22.56	22.74	22.12	22.41
PESO DE L SUELO SECO	(gr)	15.83	14.47	15.94	15.88
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	33.99	34.35	35.32	36.46
NÚMERO DE GOLPES		37	33	26	16

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 94: *Limite Plástico de la combinación C-10%*

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)			
Nº DE RECIPIENTE		T-01	T-02
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	30.96	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)	29.41	
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)	22.56	
PESO DEL AGUA	(gr)	1.55	
PESO DE L SUELO SECO	(gr)	6.85	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	22.63	

N.P.

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

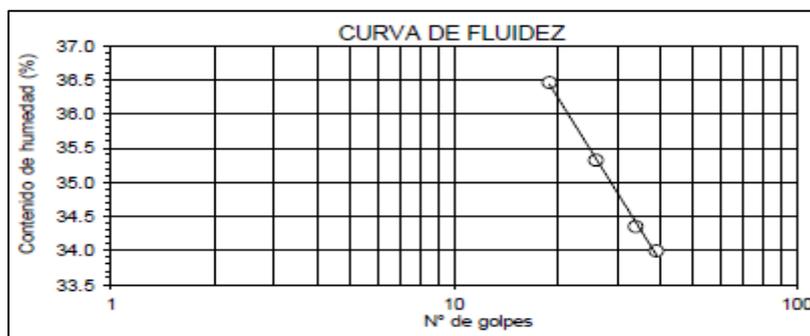


Figura 89: Diagrama de fluidez de la combinación C-10%

Tabla 95: *Índice de Plasticidad de la combinación C-10%*

CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	35.30
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	22.63
INDICE DE PLASTICIDAD	(%)	12.67

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Combinación C-20%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 96: *Límite Líquido de la combinación C-20%*

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)					
Nº DE RECIPIENTE		T-01	T-02	T-03	T-04
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	51.51	47.29	40.22	47.41
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)	44.79	41.37	35.78	41.30
PESO DEL AGUA	(gr)	6.72	5.92	4.44	6.11
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)	22.27	22.14	22.12	22.98
PESO DE L SUELO SECO	(gr)	22.52	19.23	13.66	18.32
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	29.84	30.79	32.50	33.35
NÚMERO DE GOLPES		37	30	19	13

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 97: *Límite Plástico de la combinación C-20%*

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)			
Nº DE RECIPIENTE		T-01	T-02
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	40.32	41.32
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)	37.16	37.45
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)	22.48	19.48
PESO DEL AGUA	(gr)	3.16	3.87
PESO DE L SUELO SECO	(gr)	14.68	17.97
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	21.53	21.54

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

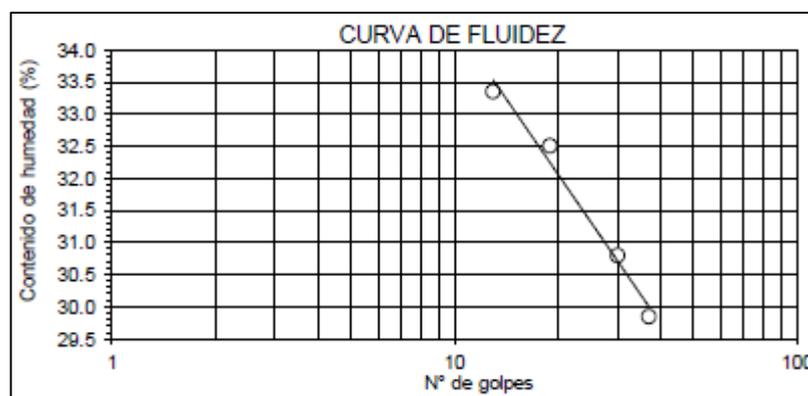


Figura 90: Diagrama de fluidez de la combinación C-20%

Tabla 98: *Índice de Plasticidad de la combinación C-20%*

CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	31.25
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	21.54
INDICE DE PLASTICIDAD	(%)	9.72

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Combinación C-30%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 99: *Limite Líquido de la combinación C-30%*

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)					
N° DE RECIPIENTE		T-01	T-02	T-03	T-04
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	49.30	46.19	47.15	52.82
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)	43.48	41.15	41.67	46.00
PESO DEL AGUA	(gr)	5.82	5.04	5.48	6.82
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)	22.43	23.33	22.63	22.97
PESO DE L SUELO SECO	(gr)	21.05	17.82	19.04	23.03
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	27.65	28.28	28.78	29.61
NÚMERO DE GOLPES		37	30	25	20

*Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio*

Tabla 100: *Limite Plástico de la combinación C-30%*

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)			
N° DE RECIPIENTE		T-01	T-02
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	<b>N.P.</b>	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)		
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)		
PESO DEL AGUA	(gr)		
PESO DE L SUELO SECO	(gr)		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)		

*Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio*

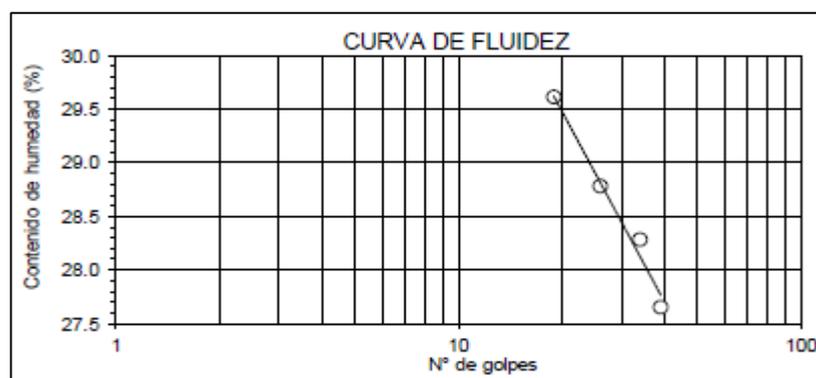


Figura 91: Diagrama de fluidez de la combinación C-30%

Tabla 101: *Índice de Plasticidad de la combinación C-30%*

CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	28.88
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	(%)	---

*Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio*

Combinación C-40%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 102: *Limite Líquido de la combinación C-40%*

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)					
Nº DE RECIPIENTE		T-01	T-02	T-03	T-04
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	47.93	48.96	53.18	58.98
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)	42.68	43.26	46.58	50.85
PESO DEL AGUA	(gr)	5.25	5.70	6.60	8.13
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)	22.49	22.23	23.05	22.91
PESO DE L SUELO SECO	(gr)	20.19	21.03	23.53	27.94
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	26.00	27.10	28.05	29.10
NÚMERO DE GOLPES		38	30	23	17

*Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio*

Tabla 103: *Limite Plástico de la combinación C-40%*

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)			
Nº DE RECIPIENTE		T-01	T-02
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	<b>N.P.</b>	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)		
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)		
PESO DEL AGUA	(gr)		
PESO DE L SUELO SECO	(gr)		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)		

*Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio*

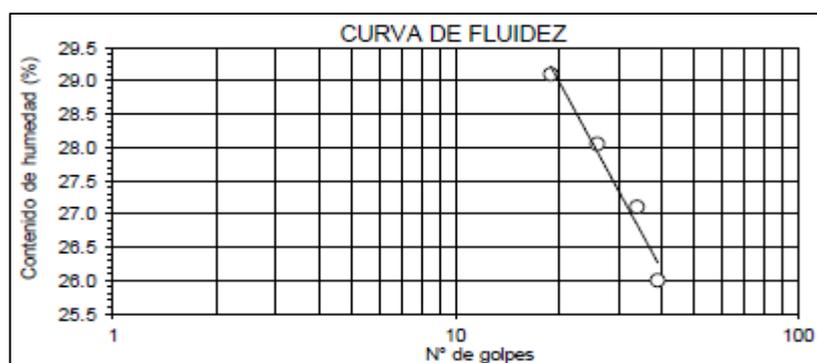


Figura 92: Diagrama de fluidez de la combinación C-40%

Tabla 104: *Índice de Plasticidad de la combinación C-40%*

CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	27.65
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	(%)	---

*Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio*

**Combinación C-50%: Arena de Sílice + Material de Subrasante**

Tabla 105: *Limite Líquido de la combinación C-50%*

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)					
Nº DE RECIPIENTE		T-01	T-02	T-03	T-04
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	48.78	50.12	47.15	48.57
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)	43.78	44.75	42.24	43.02
PESO DEL AGUA	(gr)	5.00	5.37	4.91	5.55
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)	22.52	22.96	23.33	22.58
PESO DE L SUELO SECO	(gr)	21.26	21.79	18.91	20.44
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	23.52	24.64	25.97	27.15
NÚMERO DE GOLPES		38	28	22	14

*Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio*

Tabla 106: *Limite Plástico de la combinación C-50%*

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)			
Nº DE RECIPIENTE		T-01	T-02
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	<b>N.P.</b>	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)		
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)		
PESO DEL AGUA	(gr)		
PESO DE L SUELO SECO	(gr)		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)		

*Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio*

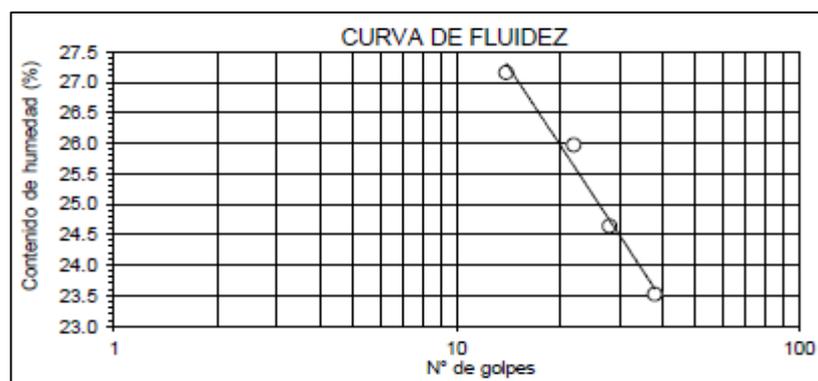


Figura 93: Diagrama de fluidez de la combinación C-50%

Tabla 107: *Índice de Plasticidad de la combinación C-50%*

CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	25.15
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	(%)	----

*Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio*

Combinación C-60%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 108: *Limite Líquido de la combinación C-60%*

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)					
Nº DE RECIPIENTE		T-01	T-02	T-03	T-04
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	57.08	57.11	54.18	56.05
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)	50.78	50.75	48.22	49.60
PESO DEL AGUA	(gr)	6.30	6.36	5.96	6.45
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)	22.19	22.56	22.41	22.40
PESO DE L SUELO SECO	(gr)	28.59	28.19	25.81	27.20
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	22.04	22.56	23.09	23.71
NÚMERO DE GOLPES		38	30	22	16

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 109: *Limite Plástico de la combinación C-60%*

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)			
Nº DE RECIPIENTE		T-01	T-02
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	<b>N.P.</b>	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)		
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)		
PESO DEL AGUA	(gr)		
PESO DE L SUELO SECO	(gr)		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)		

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

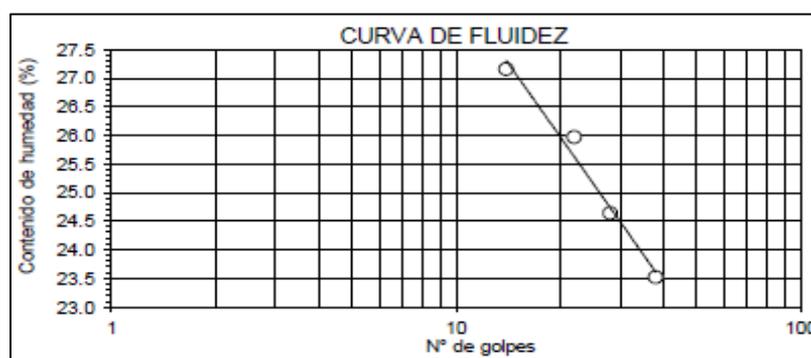


Figura 94: Diagrama de fluidez de la combinación C-60%

Tabla 110: *Índice de Plasticidad de la combinación C-60%*

CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	22.86
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	(%)	---

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

d) Clasificación SUCS y AASHTO

Combinación C-10%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 111: *Clasificación SUCS de la combinación C-10%*

COMBINACIÓN AL 10%		
Límite Líquido (LL)	35.30%	<b>CL</b>
Límite Plástico (LP)	22.63%	
Índice de Plasticidad (IP)	12.67%	

*Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio*

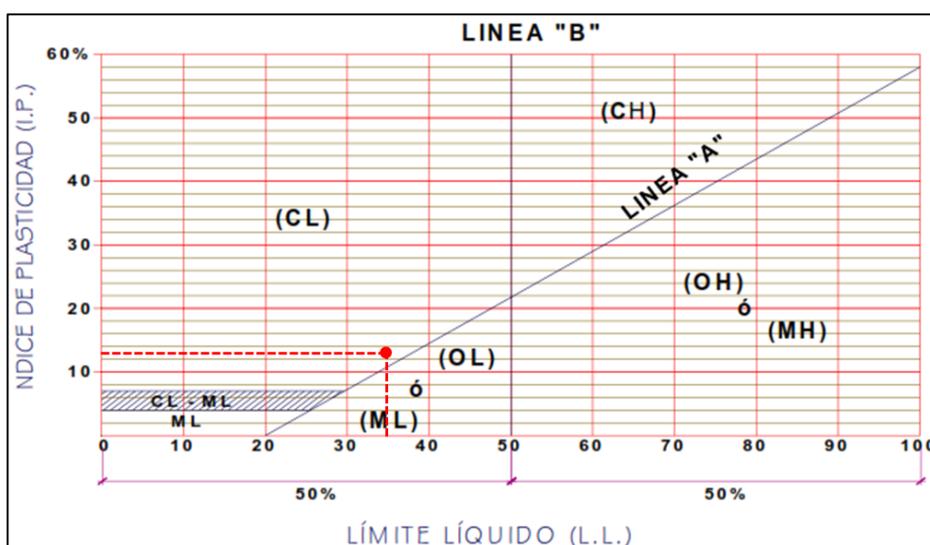


Figura 95: Clasificación SUCS según carta de plasticidad de la combinación C-10%

Por lo Tanto la clasificación SUCS es:

- **CL (ARCILLA LIGERA CON ARENA)**

Combinación C-20%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 112: *Clasificación SUCS de la combinación C-20%*

COMBINACIÓN AL 20%		
Límite Líquido (LL)	31.25%	<b>CL</b>
Límite Plástico (LP)	21.54%	
Índice de Plasticidad (IP)	9.72%	

*Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio*

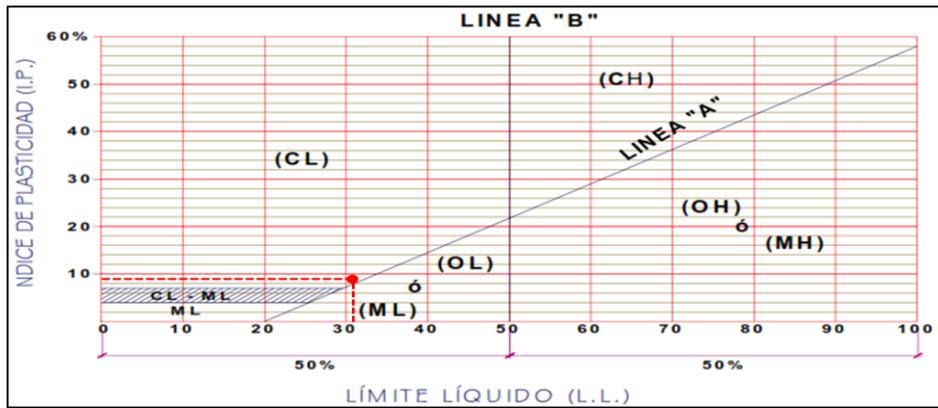


Figura 96: Clasificación SUCS según carta de plasticidad de la combinación C-20%

Por lo Tanto la clasificación SUCS es:

- **CL (ARCILLA LIGERA CON ARENA)**

Combinación C-30%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 113: Clasificación SUCS de la combinación C-30%

COMBINACIÓN AL 30%		ML
Límite Líquido (LL)	28.88%	
Límite Plástico (LP)	NP	
Índice de Plasticidad (IP)	-	

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

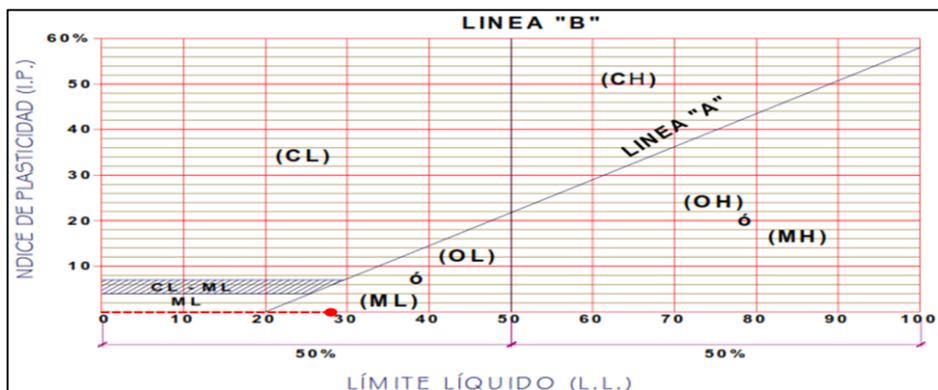


Figura 97: Clasificación SUCS según carta de plasticidad de la combinación C-30%

Por lo Tanto la clasificación SUCS es:

- **ML (LIMO ARENOSO)**

Combinación C-40%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 114: *Clasificación SUCS de la combinación C-40%*

COMBINACIÓN AL 40%		
Límite Líquido (LL)	27.65%	<b>ML</b>
Límite Plástico (LP)	NP	
Índice de Plasticidad (IP)	-	

*Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio*

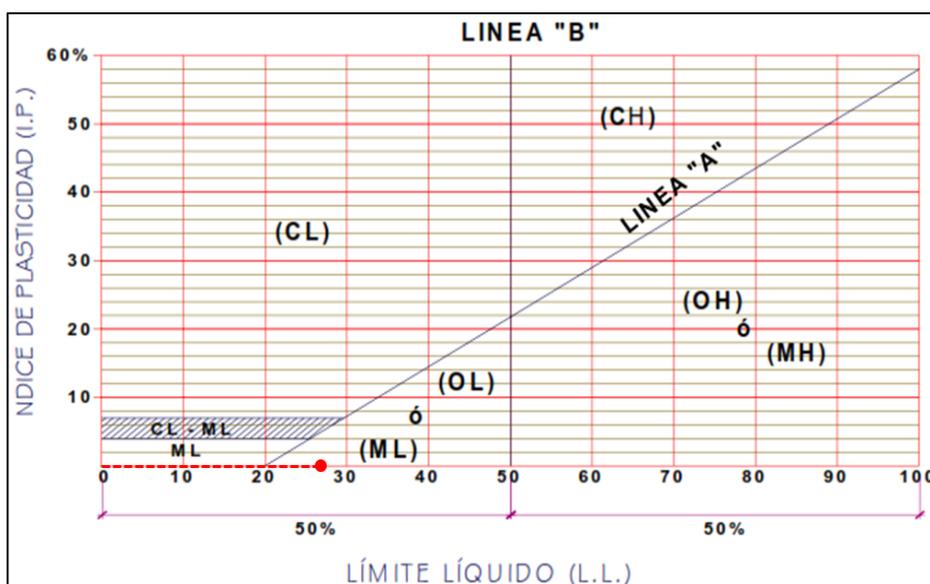


Figura 98: Clasificación SUCS según carta de plasticidad de la combinación C-40%

Por lo Tanto la clasificación SUCS es:

- **ML (LIMO ARENOSO)**

Combinación C-50%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 115: *Clasificación SUCS de la combinación C-50%*

COMBINACIÓN AL 50%		
Límite Líquido (LL)	25.15%	<b>SP - SM</b>
Límite Plástico (LP)	NP	
Índice de Plasticidad (IP)	-	

*Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio*

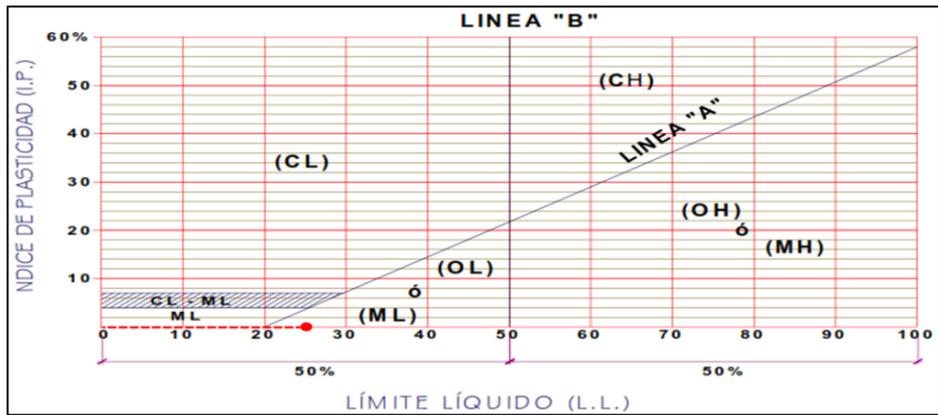


Figura 99: Clasificación SUCS según carta de plasticidad de la combinación C-50%

Por lo Tanto la clasificación SUCS es:

- **SP - SM (ARENA MAL GRADADA CON LIMO)**

Combinación C-60%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 116: Clasificación SUCS de la combinación C-60%

COMBINACIÓN AL 60%		
Límite Líquido (LL)	22.86%	<b>ML</b>
Límite Plástico (LP)	NP	
Índice de Plasticidad (IP)	-	

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

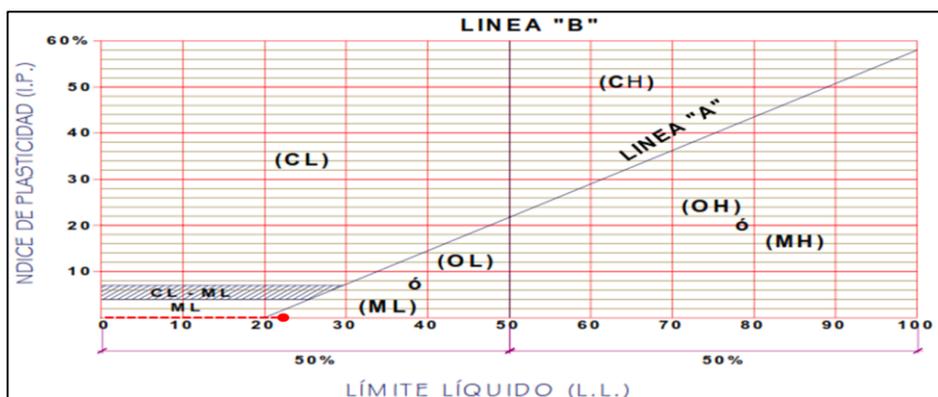


Figura 100: Clasificación SUCS según carta de plasticidad de la combinación C-60%

Por lo Tanto la clasificación SUCS es:

- **ML (LIMO ARENOSO)**

Combinación C-10%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 117: Datos granulométricos para la clasificación AASHTO de la combinación C-10%

COMBINACIÓN AL 10%	
TAMAÑO (MM)	% QUE PASA
N° 40 (0.425)	93.30%
N° 200 (0.075)	78.30%

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 118: Datos de los límites de consistencia para la clasificación AASHTO de la combinación C-10%

COMBINACIÓN AL 10%	
LÍMITE LÍQUIDO (LL)	35.30%
LÍMITE PLÁSTICO (LP)	22.63%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	12.67%
F	78.30%

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

CLASIFICACIÓN GENERAL	SUELOS GRANULARES (MAX. 35% PASA LA MALLA N° 200)							SUELOS LIMO - ARCILLA (MAS 35% PASA LA MALLA N° 200)			
	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7
SUBGRUPOS	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				A - 7 - 5 A - 7 - 6
% QUE PASA TAMIZ N° 10 N° 40 N° 200	MAX. 50 MAX. 30 MAX. 15	MAX. 50 MAX. 25	MIN. 51 MAX. 10	MAX. 35	MAX. 35	MAX. 35	MAX. 35	MIN. 36	MIN. 36	MIN. 36	MIN. 36
Características del material que pasa el tamiz N° 40											
LÍMITE LÍQUIDO				MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	MAX. 6	MAX. 6	N.P.	MAX. 10	MAX. 10	MIN. 11	MIN. 11	MAX. 10	MAX. 10	MIN. 11	MIN. 11
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0	0	0	MAX. 4	MAX. 4	MAX. 8	MAX. 12	MAX. 16	MAX. 20
PRINCIPALES MATERIALES CONSTITUYENTES	GRAVAS Y ARENAS		ARENAS FINAS	GRAVAS Y ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS				SUELOS LIMOSOS		SUELOS ARCILLOSOS	

Figura 101: Clasificación de suelos según AASHTO de la combinación C-10%

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

$$IG = ( 78.30 - 35 )( 0.2 + 0.005 ( 35.30 - 40 ) ) + 0.01 ( 78.30 - 15 )( 12.67 - 10 )$$

$$IG = 9$$

Figura 102: Cálculo del Índice de Grupo de la combinación C-10%

**Por lo Tanto la clasificación AASHTO es:**

- **A-6 (9) = PARTICULAS FINAS LIMOSAS O ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO BAJO**

Combinación C-20%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 119: Datos granulométricos para la clasificación AASHTO de la combinación C-20%

COMBINACIÓN AL 20%	
TAMAÑO (MM)	% QUE PASA
Nº 40 (0.425)	94.70%
Nº 200 (0.075)	73.50%

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 120: Datos de los límites de consistencia para la clasificación AASHTO de la combinación 20%

COMBINACIÓN AL 20%	
LÍMITE LÍQUIDO (LL)	31.25%
LÍMITE PLÁSTICO (LP)	21.54%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	9.72%
F	73.50%

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

CLASIFICACIÓN GENERAL	SUELOS GRANULARES (MAX. 35% PASA LA MALLA Nº 200)							SUELOS LIMO - ARCILLA (MAS 35% PASA LA MALLA Nº 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
SUBGRUPOS											
% QUE PASA TAMIZ Nº 10 Nº40 Nº 200	MAX. 50 MAX. 30 MAX. 15	MAX. 50 MAX. 25	MIN. 51 MAX. 10	MAX. 35	MAX. 35	MAX. 35	MAX. 35	MIN. 36	MIN. 36	MIN. 36	MIN. 36
Características del material que pasa el tamiz Nº 40											
LÍMITE LÍQUIDO				MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	MAX. 6	MAX. 6	N.P.	MAX. 10	MAX. 10	MIN. 11	MIN. 11	MAX. 10	MAX. 10	MIN. 11	MIN. 11
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0	0	0	MAX. 4	MAX. 4	MAX. 8	MAX. 12	MAX. 16	MAX. 20
PRINCIPALES MATERIALES CONSTITUYENTES	GRAVAS Y ARENAS		ARENAS FINAS	GRAVAS Y ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS				SUELOS LIMOSOS	SUELOS ARCILLOSOS		

Figura 103: Clasificación de suelos según AASHTO de la combinación 20%

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

$$IG = (73.50 - 35)(0.2 + 0.005(31.25 - 40)) + 0.01(73.50 - 15)(9.72 - 10)$$

$$IG = 6$$

Figura 104: Cálculo del Índice de Grupo de la combinación 20%

**Por lo Tanto la clasificación AASHTO es:**

- A-4 (6) = PARTICULAS FINOS LIMOSAS

Combinación C-30%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 121: Datos granulométricos para la clasificación AASHTO de la combinación 30%

COMBINACIÓN AL 30%	
TAMAÑO (MM)	% QUE PASA
N° 40 (0.425)	93.80%
N° 200 (0.075)	67.50%

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 122: Datos de los límites de consistencia para la clasificación AASHTO de la combinación 30%

COMBINACIÓN AL 30%	
LÍMITE LÍQUIDO (LL)	28.88%
LÍMITE PLÁSTICO (LP)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	-
F	67.50%

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

CLASIFICACIÓN GENERAL	SUELOS GRANULARES (MAX. 35% PASA LA MALLA N° 200)							SUELOS LIMO - ARCILLA (MAS 35% PASA LA MALLA N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
SUBGRUPOS											
% QUE PASA TAMIZ N° 10 N°40 N° 200	MAX. 50 MAX. 30 MAX. 15	MAX. 50 MAX. 25	MIN. 51 MAX. 10	MAX. 35	MAX. 35	MAX. 35	MAX. 35	MIN. 36	MIN. 36	MIN. 36	MIN. 36
Características del material que pasa el tamiz N° 40 LÍMITE LÍQUIDO ÍNDICE DE PLASTICIDAD				MAX. 40 MAX. 10	MIN. 41 MAX. 10	MAX. 40 MIN. 11	MIN. 41 MIN. 11	MAX. 40 MAX. 10	MIN. 41 MAX. 10	MAX. 40 MIN. 11	MIN. 41 MIN. 11
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0	0	0	MAX. 4	MAX. 4	MAX. 8	MAX. 12	MAX. 16	MAX. 20
PRINCIPALES MATERIALES CONSTITUYENTES	GRAVAS Y ARENAS		ARENAS FINAS	GRAVAS Y ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS				SUELOS LIMOSOS	SUELOS ARCILLOSOS		

Figura 105: Clasificación de suelos según AASHTO de la combinación 30%

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

$$IG = (67.50 - 35)(0.2 + 0.005(28.88 - 40)) + 0.01(67.50 - 15)(0 - 10)$$

$$IG = 0$$

Figura 106: Cálculo del Índice de Grupo de la combinación 30%

**Por lo Tanto la clasificación AASHTO es:**

- **A-4 (0) = PARTICULAS FINOS LIMOSAS**

Combinación C-40%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 123: Datos granulométricos para la clasificación AASHTO de la combinación C-40%

COMBINACIÓN AL 40%	
TAMAÑO (MM)	% QUE PASA
N° 40 (0.425)	93.90%
N° 200 (0.075)	61.80%

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 124: Datos de los límites de consistencia para la clasificación AASHTO de la combinación C-40%

COMBINACIÓN AL 40%	
LÍMITE LÍQUIDO (LL)	27.65%
LÍMITE PLÁSTICO (LP)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	-
F	61.80%

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

CLASIFICACIÓN GENERAL	SUELOS GRANULARES (MAX. 35% PASA LA MALLA N° 200)							SUELOS LIMO - ARCILLA (MAS 35% PASA LA MALLA N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
SUBGRUPOS											
% QUE PASA TAMIZ N° 10 N°40 N° 200	MAX. 50 MAX. 30 MAX. 15	MAX. 50 MAX. 25	MIN. 51 MAX. 10	MAX. 35	MAX. 35	MAX. 35	MAX. 35	MIN. 36	MIN. 36	MIN. 36	MIN. 36
Características del material que pasa el tamiz N° 40											
LÍMITE LÍQUIDO				MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	MAX. 6	MAX. 6	N.P.	MAX. 10	MAX. 10	MIN. 11	MIN. 11	MAX. 10	MAX. 10	MIN. 11	MIN. 11
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0	0	0	MAX. 4	MAX. 4	MAX. 8	MAX. 12	MAX. 16	MAX. 20
PRINCIPALES MATERIALES CONSTITUYENTES	GRAVAS Y ARENAS		ARENAS FINAS	GRAVAS Y ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS				SUELOS LIMOSOS	SUELOS ARCILLOSOS		

Figura 107: Clasificación de suelos según AASHTO de la combinación C-40%

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

$$IG = (61.80 - 35)(0.2 + 0.005(27.65 - 40)) + 0.01(61.80 - 15)(0 - 10)$$

$$IG = 0$$

Figura 108: Cálculo del Índice de Grupo de la combinación C-40%

**Por lo Tanto la clasificación AASHTO es:**

- A-4 (0) = PARTICULAS FINOS LIMOSAS

Combinación C-50%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 125: Datos granulométricos para la clasificación AASHTO de la combinación C-50%

COMBINACIÓN AL 50%	
TAMAÑO (MM)	% QUE PASA
N° 40 (0.425)	85.10%
N° 200 (0.075)	9.20%

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 126: Datos de los límites de consistencia para la clasificación AASHTO de la combinación C-50%

COMBINACIÓN AL 50%	
LÍMITE LÍQUIDO (LL)	25.15%
LÍMITE PLÁSTICO (LP)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	-
F	9.20%

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

CLASIFICACIÓN GENERAL	SUELOS GRANULARES (MAX. 35% PASA LA MALLA N° 200)							SUELOS LIMO - ARCILLA (MAS 35% PASA LA MALLA N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
SUBGRUPOS											A-7-5 A-7-6
% QUE PASA TAMIZ N° 10 N°40 N° 200	MAX. 50 MAX. 30 MAX. 15	MAX. 50 MAX. 25	MIN. 51 MAX. 10	MAX. 35	MAX. 35	MAX. 35	MAX. 35	MIN. 36	MIN. 36	MIN. 36	MIN. 36
Características del material que pasa el tamiz N° 40											
LÍMITE LÍQUIDO				MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	MAX. 6	MAX. 6	N.P.	MAX. 10	MAX. 10	MIN. 11	MIN. 11	MAX. 10	MAX. 10	MIN. 11	MIN. 11
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0	0	0	MAX. 4	MAX. 4	MAX. 8	MAX. 12	MAX. 16	MAX. 20
PRINCIPALES MATERIALES CONSTITUYENTES	GRAVAS Y ARENAS		ARENAS FINAS	GRAVAS Y ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS				SUELOS LIMOSOS		SUELOS ARCILLOSOS	

Figura 109: Clasificación de suelos según AASHTO de la combinación C-50%

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

$$IG = (9.20 - 35)(0.2 + 0.005(25.15 - 40)) + 0.01(9.20 - 15)(0 - 10)$$

$$IG = 0$$

Figura 110: Cálculo del Índice de Grupo de la combinación C-50%

**Por lo Tanto la clasificación AASHTO es:**

- A-3 (0) = ARENA DE GRANULOMETRIA DEFICIENTE

Combinación C-60%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 127: Datos granulométricos para la clasificación AASHTO de la combinación C-60%

COMBINACIÓN AL 60%	
TAMAÑO (MM)	% QUE PASA
N° 40 (0.425)	94.00%
N° 200 (0.075)	51.30%

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 128: Datos de los límites de consistencia para la clasificación AASHTO de la combinación C-60%

COMBINACIÓN AL 60%	
LÍMITE LÍQUIDO (LL)	22.86%
LÍMITE PLÁSTICO (LP)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	-
F	51.30%

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

CLASIFICACIÓN GENERAL	SUELOS GRANULARES (MAX. 35% PASA LA MALLA Nº 200)							SUELOS LIMO - ARCILLA (MAS 35% PASA LA MALLA Nº 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
SUBGRUPOS											
% QUE PASA TAMIZ Nº 10 Nº40 Nº 200	MAX. 50 MAX. 30 MAX. 15	MAX. 50 MAX. 25	MIN. 51 MAX. 10	MAX. 35	MAX. 35	MAX. 35	MAX. 35	MIN. 36	MIN. 36	MIN. 36	MIN. 36
Características del material que pasa el tamiz Nº 40											
LÍMITE LÍQUIDO				MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41	MAX. 40	MIN. 41
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	MAX. 6	MAX. 6	N.P.	MAX. 10	MAX. 10	MIN. 11	MIN. 11	MAX. 10	MAX. 10	MIN. 11	MIN. 11
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0	0	0	MAX. 4	MAX. 4	MAX. 8	MAX. 12	MAX. 16	MAX. 20
PRINCIPALES MATERIALES CONSTITUYENTES	GRAVAS Y ARENAS		ARENAS FINAS	GRAVAS Y ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS				SUELOS LIMOSOS	SUELOS ARCILLOSOS		

Figura 111: Clasificación de suelos según AASHTO de la combinación C-60%

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

$$IG = ( 51.30 - 35 )( 0.2 + 0.005 ( 22.86 - 40 ) ) + 0.01 ( 51.30 - 15 )( 0 - 10 )$$

$$IG = 0$$

Figura 112: Cálculo del Índice de Grupo de la combinación C-60%

**Por lo Tanto la clasificación AASHTO es:**

- **A-4 (0) = PARTICULAS FINOS LIMOSAS**

e) Máxima Densidad Seca y Optimo Contenido de Humedad

Combinación C-10%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 129: *Proctor Modificado de la combinación C-10%*

ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO					
ENSAYO N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	(gr)	3524.3	3604.1	3692.4	3690.0
Peso molde + base	(gr)	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1778.7	1858.5	1946.8	1944.4
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	941	941	941	941
Densidad Humeda (peso volumétrico humedo)	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.890</b>	<b>1.975</b>	<b>2.069</b>	<b>2.066</b>
Tara N°		D-11	D-9	D-14	D-6
Peso del Suelo Húmedo + Tara	(gr)	<b>167.10</b>	<b>154.40</b>	<b>140.94</b>	<b>152.08</b>
Peso del Suelo Seco +Tara	(gr)	<b>156.73</b>	<b>142.56</b>	<b>128.58</b>	<b>135.96</b>
Peso de Tara	(gr)	42.98	45.74	46.48	43.64
Peso de agua	(gr)	10.37	11.84	12.36	16.12
Peso del suelo seco	(gr)	113.75	96.82	82.10	92.32
Contenido de Humedad	(%)	9.12	12.23	15.05	17.46
Densidad Seca (peso volumétrico seco)	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.732</b>	<b>1.760</b>	<b>1.798</b>	<b>1.759</b>
<b>Densidad máxima</b>				(gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1.798</b>
<b>Húmedad óptima</b>				(%)	<b>15.20</b>

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

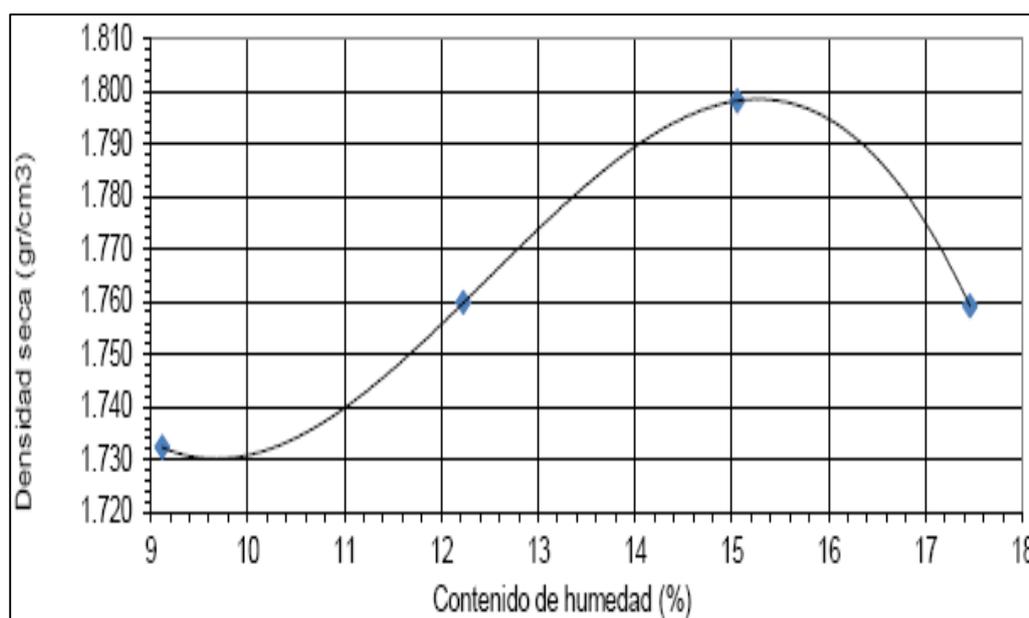


Figura 113: Relación Humedad – Densidad, de la combinación C-10%

**Combinación C-20%: Arena de Sílice + Material de Subrasante**

Tabla 130: *Proctor Modificado de la combinación C-20%*

ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO					
ENSAYO N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	(gr)	3540.9	3662.6	3731.9	3673.8
Peso molde + base	(gr)	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1795.3	1917.0	1986.3	1928.2
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	941	941	941	941
Densidad Humeda (peso volumétrico humedo)	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.908</b>	<b>2.037</b>	<b>2.111</b>	<b>2.049</b>
Tara N°		D-8	D-1	D-13	D-4
Peso del Suelo Húmedo + Tara	(gr)	<b>166.69</b>	<b>137.71</b>	<b>148.54</b>	<b>153.76</b>
Peso del Suelo Seco +Tara	(gr)	<b>157.25</b>	<b>127.31</b>	<b>134.75</b>	<b>136.67</b>
Peso de Tara	(gr)	50.28	40.62	44.16	40.03
Peso de agua	(gr)	9.44	10.40	13.79	17.09
Peso del suelo seco	(gr)	106.97	86.69	90.59	96.64
Contenido de Humedad	(%)	8.82	12.00	15.22	17.68
Densidad Seca (peso volumétrico seco)	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.753</b>	<b>1.819</b>	<b>1.832</b>	<b>1.741</b>
<b>Densidad máxima</b>				(gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1.840</b>
<b>Húmedad óptima</b>				(%)	<b>14.10</b>

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

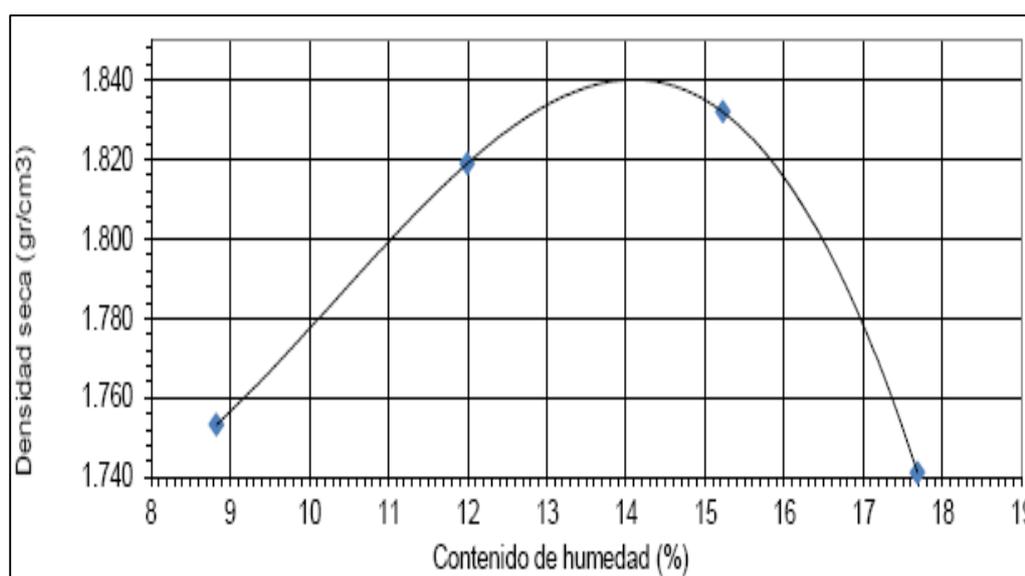


Figura 114: Relación Humedad – Densidad, de la combinación C-20%

### Combinación C-30%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 131: Proctor Modificado de la combinación C-30%

ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO						
ENSAYO N°		1	2	3	4	5
Número de Capas		5	5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	(gr)	3489.2	3620.1	3711.6	3737.1	3685.1
Peso molde + base	(gr)	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1743.6	1874.5	1966.0	1991.5	1939.5
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	941	941	941	941	941
Densidad Humeda (peso volumétrico humedo)	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.853</b>	<b>1.992</b>	<b>2.089</b>	<b>2.116</b>	<b>2.061</b>
Tara N°		D-12	D-3	D-7	D-5	D-25
Peso del Suelo Húmedo + Tara	(gr)	<b>147.44</b>	<b>159.83</b>	<b>128.42</b>	<b>135.27</b>	<b>136.28</b>
Peso del Suelo Seco +Tara	(gr)	<b>141.37</b>	<b>149.77</b>	<b>119.39</b>	<b>123.33</b>	<b>122.13</b>
Peso de Tara	(gr)	44.25	43.38	42.79	44.49	42.38
Peso de agua	(gr)	6.07	10.06	9.03	11.94	14.15
Peso del suelo seco	(gr)	97.12	106.39	76.60	78.84	79.75
Contenido de Humedad	(%)	6.25	9.46	11.79	15.14	17.74
Densidad Seca (peso volumétrico seco)	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.744</b>	<b>1.820</b>	<b>1.869</b>	<b>1.838</b>	<b>1.751</b>
<b>Densidad máxima</b>					(gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1.874</b>
<b>Húmedad óptima</b>					(%)	<b>12.70</b>

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

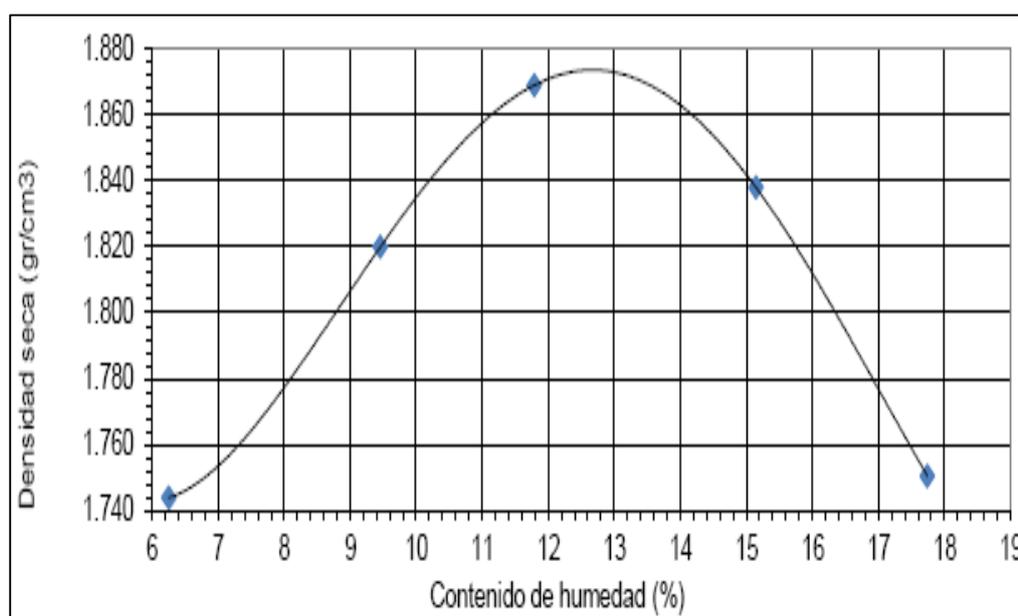


Figura 115: Relación Humedad – Densidad, de la combinación C-30%

### Combinación C-40%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 132: Proctor Modificado de la combinación C-40%

ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO						
ENSAYO N°		1	2	3	4	5
Número de Capas		5	5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	(gr)	3500.0	3660.0	3750.3	3730.9	3648.4
Peso molde + base	(gr)	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1754.4	1914.4	2004.7	1985.3	1902.8
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	941	941	941	941	941
Densidad Humeda (peso volumétrico humedo)	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.864</b>	<b>2.034</b>	<b>2.130</b>	<b>2.110</b>	<b>2.022</b>
Tara N°		D-10	D-16	D-5	D-4	D-6
Peso del Suelo Húmedo + Tara	(gr)	<b>123.80</b>	<b>126.80</b>	<b>151.79</b>	<b>137.33</b>	<b>164.31</b>
Peso del Suelo Seco +Tara	(gr)	<b>119.61</b>	<b>119.61</b>	<b>140.16</b>	<b>124.38</b>	<b>146.20</b>
Peso de Tara	(gr)	37.99	37.99	44.49	40.03	43.63
Peso de agua	(gr)	4.19	7.19	11.63	12.95	18.11
Peso del suelo seco	(gr)	81.62	81.62	95.67	84.35	102.57
Contenido de Humedad	(%)	5.13	8.81	12.16	15.35	17.66
Densidad Seca (peso volumétrico seco)	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.773</b>	<b>1.870</b>	<b>1.899</b>	<b>1.829</b>	<b>1.719</b>
<b>Densidad máxima</b>					(gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1.900</b>
<b>Húmedad óptima</b>					(%)	<b>11.60</b>

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

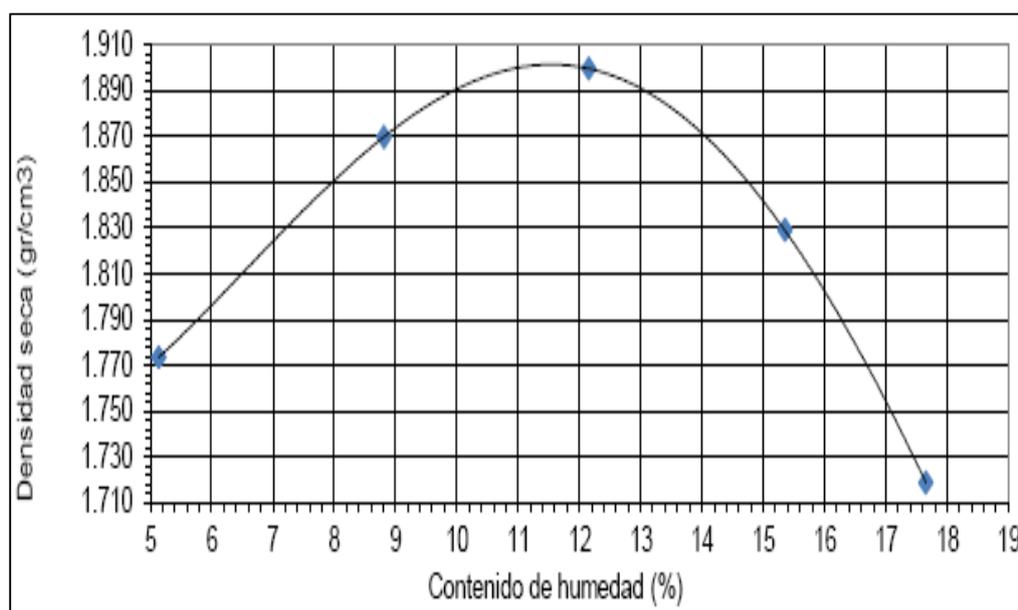


Figura 116: Relación Humedad – Densidad, de la combinación C-40%

**Combinación C-50%: Arena de Sílice + Material de Subrasante**

Tabla 133: *Proctor Modificado de la combinación C-50%*

ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO					
ENSAYO N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	(gr)	3561.0	3700.1	3799.4	3731.5
Peso molde + base	(gr)	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1815.4	1954.5	2053.8	1985.9
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	941	941	941	941
Densidad Humeda (peso volumétrico humedo)	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.929</b>	<b>2.077</b>	<b>2.183</b>	<b>2.110</b>
Tara N°		D-7	D-1	D-15	D-14
Peso del Suelo Húmedo + Tara	(gr)	<b>162.88</b>	<b>161.37</b>	<b>145.02</b>	<b>162.26</b>
Peso del Suelo Seco +Tara	(gr)	<b>155.86</b>	<b>151.83</b>	<b>133.69</b>	<b>147.12</b>
Peso de Tara	(gr)	42.77	40.61	41.59	46.46
Peso de agua	(gr)	7.02	9.54	11.33	15.14
Peso del suelo seco	(gr)	113.09	111.22	92.10	100.66
Contenido de Humedad	(%)	6.21	8.58	12.30	15.04
Densidad Seca (peso volumétrico seco)	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.816</b>	<b>1.913</b>	<b>1.943</b>	<b>1.834</b>
<b>Densidad máxima</b>				(gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1.954</b>
<b>Húmedad óptima</b>				(%)	<b>11.10</b>

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

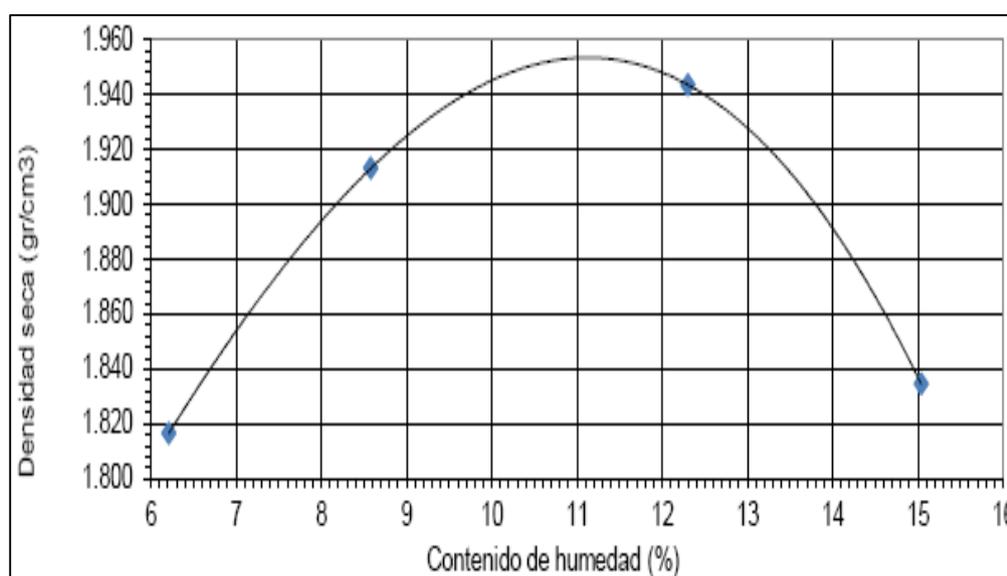


Figura 117: Relación Humedad – Densidad, de la combinación C-50%

**Combinación C-60%: Arena de Sílice + Material de Subrasante**

Tabla 134: *Proctor Modificado de la combinación C-60%*

ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO						
ENSAYO N°		1	2	3	4	5
Número de Capas		5	5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	(gr)	3489.8	3647.0	3755.1	3768.8	3680.9
Peso molde + base	(gr)	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1744.2	1901.4	2009.5	2023.2	1935.3
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	941	941	941	941	941
Densidad Humeda (peso volumétrico humedo)	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.854</b>	<b>2.021</b>	<b>2.135</b>	<b>2.150</b>	<b>2.057</b>
Tara N°		Z-26	Z-6	Z-1	D-11	D-2
Peso del Suelo Húmedo + Tara	(gr)	163.84	173.84	158.05	165.49	174.63
Peso del Suelo Seco +Tara	(gr)	158.49	164.08	146.04	151.09	157.67
Peso de Tara	(gr)	28.55	29.19	28.53	42.98	51.95
Peso de agua	(gr)	5.35	9.76	12.01	14.40	16.96
Peso del suelo seco	(gr)	129.94	134.89	117.51	108.11	105.72
Contenido de Humedad	(%)	4.12	7.24	10.22	13.32	16.04
Densidad Seca (peso volumétrico seco)	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.780</b>	<b>1.884</b>	<b>1.937</b>	<b>1.897</b>	<b>1.772</b>
<b>Densidad máxima</b>					(gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1.938</b>
<b>Húmedad óptima</b>					(%)	<b>10.60</b>

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

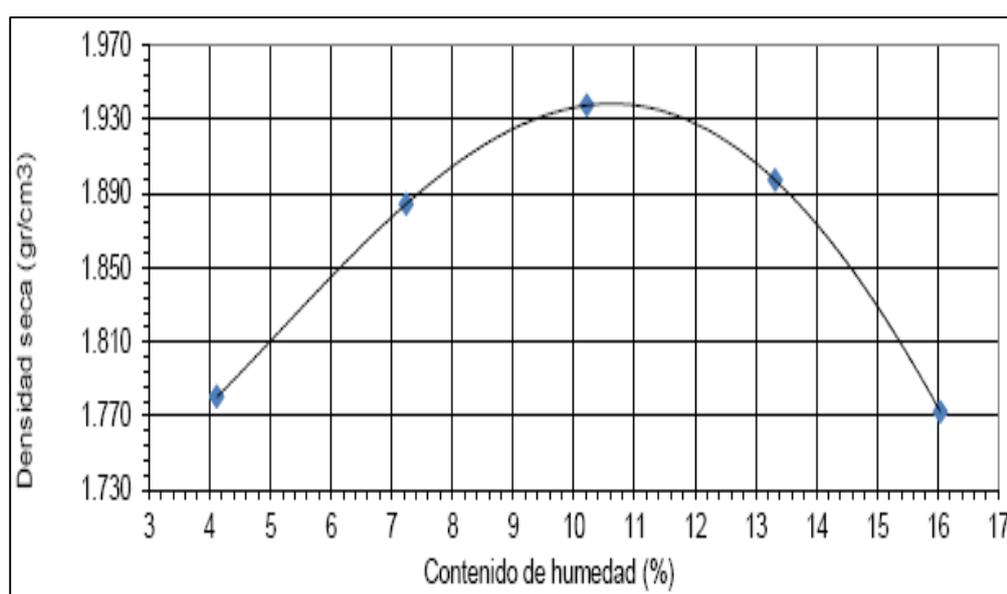


Figura 118: Relación Humedad – Densidad, de la combinación C-60%

f) Capacidad de Soporte (CBR)

Combinación C-10%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 135: Compactación para CBR de la combinación de C-10%

COMPACTACIÓN						
Molde N°	M-F		M-B		M-D	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	55		26		12	
Condición de la muestra	SIN SATURAR		SATURADO	SIN SATURAR		SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	8,990	9,140	8,920	9,140	8,705	9,045
Peso de molde (g)	4,603	4,605	4,675	4,675	4,676	4,680
Peso del suelo húmedo (g)	4,387	4,535	4,245	4,465	4,029	4,365
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,114.2	2,114.2	2,115.8	2,115.8	2,115.8	2,115.8
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.08	2.15	2.01	2.11	1.90	2.06
% de humedad	15.21	18.69	15.20	17.55	15.22	23.32
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.80	1.81	1.74	1.80	1.65	1.67
Tara (N°)	D-8	D-16	D-9	D-6	D-10	D-11
Peso suelo húmedo + tara (g)	166.99	172.65	155.66	185.52	161.19	198.39
Peso suelo seco + tara (g)	151.58	152.67	140.96	164.46	145.62	168.88
Peso de tara (g)	50.27	45.74	44.25	44.46	43.32	42.32
Peso de agua (g)	15.41	19.98	14.70	21.06	15.57	29.51
Peso de suelo seco (g)	101.31	106.93	96.71	120.00	102.30	126.56
Contenido de humedad (%)	15.21	18.69	15.20	17.55	15.22	23.32

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 136: Penetración CBR de la combinación C-10%

PENETRACION									
PENETRACION PULG	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	KG	LBS	LBS/PULG <sup>2</sup>	KG	LBS	LBS/PULG <sup>2</sup>	KG	LBS	LBS/PULG <sup>2</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	11.80	26.01	8.28	6.35	14.00	4.46	3.20	7.05	2.25
0.05	39.50	87.08	27.72	19.50	42.99	13.68	9.70	21.38	6.81
0.08	71.00	156.53	49.82	40.50	89.29	28.42	19.50	42.99	13.68
0.10	112.30	247.58	78.81	69.65	153.55	48.88	31.57	69.60	22.15
0.15	169.20	373.02	118.74	109.15	240.63	76.60	52.07	114.79	36.54
0.20	218.90	482.59	153.61	149.37	329.30	104.82	74.12	163.39	52.01
0.25	269.20	593.48	188.91	186.65	411.49	130.98	91.77	202.32	64.40
0.30	321.30	708.34	225.47	223.48	492.67	156.82	112.96	249.02	79.27
0.40	403.50	889.56	283.15	301.13	663.86	211.31	151.73	334.49	106.47
0.50	471.00	1038.37	330.52	374.55	825.73	262.84	178.99	394.60	125.61

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 137: *Expansión de la combinación C-10%*

TIEMPO	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
HORAS	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
24.00	37.00	0.940	0.80	50.00	1.270	1.08	78.00	1.981	0.00
48.00	38.00	0.965	0.82	52.00	1.321	1.13	80.00	2.032	1.69
72.00	41.00	1.041	0.89	54.00	1.372	1.17	81.00	2.057	1.73
96.00	46.00	1.168	1.00	55.00	1.397	1.19	82.00	2.083	1.76

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 138: *Valor relativo de soporte CBR de la combinación C-10%*

%MDS	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	a 2.5 mm de Penetracion	a 5.0 mm de Penetracion
CBR al 100%	1.798	7.90 %	10.24 %
CBR al 95%	1.708	3.70 %	5.50 %

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

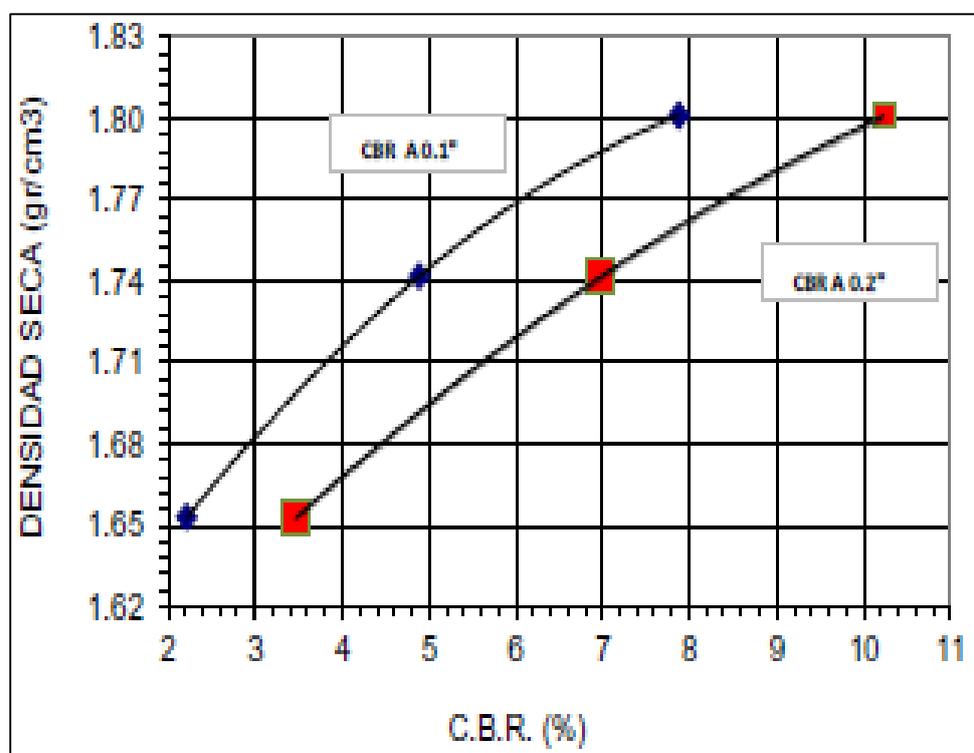


Figura 119: *Curva de CBR de la combinación C-10%*

## Combinación C-20%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 139: Compactación para CBR de la combinación C-20%

COMPACTACIÓN						
Molde N°	M-F		M-B		M-D	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	55		26		12	
Condición de la muestra	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9,150	9,210	8,980	9,140	8,755	8,990
Peso de molde (g)	4,703	4,605	4,685	4,675	4,628	4,680
Peso del suelo húmedo (g)	4,447	4,605	4,295	4,465	4,127	4,310
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,114.0	2,114.0	2,114.5	2,114.5	2,116.9	2,116.9
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.10	2.18	2.03	2.11	1.95	2.04
% de humedad	14.10	17.91	14.12	18.40	13.83	17.68
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.84	1.85	1.78	1.78	1.71	1.73
Tara (N°)	D-13	D-8	D-3	D-4	D-12	D-14
Peso suelo húmedo + tara (g)	157.69	169.50	149.07	162.08	152.68	178.25
Peso suelo seco + tara (g)	143.67	151.39	135.99	143.11	139.51	158.46
Peso de tara (g)	44.14	50.28	43.38	40.02	44.25	46.50
Peso de agua (g)	14.02	18.11	13.08	18.97	13.17	19.79
Peso de suelo seco (g)	99.53	101.11	92.61	103.09	95.26	111.96
Contenido de humedad (%)	14.09	17.91	14.12	18.40	13.83	17.68

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 140: Penetración CBR de la combinación C-20%

PENETRACION									
PENETRACION PULG	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	KG	LBS	LBS/PULG <sup>2</sup>	KG	LBS	LBS/PULG <sup>2</sup>	KG	LBS	LBS/PULG <sup>2</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	8.30	18.30	5.82	5.23	11.52	3.67	2.20	4.85	1.54
0.05	53.80	118.61	37.75	40.35	88.96	28.32	17.21	37.94	12.08
0.08	94.60	208.56	66.39	63.45	139.88	44.53	29.07	64.09	20.40
0.10	131.10	289.02	92.00	91.33	201.34	64.09	49.00	108.01	34.38
0.15	195.60	431.22	137.26	135.45	298.61	95.05	78.27	172.55	54.93
0.20	259.70	572.53	182.24	194.53	428.85	136.51	119.82	264.14	84.08
0.25	345.60	761.91	242.52	249.70	550.49	175.23	155.02	341.76	108.78
0.30	448.30	988.32	314.59	313.73	691.64	220.16	196.24	432.62	137.71
0.40	622.70	1372.80	436.98	444.53	980.00	311.94	262.72	579.18	184.36
0.50	737.80	1626.55	517.75	550.85	1214.40	386.56	314.51	693.37	220.71

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 141: *Expansión de la combinación C-20%*

TIEMPO	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
HORAS	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
24.00	33.00	0.838	0.72	45.00	1.143	0.98	58.00	1.473	0.00
48.00	35.00	0.889	0.76	48.00	1.219	1.04	60.00	1.524	0.00
72.00	40.00	1.016	0.87	52.00	1.321	1.13	62.00	1.575	0.00
96.00	40.00	1.016	0.87	54.00	1.372	1.17	62.00	1.575	1.08

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 142: *Valor relativo de soporte CBR de la combinación C-20%*

%MDS	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	a 2.5 mm de Penetracion	a 5.0 mm de Penetracion
CBR al 100%	1.840	9.20 %	12.15 %
CBR al 95%	1.748	5.00 %	7.40 %

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

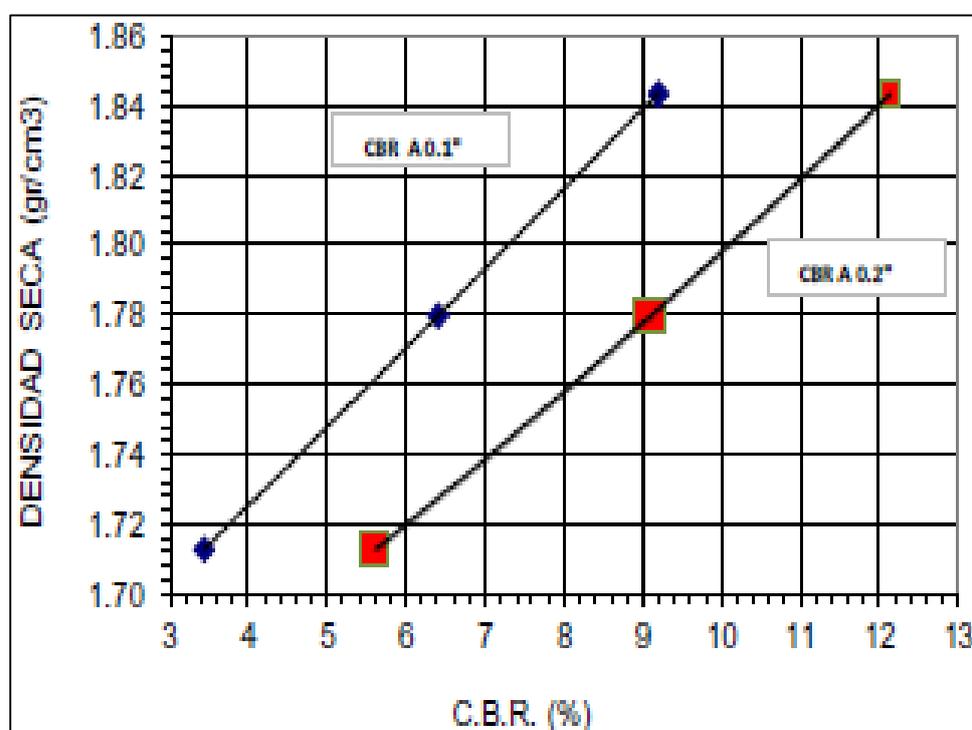


Figura 120: *Curva de CBR de la combinación C-20%*

**Combinación C-30%: Arena de Sílice + Material de Subrasante**

**Tabla 143: Compactación para CBR de la combinación C-30%**

COMPACTACIÓN						
Molde N°	M-F		M-B		M-D	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	55		26		12	
Condición de la muestra	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9,555	9,680	9,290	9,480	9,155	9,310
Peso de molde (g)	5,100	5,100	4,990	4,990	5,095	5,095
Peso del suelo húmedo (g)	4,455	4,580	4,300	4,490	4,060	4,215
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,105.4	2,105.4	2,119.8	2,119.8	2,115.2	2,115.2
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.18	2.03	2.12	1.92	1.99
% de humedad	12.70	15.65	12.77	17.23	12.78	19.50
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.88	1.88	1.80	1.81	1.70	1.67
Tara (N°)	D-6	R-1	D-12	G-1	D-8	E-9
Peso suelo húmedo + tara (g)	185.70	73.78	143.87	82.24	138.94	112.20
Peso suelo seco + tara (g)	167.97	66.32	132.59	73.12	128.89	97.57
Peso de tara (g)	29.18	18.66	44.25	20.20	50.27	22.56
Peso de agua (g)	17.73	7.46	11.28	9.12	10.05	14.63
Peso de suelo seco (g)	138.79	47.66	88.34	52.92	78.62	75.01
Contenido de humedad (%)	12.77	15.65	12.77	17.23	12.78	19.50

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

**Tabla 144: Penetración CBR de la combinación C-30%**

PENETRACION									
PENETRACION PULG	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	KG	LBS	LBS/PULG2	KG	LBS	LBS/PULG2	KG	LBS	LBS/PULG2
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	37.70	83.11	26.46	14.62	32.23	10.26	3.50	7.72	2.46
0.05	72.70	159.17	50.67	35.12	77.43	24.65	15.82	34.88	11.10
0.08	102.90	226.85	72.21	65.24	143.83	45.78	35.89	79.12	25.19
0.10	139.10	306.66	97.61	98.44	217.02	69.08	55.30	121.91	38.81
0.15	193.80	427.25	136.00	149.88	330.43	105.18	88.43	194.95	62.06
0.20	269.10	593.26	188.84	199.86	440.61	140.25	129.84	286.23	91.11
0.25	358.30	789.91	251.44	245.98	542.29	172.62	154.41	340.40	108.35
0.30	452.60	997.80	317.61	285.56	629.55	200.39	171.91	378.99	120.64
0.40	641.20	1413.59	449.96	356.72	786.42	250.32	199.48	439.77	139.98
0.50	824.60	1817.91	578.66	430.76	949.65	302.28	229.61	506.20	161.13

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 145: *Expansión de la combinación C-30%*

TIEMPO	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
HORAS	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
24.00	29.00	0.737	0.63	39.00	0.991	0.85	42.00	1.067	0.91
48.00	32.00	0.813	0.69	42.00	1.067	0.91	45.00	1.143	0.98
72.00	33.00	0.838	0.72	48.00	1.219	1.04	50.00	1.270	1.08
96.00	34.00	0.864	0.74	50.00	1.270	1.08	58.00	1.473	1.26

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 146: *Valor relativo de soporte CBR de la combinación C-30%*

%MDS	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	a 2.5 mm de Penetracion	a 5.0 mm de Penetracion
CBR al 100%	1.874	9.80 %	12.59 %
CBR al 95%	1.78	6.40 %	8.80 %

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

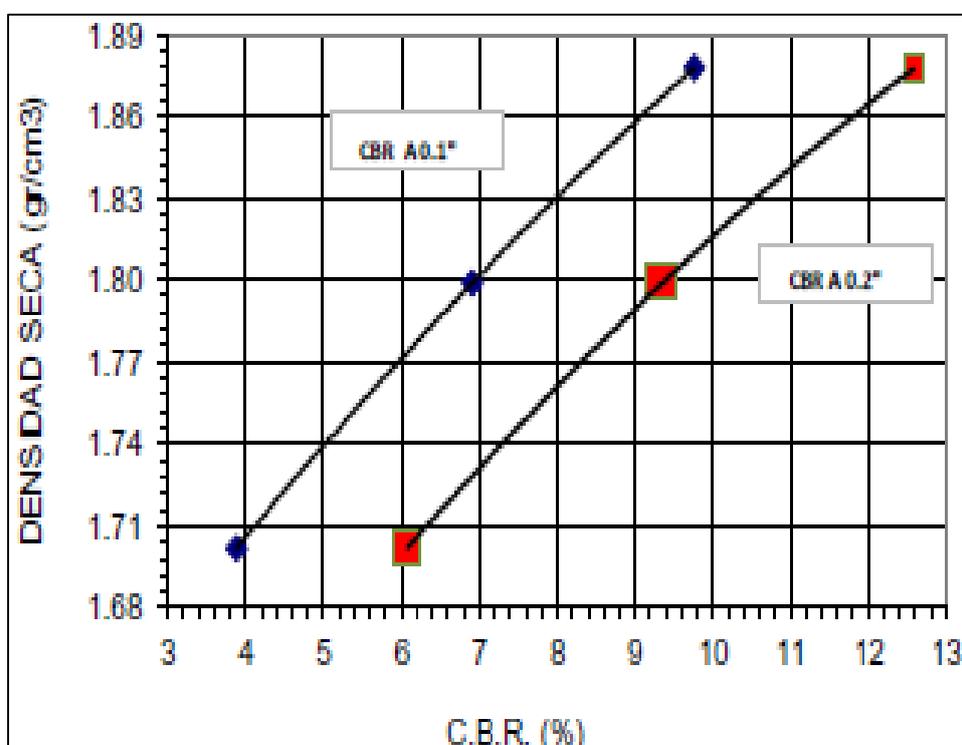


Figura 121: *Curva de CBR de la combinación C-30%*

**Combinación C-40%: Arena de Sílice + Material de Subrasante**

**Tabla 147: Datos de compactación para CBR de la combinación C-40%**

COMPACTACIÓN						
Molde N°	M-F		M-B		M-D	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	55		26		12	
Condición de la muestra	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9,030	9,240	9,095	9,380	9,055	9,400
Peso de molde (g)	4,540	4,540	4,765	4,765	4,925	4,925
Peso del suelo húmedo (g)	4,490	4,700	4,330	4,615	4,130	4,475
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,115.8	2,115.8	2,108.2	2,108.2	2,138.7	2,138.7
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.22	2.05	2.19	1.93	2.09
% de humedad	11.60	14.83	11.63	16.91	11.62	19.39
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.90	1.93	1.84	1.87	1.73	1.75
Tara (N°)	Z-6	Z-4	Z-1	G-11	D-18	E-19
Peso suelo húmedo + tara (g)	189.82	164.60	145.93	82.24	142.12	99.20
Peso suelo seco + tara (g)	173.11	147.04	135.34	73.12	132.56	86.57
Peso de tara (g)	29.18	28.67	44.25	19.20	50.27	21.45
Peso de agua (g)	16.71	17.56	10.59	9.12	9.56	12.63
Peso de suelo seco (g)	143.93	118.37	91.09	53.92	82.29	65.12
Contenido de humedad (%)	11.61	14.83	11.63	16.91	11.62	19.39

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

**Tabla 148: Datos de la penetración CBR de la combinación C-40%**

PENETRACION									
PENETRACION PULG	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	KG	LBS	LBS/PULG <sup>2</sup>	KG	LBS	LBS/PULG <sup>2</sup>	KG	LBS	LBS/PULG <sup>2</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	42.50	93.70	29.82	28.98	63.88	20.33	10.79	23.78	7.57
0.05	95.30	210.10	66.88	62.48	137.73	43.84	29.29	64.56	20.55
0.08	147.30	324.74	103.37	102.98	227.02	72.26	59.79	131.80	41.95
0.10	198.20	436.95	139.09	136.23	300.32	95.60	85.30	188.05	59.86
0.15	284.40	626.99	199.58	195.80	431.66	137.40	117.98	260.10	82.79
0.20	360.30	794.32	252.84	252.00	555.56	176.84	155.14	342.01	108.87
0.25	452.30	997.17	317.40	301.00	663.58	211.23	181.04	399.11	127.04
0.30	535.30	1180.12	375.64	348.98	769.35	244.89	208.30	459.22	146.17
0.40	716.20	1578.93	502.59	455.20	1003.53	319.43	258.00	568.79	181.05
0.50	869.30	1916.46	610.03	552.98	1219.09	388.05	322.19	710.29	226.09

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 149: Datos de la expansión de la combinación C-40%

TIEMPO	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
HORAS	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
24.00	28.50	0.724	0.62	37.00	0.940	0.80	39.50	1.003	0.86
48.00	31.00	0.787	0.67	39.00	0.991	0.85	42.00	1.067	0.91
72.00	32.00	0.813	0.69	43.00	1.092	0.93	45.50	1.156	0.99
96.00	33.00	0.838	0.72	45.00	1.143	0.98	50.00	1.270	1.08

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 150: Valor relativo de soporte CBR de la combinación C-40%

%MDS	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	a 2.5 mm de Penetracion	a 5.0 mm de Penetracion
CBR al 100%	1.9	13.90 %	16.86 %
CBR al 95%	1.805	8.30 %	10.10 %

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

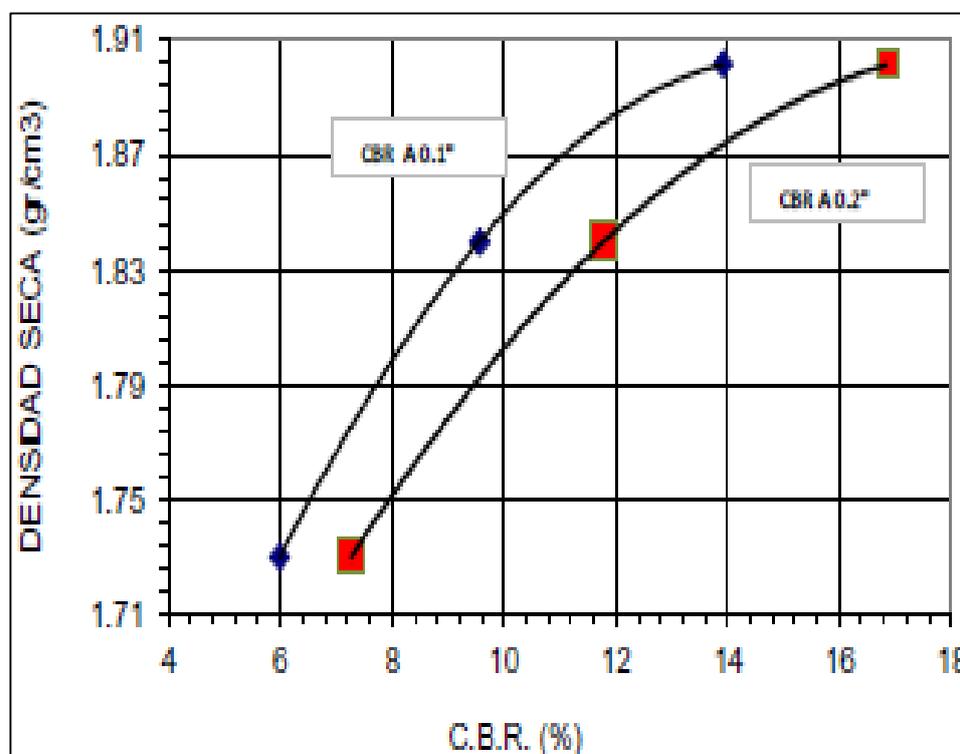


Figura 122: Curva de CBR de la combinación C-40%

## Combinación C-50%: Arena de Sílice + Material de Subrasante

Tabla 151: Compactación para CBR de la combinación C-50%

COMPACTACIÓN						
Molde N°	M-F		M-B		M-D	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	055		026		012	
Condición de la muestra	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9,555	9,665	8,280	8,470	8,775	9,020
Peso de molde (g)	4,950	4,950	3,870	3,870	4,628	4,628
Peso del suelo húmedo (g)	4,605	4,715	4,410	4,600	4,147	4,392
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,122.6	2,122.6	2,116.6	2,116.6	2,116.9	2,116.9
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.17	2.22	2.08	2.17	1.96	2.07
% de humedad	11.10	13.58	11.16	15.06	11.11	18.01
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.95	1.96	1.87	1.89	1.76	1.76
Tara (N°)	Z-4	Z-2	D16	G-1	D-8	E-9
Peso suelo húmedo + tara (g)	149.59	170.89	164.08	82.24	142.09	100.20
Peso suelo seco + tara (g)	137.50	153.93	151.42	74.12	132.91	88.35
Peso de tara (g)	28.67	29.01	37.99	20.20	50.27	22.56
Peso de agua (g)	12.09	16.96	12.66	8.12	9.18	11.85
Peso de suelo seco (g)	108.83	124.92	113.43	53.92	82.64	65.79
Contenido de humedad (%)	11.11	13.58	11.16	15.06	11.11	18.01

*Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio*

Tabla 152: Penetración CBR de la combinación C-50%

PENETRACION									
PENETRACION PULG	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	KG	LBS	LBS/PULG <sup>2</sup>	KG	LBS	LBS/PULG <sup>2</sup>	KG	LBS	LBS/PULG <sup>2</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	58.25	128.42	40.88	25.68	56.60	18.02	14.81	32.64	10.39
0.05	119.00	262.35	83.51	90.43	119.35	63.46	52.26	115.20	36.67
0.08	192.07	423.43	134.78	145.23	320.16	101.91	107.54	237.07	75.46
0.10	277.32	611.37	194.60	228.90	504.63	160.63	175.94	387.88	123.47
0.15	416.14	917.43	292.03	319.38	704.09	224.12	259.43	571.93	182.05
0.20	549.20	1210.77	385.40	438.40	966.50	307.65	347.04	765.08	243.53
0.25	718.90	1584.89	504.49	535.18	1179.85	375.56	393.51	867.52	276.14
0.30	901.30	1987.01	632.48	662.23	1459.94	464.71	445.54	982.23	312.65
0.40	1296.15	2857.50	909.57	901.98	1988.49	632.96	537.19	1184.28	376.97
0.50	1782.70	3930.14	1251.00	1157.68	2552.21	812.39	609.61	1343.94	427.79

*Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio*

Tabla 153: *Expansión de la combinación C-50%*

TIEMPO	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
HORAS	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
24.00	21.00	0.533	0.46	27.00	0.686	0.59	33.00	0.838	0.72
48.00	23.00	0.584	0.50	30.00	0.762	0.65	39.00	0.991	0.85
72.00	24.00	0.610	0.52	32.00	0.813	0.69	41.00	1.041	0.89
96.00	24.00	0.610	0.52	33.50	0.851	0.73	42.00	1.067	0.91

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 154: *Valor relativo de soporte CBR de la combinación C-50%*

%MDS	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	a 2.5 mm de Penetracion	a 5.0 mm de Penetracion
CBR al 100%	1.954	19.50 %	25.69 %
CBR al 95%	1.856	15.50 %	19.50 %

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

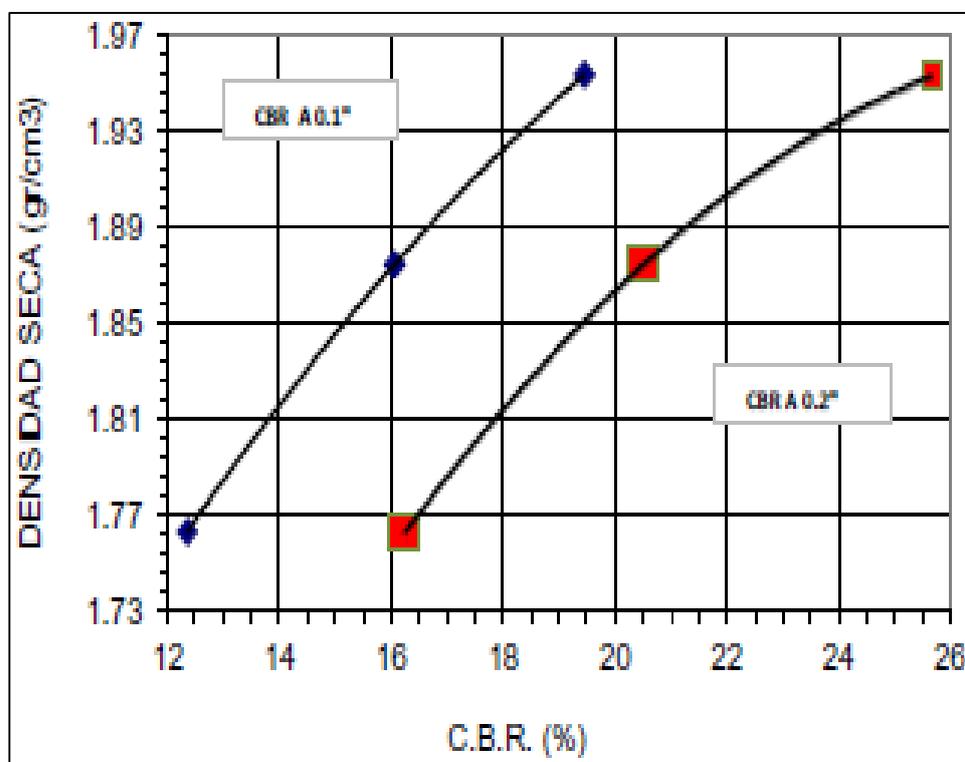


Figura 123: *Curva de CBR de la combinación C-50%*

**Combinación C-60%: Arena de Sílice + Material de Subrasante**

**Tabla 155: Datos de compactación para CBR de la combinación C-60%**

COMPACTACIÓN						
Molde N°	M-F		M-B		M-D	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	55		26		12	
Condición de la muestra	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9,720	9,780	8,995	9,121	8,755	8,985
Peso de molde (g)	5,130	5,130	4,675	4,675	4,676	4,676
Peso del suelo húmedo (g)	4,590	4,650	4,321	4,447	4,079	4,309
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,141.8	2,141.8	2,115.8	2,115.8	2,115.8	2,115.8
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.14	2.17	2.04	2.10	1.93	2.04
% de humedad	10.61	11.23	10.62	13.59	10.61	16.20
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.94	1.95	1.85	1.85	1.74	1.75
Tara (N°)	Z-1	D-11	D-10	G-11	D-18	E-19
Peso suelo húmedo + tara (g)	185.14	156.07	163.42	82.24	130.09	99.20
Peso suelo seco + tara (g)	170.12	144.65	151.89	74.82	122.45	88.57
Peso de tara (g)	28.51	42.98	43.33	20.21	50.47	22.96
Peso de agua (g)	15.02	11.42	11.53	7.42	7.64	10.63
Peso de suelo seco (g)	141.61	101.67	108.56	54.61	71.98	65.61
Contenido de humedad (%)	10.61	11.23	10.62	13.59	10.61	16.20

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

**Tabla 156: Penetración CBR de la combinación C-60%**

PENETRACION									
PENETRACION PULG	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	KG	LBS	LBS/PULG2	KG	LBS	LBS/PULG2	KG	LBS	LBS/PULG2
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	38.90	85.76	27.30	8.38	18.48	5.88	5.80	12.79	4.07
0.05	91.70	202.16	64.35	48.50	106.92	34.03	24.35	53.68	17.09
0.08	144.50	318.56	101.40	81.40	179.45	57.12	53.50	117.95	37.54
0.10	237.30	523.15	166.52	156.40	344.80	109.75	77.80	171.52	54.60
0.15	377.30	831.80	264.77	264.60	583.34	185.68	180.30	397.49	126.52
0.20	538.30	1186.74	377.75	380.10	837.97	266.73	264.50	583.12	185.61
0.25	761.60	1679.02	534.45	504.60	1112.44	354.10	351.00	773.81	246.31
0.30	922.30	2033.30	647.22	634.50	1398.82	445.26	430.00	947.98	301.75
0.40	1289.30	2842.39	904.76	905.60	1996.49	635.50	531.20	1171.08	372.77
0.50	1716.90	3785.08	1204.83	1100.00	2425.06	771.92	604.10	1331.80	423.92

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 157: *Expansión de la combinación C-60%*

TIEMPO	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
HORAS	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
24.00	11.00	0.279	0.24	23.50	0.597	0.51	33.00	0.838	0.72
48.00	12.00	0.305	0.26	28.00	0.711	0.61	36.50	0.927	0.79
72.00	13.00	0.330	0.28	28.50	0.724	0.62	37.00	0.940	0.80
96.00	13.00	0.330	0.28	32.50	0.826	0.70	38.00	0.965	0.82

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

Tabla 158: *Valor relativo de soporte CBR de la combinación C-60%*

%MDS	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	a 2.5 mm de Penetracion	a 5.0 mm de Penetracion
CBR al 100%	1.938	16.70 %	25.18 %
CBR al 95%	1.841	10.80 %	17.80 %

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos en laboratorio

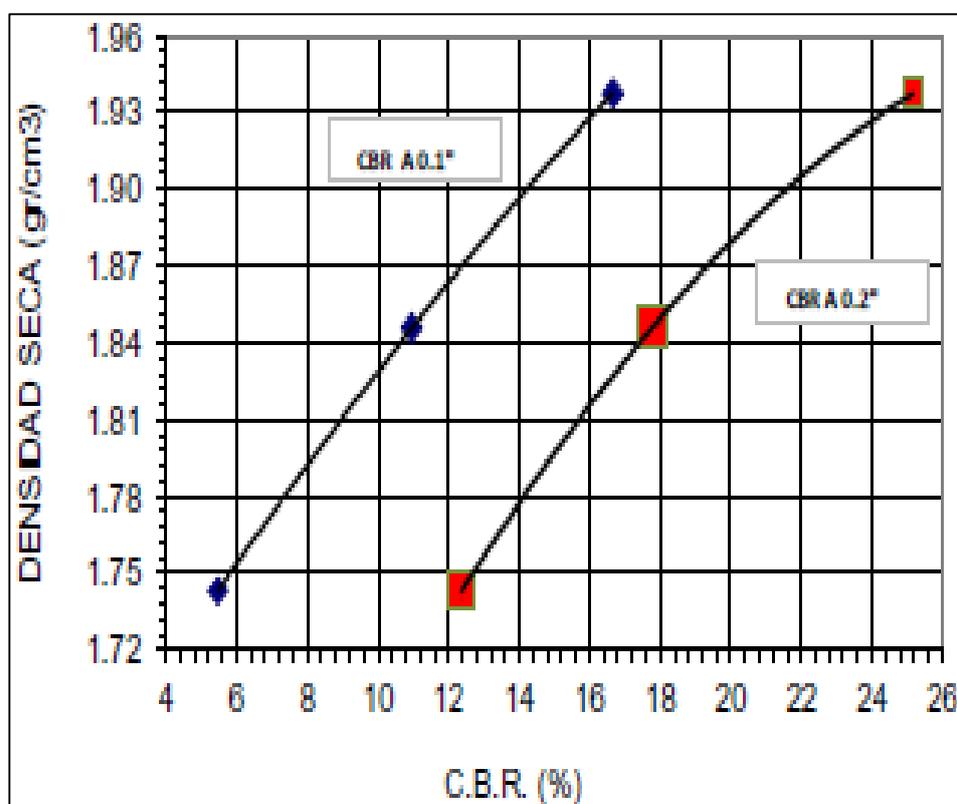


Figura 124: *Curva de CBR de la combinación C-60%*

## CAPITULO V

### DISCUSION DE RESULTADOS

#### 5.1. Límites de consistencia

Teniendo en cuenta los resultados de los ensayos para la determinación del índice de plasticidad se pudo observar que referente al material de Subrasante; las muestras M-2 (C-1), M-2 (C-2) y M-2 (C-3), presentan un Índice de Plasticidad media por ser suelos arcillosos, por lo tanto este tipo de suelos no es el indicado para proceder a trabajar una Subrasante por sus características expansivas que representa un riesgo para la estructura del pavimento por tener un comportamiento sensible en relación a su contenido de humedad, para lo cual tenemos como fundamento la Tabla 159: “Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad” del Manual de “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” en su Sección Suelos y Pavimentos, el cual nos determina el tipo de Plasticidad del material y su característica del suelo.

Tabla 159: *Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad*

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
$IP > 20$	Alta	Suelos muy arcillosos
$IP \leq 20$ $IP > 7$	Media	Suelos arcillosos
$IP < 7$	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad
$IP = 0$	No Plástico	Suelos extintos de arcilla

*Fuente: Manual De Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos.*

Respecto a la plasticidad del material de Arena de Sílice, de las muestras AS-1, AS-2 y AS-3 nos arroja un resultado de No Plástico y esto es por sus mismas características de ser un material arenoso.

En la determinación de la plasticidad de las diferentes combinaciones, podemos observar que al combinarlo con una mayor proporción al material de subrasante con arena de sílice su plasticidad disminuye, los resultados nos muestran que en la combinación C-10%, C-20% tienen un Índice de Plasticidad de 12.67% y 9.72% respectivamente, los cuales tienen una plasticidad media, en cuanto a las combinaciones C-30%, C-40%, C-50%, C-60% se convirtieron en No plásticos disminuyendo en su totalidad su índice de plasticidad, para lo cual se muestra la Tabla 160, que nos indica el Índice de Plasticidad de todos los materiales ensayados y así mismo se presenta la Figura 124, el cual nos muestra un gráfico de barras donde se observa la comparación en cuanto a la plasticidad de los diferentes materiales y sus respectivas combinaciones.

Tabla 160: *Índice de Plasticidad de las muestras y combinaciones*

DESCRIPCION	MATERIAL DE SUBRASANTE	ARENA DE SILICE	INDICE DE PLASTICIDAD
	PESO	PESO	IP
C-1	100.00%	0.00%	17.85
C-2	100.00%	0.00%	16.07
C-3	100.00%	0.00%	18.58
C - 10%	90.00%	10.00%	12.67
C - 20%	80.00%	20.00%	9.72
C - 30%	70.00%	30.00%	0.00
C - 40%	60.00%	40.00%	0.00
C - 50%	50.00%	50.00%	0.00
C - 60%	40.00%	60.00%	0.00
AS-1	0.00%	100.00%	0.00
AS-2	0.00%	100.00%	0.00
AS-3	0.00%	100.00%	0.00

*Fuente: Elaboración propia teniendo como base los resultados de los ensayos*

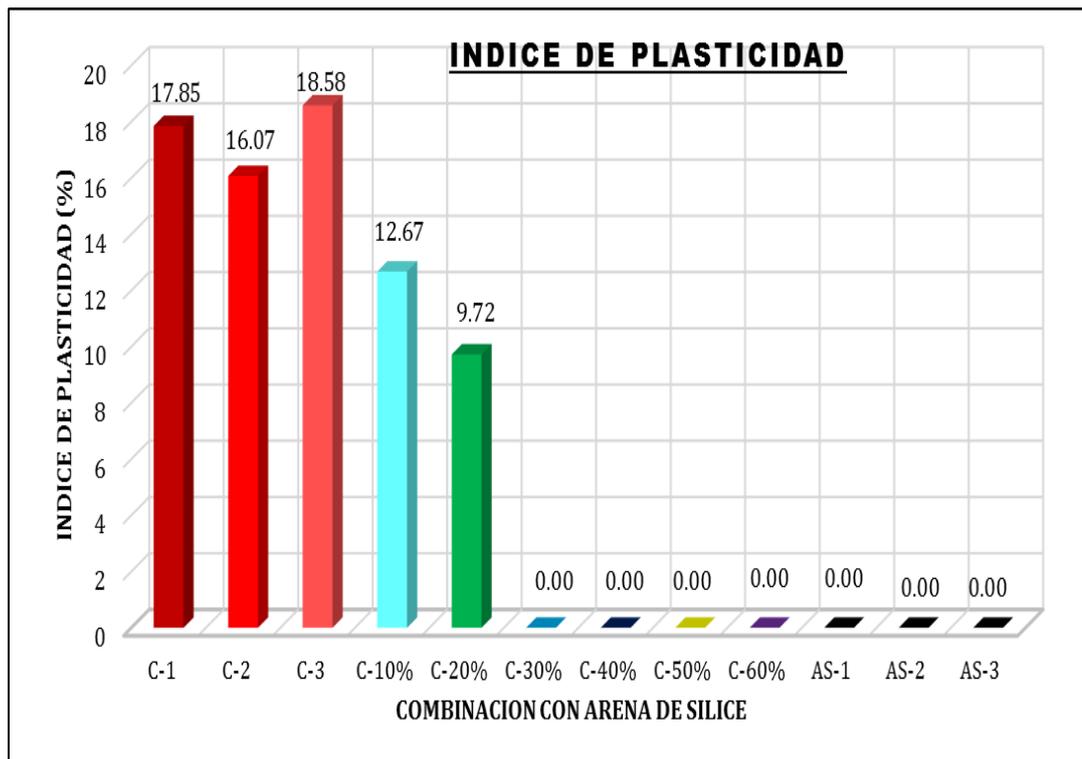


Figura 125: Comportamiento del Índice de Plasticidad de las muestras y combinaciones.

## 5.2. Clasificación de suelos

Según los resultados obtenidos en los ensayos granulométricos y los Límites de Atterberg es que se ha podido clasificar el material de Subrasante C-1, C-2 y C-3, el material de Arena de Sílice AS-1, AS-2 y AS-3 y las distintas combinaciones C-10%, C-20%, C-30%, C-40%, C-50% Y C-60% con el objetivo de poder estimar con aproximación el comportamiento de los suelos ante determinados factores de Humedad.

En cuanto a la clasificación SUCS de las muestras de material C-1, C-2 y C-3 nos dio un tipo de suelo "CL", el cual es un suelo arcilloso e inorgánico de plasticidad media, la clasificación SUCS de las muestras de Arena de Sílice nos dio como resultado un tipo de suelo "ML" el cual son arenas limosas y arenas finas con plasticidad nula, respecto a las combinaciones de material de Subrasante con Arena de Sílice en sus respectivos porcentajes para C-10%, C-20% nos da un tipo de suelo "CL", en este caso Arcillas ligeras con presencia de arena y con plasticidad media; para lo cual podemos observar que para el cambio de clasificación con la combinación de material de arena

de sílice no está generando un cambio significativo puesto que continua teniendo la misma clasificación que los materiales de subrasante C-1, C-2 Y C-3. Para las combinaciones de material de Subrasante con Arena de Sílice en las proporciones C-30%, C-40% Y C-60% nos da una clasificación “ML” el cual es un material limo arenoso con plasticidad nula, para estas combinaciones se puede observar que la arena de sílice ha causado efecto en la composición de clasificación cambiándolo de unas arcillas inorgánicas a ser un material limo arenoso y para la combinación C-50% tiene una clasificación SUCS “ML - MH” el cual es un material de arena mal graduada con presencia de limo.

Tabla 161: *Clasificación SUCS y AASHTO de las muestras y combinaciones*

DESCRIPCION	MATERIAL DE SUBRASANTE	ARENA DE SILICE	CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO
	PESO	PESO		
C-1	100.00%	0.00%	CL	A-7-6 (16)
C-2	100.00%	0.00%	CL	A-6 (14)
C-3	100.00%	0.00%	CL	A-7-6 (16)
C - 10%	90.00%	10.00%	CL	A-6 (9)
C - 20%	80.00%	20.00%	CL	A-4 (6)
C - 30%	70.00%	30.00%	ML	A-4 (0)
C - 40%	60.00%	40.00%	ML	A-4 (0)
C - 50%	50.00%	50.00%	ML-MH	A-3 (0)
C - 60%	40.00%	60.00%	ML	A-4 (0)
AS-1	0.00%	100.00%	SM	A-2-4 (0)
AS-2	0.00%	100.00%	SM	A-2-4 (0)
AS-3	0.00%	100.00%	SM	A-4 (0)

*Fuente: Elaboración propia teniendo como base los resultados de los ensayos*

Para la clasificación AASHTO los materiales de Subrasante C-1, C-2 y C-3, nos dan una clasificación A-7-6 con un índice de grupo 16 - 14 y 16 respectivamente, el cual según el sistema de clasificación mencionado corresponde a las arcillas y limos más plásticos, basándonos en El Manual de “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” en su Sección Suelos y

Pavimentos cabe resaltar que en el sistema de clasificación AASHTO es muy importante el índice de grupo porque nos determina si el tipo de suelo es propicio para que sirva como material de subrasante, con lo cual para las muestras C-1, C-2 y C-3 al ser sus Índices de Grupo superiores a 9 se puede decir que es un suelo muy pobre para material de subrasante.

Tabla 162: *Clasificación de Suelos Según Índice de Grupo*

<b>Índice de Grupo</b>	<b>Suelo de Subrasante</b>
IG > 9	Muy Pobre
IG esta entre 4 a 9	Pobre
IG esta entre 2 a 4	Regular
IG esta entre 1 - 2	Bueno
IG esta entre 0 - 1	Muy Bueno

*Fuente: Manual De Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos.*

Para la clasificación de suelos AASHTO del material de Arena de Sílice AS-1, AS-2 y AS-3, nos da una clasificación A-2-4 con Índices de Grupo 0, 0 y 1 respectivamente que son propios de materiales granulares con partículas finas limosas.

Para la clasificación de las distintas combinaciones; C-10% nos dio una clasificación A-6-(9) el cual es propio de los materiales que contienen partículas finas limosas o arcillas por lo tanto se puede observar que la arena de sílice no está influenciado en una combinación al 10 % ya que el material se sigue manteniendo dentro del tipo de material de suelos arcillosos como el los materiales C-1, C-2 y C-3. Las combinaciones C-20%, C-30%, C-40% y C-60% nos dieron clasificaciones A-4 con Índices de Grupo 6, 0, 0 y 0 respectivamente los cuales son materiales arenosos finos y limosos, en este caso se pude observar que la arena de sílice ha influenciado en el material de Subrasante convirtiéndolos de un tipo de suelo para terreno de fundación malo a regular. En cuanto a la combinación C-50% según el sistema de clasificación AASHTO nos dio un tipo de suelo A-3(0) el cual es una arena de granulometría deficiente, en esta combinación se puede observar que la arena de a cambiando sus propiedades significativamente en el material de Subrasante convirtiéndolo de un material para terreno de fundación malo a

un material de terreno de fundación excelente y teniendo en cuenta su Índice de Grupo nos da un suelo de Subrasante muy bueno.

### 5.3. Relaciones Humedad Densidad - Proctor Modificado

De acuerdo a la tabla 185, con los resultados generales podemos observar que los materiales de Subrasante C-1, C-2 y C-3 tienen una máxima densidad seca de 1.777 kg/cm<sup>3</sup>, 1.810 kg/cm<sup>3</sup> y 1.825 kg/cm<sup>3</sup> y su óptimo contenido de humedad respectivo es de 15.81%, 15.40% y 15.50%; teniendo estos datos como base, al analizar los resultados de las combinaciones de material de Subrasante con Arena de Sílice, podemos observar que la máxima densidad seca, aumenta en la medida que se le adiciona el material de Arena de Sílice, esto se da en las combinaciones C-10%, C-20%, C-30%, C-40% y C-50% tal como se muestra en la Figura 125, teniendo como punto más alto de la máxima densidad seca la combinación C-50%, y en la combinación C-60% se observa que comienza a decaer la máxima densidad seca mientras que el óptimo contenido de humedad sigue disminuyendo, por lo tanto podemos decir que la arena de sílice afecta de manera significativa en la máxima densidad seca de las distintas combinaciones y en el óptimo contenido de humedad

Tabla 163: *Máxima Densidad Seca y Óptimo Contenido de Humedad del material de Subrasante, Arena de Sílice y las Combinaciones*

DESCRIPCION	MATERIAL DE SUBRASANTE	ARENA DE SILICE	MAXIMA DENSIDAD SECA	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD
	PESO	PESO	(gr/cm <sup>3</sup> )	(%)
C-1	100.00%	0.00%	1.777	15.81
C-2	100.00%	0.00%	1.810	15.40
C-3	100.00%	0.00%	1.825	15.50
C - 10%	90.00%	10.00%	1.798	15.20
C - 20%	80.00%	20.00%	1.840	14.10
C - 30%	70.00%	30.00%	1.874	12.70
C - 40%	60.00%	40.00%	1.900	11.60
C - 50%	50.00%	50.00%	1.954	11.10
C - 60%	40.00%	60.00%	1.938	10.60
AS-1	0.00%	100.00%	1.974	7.85
AS-2	0.00%	100.00%	1.980	7.80
AS-3	0.00%	100.00%	1.982	7.83

Fuente: *Elaboración propia teniendo como base los resultados de los ensayos*

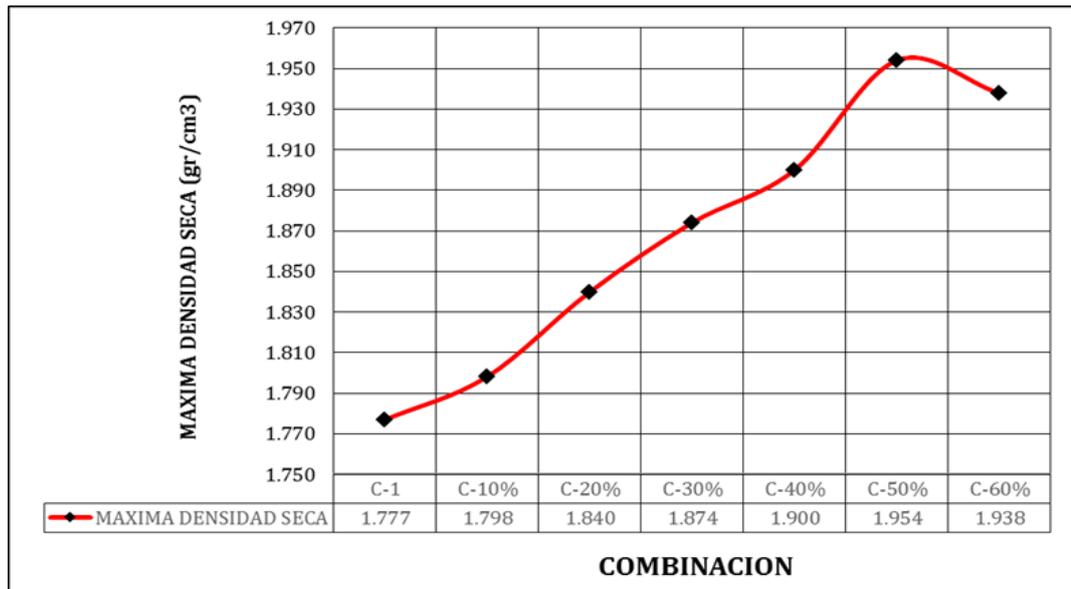


Figura 126: Comportamiento de la Máxima Densidad Seca sobre los porcentajes de Combinaciones con Arena de Sílice

Analizando el óptimo contenido de Humedad, en las distintas combinaciones se observa que ocurre lo contrario a lo sucedido con la máxima densidad seca, es decir el óptimo contenido de humedad disminuye, en la medida que aumenta el porcentaje de arena de sílice al combinarlo con el material de subrasante.

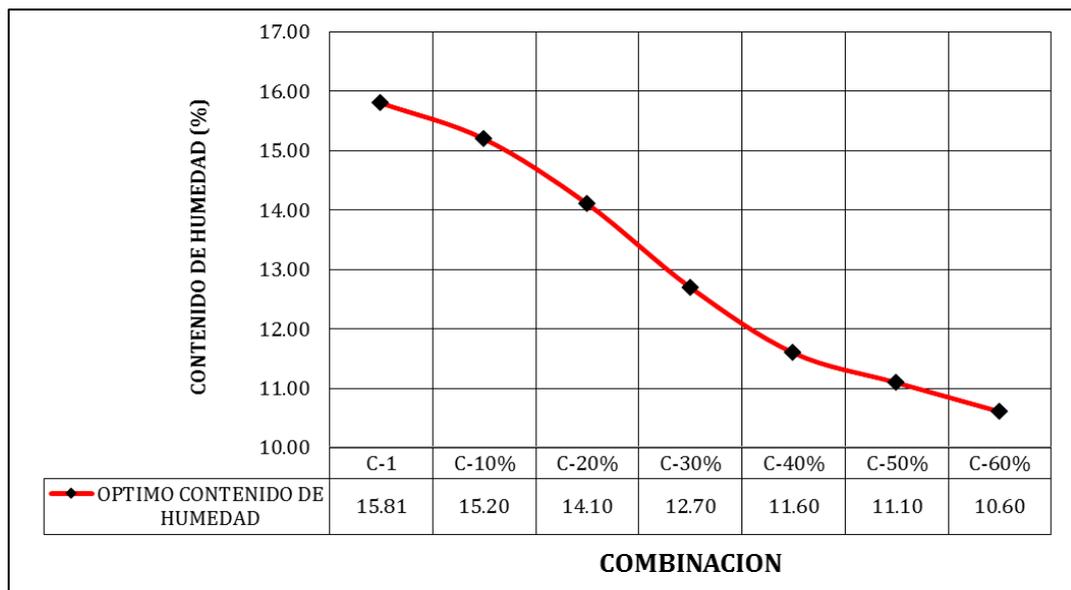


Figura 127: Comportamiento de Optimo Contenido de Humedad sobre los porcentajes de Combinaciones

#### 5.4. Capacidad de soporte – CBR (MTC E-132)

En el análisis del comportamiento de la capacidad de soporte sobre las combinaciones de arena de sílice, se tomó de las tres muestras de material de Subrasante M-2 (C-1), M-2 (C-2) Y M-2 (C-3) el CBR más crítico que nos sirvió como base para poder compararlo con los distintos resultados de CBR de las combinaciones que a continuación se detallan:

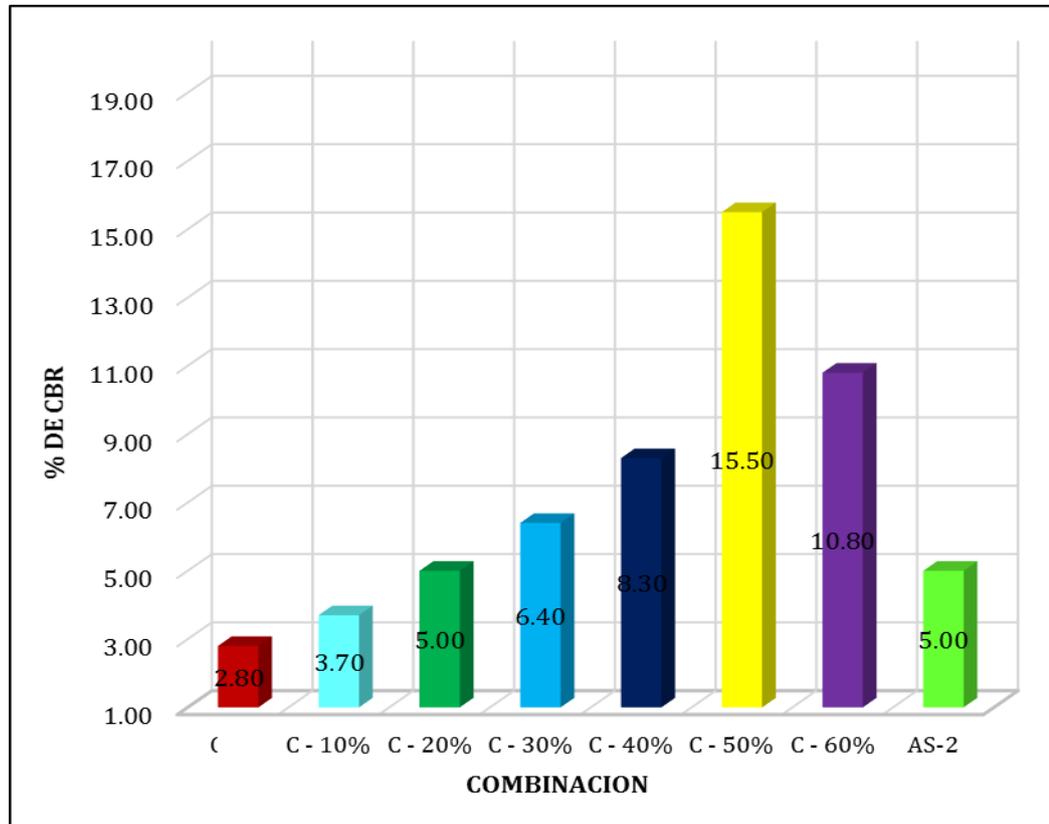
Tabla 164: *CBR al 95 % de su Máxima Densidad Seca del material de Subrasante, Arena de Sílice y las Combinaciones*

DESCRIPCION	MATERIAL DE SUBRASANTE	ARENA DE SILICE	CBR al 95% MDS (%)
	PESO	PESO	Penetracion (2.54 mm)
C-1	100.00%	0.00%	2.80
C-2	100.00%	0.00%	3.30
C-3	100.00%	0.00%	3.70
C - 10%	90.00%	10.00%	3.70
C - 20%	80.00%	20.00%	5.00
C - 30%	70.00%	30.00%	6.40
C - 40%	60.00%	40.00%	8.30
C - 50%	50.00%	50.00%	15.50
C - 60%	40.00%	60.00%	10.80
AS-1	0.00%	100.00%	6.30
AS-2	0.00%	100.00%	5.00
AS-3	0.00%	100.00%	7.50

*Fuente: Elaboración propia teniendo como base los resultados de los ensayos*

Se obtuvo un CBR de 2.8% para el material de Subrasante, el cual es el más crítico de las tres muestras, por lo tanto este tipo de CBR no está considerado como un material apto para material de Subrasante, con la combinación de arena de sílice más material de subrasante C-10% se observa que el CBR ha aumentado a un 3.7%, el cual es una Subrasante pobre para su conformación, de la misma manera en la combinación C-20% el CBR tiende a aumentar, pero sigue siendo un CBR pobre y no apto para su conformación, ya en la Combinación C-30% y C-40% el CBR sigue aumentando a 6.4% y 8.3% respectivamente, los cuales ya vienen a ser una Subrasante regular el cual ya se puede considerar como material apto para la capa de Subrasante, con la combinación C-50% se observa que llega

aumentar el CBR a un 15.50% el cual es un material de Subrasante bueno para proceder a trabajar la capa que soporta la estructura del pavimento, y de todas la combinaciones realizadas es el CBR más alto que se ha obtenido, como se puede observar en el siguiente gráfico.



*Figura 128:* Comparación de los CBR obtenidos de las distintas combinaciones.

Para la combinación C-60%; es decir 60% de peso de Arena de Sílice y 40% de peso de material de Subrasante al realizar la combinación, se puede observar que el CBR Obtenido es de 10.80% el cual es considerado como material bueno para la capa de Subrasante, pero a diferencia de la combinación C-50% ha disminuido el valor de soporte, por lo tanto se puede decir que al llegar a un punto de equilibrio de combinación de material 50% de peso de Arena de Sílice y 50% de material de Subrasante será la combinación más adecuada para obtener el CBR más alto a diferencia de las demás combinaciones realizadas, para lo cual a continuación se muestra

el comportamiento del CBR sobre las distintas combinaciones realizadas en la figura 128.

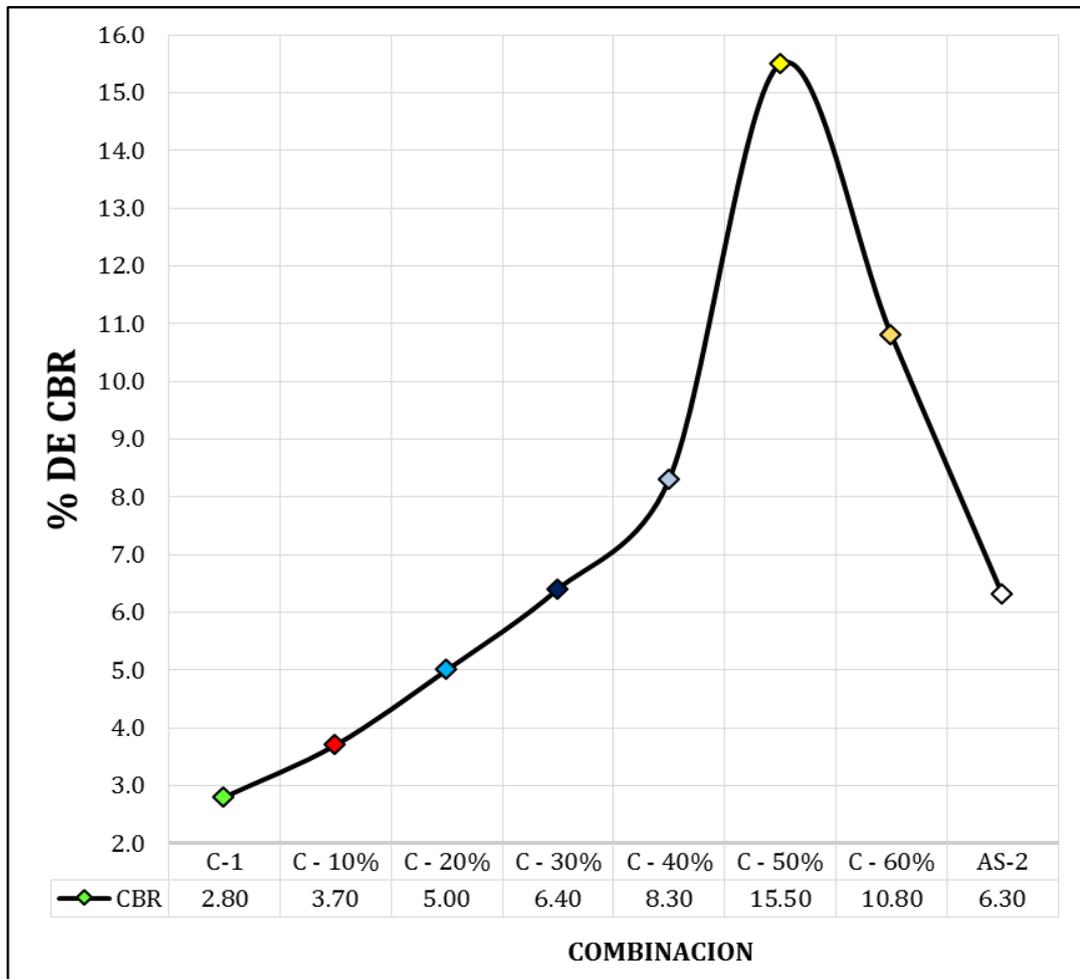


Figura 129: Comportamiento del CBR sobre los porcentajes de Combinaciones

## 5.5. Prueba de hipótesis

**HIPOTESIS GENERAL:** El uso de la arena de sílice mejora las propiedades físico mecánicas en la estabilización de la subrasante de la Carretera Chupuro – Vista Alegre, Región Junín.

### Cálculo del Estimado Puntual o Centrado: PRUEBA DE HIPÓTESIS.

$$P(\bar{X} - E_0 \leq \mu \leq \bar{X} + E_0) = 1 - \alpha; \quad E_0 = \frac{Z_0 \cdot \delta}{\sqrt{n}}$$

$$1.954 \leq \mu \leq 2.426$$

**Cálculo de  $Z_0$**  :  $Z_0 = 1.96$

**Reemplazando** :  $\mu = 1.9$

### Prueba de Hipótesis concerniente a la Media Poblacional:

$$H_0 : \mu = 1.9$$

$$H_1 : \mu > 1.9$$

$H_0$  = Nunca, El uso de la arena de sílice tiene un efecto positivo en la estabilización de la subrasante de la Carretera Chupuro – Vista Alegre, Región Junín.

$H_1$  = Siempre, El uso de la arena de sílice tiene un efecto positivo en la estabilización de la subrasante de la Carretera Chupuro – Vista Alegre, Región Junín.

#### Regla de Decisión:

Se rechaza  $H_0$  si:

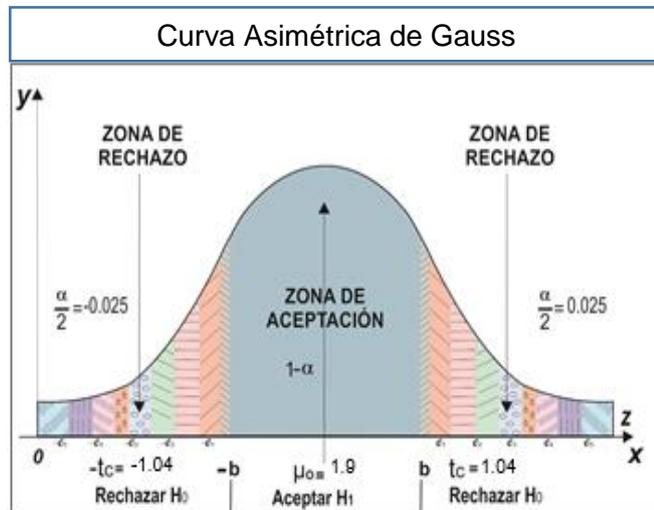
$$t > -t_{1-\alpha}^{(gl)}$$

#### Cálculo de "t":

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad t = 2.4$$

#### Cálculo de $t_c$ :

$$t_{1-\alpha}^{(gl)} \quad t_c = +/- 1.04$$



#### Interpretación:

Se acepta la  $H_1$ : Siempre, "El uso de la arena de sílice tiene un efecto positivo en la estabilización de la subrasante de la Carretera Chupuro – Vista Alegre, Región Junín" y se rechaza la  $H_0$ : debido a que el valor de  $t_c = +/- 1.04$  se encuadra en la zona de rechazo derecha e izquierda del Coeficiente de Pearson (Curva Simétrica de Gauss).

#### Decisión:

$$t > -t_{1-\alpha}^{(gl)}$$

$$2.4 > -1.04$$

**HIPOTESIS ESPECIFICA “A”:** El Índice de plasticidad se reduce con la adición de arena de sílice en la subrasante de la carretera Chupuro – Vista Alegre, Región Junín.

**Cálculo del Estimado Puntual o Centrado: PRUEBA DE HIPÓTESIS.**

$$P(\bar{X} - E_0 \leq \mu \leq \bar{X} + E_0) = 1 - \alpha; \quad E_0 = \frac{Z_0 \cdot \delta}{\sqrt{n}}$$

$$1.1467 \leq \mu \leq 1.313$$

**Cálculo de  $Z_0$**  :  $Z_0 = 1.96$

**Reemplazando** :  $\mu = 1.8$

**Prueba de Hipótesis concerniente a la Media Poblacional:**

$$H_0 : \mu = 1.8$$

$$H_1 : \mu > 1.8$$

$H_0$  = Nunca, El Índice de plasticidad se reduce con la adición de arena de sílice en la subrasante de la carretera Chupuro – Vista Alegre, Región Junín.  
 $H_1$  = Siempre, El Índice de plasticidad se reduce con la adición de arena de sílice en la subrasante de la carretera Chupuro – Vista Alegre, Región Junín.

**Regla de Decisión:**

Se rechaza  $H_0$  si:

$$t > -t_{1-\alpha}^{(gl)}$$

**Cálculo de “t”:**

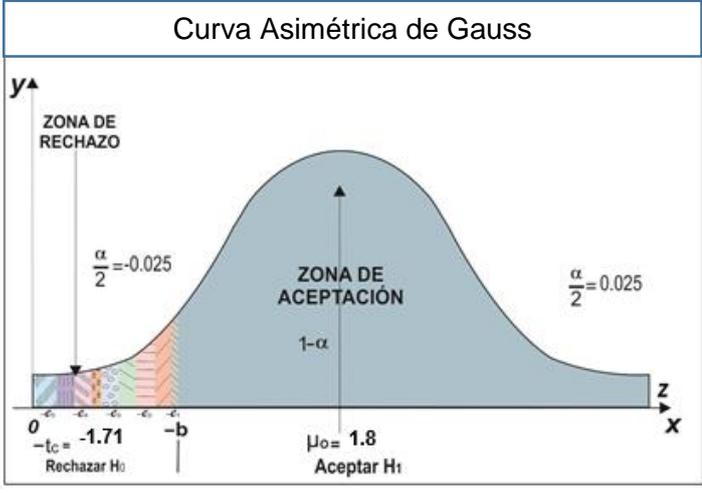
$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

$t = 2.9$

**Cálculo de  $t_c$ :**

$$t_{1-\alpha}^{(gl)}$$

$t_c = -1.71$



**Interpretación:**

Se acepta la  $H_1$ : “El Índice de plasticidad se reduce con la adición de arena de sílice en la subrasante de la carretera Chupuro – Vista Alegre, Región Junín” y se rechaza la  $H_0$ ; debido a que el valor de  $t_c = -1.71$ , se encuadra en la zona de rechazo izquierda de la Curva Simétrica de Gauss (Coeficiente de Pearson).

**Decisión:**

$$t > -t_{1-\alpha}^{(gl)}$$

$$2.9 > -1.71$$

**HIPOTESIS ESPECIFICA “B”:** Los valores de la máxima densidad seca tienden a aumentar y el óptimo contenido de humedad tiende a reducir, con la adición de arena de sílice en la subrasante de la carretera Chupuro – Vista Alegre, Región Junín.

**Cálculo del Estimado Puntual o Centrado: PRUEBA DE HIPÓTESIS.**

$$P(\bar{X} - E_0 \leq \mu \leq \bar{X} + E_0) = 1 - \alpha; \quad E_0 = \frac{Z_0 \cdot \delta}{\sqrt{n}}$$

$$2.00 \leq \mu \leq 3.30$$

**Cálculo de  $Z_0$**  :  $Z_0 = 1.96$

**Reemplazando** :  $\mu = 2.00$

**Prueba de Hipótesis concerniente a la Media Poblacional:**

$$H_0 : \mu = 2.00$$

$$H_1 : \mu > 2.00$$

$H_0$  = Nunca, Los valores de la máxima densidad seca tienden a aumentar y el óptimo contenido tiende a reducir, con la adición de arena de sílice en la subrasante de la carretera Chupuro – Vista Alegre, Región Junín.  
 $H_1$  = Siempre, Los valores de la máxima densidad seca tienden a aumentar y el óptimo contenido de humedad tiende a reducir, con la adición de arena de sílice en la subrasante de la carretera Chupuro – Vista Alegre, Región Junín.

**Regla de Decisión:**

Se rechaza  $H_0$  si:

$$t > -t_{1-\alpha}^{(gl)}$$

**Cálculo de “t”:**

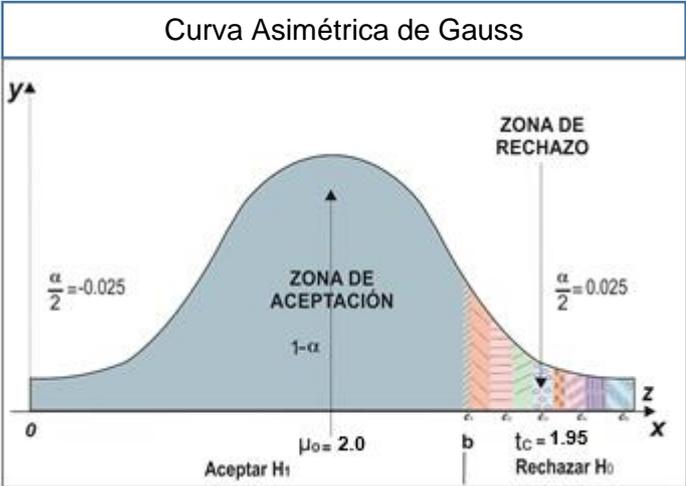
$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

$$t = 5.5$$

**Cálculo de  $t_c$ :**

$$t_{1-\alpha}^{(gl)}$$

$$t_c = 1.95$$



**Interpretación:**

**Decisión:**

$$t > -t_{1-\alpha}^{(gl)}$$

$$5.5 > 1.95$$

Se acepta la  $H_1$ : “Los valores de la máxima densidad seca tienden a aumentar y el óptimo contenido tiende a reducir, con la adición de arena de sílice en la subrasante de la carretera Chupuro – Vista Alegre, Región Junín” y se rechaza la  $H_0$ ; debido a que el valor de  $t_C = 1.95$ , se encuadra en la zona de rechazo derecha de la Curva Simétrica de Gauss (Coeficiente de Pearson).

**HIPOTESIS ESPECIFICA “C”:** Los valores de la capacidad de soporte (CBR) tienden a aumentar con la adición de arena de sílice en la subrasante de la carretera Chupuro – Vista Alegre, Región Junín.

**Cálculo del Estimado Puntual o Centrado: PRUEBA DE HIPÒTESIS.**

$$P(\bar{X} - E_0 \leq \mu \leq \bar{X} + E_0) = 1 - \alpha; \quad E_0 = \frac{Z_0 \cdot \delta}{\sqrt{n}}$$

$$1.821 \leq \mu \leq 2.399$$

**Cálculo de  $Z_0$**  :  $Z_0 = 1.96$

**Reemplazando** :  $\mu = 1.8$

**Prueba de Hipótesis concerniente a la Media Poblacional:**

$$H_0 : \mu = 1.8$$

$$H_1 : \mu > 1.8$$

$H_0$  = Nunca, Los valores de la capacidad de soporte (CBR) tienden a aumentar con la adición de arena de sílice en la subrasante de la carretera Chupuro – Vista Alegre, Región Junín.  
 $H_1$  = Siempre, Los valores de la capacidad de soporte (CBR) tienden a aumentar con la adición de arena de sílice en la subrasante de la carretera Chupuro – Vista Alegre, Región Junín.

**Regla de Decisión:**

Se rechaza  $H_0$  si:

$$t > -t_{1-\alpha}^{(gl)}$$

**Cálculo de “t”:**

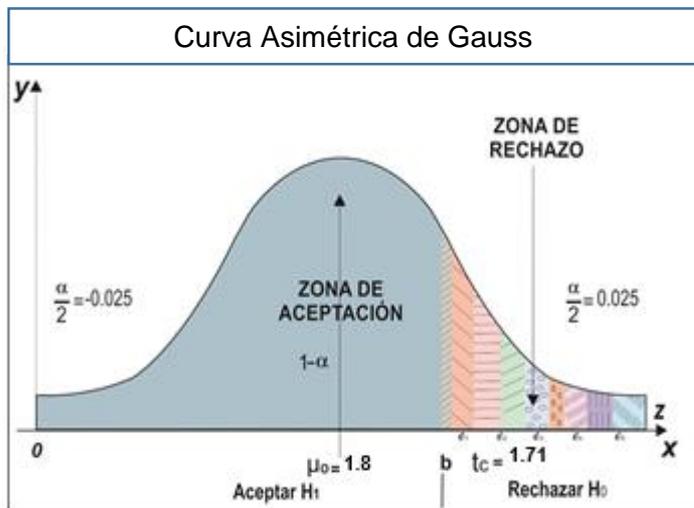
$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

$t = 2.06$

**Cálculo de  $t_c$ :**

$$t_{1-\alpha}^{(gl)}$$

$t_c = 1.71$



**Interpretación:**

**Decisión:**

$$t > -t_{1-\alpha}^{(gl)}$$

$$2.06 > 1.71$$

Se acepta la  $H_1$ : “Los valores de la capacidad de soporte (CBR) tienden a aumentar con la adición de arena de sílice en la subrasante de la carretera Chupuro – Vista Alegre, Región Junín” y se rechaza la  $H_0$ ; debido a que el valor de  $t_c = 1.71$ , se encuadra en la zona de rechazo derecha de la Curva Simétrica de Gauss (Coeficiente de Pearson).

## CONCLUSIONES

1. La arena de sílice ha tenido resultados positivos en la estabilización de la subrasante, ya que ha mejorado sus propiedades físico – mecánicas al realizar la combinación en distintas proporciones y puede ser una alternativa de solución a las subrasantes que tengan baja capacidad de soporte, baja densidad seca, porcentajes altos de contenido de humedad e índices plásticos elevados.
2. De los resultados obtenidos en la presente investigación respecto al índice de plasticidad del material de subrasante con la diferentes combinaciones con arena de sílice, podemos observar que al combinarlo con una mayor proporción al material, su plasticidad disminuye, los resultados nos muestran que en la combinación C-10%, C-20% tienen un Índice de Plasticidad de 12.67% y 9.72% respectivamente, los cuales tienen una plasticidad media, en cuanto a las combinaciones C-30%, C-40%, C-50%, C-60% se convirtieron en materiales No plásticos, por lo tanto se puede observar que la adición de arena de sílice tuvo un efecto directo en la reducción total de la plasticidad del material de subrasante.
3. Con los resultados de la investigación respecto a la máxima densidad seca, se pudo observar que el material de subrasante mas crítico M-2 (C-1) tiene una MDS de 1.777 gr/cm<sup>3</sup>, y su OCH respectivo es de 15.81%, al analizar los resultados de las combinaciones de material de Subrasante con arena de sílice, podemos observar que la MDS, aumenta en la medida que se le adiciona el material de Arena de Sílice, esto se da en las combinaciones C-10%, C-20%, C-30%, C-40% y C-50%, teniendo como punto más alto de la MDS la combinación C-50% con un valor de 1.954 gr/cm<sup>3</sup> y un OCH de 11.10%, ya en la combinación C-60% se observa que comienza a decaer la MDS a 1.938 gr/cm<sup>3</sup>, mientras que el OCH humedad sigue disminuyendo a 10.60%.

4. Con la adición de arena de sílice en el material de subrasante, los valores de la capacidad de soporte (CBR) tienden a aumentar, teniendo como material de subrasante mas critico M-2 (C-1) con un CBR de 2.80% a una penetración de 1" al 95% de su máxima densidad seca, en una combinación C-10% se obtuvo una valor de CBR de 3.70%, en una combinación al C-20% se obtuvo una valor de CBR de 5.00%, en una combinación al C-30% se obtuvo una valor de CBR de 6.40%, en una combinación al C-40% se obtuvo una valor de CBR de 8.30%, en una combinación al C-50% se obtuvo una valor de CBR de 15.50% el cual es el valor más alto obtenido de todas las combinaciones y es considerado un material de subrasante bueno para proceder a trabajar el suelo que soporta la estructura del pavimento y en una combinación al C-60% se obtuvo una valor de CBR de 10.80%.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que para determinar el porcentaje óptimo de combinación de arena de sílice que influirá significativamente en las propiedades físico mecánicas de la subrasante, es necesario realizar los ensayos de mecánica de suelos al material de subrasante para tener una base de sus características.
2. Se recomienda que al realizar los expedientes técnicos para obras de carreteras y si es que se cuenta en la zona del proyecto con canteras de arena de sílice, se opte como una posibilidad de estabilización, la adición de arena de sílice al material de subrasante en una combinación al 50%, ya que de todas las combinaciones realizadas ha tenido los mejores resultados respecto al mejoramiento de sus propiedades físico – mecánicas.
3. Se recomienda ampliar la investigación, del efecto que podría tener el uso de la arena de sílice al adicionarlo a otros tipos de materiales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Benito Cuba, A & Huaman Mendoza, I. (2014). "Optimización y modernización en el proceso de obtención de arena de sílice para incrementar la producción en la cantera santa rosa 94-i c.c. Llocllapampa". Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas. Universidad Nacional del Centro del Perú - Huancayo – Perú.
2. De la Cruz Gutiérrez, L & Salcedo Rojas, K. (2016). "Estabilización de suelos cohesivos por medio de aditivos (Eco Road 2000) para pavimentación en palian – Huancayo - Junín". Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Universidad Peruana los Andes - Huancayo – Perú.
3. Facultad de Agronomía - Universidad de la República. (2004). Propiedades Físicas del Suelo. Revista de Suelos y Agua, 145, 68. 05 de Mayo del 2018, De Facultad de Agronomía - Universidad de la República Base de datos.
4. Ing. Hugo Valverde. (2011). Características de la Subrasante. Recuperado el 24 de Mayo del 2018, de blogspot.com del Sitio web: <http://libro-pavimentos.blogspot.com/2010/03/caracteristicas-de-la-subrasante.html>
5. Ing. Valle Áreas, A. (2010). "Estabilización de suelos arcillosos plásticos con mineralizadores en ambientes sulfatados o yesíferos". Tesis para optar el grado de Maestro en Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid. España.
6. Jorge A. Alvarez Pabón Ingeniero de Proyectos - ICPC. (2011). Estabilización de Subrasantes. Recuperado el 2 de Mayo del 2018, de ICPC- Instituto Colombiano de Productores de Cemento del Sitio web: <http://worldcat.org/identities/lccn-n88679865/>
7. Juárez Badillo, Rico Rodríguez. (2005). Mecánica de Suelos Tomo I - Fundamentos de la Mecánica de Suelos. México: Limusa Noriega Editores.
8. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). Manual de Carreteras – Suelos Geología y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos. Lima – Perú.
9. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas para Construcción - EG - 2013. Lima – Perú.
10. Pérez Collantes, R. (2012). "Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada y/o sub base de pavimentos". Tesis para optar el Grado de Maestro en Ciencias con mención en Ingeniería Geotécnica. Universidad Nacional de Ingeniería Lima- Perú.
11. Quiminet.com. (2013). La Sílice y su Uso en la Industria de la Construcción. Recuperado el 11 de Mayo del 2018, de QUIMINET.com del Sitio web:

<https://www.quiminet.com/articulos/los-datos-mas-importantes-acerca-de-la-arena-silica-2680323.htm>

12. Revista ARQHYS. (2012). Arenas Silicas. Equipo de colaboradores y profesionales de la revista ARQHYS.com. Recuperado el 06 de Mayo del 2018, del Sitio web: <http://www.arqhys.com/construccion/silicas-arenas.html>.
13. Sánchez Albán, M. (2014). “Estabilización de suelos expansivos con cal y cemento en el sector calcical del cantón tosagua provincia de manabí”. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Pontifica Universidad Católica del Ecuador. Ecuador.
14. Ugaz Palomino, R. (2006). “Estabilización de suelos y su aplicación en el mejoramiento de subrasante”. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Ingeniera Lima – Perú.

# ANEXOS

# **ANEXO 01**

- **MATRIZ DE CONSISTENCIA**

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

### TESIS: “ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b> ¿Cuál es el comportamiento del uso de la arena de sílice en la estabilización de la subrasante de la carretera Chupuro – Vista Alegre, Región Junín?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</b></p> <p>1. ¿Cuál es el comportamiento del índice de plasticidad con la adición de arena de sílice en la subrasante?</p> <p>2. ¿Cuáles son los valores de la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad con la adición de arena de sílice en la subrasante?</p> <p>3. ¿Cuáles son los valores de la capacidad de soporte (CBR) obtenidos con la adición de arena de sílice en la subrasante?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b> Analizar el resultado del uso de la arena de sílice en la estabilización de la subrasante de la Carretera Chupuro – Vista alegre, Región Junín.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b></p> <p>1. Analizar el comportamiento del índice de plasticidad con la adición de arena de sílice en la subrasante.</p> <p>2. Identificar los valores de la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad con la adición de arena de sílice en la subrasante.</p> <p>3. Evaluar los valores de la capacidad de soporte (CBR) obtenidos con la adición de arena de sílice en la subrasante.</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b> El uso de la arena de sílice mejora las propiedades físico mecánicas en la estabilización de la subrasante de la Carretera Chupuro – Vista Alegre, Región Junín.</p> <p><b>HIPOTESIS ESPECÍFICOS:</b></p> <p>1. El Índice de plasticidad se reduce con la adición de arena de sílice en la subrasante.</p> <p>2. Los valores de la máxima densidad seca tienden a aumentar y el óptimo contenido de Humedad tiende a disminuir, con la adición de arena de sílice en la subrasante.</p> <p>3. Los valores de la capacidad de soporte (CBR) tienden a aumentar con la adición de arena de sílice en la subrasante.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> <b><u>ARENA DE SILICE</u></b></p> <p><b>Indicadores:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Granulometría</li> <li>✓ Humedad</li> <li>✓ Límites de Atterberg (Limite líquido y Limite plástico)</li> <li>✓ Densidad (Proctor)</li> <li>✓ Capacidad de soporte (CBR)</li> </ul> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> <b><u>ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE</u></b></p> <p><b>Indicadores:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Granulometría</li> <li>✓ Humedad</li> <li>✓ Límites de Atterberg (Limite líquido y Limite plástico)</li> <li>✓ Densidad (Proctor)</li> <li>✓ Capacidad de soporte (CBR)</li> </ul>	<p><b>METODO DE INVESTIGACION:</b> <b><u>Científico</u></b></p> <p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b> <b><u>Aplicada</u></b></p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</b> <b><u>Descriptivo</u></b> <b><u>Explicativo</u></b></p> <p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</b> <b><u>Cuasi Experimental</u></b></p>

# **ANEXO 02**

- **OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES E INDICADORES**

## OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

Tipo de variable	Nombre de la variable	Indicadores	Unidad de medida
<b><u>Variable Independiente</u></b>	ARENA DE SILICE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Granulometría</li> <li>• Humedad</li> <li>• Límites de Atterberg (Limite líquido y Limite plástico)</li> <li>• Proctor modificado (MDS y OCH)</li> <li>• Capacidad de soporte (CBR)</li> </ul>	- %  %  Kg/m <sup>3</sup> % Kg/m <sup>3</sup>
<b><u>Variable Dependiente</u></b>	ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Granulometría</li> <li>• Humedad</li> <li>• Límites de Atterberg (Limite líquido y Limite plástico)</li> <li>• Proctor modificado (MDS y OCH)</li> <li>• Capacidad de soporte (CBR)</li> </ul>	- %  %  Kg/m <sup>3</sup> % Kg/m <sup>3</sup>

*Fuente: Elaboración propia.*

# **ANEXO 03**

- **CERTIFICADO DE ENSAYOS EN LABORATORIO**
  - **ANALISIS GRANULOMETRICO**
  - **HUMEDAD NATURAL**
  - **LIMITES DE CONSISTENCIA**
  - **PROCTOR MODIFICADO**
  - **CBR**

# **MATERIAL DE SUBRASANTE**



DSD0069418122018

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0069418122018

Proyecto/Obra : ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
Atención : BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
Fecha de recepción : lunes, 15 de Octubre de 2018  
Fecha de emisión : martes, 18 de Diciembre de 2018

ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 339,128 - ASTM D422

Código ASTM D422-63(2007)e2  
Título Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (Withdrawn 2016)

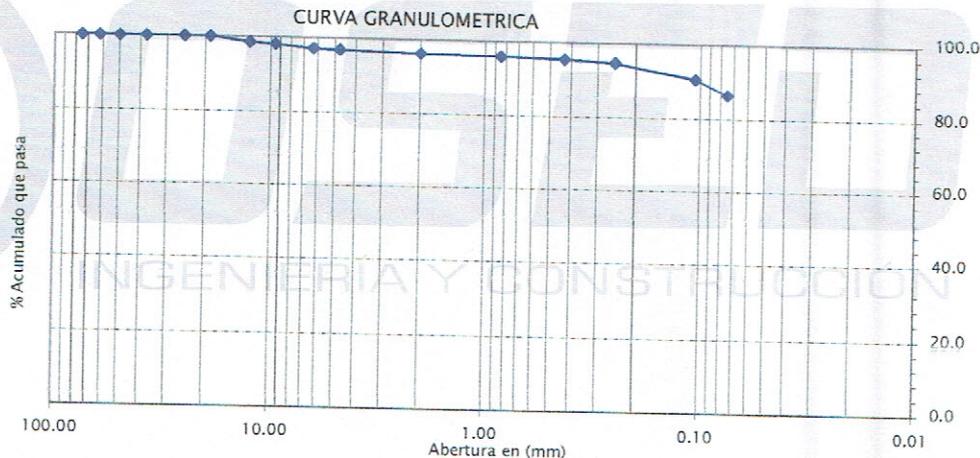
Código NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)  
Título SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

LIMITES DE CONSISTENCIA NTP 339,129 - ASTM D4318

Código ASTM D4318 - 10e1  
Título Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)  
SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	% Acum.
3"	75.00	100.0
2 1/2"	62.00	100.0
2"	50.00	100.0
1 1/2"	37.50	100.0
1"	25.00	100.0
3/4"	19.00	100.0
1/2"	12.50	98.6
3/8"	9.50	98.2
1/4"	6.30	97.2
N°4	4.75	97.0
N°10	2.00	96.4
N°20	0.85	96.0
N°40	0.43	95.5
N°60	0.25	94.7
N°140	0.106	90.5
N°200	0.075	86.5

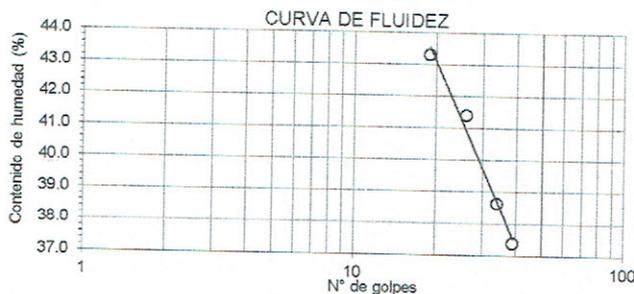


Lim. Liquido

N° GOL.	w (%)
39	37.37
34	38.62
26	41.40
19	43.31

Lim. Plastico

22.64 %
23.17 %



LIMITE LIQUIDO	40.75 %
LIMITE PLASTICO	22.91 %
INDICE PLASTICO	17.85 %
CLASIF. SUCS :	CL
ARCHILLA LIGERA	
CLASIF. AASHTO :	A-7-6 (16)
CONT. HUMEDAD (%)	22.52

Muestra	CALICATA 01- M2
Coordenadas	N 8647119.750 E 471413.415
Progresiva	21+115.00
Profundidad (m)	1.70 m

OBSERVACIONES

: Muestras provista e identificada por el interesado  
El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (ELE INTERNATIONAL)  
Cazuela de casagrande con contador de golpes, Marca Forney LA-3715, Serie N° 119  
Estufa utilizada: Modelo STHX-2A-120°C, Serie 13018 -  
Balanza OHAUS SP15001, N° serie B411400997 - 6000gr.

**Joan Alan Rosales Miranda**  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto

Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo  
Telf.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674  
E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com



DSD0069426092018

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0069426092018

Proyecto/Obra

ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE

Atención

BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE

Fecha de recepción

lunes, 15 de Octubre de 2018

Fecha de emisión

martes, 18 de Diciembre de 2018

NORMA : ASTM D1557-2012 - Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup>) 2,700 kN-m/m<sup>3</sup>)

N.T.P. 339.141

### DATOS DE LA MUESTRA

**CALICATA** CALICATA 01- M2 **Progresiva** 21+115.00  
**Profundidad** 1.70m  
**Método utilizado** "B" **Clasif. SUCS :** CL **Clasif. AASTHO :** A-7-6 (16)

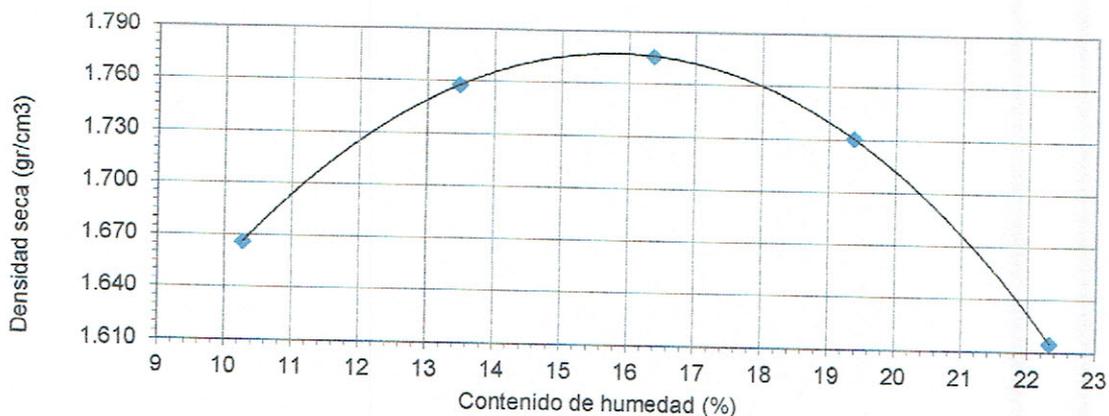
Peso suelo + molde	gr.	3474.7	3622.3	3690.3	3689.5	3604.6
Peso del molde	gr.	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6
Peso suelo humedo compactado	gr.	1729.1	1876.7	1944.7	1943.9	1859.0
<b>VOLUMEN</b>	cm <sup>3</sup>	941.0	941.0	941.0	941.0	941.0
Peso volumetrico humedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.838	1.994	2.067	2.066	1.976
Recipiente N°	gr.	E-3	C-5	C-4	C-1	E-5
Peso suelo humedo + tara	gr.	91.14	101.34	87.35	105.69	108.72
Peso suelo seco + tara	gr.	84.71	91.97	78.22	92.13	93.14
Peso de tara	gr.	22.12	22.42	22.44	22.12	23.35
Peso del agua	gr.	6.43	9.37	9.13	13.56	15.58
Peso suelo seco	gr.	62.59	69.55	55.78	70.01	69.79
Contenido de agua	%	10.27	13.47	16.37	19.37	22.32
Peso volumetrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.666	1.758	1.776	1.731	1.615

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>)

1.777 gr/cm<sup>3</sup>

OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

15.81 %



### Observaciones:

\* Muestra provista e identificada por el peticionario .

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-99/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

DOSED  
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

Joan Alan Rosales Miranda  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto

Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo

Tel.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674

E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com

DOSED  
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

Nataly Lucia Cordova Zorrilla  
CIP. 148059  
Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO**

INFORME N° DSD0069426092018

Proyecto/Obra

ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE

Atención

BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE

Fecha de recepción

lunes, 15 de Octubre de 2018

Fecha de emisión

martes, 18 de Diciembre de 2018

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR  
N.T.P. 339.145 / ASTM D1883**

Pag. 01 de 02

**DATOS DE LA MUESTRA**

CALICATA CALICATA 01- M2 Progresiva 21+115.00  
Profundidad 1.70m

Clasif. SUCS : CL

Clasif. AASTHO :

A-7-6 (16)

CONDICION DE LA MUESTRA	55		26		12	
	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA
N° de golpes por capa	55		26		12	
Molde N°	M-F		M-B		M-D	
Capas N°	5		5		5	
Peso del molde + suelo humedo	8970	9200	8815	9180	8550	8985
Peso del molde	4603	4603	4685	4685	4676	4676
Peso del suelo humedo	4367	4597	4130	4495	3874	4309
Volumen del molde	2114.2	2114.2	2114.5	2114.5	2115.8	2115.8
Densidad humeda	2.07	2.17	1.95	2.13	1.83	2.04
% de humedad	15.82	20.79	15.90	23.41	15.83	25.62
Densidad seca	1.78	1.80	1.69	1.72	1.58	1.62
Tara N°	D-10	C-2	D-4	C-18	D-12	E-3
Tara + suelo humedo	152.99	89.48	147.22	94.46	150.50	77.24
Tara + suelo seco	138.01	78.02	132.51	80.75	135.98	66.01
Peso del agua	14.98	11.46	14.71	13.71	14.52	11.23
Peso de la tara	43.34	22.91	40.02	22.19	44.25	22.17
Peso del suelo seco	94.67	55.11	92.49	58.56	91.73	43.84
% de humedad	15.82	20.79	15.90	23.41	15.83	25.62

PENETRACION (mm)	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	Kg	LBS	LBS/PUL2	Kg	LBS	LBS/PUL2	Kg	LBS	LBS/PUL2
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	8.40	18.52	5.89	6.40	14.11	4.49	3.90	8.60	2.74
0.05	23.30	51.37	16.35	15.40	33.95	10.81	10.80	23.81	7.58
0.08	38.50	84.88	27.02	26.10	57.54	18.32	20.10	44.31	14.11
0.10	55.10	121.47	38.67	39.30	86.64	27.58	29.90	65.92	20.98
0.15	86.20	190.04	60.49	60.60	133.60	42.53	45.30	99.87	31.79
0.20	119.30	263.01	83.72	84.50	186.29	59.30	63.20	139.33	44.35
0.25	160.40	353.62	112.56	112.30	247.58	78.81	83.50	184.08	58.60
0.30	199.60	440.04	140.07	140.20	309.08	98.38	102.20	225.31	71.72
0.40	280.90	619.27	197.12	185.30	408.51	130.03	132.70	292.55	93.12
0.50	328.10	723.33	230.24	222.30	490.08	156.00	155.80	343.48	109.33

TIEMPO HORAS	55GOLPES			26GOLPES			12GOLPES		
	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
	mm.	%		mm.	%		mm.	%	
24.00	55.0	1.397	1.19	94.0	2.388	2.04	97.5	2.477	0.00
48.00	81.0	2.057	1.76	128.5	3.264	2.78	106.5	2.705	2.11
72.00	114.0	2.896	2.47	139.0	3.531	3.01	109.0	2.769	2.31
96.00	118.0	2.997	2.56	139.0	3.531	3.01	109.0	2.769	2.36

**Observaciones:**

\* Muestra provista e identificada por el peticionario

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolución N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

**EQUIPO UTILIZADO:**

Presna de CBR-MARSHALL: FORNEY 7691F, Serie N°2693, Capacidad 5000 kgf, Indicador Digital HIWEIGH, Modelo 315-X8, serie N°NZCO15333, Patron Utilizado: Morehouse, N° de Serie C-8295, clase NO INDICA, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-13a, certificado de calibración: rep-002-N° 03295F1314.



DSD0069426092018

INFORME N° DSD0069426092018

Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
 Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
 Fecha de recepción: lunes, 15 de Octubre de 2018  
 Fecha de emisión: martes, 18 de Diciembre de 2018

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR  
N.T.P. 339.145 / ASTM D1883**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Calicata: CALICATA 01- M2      Progresiva: 21+115.00  
 Profundidad: 1.70m  
 Clasif. SUCS: CL      Clasif. AASTHO: A-7-6 (16)

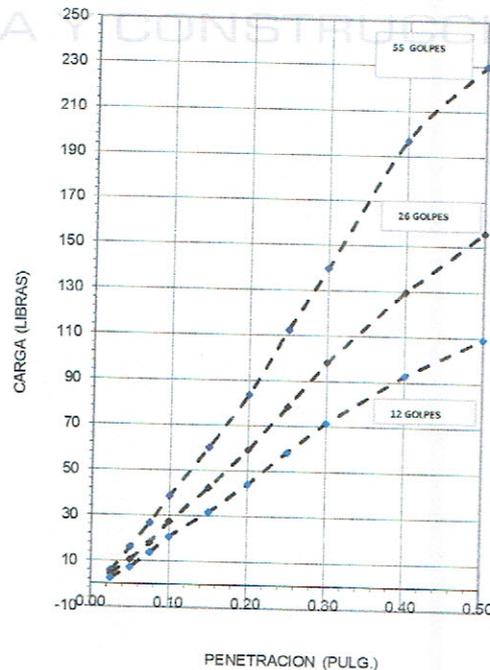
Pag. 02 de 02

%MDS	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	A 2.5mm de Penetracion	A 5.0mm de Penetracion
CBR al 100%	1.777	3.9 %	5.58 %
CBR al 95%	1.688	2.8 %	4.00 %

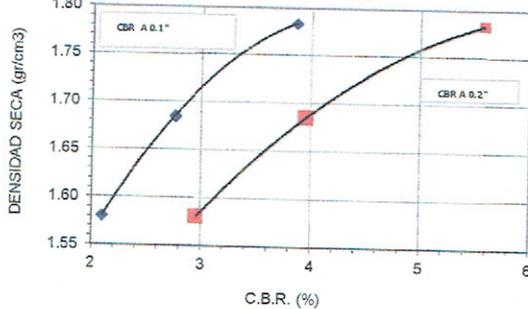
**CURVA DE COMPACTACION**



**GRAFICO ESFUERZO DEFORMACION**



**CURVA DE C.B.R.**



**Observaciones:**

\* Muestra provista e identificada por el peticionario

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA DE CONSTRUCCIÓN INDECOPI: GP:004: 1993)

LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion Nº002-96/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)



**DOSED**  
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN  
Nataly Lucia Cordova Zorrilla  
CIP: 148693  
Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia

Joan Alan Rosales Miranda  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto



DSD0069418122018

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0069418122018

Proyecto/Obra : ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
Atención : BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
Fecha de recepción : lunes, 15 de Octubre de 2018  
Fecha de emisión : martes, 18 de Diciembre de 2018

ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 339,128 - ASTM D422

Código ASTM D422-63(2007)e2  
Título Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (Withdrawn 2016)

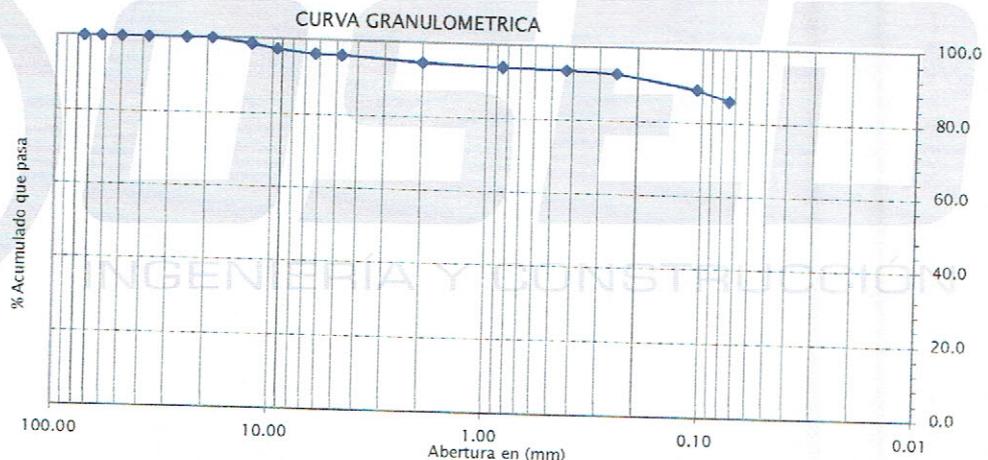
Código NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)  
Título SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

LIMITES DE CONSISTENCIA NTP 339,129 - ASTM D4318

Código ASTM D4318 - 10e1  
Título Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)  
SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	% Acum.
3"	75.00	100.0
2 1/2"	62.00	100.0
2"	50.00	100.0
1 1/2"	37.50	100.0
1"	25.00	100.0
3/4"	19.00	100.0
1/2"	12.50	98.6
3/8"	9.50	97.4
1/4"	6.30	96.3
N°4	4.75	96.1
N°10	2.00	94.7
N°20	0.85	94.0
N°40	0.43	93.6
N°60	0.25	92.8
N°140	0.106	89.0
N°200	0.075	86.0



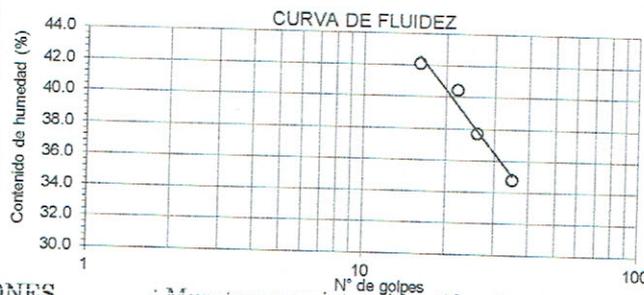
% GRAVA	3.9
% ARENA	10.1
% FINO	86.0

Lim. Líquido

N° GOL	w (%)
35	34.77
26	37.72
22	40.44
16	42.11

Lim. Plástico

22.03 %
22.76 %



LIMITE LIQUIDO	38.46 %
LIMITE PLASTICO	22.40 %
INDICE PLASTICO	16.07 %
CLASIF. SUCS :	CL
ARCILLA LIGERA	
CLASIF. AASHTO :	A-6 (14)
CONT. HUMEDAD (%)	22.44

Muestra	CALICATA 02- M2
Coordenadas	N 8646781.099 E 471386.592
Progresiva	21+465.00
Profundidad (m)	1.50m

OBSERVACIONES

: Muestras provista e identificada por el interesado

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (ELE INTERNATIONAL)  
Cazuela de casagrande con contador de golpes, Marca Forney LA-3715, Serie N° 119  
Estufa utilizada: Modelo STHX-2A-120°C, Serie 13018 -  
Balanza OHAUS SP16001, N° Serie B411400997 - 6000gr.



Nataly Lucia Cordova Zorrilla  
CIP. 142699  
Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia

Joan Alan Rosales Miranda

Téc. Mecánico de Suelos y Concreto Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo  
Telf.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674  
E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com



DSD0069426092018

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0069426092018

Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
Fecha de recepción: lunes, 15 de Octubre de 2018  
Fecha de emisión: martes, 18 de Diciembre de 2018

NORMA : ASTM D1557-2012 - Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Using Modified Effort (56,000 ft-lb/ft<sup>3</sup>) 2,700 kN-m/m<sup>3</sup>)

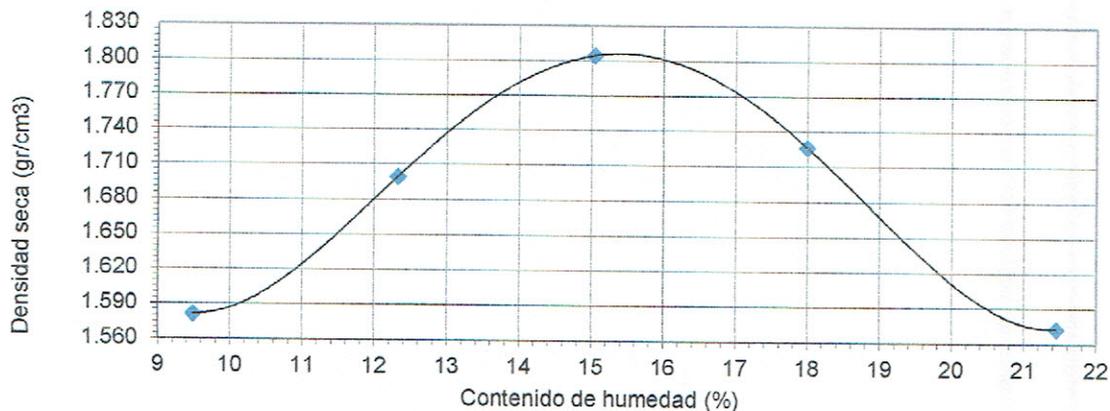
N.T.P. 339.141

### DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA CALICATA 02- M2 **Progresiva** 21+465.00  
PROFUNDIDAD 1.50m  
Método utilizado "B" **Clasif. SUCS :** CL **Clasif. AASTHO :** A-6 (14)

Peso suelo + molde	gr.	3374.7	3542.2	3699.4	3662.8	3543.3
Peso del molde	gr.	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6
Peso suelo humedo compactado	gr.	1629.1	1796.6	1953.8	1917.2	1797.7
VOLUMEN	cm <sup>3</sup>	941.0	941.0	941.0	941.0	941.0
Peso volumetrico humedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.731	1.909	2.076	2.037	1.910
Recipiente N°	gr.	D9	D-4	D-12	Z-2	Z-11
Peso suelo humedo + tara	gr.	125.56	121.31	134.50	137.90	121.30
Peso suelo seco + tara	gr.	118.64	112.39	123.35	121.28	105.10
Peso de tara	gr.	45.74	40.02	49.25	28.92	29.57
Peso del agua	gr.	6.92	8.92	11.15	16.62	16.20
Peso suelo seco	gr.	72.90	72.37	74.10	92.36	75.53
Contenido de agua	%	9.49	12.33	15.05	17.99	21.45
Peso volumetrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.581	1.700	1.805	1.727	1.573

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>) **1.810 gr/cm<sup>3</sup>**  
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) **15.40 %**



### Observaciones:

\* Muestra provista e identificada por el petionario .

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)



Joan Alan Rosales Miranda  
Téc. Mecánica de Suelos y Concreto



Nataly Lucia Cordova Zorrilla  
CIP. 148699  
Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia

Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo  
Telf.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674  
E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com



DSD0069426092018

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO**

INFORME N° DSD0069426092018

Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
Fecha de recepción: lunes, 15 de Octubre de 2018  
Fecha de emisión: martes, 18 de Diciembre de 2018

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR  
N.T.P. 339.145 / ASTM D1883**

Pag. 01 de 02

**DATOS DE LA MUESTRA**

CALICATA: CALICATA 02- M2 Progresiva 21+465.00  
PROFUNDIDAD: 1.50m

Clasif. SUCS : CL

Clasif. AASTHO : A-6 (14)

N° de golpes por capa	55		26		12	
Molde N°	M-F		M-B		M-D	
Capas N°	5		5		5	
CONDICION DE LA MUESTRA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA
Peso del molde + suelo humedo	9040	9200	8830	9170	8575	8965
Peso del molde	4603	4603	4685	4685	4676	4676
Peso del suelo humedo	4437	4597	4145	4485	3899	4289
Volumen del molde	2114.2	2114.2	2114.5	2114.5	2115.8	2115.8
Densidad humeda	2.10	2.17	1.96	2.12	1.84	2.03
% de humedad	15.43	17.41	15.40	20.00	15.36	23.15
Densidad seca	1.82	1.85	1.70	1.77	1.60	1.65
Tara N°	D-10	C-2	D-4	C-18	D-12	E-3
Tara + suelo humedo	148.56	99.48	123.09	104.46	150.10	87.24
Tara + suelo seco	134.46	88.02	112.01	90.75	135.99	75.01
Peso del agua	14.10	11.46	11.08	13.71	14.11	12.23
Peso de la tara	43.07	22.21	40.08	22.19	44.15	22.17
Peso del suelo seco	91.39	65.81	71.93	68.56	91.84	52.84
% de humedad	15.43	17.41	15.40	20.00	15.36	23.15

PENETRACION (mm)	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	Kg	LBS	LBS/PUL2	Kg	LBS	LBS/PUL2	Kg	LBS	LBS/PUL2
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	9.66	21.30	6.78	7.36	16.23	5.16	4.49	9.89	3.15
0.05	26.80	59.07	18.80	17.71	39.04	12.43	12.42	27.38	8.72
0.08	44.28	97.61	31.07	30.02	66.17	21.06	23.12	50.96	16.22
0.10	63.37	139.69	44.47	45.20	99.64	31.72	34.39	75.81	24.13
0.15	99.13	218.54	69.56	69.69	153.64	48.90	52.10	114.85	36.56
0.20	137.20	302.46	96.28	97.18	214.23	68.19	72.68	160.23	51.00
0.25	184.46	406.66	129.44	129.15	284.71	90.63	96.03	211.70	67.39
0.30	229.54	506.04	161.08	161.23	355.45	113.14	117.53	259.11	82.48
0.40	323.04	712.16	226.69	213.10	469.79	149.54	152.61	336.43	107.09
0.50	377.32	831.83	264.78	255.65	563.59	179.40	179.17	395.00	125.73

TIEMPO HORAS	55GOLPES			26GOLPES			12GOLPES		
	LECTURA DIAL	EXPANSION (mm, %)		LECTURA DIAL	EXPANSION (mm, %)		LECTURA DIAL	EXPANSION (mm, %)	
24.00	56.0	1.422	1.21	90.0	2.286	1.95	99.5	2.527	0.00
48.00	88.0	2.235	1.91	126.5	3.213	2.74	107.5	2.731	2.16
72.00	117.0	2.972	2.54	137.0	3.480	2.97	111.0	2.819	2.33
96.00	124.0	3.150	2.69	137.0	3.480	2.97	113.0	2.870	2.41

**Observaciones:**

\* Muestra provista e identificada por el peticionario

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

**EQUIPO UTILIZADO:**

Presna de CBR-MARSHALL-FORNEY 7691F, Serie N°2693, Capacidad 5000 kgf, Indicador Digital HIWEIGH, Modelo 315-X8, serie N°ND015933 Patron Utilizado Morehouse, N° de Serie C-8295, claseNO INDICA, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-13a, certificado de calibracion reporte N° C-8295f1314.

**Joan Alan Rosales Miranda**  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto

Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo

Telf.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674

E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com



DSD0069426092018

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0069426092018

Proyecto/Obra

ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE

Atención

BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAÑE

Fecha de recepción

lunes, 15 de Octubre de 2018

Fecha de emisión

martes, 18 de Diciembre de 2018

### ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR N.T.P. 339.145 / ASTM D1883

#### DATOS DE LA MUESTRA

Calicata CALICATA 02- M2 Progresiva 21+465.00  
 PROFUNDIDAD 1.50m

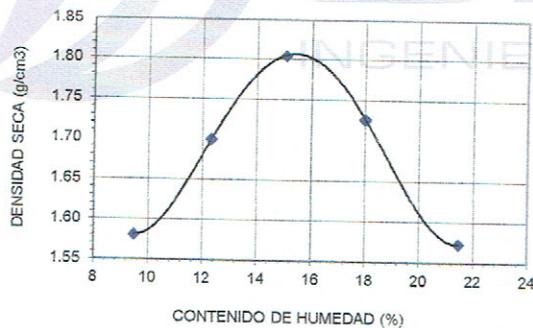
Clasif. SUCS : CL

Clasif. AASTHO : A-6 (14)

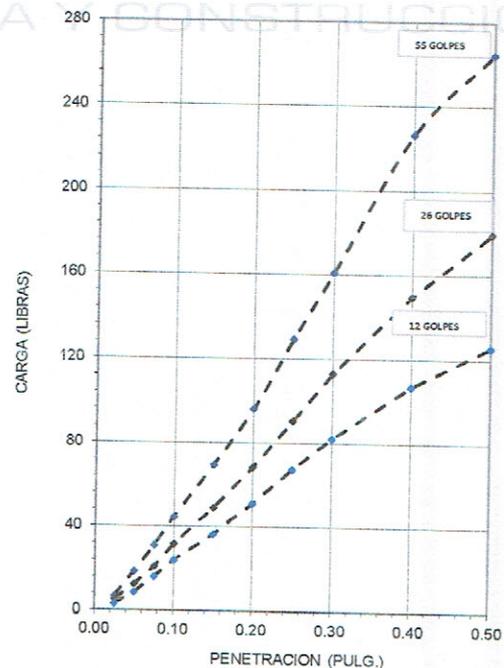
Pag. 02 de 02

%MDS	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	A 2.5mm de Penetracion	A 5.0mm de Penetracion
CBR al 100%	1.81	4.4 %	6.42 %
CBR al 95%	1.720	3.3 %	4.80 %

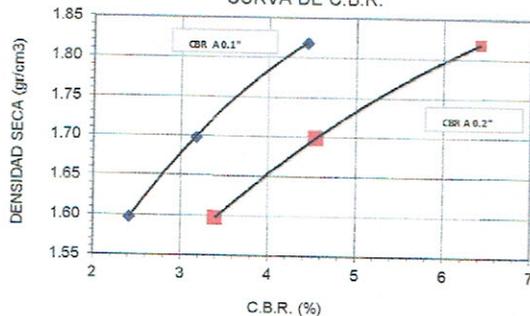
#### CURVA DE COMPACTACION



#### GRAFICO ESFUERZO DEFORMACION



#### CURVA DE C.B.R.

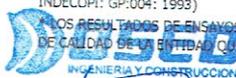


#### Observaciones:

\* Muestra provista e identificada por el peticionario

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)



Joan Kar Rosales Miranda  
Téc. Mecánica de Suelos y Concreto



Nataly Lucia Cordova Zorrilla  
CIP: 148599  
Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia



DSD0069418122018

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0069418122018

Proyecto/Obra : ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
Atención : BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
Fecha de recepción : lunes, 15 de Octubre de 2018  
Fecha de emisión : martes, 18 de Diciembre de 2018

**ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 339,128 - ASTM D422**

**Código** ASTM D422-63(2007)e2  
**Título** Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (Withdrawn 2016)

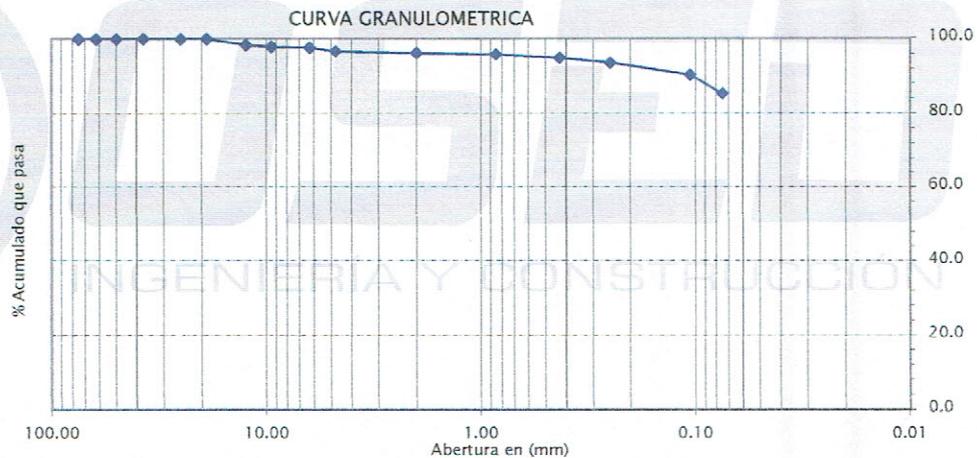
**Código** NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)  
**Título** SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

**LIMITES DE CONSISTENCIA NTP 339,129 - ASTM D4318**

**Código** ASTM D4318 - 10e1  
**Título** Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

**Código** NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)  
**Título** SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	% Acum.
3"	75.00	100.0
2 1/2"	62.00	100.0
2"	50.00	100.0
1 1/2"	37.50	100.0
1"	25.00	100.0
3/4"	19.00	100.0
1/2"	12.50	98.4
3/8"	9.50	97.9
1/4"	6.30	97.7
N°4	4.75	96.7
N°10	2.00	96.3
N°20	0.85	95.9
N°40	0.43	94.8
N°60	0.25	93.6
N°140	0.106	90.3
N°200	0.075	85.3



% GRAVA	3.3
% ARENA	11.4
% FINO	85.3

**Lim. Liquido**

N° GOL	w (%)
30	38.07
26	40.41
21	43.42
14	45.98

**Lim. Plastico**

22.68 %
22.60 %



LIMITE LIQUIDO	41.22 %
LIMITE PLASTICO	22.64 %
INDICE PLASTICO	18.58 %
CLASIF. SUCS :	CL
ARCILLA LIGERA	
CLASIF. AASHTO :	A-7-6 (16)
CONT. HUMEDAD (%)	23.01

Muestra	CALICATA 03- M2
Coordenadas	N 8646513.800 E 471308.742
Progresiva	21+765.00
Profundidad (m)	1.50m

**OBSERVACIONES** : Muestras provista e identificada por el interesado  
El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

**EQUIPO UTILIZADO:**

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (ELE INTERNATIONAL)  
Cazuela de casagrande con contador de golpes, Marca Forney LA-3715, Serie N° 119  
Estufa utilizada: Modelo STHX-2A-120°C, Serie 13018 -  
Balanza OHAUS SP3600, N° Serie B411400997 - 6000gr.



Joan Alan Rosales Miranda  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto



Nataly Lucia Cordova Zorrilla  
CIP. 148839  
Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia

Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo  
Telf.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674  
E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com



DSD0069426092018

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO**

INFORME N° DSD0069426092018

Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
 Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
 Fecha de recepción: lunes, 20 de Agosto de 2018  
 Fecha de emisión: miércoles, 26 de Setiembre de 2018

NORMA : ASTM D1557-2012 - Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup>) 2,700 kN-m/m<sup>3</sup>)

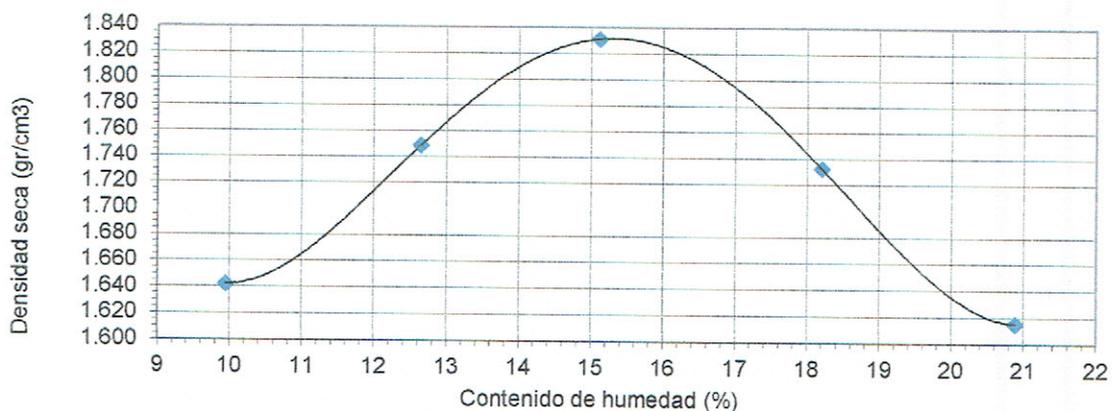
N.T.P. 339.141

**DATOS DE LA MUESTRA**

CALICATA CALICATA 03- M2 Progresiva 21+765.00  
 PROFUNDIDAD 1.50m  
 Método utilizado "B" Clasif. SUCS : CL Clasif. AASTHO : A-7-6 (16)

Peso suelo + molde	gr.	3444.7	3599.24	3729.4	3672.8	3583.3
Peso del molde	gr.	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6
Peso suelo humedo compactado	gr.	1699.1	1853.64	1983.8	1927.2	1837.7
<b>VOLUMEN</b>	cm <sup>3</sup>	941.0	941.0	941.0	941.0	941.0
Peso volumetrico humedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.806	1.970	2.108	2.048	1.953
Recipiente N°	gr.	D-38	D-33	D-21	M-5	M-4
Peso suelo humedo + tara	gr.	124.30	121.31	145.22	146.89	141.01
Peso suelo seco + tara	gr.	117.19	112.31	131.79	130.79	123.99
Peso de tara	gr.	45.71	41.12	42.94	42.35	42.51
Peso del agua	gr.	7.11	9.00	13.43	16.10	17.02
Peso suelo seco	gr.	71.48	71.19	88.85	88.44	81.48
Contenido de agua	%	9.95	12.64	15.12	18.20	20.89
Peso volumetrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.642	1.749	1.831	1.733	1.615

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>) 1.825 gr/cm<sup>3</sup>  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) 15.50 %



**Observaciones:**

\* Muestra provista e identificada por el peticionario .

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)



Joan Alan Rosales Miranda  
 Téc. Mecánico de Suelos y Concreto



Nataly Lucia Corbova Zorrilla  
 CIP. 148159  
 Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia



DSD0069426092018

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0069426092018

Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
Fecha de recepción: lunes, 20 de Agosto de 2018  
Fecha de emisión: miércoles, 26 de Setiembre de 2018

### ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR N.T.P. 339.145 / ASTM D1883

Pag. 01 de 02

#### DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA CALICATA 03- M2 Progresiva 21+765.00  
PROFUNDIDAD 1.50m

Clasif. SUCS : CL

Clasif. AASTHO : A-7-6 (16)

CONDICION DE LA MUESTRA	55		26		12	
	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA
N° de golpes por capa	55		26		12	
Molde N°	M-B		M-D		M-A	
Capas N°	5		5		5	
Peso del molde + suelo humedo	9055	9210	8865	9170	8590	8985
Peso del molde	4685	4685	4676	4676	4628	4628
Peso del suelo humedo	4370	4525	4189	4494	3962	4357
Volumen del molde	2114.5	2114.5	2115.8	2115.8	2116.9	2116.9
Densidad humeda	2.07	2.14	1.98	2.12	1.87	2.06
% de humedad	15.52	22.74	15.48	24.50	15.47	27.15
Densidad seca	1.79	1.74	1.71	1.71	1.62	1.62
Tara N°	A-12	C-3	E-3	C-18	D-11	E-5
Tara + suelo humedo	154.25	88.28	146.02	92.77	150.02	75.11
Tara + suelo seco	138.01	78.02	132.21	80.85	135.98	65.94
Peso del agua	16.24	10.26	13.81	11.92	14.04	9.17
Peso de la tara	33.34	32.91	43.02	32.19	45.25	32.17
Peso del suelo seco	104.67	45.11	89.19	48.66	90.73	33.77
% de humedad	15.52	22.74	15.48	24.50	15.47	27.15

PENETRACION (mm)	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	Kg	LBS	LBS/PUL2	Kg	LBS	LBS/PUL2	Kg	LBS	LBS/PUL2
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	10.25	22.59	7.19	7.81	17.21	5.48	4.76	10.49	3.34
0.05	27.43	60.46	19.25	18.79	41.42	13.18	13.18	29.05	9.25
0.08	45.97	101.35	32.26	31.84	70.20	22.34	24.52	54.06	17.21
0.10	67.22	148.20	47.17	48.60	107.14	34.10	35.10	77.38	24.63
0.15	103.14	227.38	72.38	73.93	162.99	51.88	55.27	121.84	36.78
0.20	138.50	305.34	97.19	105.09	231.68	73.75	77.10	169.98	54.11
0.25	192.69	424.80	135.22	137.01	302.04	96.14	101.87	224.58	71.49
0.30	243.51	536.85	170.88	171.04	377.08	120.03	124.68	274.88	87.50
0.40	338.70	746.69	237.68	226.07	498.39	158.64	161.89	356.91	113.61
0.50	400.28	882.46	280.90	271.21	597.90	190.32	190.08	419.04	133.39

TIEMPO HORAS	55GOLPES			26GOLPES			12GOLPES		
	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm.	%		mm.	%		mm.	%
24.00	54.0	1.372	1.17	99.0	2.515	2.15	102.0	2.591	0.00
48.00	79.0	2.007	1.71	129.5	3.289	2.81	108.5	2.756	2.21
72.00	117.0	2.972	2.54	142.0	3.607	3.08	125.0	3.175	2.35
96.00	121.0	3.073	2.62	145.0	3.683	3.14	132.0	3.353	2.71

#### Observaciones:

\* Muestra provista e identificada por el peticionario

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-99/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

#### EQUIPO UTILIZADO:

Presna de CBR-MARSHALL FORNEY 7691F, Serie N°2693, Capacidad 5000 kgf, Indicador Digital HIWEIGH, Modelo 315-X8, serie N°N20015237 - Papan utilizado Morehouse, N° de Serie C-8295, claseNO INDICA, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-13a, certificado de calibración soporte N° C-8295F1314.

Joar Alan Rosales Miranda  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto

Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo  
Telf.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674  
E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com



Proyecto/Obra

ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE

Atención

BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUNE

Fecha de recepción

lunes, 20 de Agosto de 2018

Fecha de emisión

miércoles, 26 de Setiembre de 2018

## ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR N.T.P. 339.145 / ASTM D1883

### DATOS DE LA MUESTRA

**CALICATA** CALICATA 03- M2 **Progresiva** 21+765.00  
**PROFUNDIDAD** 1.50m

**Clasif. SUCS :** CL **Clasif. AASTHO :** A-7-6 (16)

Pag. 02 de 02

%MDS	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	A 2.5mm de Penetracion	A 5.0mm de Penetracion
CBR al 100%	1.825	4.7 %	6.48 %
CBR al 95%	1.734	3.7 %	5.25 %

CURVA DE COMPACTACION

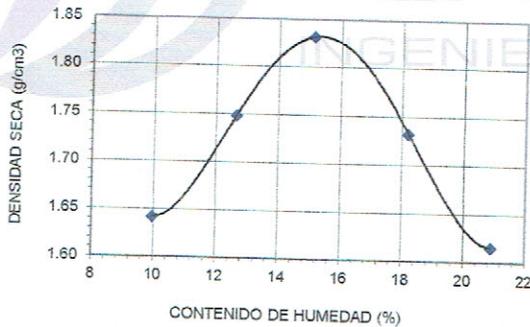
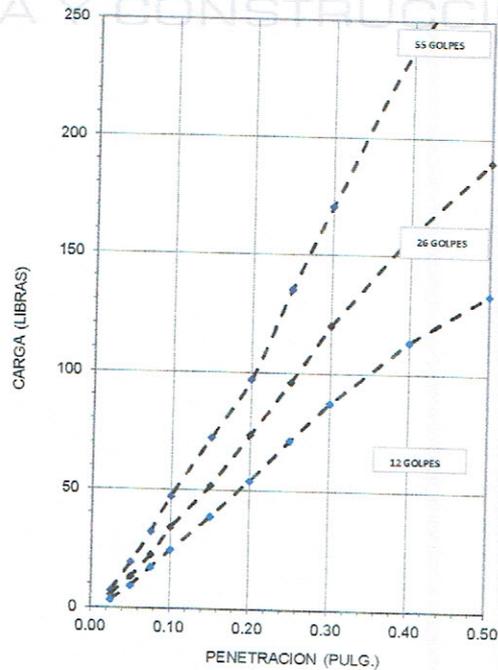
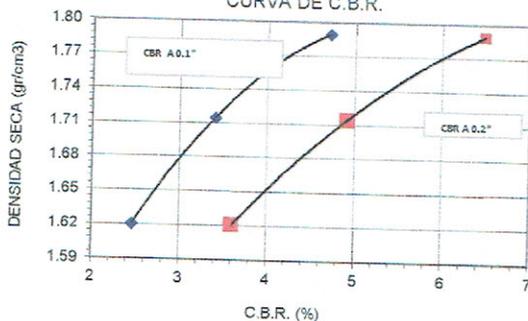


GRAFICO ESFUERZO DEFORMACION



CURVA DE C.B.R.



**Observaciones:**

\* Muestra provista e identificada por el peticionario

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD ASÍ COMO PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)



Joan Alan Rosales Miranda  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto

Nataly Lucia Cordova Zorrilla  
CIP. 143619  
Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia

# **ARENA DE SILICE**



DSD0069418122018

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0069418122018

Proyecto/Obra : ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
Atención : BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
Fecha de recepción : lunes, 15 de Octubre de 2018  
Fecha de emisión : martes, 18 de Diciembre de 2018

ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 339,128 · ASTM D422

**Código** ASTM D422-63(2007)e2  
**Título** Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (Withdrawn 2016)

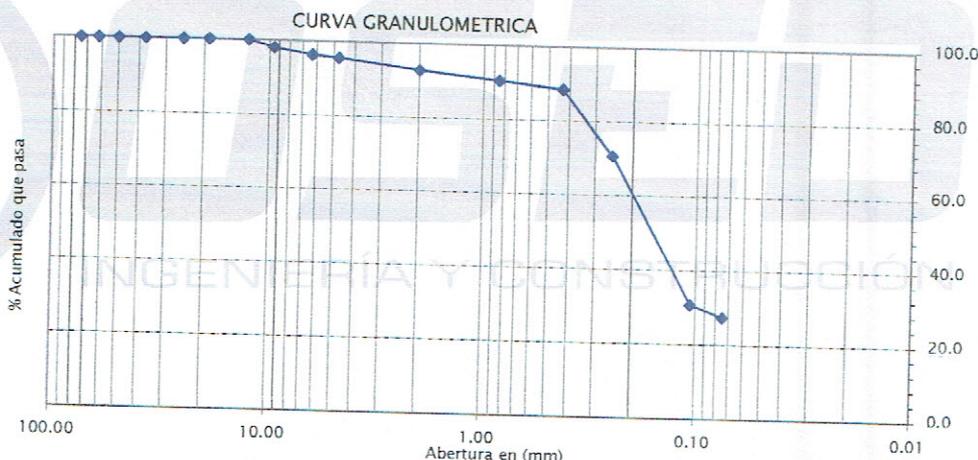
**Código** NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)  
**Título** SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

LIMITES DE CONSISTENCIA NTP 339,129 · ASTM D4318

**Código** ASTM D4318 · 10e1  
**Título** Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)  
SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

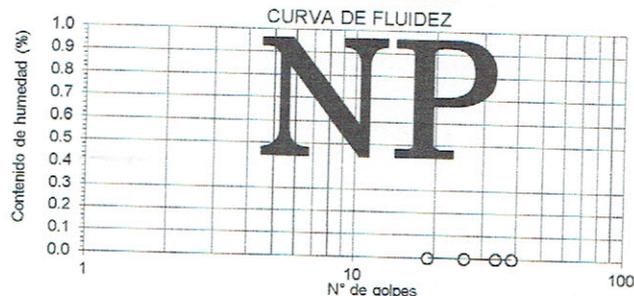
Tamiz	Abertura	% Acum.
3"	75.00	100.0
2 1/2"	62.00	100.0
2"	50.00	100.0
1 1/2"	37.50	100.0
1"	25.00	100.0
3/4"	19.00	100.0
1/2"	12.50	100.0
3/8"	9.50	98.1
1/4"	6.30	96.5
N°4	4.75	95.7
N°10	2.00	92.9
N°20	0.85	90.7
N°40	0.43	88.6
N°60	0.25	71.0
N°140	0.106	30.9
N°200	0.075	27.6



Lim. Liquido

N° GOL	w (%)

% GRAVA	4.3
% ARENA	68.1
% FINO	27.6



Lim. Plastico

NP
NP

LIMITE LIQUIDO	NP
LIMITE PLASTICO	NP
INDICE PLASTICO	...
CLASIF. SUCS :	SM
ARENA LIMOSA	
CLASIF. AASHTO :	A-2-4 (0)
CONT. HUMEDAD (%)	

Muestra	AS-1
Coordenadas	N 8644403.817 E 468111.936
Progresiva	27+650.00
Profundidad (m)	...

OBSERVACIONES

: Muestras provista e identificada por el interesado  
El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (ELE INTERNATIONAL)

Cazuela de casagrande con contador de golpes, Marca Forney LA-3715, Serie N° 119

Estufa utilizada: Modelo STHX-2A-120°C, Serie 13018 -

Balanza CHAUS SPJ6001, N° Serie B411400997 - 6000gr.



DSD0068828092018

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0068828092018

Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
 Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
 Fecha de recepción: lunes, 15 de Octubre de 2018  
 Fecha de emisión: martes, 18 de Diciembre de 2018

NORMA : ASTM D1557-2012 - Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup>) 2,700 kN-m/m<sup>3</sup>)

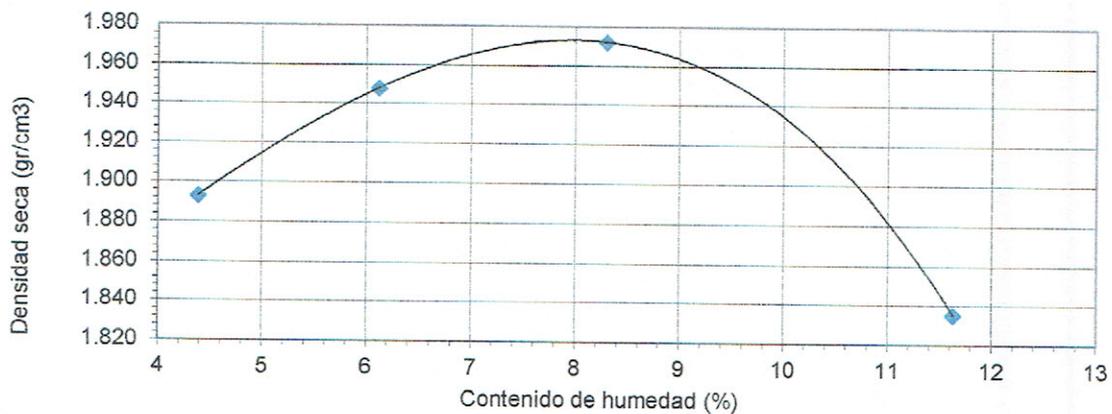
N.T.P. 339.141

### DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA AS-1 Progresiva 27+650  
 Método utilizado "B" Clasif. SUCS : SM Clasif. AASTHO : A-2-4 (0)

Peso suelo + molde	gr.	3603.4	3689.1	3753.7	3671.8
Peso del molde	gr.	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6
Peso suelo humedo compactado	gr.	1857.8	1943.5	2008.1	1926.2
VOLUMEN	cm <sup>3</sup>	941.0	941.0	941.0	941.0
Peso volumetrico humedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.974	2.065	2.134	2.047
Recipiente N°	gr.	C-7	D-1	D-8	D-5
Peso suelo humedo + tara	gr.	163.90	168.90	198.30	188.10
Peso suelo seco + tara	gr.	158.83	161.62	187.08	173.25
Peso de tara	gr.	40.60	40.64	50.28	44.48
Peso del agua	gr.	5.07	7.28	11.22	14.85
Peso suelo seco	gr.	118.23	120.98	136.80	128.77
Contenido de agua	%	4.29	6.02	8.20	11.53
Peso volumetrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.893	1.948	1.972	1.835

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>) 1.974 gr/cm<sup>3</sup>  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) 7.85 %



### Observaciones:

\* Muestra provista e identificada por el peticionario .

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)



Joan Alan Rosales Miranda  
 Tsc. Mecánico de Suelos y Concreto

Nataly Lucia Cordova Zorrilla  
 CIP. 148899  
 Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia

Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo  
 Telf.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674  
 E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO**

INFORME N° DSD0068828092018

Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
 Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUNE  
 Fecha de recepción: Lunes, 15 de Octubre de 2018  
 Fecha de emisión: martes, 18 de Diciembre de 2018

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR  
N.T.P. 339.145 / ASTM D1883**

Pag. 01 de 02

**DATOS DE LA MUESTRA**

MUESTRA AS-1 Progresiva 27+650  
 Clasif. SUCS : SM Clasif. AASTHO : A-2-4 (0)

CONDICION DE LA MUESTRA	55		26		12	
	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA
N° de golpes por capa	55		26		12	
Molde N°	M-D		M-A		M-2	
Capas N°	5		5		5	
Peso del molde + suelo humedo	9175	9240	8910	9080	8985	9000
Peso del molde	4676	4605	4628	4675	4990	4680
Peso del suelo humedo	4499	4635	4282	4405	3995	4320
Volumen del molde	2115.8	2115.8	2116.9	2116.9	2119.8	2119.8
Densidad humeda	2.13	2.19	2.02	2.08	1.88	2.04
% de humedad	7.83	18.13	7.84	19.49	7.86	19.73
Densidad seca	1.97	1.85	1.88	1.74	1.75	1.70
Tara N°	D-9	R-1	D-7	G-1	D-13	E-9
Tara + suelo humedo	145.63	73.78	158.18	82.24	136.65	99.20
Tara + suelo seco	138.38	65.32	149.79	72.12	129.91	86.57
Peso del agua	7.25	8.46	8.39	10.12	6.74	12.63
Peso de la tara	45.74	18.66	42.78	20.20	44.16	22.56
Peso del suelo seco	92.64	46.66	107.01	51.92	85.75	64.01
% de humedad	7.83	18.13	7.84	19.49	7.86	19.73

PENETRACION (mm)	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	Kg	LBS	LBS/PUL2	Kg	LBS	LBS/PUL2	Kg	LBS	LBS/PUL2
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	12.80	28.22	8.98	5.00	11.02	3.51	4.90	10.80	3.44
0.05	51.90	114.42	36.42	25.70	56.66	18.03	18.80	41.45	13.19
0.08	96.00	211.64	67.37	58.00	127.87	40.70	46.90	103.40	32.91
0.10	146.70	323.41	102.95	103.40	227.96	72.56	65.90	145.28	46.25
0.15	213.40	470.46	149.75	158.60	349.65	111.30	100.50	221.56	70.53
0.20	278.30	613.54	195.30	214.70	473.33	150.66	135.50	298.72	95.09
0.25	341.60	753.09	239.72	268.30	591.49	188.28	172.30	379.85	120.91
0.30	395.00	870.82	277.19	315.70	695.99	221.54	199.80	440.48	140.21
0.40	475.80	1048.95	333.89	378.30	834.00	265.47	249.10	549.17	174.80
0.50	524.30	1155.87	367.93	426.00	939.16	298.94	285.00	628.31	200.00

TIEMPO HORAS	55GOLPES			26GOLPES			12GOLPES		
	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm.	%		mm.	%		mm.	%
24.00	8.0	0.203	0.17	10.2	0.259	0.22	23.5	0.597	0.00
48.00	10.1	0.257	0.22	15.5	0.394	0.34	25.0	0.635	0.00
72.00	12.5	0.318	0.27	18.0	0.457	0.39	27.2	0.691	0.00
96.00	13.5	0.343	0.29	18.5	0.470	0.40	27.5	0.699	1.08

**Observaciones:**

\* Muestra provista e identificada por el peticionario

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolución N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

**EQUIPO UTILIZADO**

Prensa de CBR-MARSHAL FORNEY 7691F, Serie N°2693, Capacidad 5000 kgf, Indicador Digital HIWEIGH, Modelo 315-X8, serie N°N2C015333. Patrón utilizado Morehouse, N° de Serie C-8295, clase NO INDICA, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-13a, certificado de calibración reportado N° 48295F1314.

Joan Juan Rosales Miranda  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto

Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo  
 Telf.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674  
 E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com



DSD0068828092018

INFORME N° DSD0068828092018

Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
 Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
 Fecha de recepción: lunes, 15 de Octubre de 2018  
 Fecha de emisión: martes, 18 de Diciembre de 2018

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR  
N.T.P. 339.145 / ASTM D1883**

**DATOS DE LA MUESTRA**

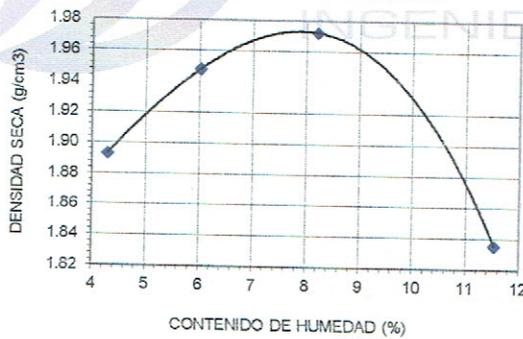
MUESTRA: AS-1 Progresiva 27+650

Clasif. SUCS : SM Clasif. AASTHO : A-2-4 (0)

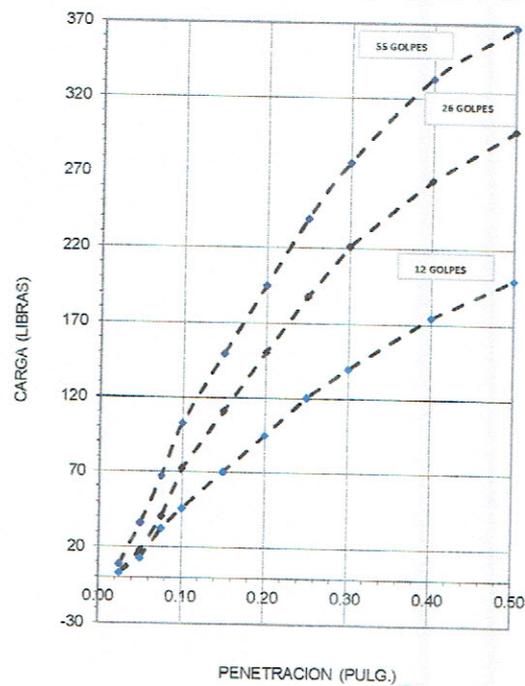
Pag. 02 de 02

%MDS	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	A 2.5mm de Penetracion	A 5.0mm de Penetracion
CBR al 100%	1.974	10.3 %	13.02 %
CBR al 95%	1.875	6.3 %	8.90 %

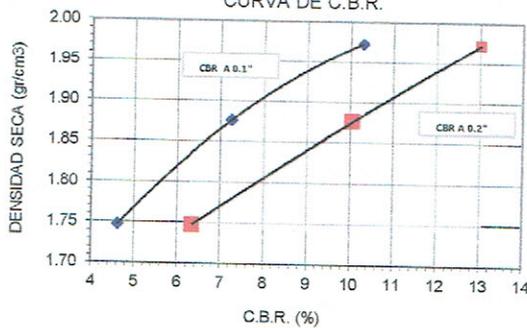
**CURVA DE COMPACTACION**



**GRAFICO ESFUERZO DEFORMACION**



**CURVA DE C.B.R.**



**Observaciones:**

\* Muestra provista e identificada por el peticionario

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (CÓPIA PERIFÉRICA)

LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolución N°002-98/INDEFOPCI - CRT del 07.01.1998)



Nataly Lucía Cordova Zorrilla  
Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia

Joac Alan Rosales Miranda  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto

Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo  
 Telf.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674  
 E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com



DSD0069418122018

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0069418122018

Proyecto/Obra : ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
Atención : BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
Fecha de recepción : lunes, 15 de Octubre de 2018  
Fecha de emisión : martes, 18 de Diciembre de 2018

**ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 339,128 - ASTM D422**

Código ASTM D422-63(2007)e2  
Título Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (Withdrawn 2016)

Código NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)  
Título SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

**LIMITES DE CONSISTENCIA NTP 339,129 - ASTM D4318**

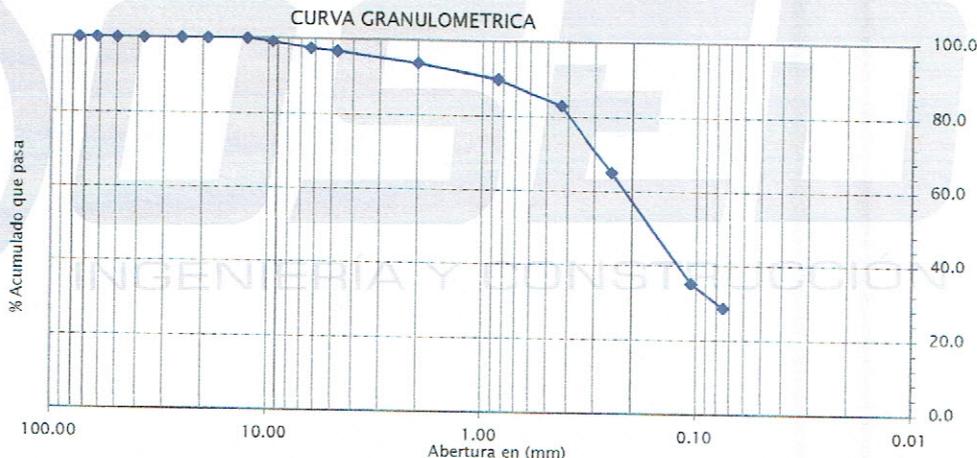
Código ASTM D4318 - 10e1

NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)

Título Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	% Acum.
3"	75.00	100.0
2 1/2"	62.00	100.0
2"	50.00	100.0
1 1/2"	37.50	100.0
1"	25.00	100.0
3/4"	19.00	100.0
1/2"	12.50	100.0
3/8"	9.50	99.2
1/4"	6.30	97.5
N°4	4.75	96.8
N°10	2.00	94.0
N°20	0.85	89.8
N°40	0.43	82.9
N°60	0.25	65.2
N°140	0.106	35.2
N°200	0.075	28.7



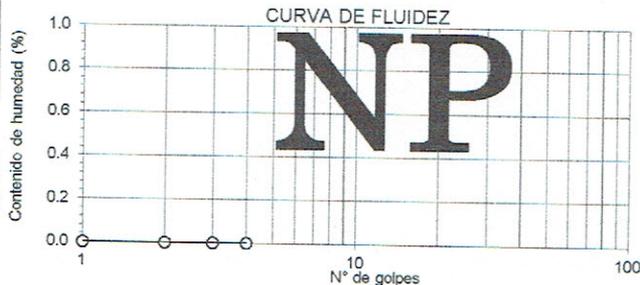
% GRAVA	3.2
% ARENA	68.1
% FINO	28.7

**Lim. Liquido**

N° GOL	w (%)

**Lim. Plastico**

NP
NP



LIMITE LIQUIDO	NP
LIMITE PLASTICO	NP
INDICE PLASTICO	---
CLASIF. SUCS :	SM
ARENA LIMOSA	
CLASIF. AASHTO :	A-2.4 (0)
CONT. HUMEDAD (%)	

Muestra	AS - 2
Coordenadas	N 8644394.927 E 468123.383
Progresiva	27+660.00
Profundidad (m)	...

**OBSERVACIONES**

: Muestras provista e identificada por el interesado

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

**EQUIPO UTILIZADO:**

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (ELE INTERNATIONAL)

Cazuela de casagrande con contador de golpes, Marca Forney LA-3715, Serie N° 119

Estufa utilizada: Modelo STHX-2A-120°C, Serie 13018 -

Balanza OHAUS SP50011, N° Serie B411400997 - 6000gr.



DSD0068828092018

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0068828092018

Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
 Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
 Fecha de recepción: lunes, 15 de Octubre de 2018  
 Fecha de emisión: martes, 18 de Diciembre de 2018

NORMA : ASTM D1557-2012 - Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup>) 2,700 kN-m/m<sup>3</sup>)

N.T.P. 339.141

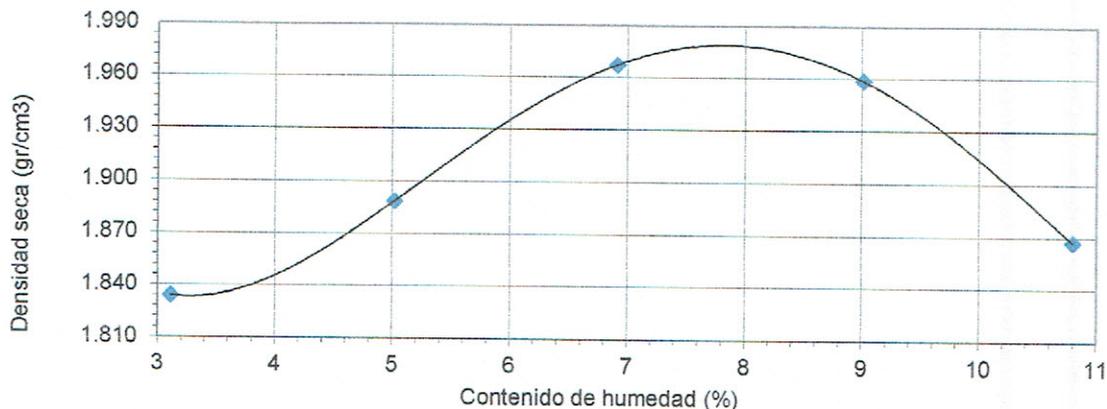
### DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA AS - 2 Progresiva 27+660.00

Método utilizado "B" Clasif. SUCS : SM Clasif. AASTHO : A-2-4 (0)

Peso suelo + molde	gr.	3525	3612.1	3724.7	3754.8	3692.4
Peso del molde	gr.	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6
Peso suelo humedo compactado	gr.	1779.4	1866.5	1979.1	2009.2	1946.8
VOLUMEN	cm <sup>3</sup>	941.0	941.0	941.0	941.0	941
Peso volumetrico humedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.891	1.984	2.103	2.135	2.069
Recipiente N°	gr.	D-4	D-5	D-6	D-8	D-17
Peso suelo humedo + tara	gr.	173.89	158.92	168.31	168.13	156.18
Peso suelo seco + tara	gr.	169.85	153.45	160.25	158.39	145.85
Peso de tara	gr.	40.03	44.48	43.64	50.28	50.18
Peso del agua	gr.	4.04	5.47	8.06	9.74	10.33
Peso suelo seco	gr.	129.82	108.97	116.61	108.11	95.67
Contenido de agua	%	3.11	5.02	6.91	9.01	10.80
Peso volumetrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.834	1.889	1.967	1.959	1.867

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>) 1.980 gr/cm<sup>3</sup>  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) 7.80 %



### Observaciones:

\* Muestra provista e identificada por el petionario .

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

**Joan Alan Rosales Miranda**  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO**

INFORME N° DSD0068828092018

Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
 Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
 Fecha de recepción: lunes, 15 de Octubre de 2018  
 Fecha de emisión: martes, 18 de Diciembre de 2018

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR  
N.T.P. 339.145 / ASTM D1883**

Pag. 01 de 02

**DATOS DE LA MUESTRA**

MUESTRA: AS - 2      Progresiva: 27+660.00  
 Clasif. SUCS: SM      Clasif. AASTHO: A-2-4 (0)

N° de golpes por capa	55		26		12	
	M-B		M-2		M-D	
Molde N°	5		5		5	
Capas N°	5		5		5	
CONDICION DE LA MUESTRA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA
Peso del molde + suelo humedo	9200	9210	9350	9180	8795	9090
Peso del molde	4685	4605	4990	4675	4676	4680
Peso del suelo humedo	4515	4605	4360	4505	4119	4410
Volumen del molde	2114.2	2114.2	2119.8	2119.8	2115.8	2115.8
Densidad humeda	2.14	2.18	2.06	2.13	1.95	2.08
% de humedad	7.82	16.34	7.81	19.88	7.78	24.04
Densidad seca	1.98	1.87	1.91	1.77	1.81	1.68
Tara N°	D-5	A-2	C-7	A-1	C-13	C-9
Tara + suelo humedo	140.23	71.78	141.18	80.14	106.65	103.20
Tara + suelo seco	133.38	64.32	134.05	70.20	102.14	87.57
Peso del agua	6.85	7.46	7.13	9.94	4.51	15.63
Peso de la tara	45.74	18.66	42.78	20.20	44.16	22.56
Peso del suelo seco	87.64	45.66	91.27	50.00	57.98	65.01
% de humedad	7.82	16.34	7.81	19.88	7.78	24.04

PENETRACION (mm)	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	Kg	LBS	LBS/PUL2	Kg	LBS	LBS/PUL2	Kg	LBS	LBS/PUL2
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	9.60	21.16	6.74	3.75	8.27	2.63	3.68	8.10	2.58
0.05	48.93	107.86	34.33	21.28	46.90	14.93	19.10	42.11	13.40
0.08	92.00	202.82	64.56	53.50	117.95	37.54	39.18	86.37	27.49
0.10	130.90	288.58	91.86	88.55	195.22	62.14	54.70	120.59	38.39
0.15	193.05	425.60	135.47	135.95	299.72	95.40	79.38	174.99	55.70
0.20	234.73	517.47	164.72	175.03	385.86	122.82	105.63	232.86	74.12
0.25	279.20	615.52	195.93	211.23	465.67	148.23	129.23	284.89	90.68
0.30	316.25	697.20	221.93	236.78	521.99	166.16	149.85	330.36	105.16
0.40	379.85	837.42	266.56	283.73	625.50	199.10	186.83	411.87	131.10
0.50	433.23	955.09	304.01	319.50	704.37	224.21	222.75	491.07	156.31

TIEMPO HORAS	55GOLPES			26GOLPES			12GOLPES		
	LECTURA DIAL	EXPANSION (mm, %)		LECTURA DIAL	EXPANSION (mm, %)		LECTURA DIAL	EXPANSION (mm, %)	
24.00	8.5	0.216	0.18	11.0	0.279	0.24	25.0	0.635	0.00
48.00	12.0	0.305	0.26	16.0	0.406	0.35	27.0	0.686	0.00
72.00	13.5	0.343	0.29	19.0	0.483	0.41	29.0	0.737	0.00
96.00	14.2	0.361	0.31	20.0	0.508	0.43	30.0	0.762	1.08

**Observaciones:**

\* Muestra provista e identificada por el peticionario

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1992)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

**EQUIPO UTILIZADO:**

Presna de CBR-MARSHALL FORNEY 7691F, Serie N°2693, Capacidad 5000 kgf, Indicador Digital HIWEIGH, Modelo 315-X8, serie N°N2C015733, Patrón Utilizado Morehouse, N° de Serie C-8295, claseNO INDICA, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-13a, certificado de calibración reporte N° 235f1314.



Cataly Lucia Cordova Zorrilla  
 CIP. 1488-9  
 Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia

Joan Alan Rosales Miranda  
 Téc. Mecánico de Suelos y Concreto



DSD0068828092018

INFORME N° DSD0068828092018

Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
 Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
 Fecha de recepción: lunes, 15 de Octubre de 2018  
 Fecha de emisión: martes, 18 de Diciembre de 2018

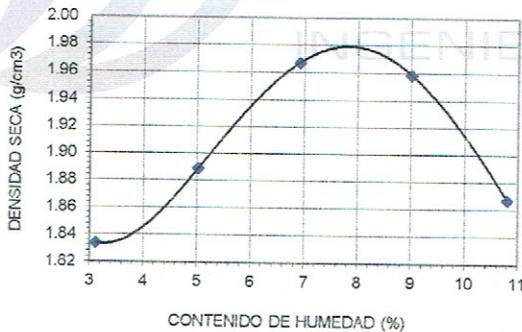
**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR  
N.T.P. 339.145 / ASTM D1883**

**DATOS DE LA MUESTRA**

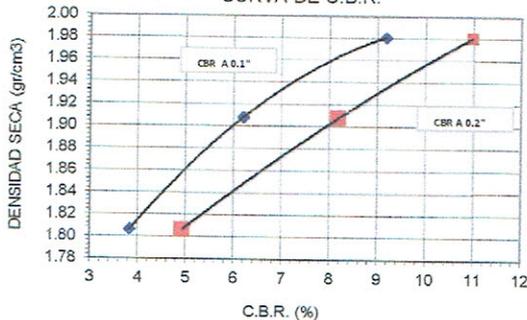
MUESTRA: AS - 2      Clasif. SUCS: SM      Clasif. AASTHO: A-2-4 (0)  
 Progresiva: 27+660.00      Pag. 02 de 02

%MDS	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	A 2.5mm de Penetracion	A 5.0mm de Penetracion
CBR al 100%	1.98	9.2 %	10.98 %
CBR al 95%	1.881	5.0 %	7.30 %

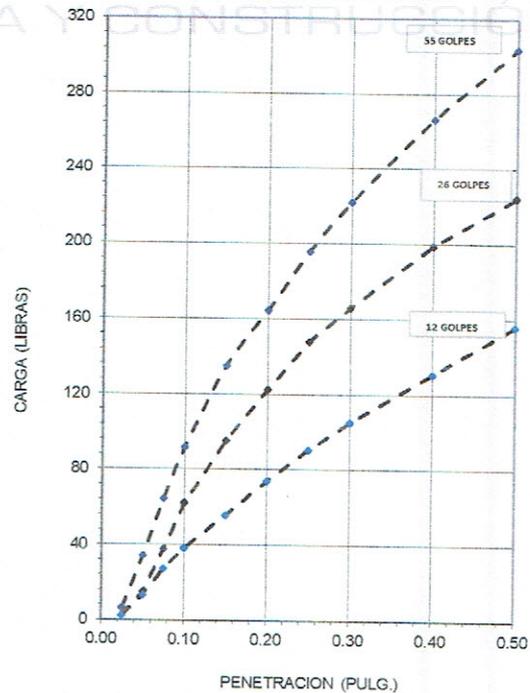
**CURVA DE COMPACTACION**



**CURVA DE C.B.R.**



**GRAFICO ESFUERZO DEFORMACION**



**Observaciones:**

\* Muestra provista e identificada por el peticionario

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

*Joan Alan Rosales Miranda*  
 Téc. Mecánica de Suelos y Concreto

**DOSED**  
 INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN  
*Nataly Lucia Cordova Zorrilla*  
 CIP: 148899  
 Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia



DSD0069418122018

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0069418122018

Proyecto/Obra : ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
Atención : BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
Fecha de recepción : lunes, 15 de Octubre de 2018  
Fecha de emisión : martes, 18 de Diciembre de 2018

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO NTP 339,128 - ASTM D422

Código ASTM D422-63(2007)e2

Título Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (Withdrawn 2016)

Código NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)

Título SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

LIMITES DE CONSISTENCIA NTP 339,129 - ASTM D4318

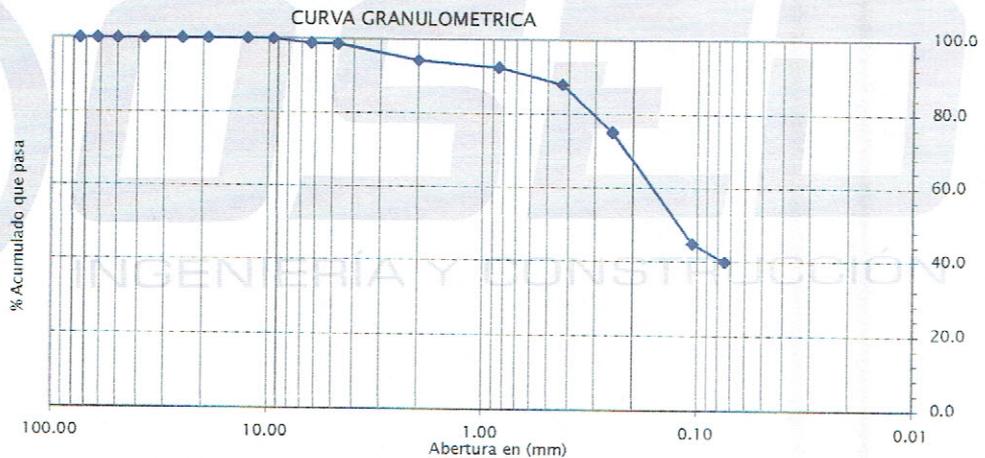
Código ASTM D4318 - 10e1

Título Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)

SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	% Acum.
3"	75.00	100.0
2 1/2"	62.00	100.0
2"	50.00	100.0
1 1/2"	37.50	100.0
1"	25.00	100.0
3/4"	19.00	100.0
1/2"	12.50	100.0
3/8"	9.50	100.0
1/4"	6.30	98.8
N°4	4.75	98.6
N°10	2.00	94.3
N°20	0.85	92.5
N°40	0.43	88.0
N°60	0.25	75.5
N°140	0.106	45.0
N°200	0.075	40.1



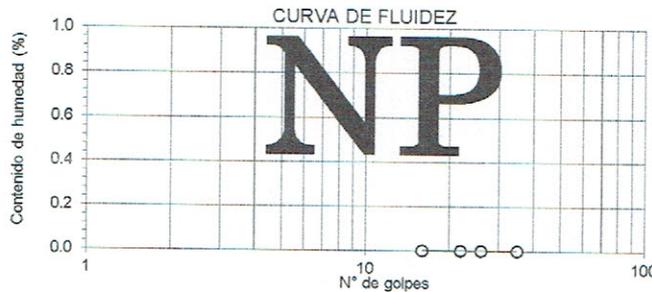
% GRAVA	1.4
% ARENA	58.5
% FINO	40.1

Lim. Líquido

N° GOL.	w (%)

Lim. Plástico

NP
NP



LIMITE LIQUIDO	NP
LIMITE PLASTICO	NP
INDICE PLASTICO	---
CLASIF. SUCS :	SM
ARENA LIMOSA	
CLASIF. AASHTO :	A-4 (0)
CONT. HUMEDAD (%)	

Muestra	AS - 3
Coordenadas	N 8644290.214 E 467924.479
Progresiva	28+502.09
Profundidad (m)	---

OBSERVACIONES : Muestras provista e identificada por el interesado

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (ELE INTERNATIONAL)

Cazuela de casagrande con contador de golpes, Marca Forney LA-3715, Serie N° 119

Estufa utilizada: Modelo STHX-2A-120°C, Serie 13018 -

Balanza OHAUS NP35001, N° Serie B411400997 - 6000gr.



DSD0068828092018

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0068828092018

Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
 Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
 Fecha de recepción: lunes, 15 de Octubre de 2018  
 Fecha de emisión: martes, 18 de Diciembre de 2018

NORMA : ASTM D1557-2012 • Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup>) 2,700 kN-m/m<sup>3</sup>)

N.T.P. 339.141

### DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA AS - 3

Progresiva 28+502.09

Método utilizado "B"

Clasif. SUCS : SM

Clasif. AASTHO : A-2-4 (0)

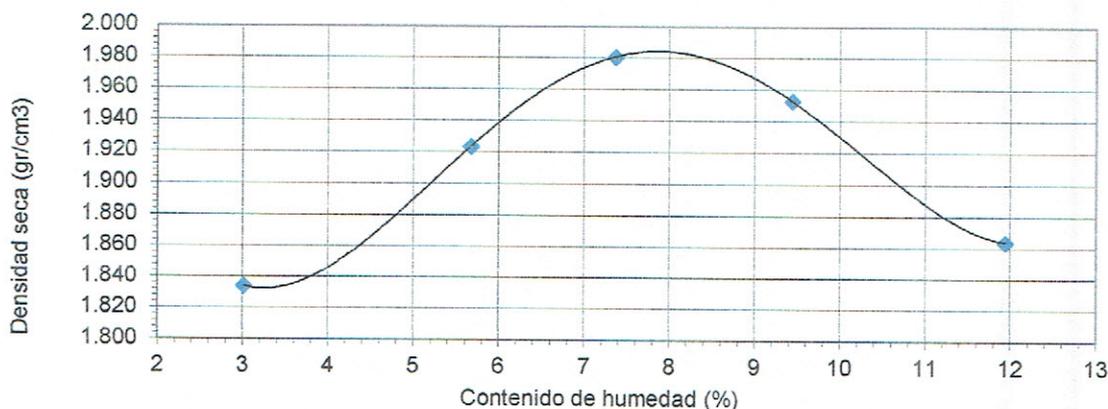
Peso suelo + molde	gr.	3523.6	3658.4	3746.8	3756.7	3709.1
Peso del molde	gr.	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6
Peso suelo humedo compactado	gr.	1778	1912.8	2001.2	2011.1	1963.5
VOLUMEN	cm <sup>3</sup>	941.0	941.0	941.0	941.0	941
Peso volumetrico humedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.889	2.033	2.127	2.137	2.087
Recipiente N°	gr.	N-1	N-2	N-3	N-4	D-15
Peso suelo humedo + tara	gr.	146.50	149.54	142.32	141.22	154.13
Peso suelo seco + tara	gr.	143.35	143.64	135.26	132.40	141.85
Peso de tara	gr.	38.95	39.58	39.45	38.95	39.01
Peso del agua	gr.	3.15	5.90	7.06	8.82	12.28
Peso suelo seco	gr.	104.40	104.06	95.81	93.45	102.84
Contenido de agua	%	3.02	5.67	7.37	9.44	11.94
Peso volumetrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.834	1.924	1.981	1.953	1.864

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>)

1.982 gr/cm<sup>3</sup>

OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

7.83 %



### Observaciones:

\* Muestra provista e identificada por el peticionario .

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)



**Joan Alan Rosales Miranda**  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto



**Nataly Lucia Cordova Zorrilla**  
CIP. 143899  
Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia

Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo  
 Telf.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674  
 E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO**

INFORME N° DSD0068828092018

Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
 Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
 Fecha de recepción: lunes, 15 de Octubre de 2018  
 Fecha de emisión: martes, 18 de Diciembre de 2018

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR  
N.T.P. 339.145 / ASTM D1883**

Pag. 01 de 02

**DATOS DE LA MUESTRA**

MUESTRA AS - 3 Progresiva 28+502.09

Clasif. SUCS : SM

Clasif. AASTHO : A-4 (0)

CONDICION DE LA MUESTRA	55		26		12	
	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA
Peso del molde + suelo humedo	9220	9240	8950	9080	8845	9000
Peso del molde	4703	4605	4603	4675	4675	4680
Peso del suelo humedo	4517	4635	4347	4405	4171	4320
Volumen del molde	2114.0	2114.0	2114.2	2114.2	2115.8	2115.8
Densidad humeda	2.14	2.19	2.06	2.08	1.97	2.04
% de humedad	7.87	18.13	7.83	19.49	7.81	19.73
Densidad seca	1.98	1.86	1.91	1.74	1.83	1.71
Tara N°	D-1	A-2	C-5	C-1	D-11	E-9
Tara + suelo humedo	125.63	73.78	175.18	82.24	156.53	99.20
Tara + suelo seco	118.08	65.32	164.79	72.12	147.02	86.57
Peso del agua	7.55	8.46	10.39	10.12	9.51	12.63
Peso de la tara	22.12	18.66	32.15	20.20	25.26	22.56
Peso del suelo seco	95.96	46.66	132.64	51.92	121.76	64.01
% de humedad	7.87	18.13	7.83	19.49	7.81	19.73

SATURACION (%)	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	Kg	LBS	LBS/PUL2	Kg	LBS	LBS/PUL2	Kg	LBS	LBS/PUL2
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	14.46	31.89	10.15	5.65	12.46	3.96	5.54	12.21	3.89
0.05	58.65	129.29	41.16	29.04	64.02	20.38	21.24	46.83	14.91
0.08	108.48	239.16	76.13	65.54	144.49	45.99	53.00	116.84	37.19
0.10	165.77	365.46	116.33	116.84	257.59	81.99	74.47	164.17	52.26
0.15	241.14	531.62	169.22	179.22	395.10	125.77	113.57	250.37	79.69
0.20	314.48	693.30	220.68	242.61	534.86	170.25	153.12	337.56	107.45
0.25	386.01	850.99	270.88	303.18	668.39	212.75	194.70	429.23	136.63
0.30	446.35	984.02	313.22	356.74	786.47	250.34	225.77	497.74	158.44
0.40	537.65	1185.31	377.30	427.48	942.42	299.98	281.48	620.56	197.53
0.50	592.46	1306.14	415.76	481.38	1061.25	337.81	322.05	709.99	226.00

TIEMPO	55GOLPES			26GOLPES			12GOLPES		
	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
HORAS	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
24.00	7.0	0.178	0.15	10.0	0.254	0.22	22.0	0.559	0.00
48.00	109.1	2.771	2.36	15.0	0.381	0.33	24.0	0.610	0.00
72.00	11.5	0.292	0.25	18.0	0.457	0.39	27.5	0.699	0.00
96.00	13.2	0.335	0.29	19.2	0.488	0.42	28.3	0.719	1.08

**Observaciones:**

\* Muestra provista e identificada por el peticionario

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°9002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

**EQUIPO UTILIZADO:**

Presna de CBR-MARSHALL-FORNEY 7691F, Serie N°2693, Capacidad 5000 kgf, Indicador Digital HIWEIGH, Modelo 315-X8, serie N°N2C015333  
 Patrón Utilizado Morehouse MK de Serie C-8295, claseNO INDICA, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-13a, certificado de calibración reporte N° C-6395-13/14

**Joan Alan Rosales Miranda**  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto



**Lucia Cordova Zorrilla**  
CIP. 140000  
Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia



DSD0068828092018

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0068828092018

Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
 Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
 Fecha de recepción: lunes, 15 de Octubre de 2018  
 Fecha de emisión: martes, 18 de Diciembre de 2018

### ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR N.T.P. 339.145 / ASTM D1883

#### DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA: AS - 3      Progresiva: 28+502.09  
 Clasif. SUCS: SM      Clasif. AASTHO: A-4 (0)

Pag. 02 de 02

%MDS	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	A 2.5mm de Penetracion	A 5.0mm de Penetracion
CBR al 100%	1.982	11.6 %	14.7 %
CBR al 95%	1.883	7.5 %	10.4 %

CURVA DE COMPACTACION

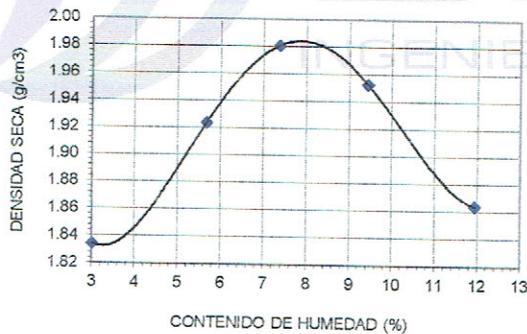
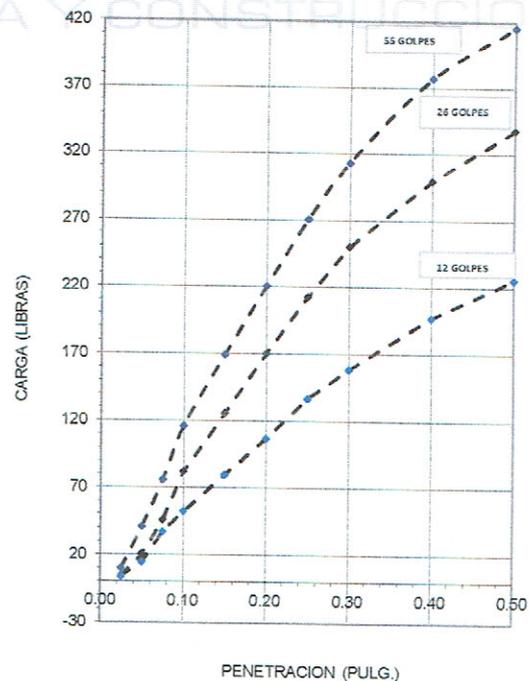
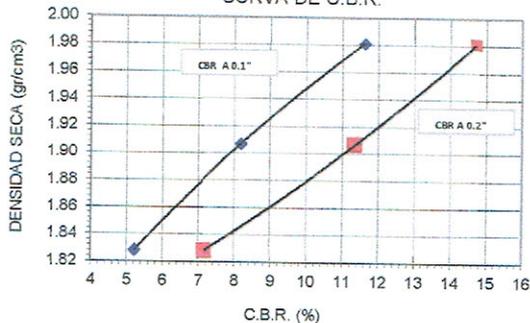


GRAFICO ESFUERZO DEFORMACION



CURVA DE C.B.R.



#### Observaciones:

\* Muestra provista e identificada por el peticionario

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

**Joan Rosales Miranda**  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto

Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo

Tel.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674

E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com

**COMBINACION  
(MATERIAL DE  
SUBRASANTE +  
ARENA DE SILICE)**



DSD0069418122018

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0069418122018

Proyecto/Obra : ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
Atención : BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
Fecha de recepción : lunes, 15 de Octubre de 2018  
Fecha de emisión : martes, 18 de Diciembre de 2018

ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 339,128 - ASTM D422

**Código** ASTM D422-63(2007)e2  
**Título** Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (Withdrawn 2016)

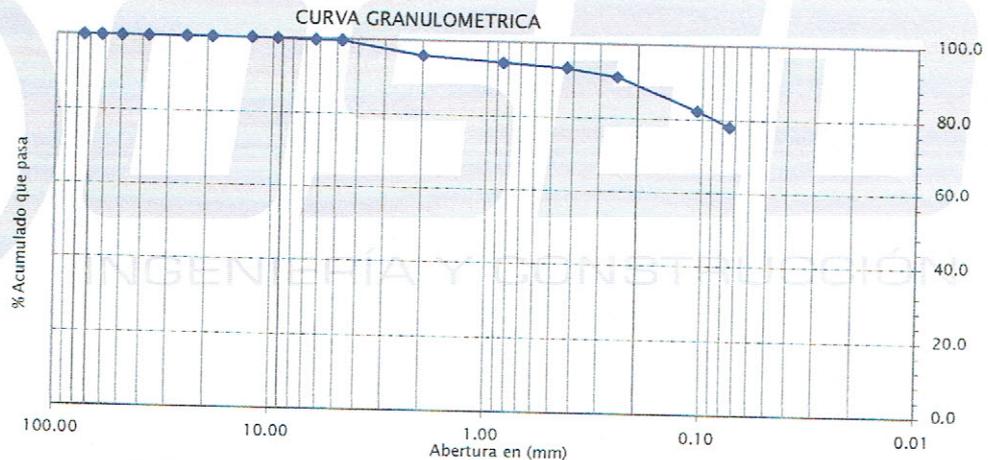
**Código** NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)  
**Título** SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

LIMITES DE CONSISTENCIA NTP 339,129 - ASTM D4318

**Código** ASTM D4318 - 10e1  
**Título** Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)  
SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	% Acum.
3"	75.00	100.0
2 1/2"	62.00	100.0
2"	50.00	100.0
1 1/2"	37.50	100.0
1"	25.00	100.0
3/4"	19.00	100.0
1/2"	12.50	100.0
3/8"	9.50	99.9
1/4"	6.30	99.7
N°4	4.75	99.6
N°10	2.00	96.0
N°20	0.85	94.5
N°40	0.43	93.3
N°60	0.25	91.1
N°140	0.106	82.4
N°200	0.075	78.3



% GRAVA	0.4
% ARENA	21.3
% FINO	78.3

Lim. Líquido

N° GOL	w (%)
37	33.99
33	34.35
26	35.32
16	36.46



Lim. Plástico

22.63 %
22.27 %

LIMITE LIQUIDO	35.30 %
LIMITE PLASTICO	22.45 %
INDICE PLASTICO	12.85 %
CLASIF. SUCS :	CL
ARCILLA LIGERA CON ARENA	
CLASIF. AASHTO :	A-6 (9)
CONT. HUMEDAD (%)	

Combinacion	C-10%(MATERIAL DE SUBRASANTE + ARENA DE SILICE)
Coordenadas	
Progresiva	...
Profundidad (m)	...

**OBSERVACIONES** : Muestras provista e identificada por el interesado  
El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (ELE INTERNATIONAL)  
Cazuela de casagrande con contador de golpes, Marca Forney LA-3715, Serie N° 119  
Estufa utilizada: Modelo STHX-2A-120°C, Serie 13018 -  
Balanza OHAUS SPJ6001, N° Serie B411400997 - 6000gr.

**Joan Alan Rosales Miranda**  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto

Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo  
Telf.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674  
E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com



DSD0068828092018

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0068828092018

Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
 Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
 Fecha de recepción: lunes, 15 de Octubre de 2018  
 Fecha de emisión: martes, 18 de Diciembre de 2018

NORMA : ASTM D1557-2012 - Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup>) 2,700 kN-m/m<sup>3</sup>)

N.T.P. 339.141

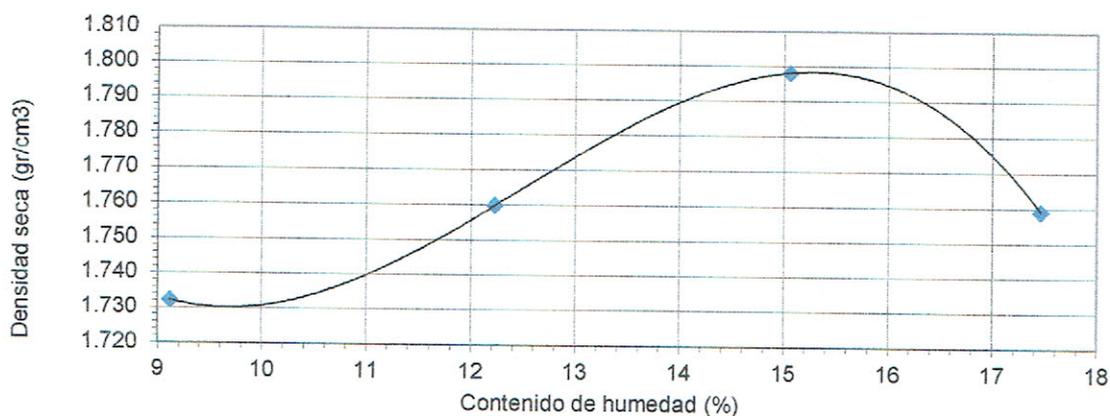
### DATOS DE LA MUESTRA

COMBINACION C-10%(MATERIAL DE SUBRASANTE + ARENA DE SILICE)

Método utilizado "B" Clasif. SUCS : CL Clasif. AASTHO : A-6 (9)

Peso suelo + molde	gr.	3524.3	3604.1	3692.4	3690
Peso del molde	gr.	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6
Peso suelo humedo compactado	gr.	1778.7	1858.5	1946.8	1944.4
VOLUMEN	cm <sup>3</sup>	941.0	941.0	941.0	941.0
Peso volumetrico humedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.890	1.975	2.069	2.066
Recipiente N°	gr.	D-11	D-9	D-14	D-6
Peso suelo humedo + tara	gr.	167.10	154.40	140.94	152.08
Peso suelo seco + tara	gr.	156.73	142.56	128.58	135.96
Peso de tara	gr.	42.98	45.74	46.48	43.64
Peso del agua	gr.	10.37	11.84	12.36	16.12
Peso suelo seco	gr.	113.75	96.82	82.10	92.32
Contenido de agua	%	9.12	12.23	15.05	17.46
Peso volumetrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.732	1.760	1.798	1.759

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>) 1.798 gr/cm<sup>3</sup>  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) 15.20 %



### Observaciones:

\* Muestra provista e identificada por el peticionario .

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)



Joan Alva Rosales Miranda  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto



Nataly Lucia Cordova Zorrilla  
CIP: 142809  
Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia

Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo  
 Telf.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674  
 E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com



DSD0069426092018

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO**

INFORME N° DSD0069426092018

Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
 Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
 Fecha de recepción: Lunes, 15 de Octubre de 2018  
 Fecha de emisión: martes, 18 de Diciembre de 2018

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR  
N.T.P. 339.145 / ASTM D1883**

Pag. 01 de 02

**DATOS DE LA MUESTRA**

COMBINACION: C-10%(MATERIAL DE SUBRASANTE + ARENA DE SILICE)

Clasif. SUCS : CL

Clasif. AASTHO :

A-6 (9)

N° de golpes por capa	55		26		12	
	M-F		M-E		M-D	
Molde N°	5		5		5	
Capas N°	5		5		5	
CONDICION DE LA MUESTRA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA
Peso del molde + suelo humedo	8990	9140	8920	9140	8705	9045
Peso del molde	4603	4605	4675	4675	4676	4680
Peso del suelo humedo	4387	4535	4246	4465	4029	4365
Volumen del molde	2114.2	2114.2	2115.8	2115.8	2115.8	2115.8
Densidad humeda	2.08	2.15	2.01	2.11	1.90	2.06
% de humedad	15.21	18.69	15.20	17.55	15.22	23.32
Densidad seca	1.80	1.81	1.74	1.80	1.65	1.67
Tara N°	D-8	D-16	D-9	D-6	D-10	D-11
Tara + suelo humedo	166.99	172.65	155.66	185.52	161.19	198.39
Tara + suelo seco	151.58	152.67	140.96	164.46	145.62	168.88
Peso del agua	15.41	19.98	14.70	21.06	15.57	29.51
Peso de la tara	50.27	45.74	44.25	44.46	43.32	42.32
Peso del suelo seco	101.31	106.93	96.71	120.00	102.30	126.56
% de humedad	15.21	18.69	15.20	17.55	15.22	23.32

PENETRACION (mm)	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	Kg	LBS	LBS/PUL2	Kg	LBS	LBS/PUL2	Kg	LBS	LBS/PUL2
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	11.80	26.01	8.28	6.35	14.00	4.46	3.20	7.05	2.25
0.05	39.50	87.08	27.72	19.50	42.99	13.68	9.70	21.38	6.81
0.08	71.00	156.53	49.82	40.50	89.29	28.42	19.50	42.99	13.68
0.10	112.30	247.58	78.81	69.65	153.55	48.88	31.57	69.60	22.15
0.15	169.20	373.02	118.74	109.15	240.63	76.60	52.07	114.79	36.54
0.20	218.90	482.59	153.61	149.37	329.30	104.82	74.12	163.39	52.01
0.25	269.20	593.48	188.91	186.65	411.49	130.98	91.77	202.32	64.40
0.30	321.30	708.34	225.47	223.48	492.67	156.82	112.96	249.02	79.27
0.40	403.50	889.56	283.15	301.13	663.86	211.31	151.73	334.49	106.47
0.50	471.00	1038.37	330.52	374.55	825.73	262.84	178.99	394.60	125.61

TIEMPO	55GOLPES			26GOLPES			12GOLPES		
	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
HORAS	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
24.00	37.0	0.940	0.80	50.0	1.270	1.08	78.0	1.981	0.00
48.00	38.0	0.965	0.82	52.0	1.321	1.13	80.0	2.032	1.69
72.00	41.0	1.041	0.89	54.0	1.372	1.17	81.0	2.057	1.73
96.00	46.0	1.168	1.00	55.0	1.397	1.19	82.0	2.083	1.76

**Observaciones:**

\* Muestra provista e identificada por el peticionario

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004:1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

**EQUIPO UTILIZADO:**

Presna de CBR-MARSHALL: FORNEY 7691F, Serie N°2693, Capacidad 5000 kgf, Indicador Digital HIWEIGH, Modelo 315-X8, serie N°N2G015333, Patrón Utilizado Morehouse, N° de Serie C-8295, claseNO INDICA, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-13a, certificado de calibración Reporte N° C-8295F1314.



**Nataly Lucia Cordova Zorrilla**  
CIP. 148899  
Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia

**José Alan Rosales Miranda**  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto

Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo  
 Telf.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674  
 E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com



DSD0069426092018

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0069426092018

Proyecto/Obra

ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE

Atención

BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE

Fecha de recepción

lunes, 15 de Octubre de 2018

Fecha de emisión

martes, 18 de Diciembre de 2018

### ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR N.T.P. 339.145 / ASTM D1883

#### DATOS DE LA MUESTRA

#### COMBINACION

C-10%(MATERIAL DE SUBRASANTE + ARENA DE SILICE)

Clasif. SUCS : CL

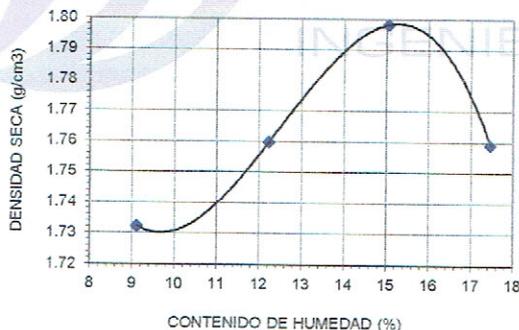
Clasif. AASTHO :

A-6 (9)

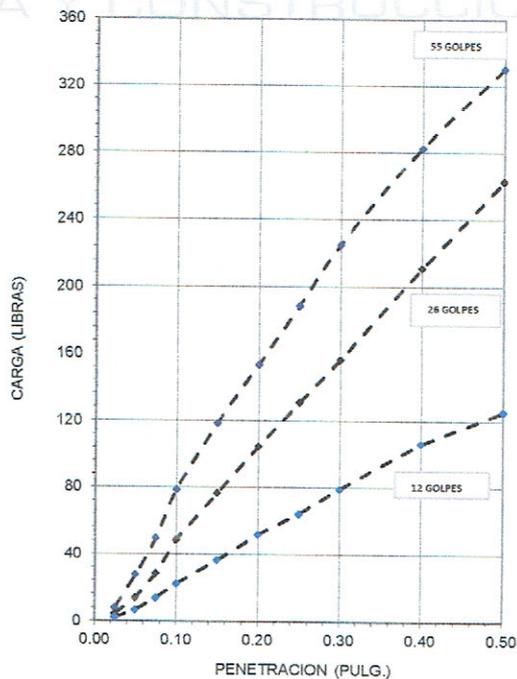
Pag. 02 de 02

%MDS	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	A 2.5mm de Penetración	A 5.0mm de Penetración
CBR al 100%	1.798	7.9 %	10.2 %
CBR al 95%	1.708	3.7 %	5.5 %

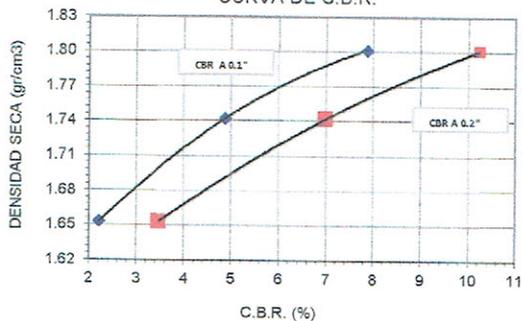
#### CURVA DE COMPACTACION



#### GRAFICO ESFUERZO DEFORMACION



#### CURVA DE C.B.R.



#### Observaciones:

\* Muestra provista e identificada por el peticionario

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)



DSD0069418122018

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0069418122018

Proyecto/Obra : ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
Atención : BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
Fecha de recepción : lunes, 15 de Octubre de 2018  
Fecha de emisión : martes, 18 de Diciembre de 2018

ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 339,128 - ASTM D422

Código ASTM D422-63(2007)e2  
Título Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (Withdrawn 2016)

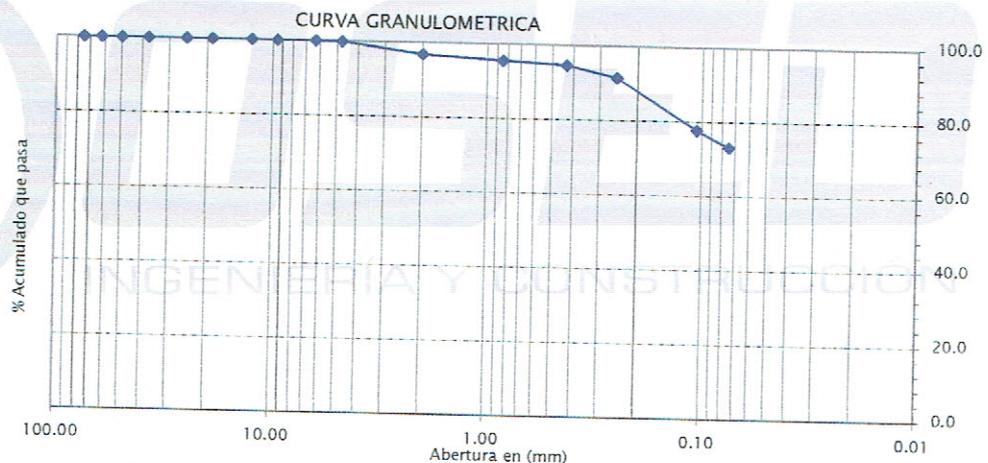
Código NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)  
Título SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

LIMITES DE CONSISTENCIA NTP 339,129 - ASTM D4318

Código ASTM D4318 - 10e1  
Título Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)  
SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	% Acum.
3"	75.00	100.0
2 1/2"	62.00	100.0
2"	50.00	100.0
1 1/2"	37.50	100.0
1"	25.00	100.0
3/4"	19.00	100.0
1/2"	12.50	100.0
3/8"	9.50	100.0
1/4"	6.30	99.9
N°4	4.75	99.8
N°10	2.00	97.0
N°20	0.85	95.7
N°40	0.43	94.7
N°60	0.25	91.6
N°140	0.106	77.8
N°200	0.075	73.5



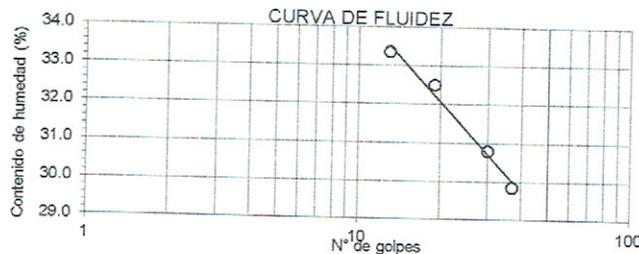
% GRAVA	0.2
% ARENA	26.3
% FINO	73.5

Lim. Líquido

N° GOL	w (%)
37	29.84
30	30.79
19	32.50
13	33.35

Lim. Plástico

21.53 %
21.54 %



LIMITE LIQUIDO	31.25 %
LIMITE PLASTICO	21.54 %
INDICE PLASTICO	9.72 %
CLASIF. SUCS :	CL
ARCILLA LIGERA CON ARENA	
CLASIF. AASHTO :	A-4 (6)
CONT. HUMEDAD (%)	

Combinacion	C-20% (MATERIAL DE SUBRASANTE + ARENA DE SÍLICE)
Coordenadas	
Progresiva	...
Profundidad (m)	...

OBSERVACIONES

: Muestras provista e identificada por el interesado  
El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (ELE INTERNATIONAL)  
Cazuela de casagrande con contador de golpes, Marca Forney LA-3715, Serie N° 119  
Estufa utilizada: Modelo STHX-2A-120°C, Serie 13018 -  
Balanza OHAUS SPJ6001 N° Serie B411400997 - 6000gr.



Nataly Lucia Cordova Zorrilla  
CIP 146839  
Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia

Joan Alan Rosales Miranda  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto

Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo  
Telf.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674  
E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com



DSD0069426092018

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO**

INFORME N° DSD0069426092018

Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
 Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
 Fecha de recepción: lunes, 15 de Octubre de 2018  
 Fecha de emisión: martes, 18 de Diciembre de 2018

 NORMA : ASTM D1557-2012 - Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup>) 2,700 kN-m/m<sup>3</sup>)

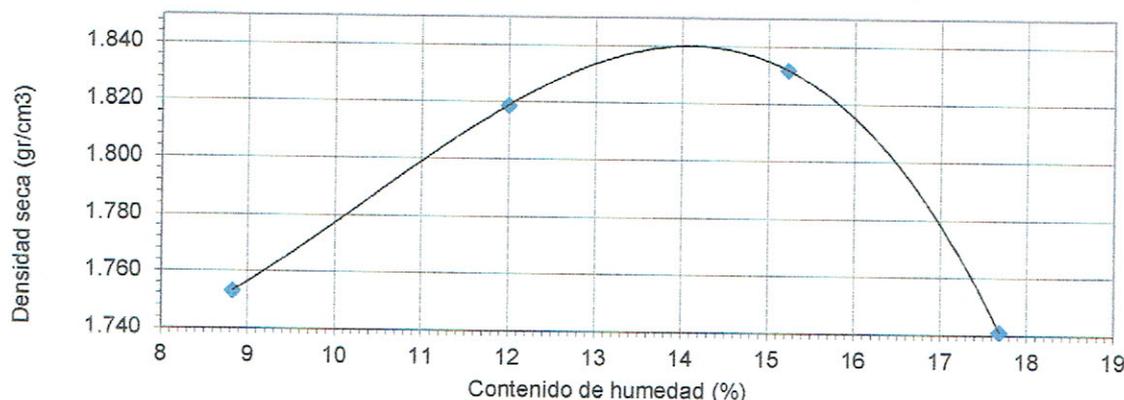
N.T.P. 339.141

**DATOS DE LA MUESTRA**
**COMBINACION** C-20%(MATERIAL DE SUBRASANTE + ARENA DE SILICE)

**Método utilizado** "B" **Clasif. SUCS :** CL **Clasif. AASTHO :** A-4 (6)

Peso suelo + molde	gr.	3540.9	3662.6	3731.9	3673.8
Peso del molde	gr.	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6
Peso suelo humedo compactado	gr.	1795.3	1917	1986.3	1928.2
<b>VOLUMEN</b>	cm <sup>3</sup>	941.0	941.0	941.0	941.0
Peso volumetrico humedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.908	2.037	2.111	2.049
Recipiente N°	gr.	D-8	D-1	D-13	D-4
Peso suelo humedo + tara	gr.	166.69	137.71	148.54	153.76
Peso suelo seco + tara	gr.	157.25	127.31	134.75	136.67
Peso de tara	gr.	50.28	40.62	44.16	40.03
Peso del agua	gr.	9.44	10.40	13.79	17.09
Peso suelo seco	gr.	106.97	86.69	90.59	96.64
Contenido de agua	%	8.82	12.00	15.22	17.68
Peso volumetrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.753	1.819	1.832	1.741

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>) **1.840 gr/cm<sup>3</sup>**  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) **14.10 %**


**Observaciones:**

\* Muestra provista e identificada por el peticionario .

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

 Joan Alan Rosales Miranda  
 Téc. Mecánico de Suelos y Concreto

 Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo  
 Telf.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674  
 E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com

 Nataly Lucia Cordova Zorrilla  
 CIP: 148899  
 Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia



DSD0069426092018

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0069426092018

Proyecto/Obra

ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE

Atención

BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE

Fecha de recepción

lunes, 15 de Octubre de 2018

Fecha de emisión

martes, 18 de Diciembre de 2018

### ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR N.T.P. 339.145 / ASTM D1883

Pag. 01 de 02

#### DATOS DE LA MUESTRA

COMBINACION C-20%(MATERIAL DE SUBRASANTE + ARENA DE SILICE)

Clasif. SUCS : CL

Clasif. AASTHO :

A-4 (6)

N° de golpes por capa	55		26		12	
	M-C		M-B		M-A	
Molde N°	5		5		5	
Capas N°	5		5		5	
CONDICION DE LA MUESTRA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA
Peso del molde + suelo humedo	9150	9210	8980	9140	8755	8990
Peso del molde	4703	4605	4685	4675	4628	4680
Peso del suelo humedo	4447	4605	4295	4465	4127	4310
Volumen del molde	2114.0	2114.0	2114.5	2114.5	2116.9	2116.9
Densidad humeda	2.10	2.18	2.03	2.11	1.95	2.04
% de humedad	14.10	17.91	14.12	18.40	13.83	17.68
Densidad seca	1.84	1.85	1.78	1.78	1.71	1.73
Tara N°	D-13	D-8	D-3	D-4	D-12	D-14
Tara + suelo humedo	157.69	169.50	149.07	162.08	152.68	178.25
Tara + suelo seco	143.67	151.39	135.99	143.11	139.51	158.46
Peso del agua	14.02	18.11	13.08	18.97	13.17	19.79
Peso de la tara	44.14	50.28	43.38	40.02	44.25	46.50
Peso del suelo seco	99.53	101.11	92.61	103.09	95.26	111.96
% de humedad	14.09	17.91	14.12	18.40	13.83	17.68

REPETICION	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	Kg	LBS	LBS/PUL2	Kg	LBS	LBS/PUL2	Kg	LBS	LBS/PUL2
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	8.30	18.30	5.82	5.23	11.52	3.67	2.20	4.85	1.54
0.05	53.80	118.61	37.75	40.35	88.96	28.32	17.21	37.94	12.08
0.08	94.60	208.56	66.39	63.45	139.88	44.53	29.07	64.09	20.40
0.10	131.10	289.02	92.00	91.33	201.34	64.09	49.00	108.01	34.38
0.15	195.60	431.22	137.26	135.45	298.61	95.05	78.27	172.55	54.93
0.20	259.70	572.53	182.24	194.53	428.85	136.51	119.82	264.14	84.08
0.25	345.60	761.91	242.52	249.70	550.49	175.23	155.02	341.76	108.78
0.30	448.30	988.32	314.59	313.73	691.64	220.16	196.24	432.62	137.71
0.40	622.70	1372.80	436.98	444.53	980.00	311.94	262.72	579.18	184.36
0.50	737.80	1626.55	517.75	550.85	1214.40	386.56	314.51	693.37	220.71

TIEMPO	55GOLPES			26GOLPES			12GOLPES		
	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
HORAS	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
24.00	33.0	0.838	0.72	45.0	1.143	0.98	58.0	1.473	0.00
48.00	35.0	0.889	0.76	48.0	1.219	1.04	60.0	1.524	0.00
72.00	40.0	1.016	0.87	52.0	1.321	1.13	62.0	1.575	0.00
96.00	40.0	1.016	0.87	54.0	1.372	1.17	62.0	1.575	1.08

#### Observaciones:

\* Muestra provista e identificada por el peticionario

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

#### EQUIPO UTILIZADO:

Presna de ZBR-MARSA L.L.C.: FORNEY 7691F, Serie N°2693, Capacidad 5000 kgf, Indicador Digital HIWEIGH, Modelo 315-X8, serie N°N2C015333  
Patrón Utilizado: Patrón de Serie C-8295, clase NO INDICA, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-13a, certificado de calibración  
reporte N° 052201314



Nataly Lucia Cordova Zorrilla  
CIP. 148899

Geotecnia, Mecánica de Suelos y Geotecnia

Jose Luis Rosales Miranda  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto

Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo  
Telf.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674  
E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com



Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
 Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
 Fecha de recepción: lunes, 15 de Octubre de 2018  
 Fecha de emisión: martes, 18 de Diciembre de 2018

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR  
N.T.P. 339.145 / ASTM D1883**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Pag. 02 de 02

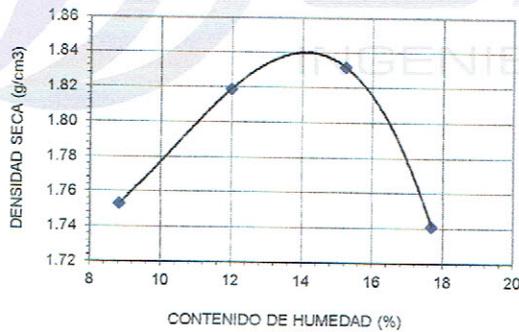
**COMBINACION** C-20%(MATERIAL DE SUBRASANTE + ARENA DE SILICE)

Clasif. SUCS : CL

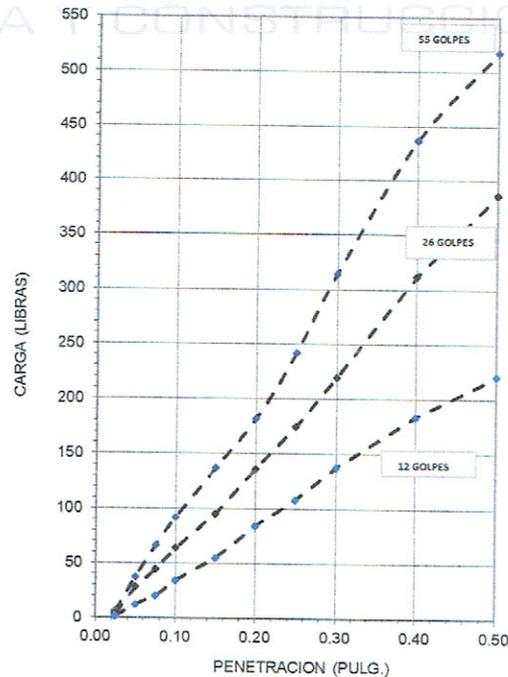
Clasif. AASTHO : A-4 (6)

%MDS	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	A 2.5mm de Penetracion	A 5.0mm de Penetracion
CBR al 100%	1.840	9.2 %	12.1 %
CBR al 95%	1.748	5.0 %	7.4 %

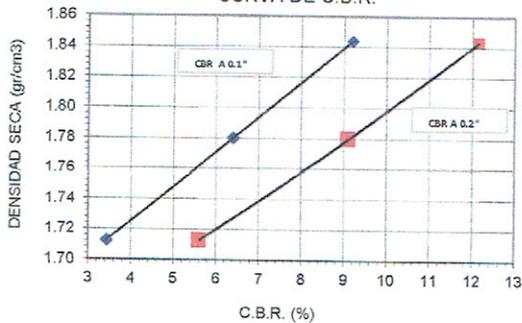
**CURVA DE COMPACTACION**



**GRAFICO ESFUERZO DEFORMACION**



**CURVA DE C.B.R.**

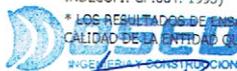


**Observaciones:**

\* Muestra provista e identificada por el peticionario

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA DE NORMALIZACIÓN - INDECOPI: GP:004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)



Joan Alan Rosaes Miranda  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto

**DOSSED**  
INGENIERIA Y CONSTRUCCION  
Nataly Lucia Cordova Zorrilla  
CIP: 148899  
Gerente de Mecanica de Suelos y Geotecnia



DSD0069418122018

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0069418122018

Proyecto/Obra : ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
Atención : BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
Fecha de recepción : lunes, 15 de Octubre de 2018  
Fecha de emisión : martes, 18 de Diciembre de 2018

ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 339,128 - ASTM D422

Código ASTM D422-63(2007)e2  
Título Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (Withdrawn 2016)

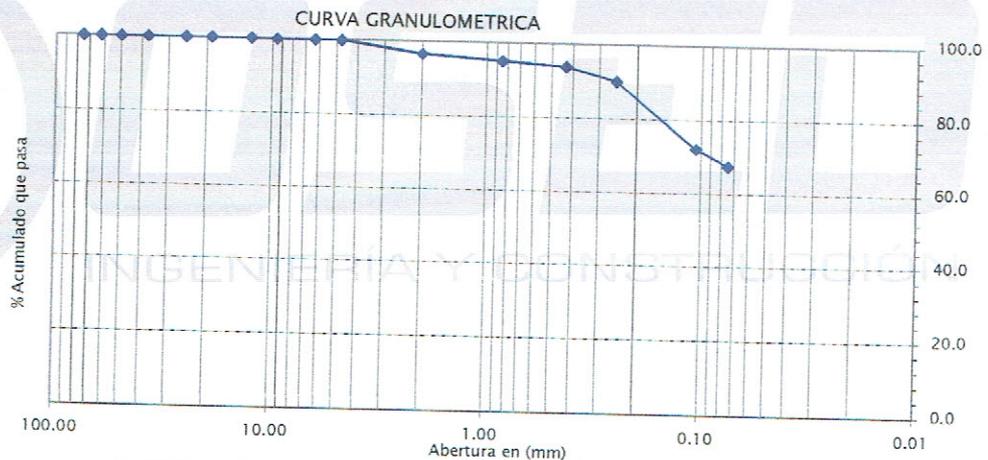
Código NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)  
Título SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

LIMITES DE CONSISTENCIA NTP 339,129 - ASTM D4318

Código ASTM D4318 - 10e1  
Título Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)  
SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	% Acum.
3"	75.00	100.0
2 1/2"	62.00	100.0
2"	50.00	100.0
1 1/2"	37.50	100.0
1"	25.00	100.0
3/4"	19.00	100.0
1/2"	12.50	100.0
3/8"	9.50	99.9
1/4"	6.30	99.9
N°4	4.75	99.9
N°10	2.00	96.6
N°20	0.85	95.0
N°40	0.43	93.8
N°60	0.25	90.2
N°140	0.106	72.4
N°200	0.075	67.5



% GRAVA	0.1
% ARENA	32.4
% FINO	67.5

Lim. Liquido

N° GOL	w (%)
37	27.65
30	28.28
25	28.78
20	29.61



Lim. Plastico

NP
NP

LIMITE LIQUIDO	28.88 %
LIMITE PLASTICO	NP
INDICE PLASTICO	...
CLASIF. SUCS :	ML
LIMO ARENOSO	
CLASIF. AASHTO :	A-4 (0)
CONT. HUMEDAD (%)	

Combinacion	C-30% (MATERIAL DE SUBRASANTE + ARENA DE SILICE)
Coordenadas	
Progresiva	...
Profundidad (m)	...

OBSERVACIONES

: Muestras provista e identificada por el interesado  
El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (ELE INTERNATIONAL)  
Cazuela de casagrande con contador de golpes, Marca Fomey LA-3715, Serie N° 119  
Estufa utilizada: Modelo STHX-2A-120°C, Serie 13018 -  
Balanza OHAUS SP16001, N° Serie B411400997 - 6000gr.

Joan Alan Rosales Miranda  
Téc. Mecánica de Suelos y Concreto

Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo

Tel.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674

E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com



DSD0069426092018

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO**

INFORME N° DSD0069426092018

Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
Fecha de recepción: lunes, 15 de Octubre de 2018  
Fecha de emisión: martes, 18 de Diciembre de 2018

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR  
N.T.P. 339.145 / ASTM D1883**

Pag. 01 de 02

**DATOS DE LA MUESTRA**

COMBINACION C-30%(MATERIAL DE SUBRASANTE + ARENA DE SILICE)

Clasif. SUCS :

Clasif. AASTHO :

A-4 (0)

N° de golpes por capa	55		26		12	
	M-4	M-2	M-4	M-2	M-4	M-2
Molde N°	5		5		5	
Capas N°	5		5		5	
CONDICION DE LA MUESTRA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA
Peso del molde + suelo humedo	9555	9680	9290	9480	9155	9310
Peso del molde	5100	5100	4990	4990	5095	5095
Peso del suelo humedo	4455	4580	4300	4490	4060	4215
Volumen del molde	2105.4	2105.4	2119.8	2119.8	2115.2	2115.2
Densidad humeda	2.12	2.18	2.03	2.12	1.92	1.99
% de humedad	12.70	15.65	12.77	17.23	12.78	19.50
Densidad seca	1.88	1.88	1.80	1.81	1.70	1.67
Tara N°	D-6	R-1	D-12	G-1	D-8	E-9
Tara + suelo humedo	185.70	73.78	143.87	82.24	138.94	112.20
Tara + suelo seco	167.97	66.32	132.59	73.12	128.89	97.57
Peso del agua	17.73	7.46	11.28	9.12	10.05	14.63
Peso de la tara	29.18	18.66	44.25	20.20	50.27	22.56
Peso del suelo seco	138.79	47.66	88.34	52.92	78.62	75.01
% de humedad	12.77	15.65	12.77	17.23	12.78	19.50

RETENCION (mm)	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	Kg	LBS	LBS/PUL2	Kg	LBS	LBS/PUL2	Kg	LBS	LBS/PUL2
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	37.70	83.11	26.46	14.62	32.23	10.26	3.50	7.72	2.46
0.05	72.20	159.17	50.67	35.12	77.43	24.65	15.82	34.88	11.10
0.08	102.90	226.85	72.21	65.24	143.83	45.78	35.89	79.12	25.19
0.10	139.10	306.66	97.61	98.44	217.02	69.08	55.30	121.91	38.81
0.15	193.80	427.25	136.00	149.88	330.43	105.18	88.43	194.95	62.06
0.20	269.10	593.26	188.84	199.86	440.61	140.25	129.84	286.23	91.11
0.25	358.30	789.91	251.44	245.98	542.29	172.62	154.41	340.40	108.35
0.30	452.60	997.80	317.61	285.56	629.55	200.39	171.91	378.99	120.64
0.40	641.20	1413.59	449.96	356.72	786.42	250.33	199.48	439.77	139.98
0.50	824.60	1817.91	578.66	430.76	949.65	302.28	229.61	506.20	161.13

TIEMPO	55GOLPES			26GOLPES			12GOLPES		
	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
HORAS	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
24.00	29.0	0.737	0.63	39.0	0.991	0.85	42.0	1.067	0.91
48.00	32.0	0.813	0.69	42.0	1.067	0.91	45.0	1.143	0.98
72.00	33.0	0.838	0.72	48.0	1.219	1.04	50.0	1.270	1.08
96.00	34.0	0.864	0.74	50.0	1.270	1.08	58.0	1.473	1.26

**Observaciones:**

\* Muestra provista e identificada por el peticionario

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEDEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

**EQUIPO UTILIZADO:**

Prensa de CBR-MARSHALL FORNEY 7691F, Serie N°2693, Capacidad 5000 kgf, Indicador Digital HIWEIGH, Modelo 315-X8, serie N°N2015933, Bateria utilizado porhouse, N° de Serie C-8295, claseNO INDICA, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-13a, certificado de calibración reporte N° C-8295/2314.



DSD0069426092018

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO**
**INFORME N° DSD0069426092018**

Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
 Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
 Fecha de recepción: lunes, 15 de Octubre de 2018  
 Fecha de emisión: martes, 18 de Diciembre de 2018

 NORMA : ASTM D1557-2012 - Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup>) 2,700 kN-m/m<sup>3</sup>)

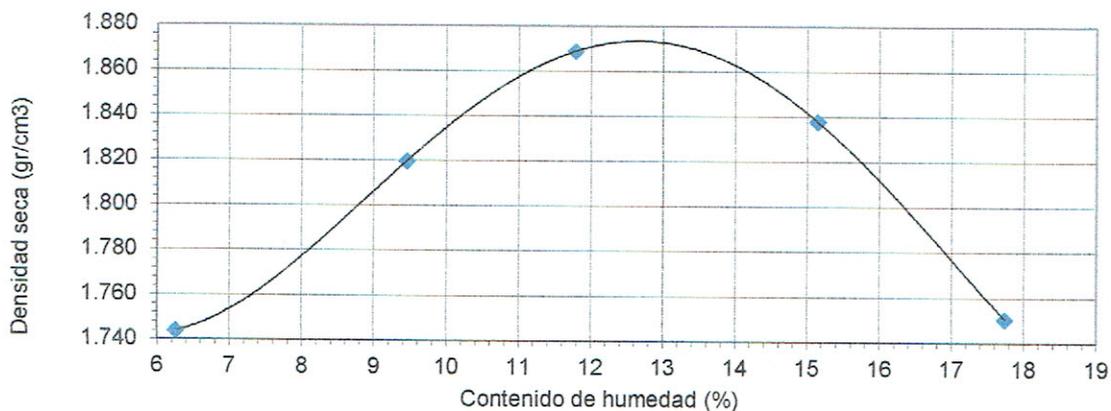
N.T.P. 339.141

**DATOS DE LA MUESTRA**
**COMBINACION** C-30%(MATERIAL DE SUBRASANTE + ARENA DE SILICE)

**Método utilizado** "B" **Clasif. SUCS :** ML **Clasif. AASTHO :** A-4 (0)

<b>Peso suelo + molde</b>	gr.	3489.2	3620.1	3711.6	3737.1	3685.1
<b>Peso del molde</b>	gr.	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6
<b>Peso suelo humedo compactado</b>	gr.	1743.6	1874.5	1966	1991.5	1939.5
<b>VOLUMEN</b>	cm <sup>3</sup>	941.0	941.0	941.0	941.0	941
<b>Peso volumetrico humedo</b>	gr/cm <sup>3</sup>	1.853	1.992	2.089	2.116	2.061
<b>Recipiente N°</b>	gr.	D-12	D-3	D-7	D-5	D-25
<b>Peso suelo humedo + tara</b>	gr.	147.44	159.83	128.42	135.27	136.28
<b>Peso suelo seco + tara</b>	gr.	141.37	149.77	119.39	123.33	122.13
<b>Peso de tara</b>	gr.	44.25	43.38	42.79	44.49	42.38
<b>Peso del agua</b>	gr.	6.07	10.06	9.03	11.94	14.15
<b>Peso suelo seco</b>	gr.	97.12	106.39	76.60	78.84	79.75
<b>Contenido de agua</b>	%	6.25	9.46	11.79	15.14	17.74
<b>Peso volumetrico seco</b>	gr/cm <sup>3</sup>	1.744	1.820	1.869	1.838	1.751

**MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>)** 1.874 gr/cm<sup>3</sup>  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** 12.70 %


**Observaciones:**

\* Muestra provista e identificada por el peticionario .

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)



  
**Joan Alan Rosales Miranda**  
 Téc. Mecánico de Suelos y Concreto

  
**Nataly Lucia Cordova Zorrilla**  
 CIP. 148899  
 Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia

Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo  
 Telf.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674  
 E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com



DSD0069426092018

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0069426092018

Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
 Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
 Fecha de recepción: lunes, 15 de Octubre de 2018  
 Fecha de emisión: martes, 18 de Diciembre de 2018

### ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR N.T.P. 339.145 / ASTM D1883

#### DATOS DE LA MUESTRA

COMBINACION: C-30%(MATERIAL DE SUBRASANTE + ARENA DE SILICE)

Pag. 02 de 02

Clasif. SUCS: ML

Clasif. AASTHO: A-4 (0)

%MDS	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	A 2.5mm de Penetracion	A 5.0mm de Penetracion
CBR al 100%	1.874	9.8 %	12.6 %
CBR al 95%	1.780	6.4 %	8.8 %

CURVA DE COMPACTACION

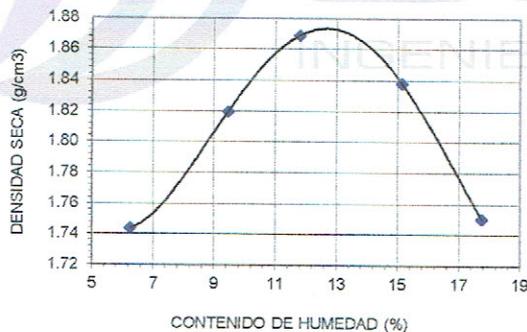
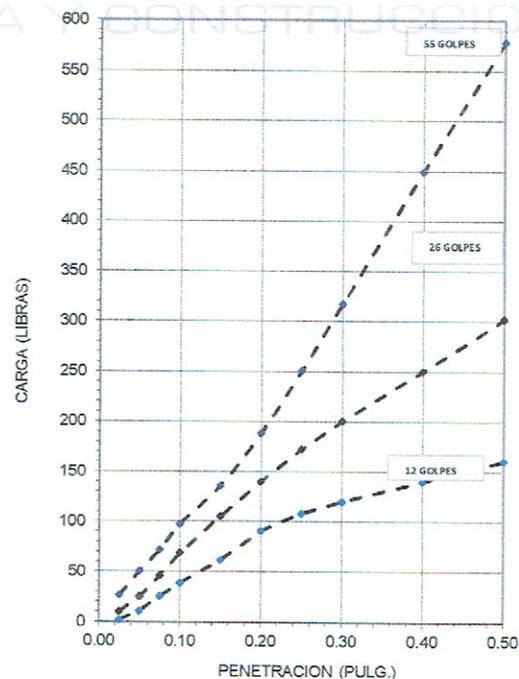
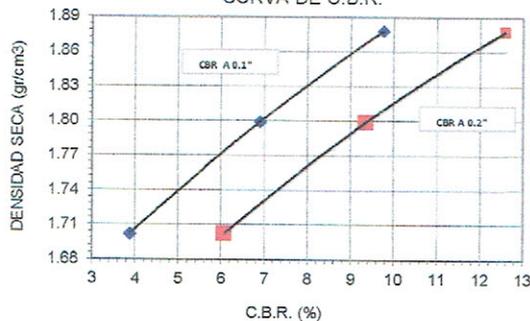


GRAFICO ESFUERZO DEFORMACION



CURVA DE C.B.R.

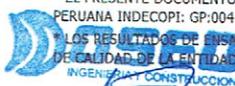


#### Observaciones:

\* Muestra provista e identificada por el peticionario

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUIA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)



Joan Alan Rosales Miranda  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto



Nataly Lucia Corrova Zorrilla  
CIP. 148899  
Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia



DSD0069418122018

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0069418122018

Proyecto/Obra : ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
Atención : BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
Fecha de recepción : lunes, 15 de Octubre de 2018  
Fecha de emisión : martes, 18 de Diciembre de 2018

ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 339,128 - ASTM D422

Código ASTM D422-63(2007)e2  
Título Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (Withdrawn 2016)

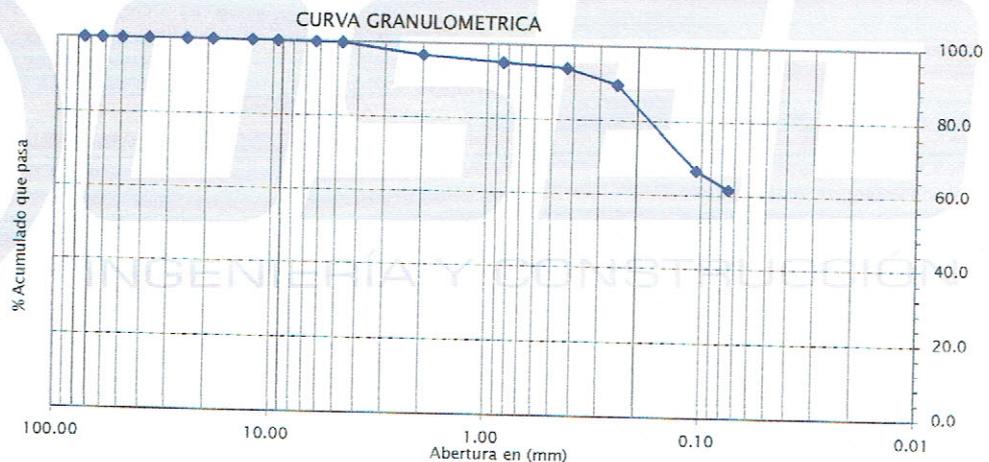
Código NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)  
Título SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

LIMITES DE CONSISTENCIA NTP 339,129 - ASTM D4318

Código ASTM D4318 · 10e1  
Título Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)  
SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

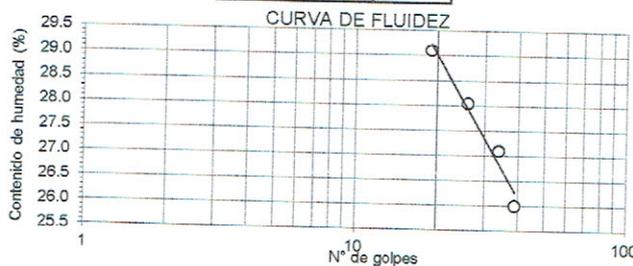
Tamiz	Abertura	% Acum.
3"	75.00	100.0
2 1/2"	62.00	100.0
2"	50.00	100.0
1 1/2"	37.50	100.0
1"	25.00	100.0
3/4"	19.00	100.0
1/2"	12.50	100.0
3/8"	9.50	100.0
1/4"	6.30	99.9
N°4	4.75	99.8
N°10	2.00	96.9
N°20	0.85	95.2
N°40	0.43	93.9
N°60	0.25	89.8
N°140	0.106	66.8
N°200	0.075	61.8



Lim. Liquido

N° GOL	w (%)
38	26.00
30	27.10
23	28.05
17	29.10

% GRAVA	0.2
% ARENA	38.1
% FINO	61.8



Lim. Plastico

NP
NP

LIMITE LIQUIDO	27.65 %
LIMITE PLASTICO	NP
INDICE PLASTICO	...
CLASIF. SUCS :	ML
LIMO ARENOSO	
CLASIF. AASHTO :	A-4 (0)
CONT. HUMEDAD (%)	

Combinacion	C-40% (MATERIAL DE SUBRASANTE + ARENA DE SILICE)
Coordenadas	
Progresiva	...
Profundidad (m)	...

OBSERVACIONES

: Muestras provista e identificada por el interesado  
El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (ELE INTERNATIONAL)  
Cazuela de casagrande con contador de golpes, Marca Forney LA-3715, Serie N° 119  
Estufa utilizada: Modelo STHX-2A-120°C, Serie 13018 -  
Balanza CHAUD SP16001, N° Serie B411400997 - 6000gr.

**DOSSED**  
INGENIERIA Y CONSTRUCCION  
Joan Alan Rosales Miranda  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto

Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo  
Telf.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674

E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com



DSD0069426092018

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0069426092018

Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
 Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
 Fecha de recepción: lunes, 15 de Octubre de 2018  
 Fecha de emisión: martes, 18 de Diciembre de 2018

NORMA : ASTM D1557-2012 - Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup>) 2,700 kN-m/m<sup>3</sup>)

N.T.P. 339.141

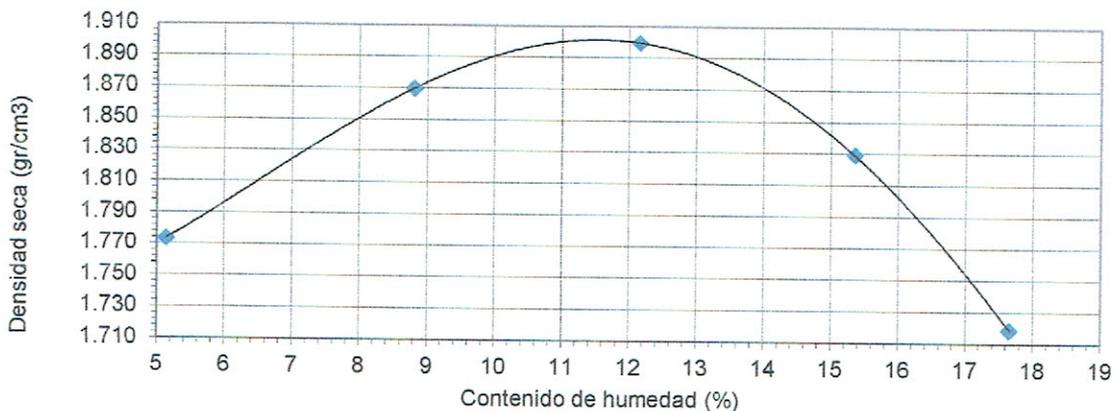
### DATOS DE LA MUESTRA

COMBINACION C-40%(MATERIAL DE SUBRASANTE + ARENA DE SILICE)

Método utilizado "B" Clasif. SUCS : ML Clasif. AASTHO : A-4 (0)

Peso suelo + molde	gr.	3500	3660	3750.3	3730.9	3648.4
Peso del molde	gr.	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6
Peso suelo humedo compactado	gr.	1754.4	1914.4	2004.7	1985.3	1902.8
VOLUMEN	cm <sup>3</sup>	941	941	941	941	941
Peso volumetrico humedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.864	2.034	2.130	2.110	2.022
Recipiente N°	gr.	D-10	D-16	D-5	D-4	D-6
Peso suelo humedo + tara	gr.	123.8	126.8	151.79	137.33	164.31
Peso suelo seco + tara	gr.	119.61	119.61	140.16	124.38	146.2
Peso de tara	gr.	37.99	37.99	44.49	40.03	43.63
Peso del agua	gr.	4.19	7.19	11.63	12.95	18.11
Peso suelo seco	gr.	81.62	81.62	95.67	84.35	102.57
Contenido de agua	%	5.13	8.81	12.16	15.35	17.66
Peso volumetrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.773	1.870	1.899	1.829	1.719

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>) 1.900 gr/cm<sup>3</sup>  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) 11.60 %



### Observaciones:

\* Muestra provista e identificada por el peticionario .

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)



Joan Alan Rosales Miranda  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto



Nataly Lucia Cordova Zorrilla  
CIP. 142859  
Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia

Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo  
 telf.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674  
 E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com



Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
 Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
 Fecha de recepción: lunes, 15 de Octubre de 2018  
 Fecha de emisión: martes, 18 de Diciembre de 2018

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR  
N.T.P. 339.145 / ASTM D1883**

Pag. 02 de 02

**DATOS DE LA MUESTRA**

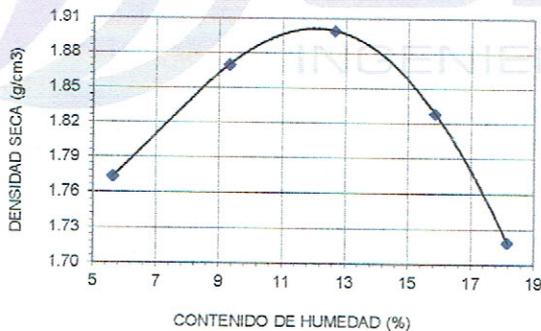
**COMBINACION** C-40%(MATERIAL DE SUBRASANTE + ARENA DE SILICE)

Clasif. SUCS : ML

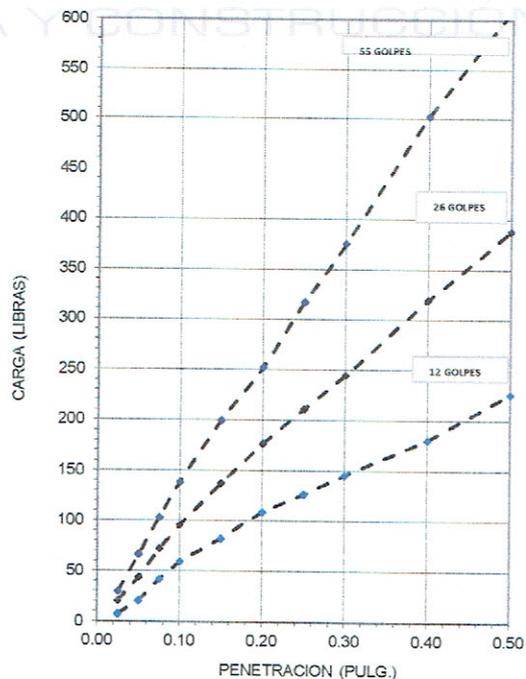
Clasif. AASTHO : A-4 (0)

%MDS	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	A 2.5mm de Penetracion	A 5.0mm de Penetracion
CBR al 100%	1.9	13.9 %	16.9 %
CBR al 95%	1.805	8.3 %	10.1 %

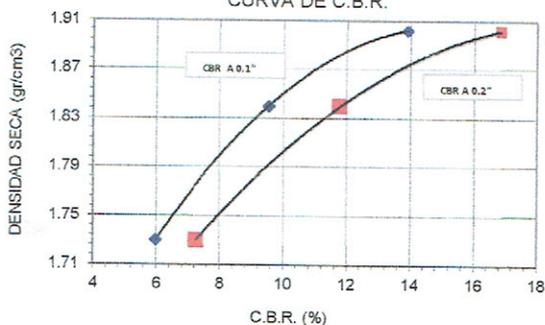
**CURVA DE COMPACTACION**



**GRAFICO ESFUERZO DEFORMACION**



**CURVA DE C.B.R.**

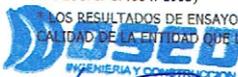


**Observaciones:**

\* Muestra provista e identificada por el peticionario

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA Y CONSTRUCCIÓN INDECOPI: GP:004: 1993)

LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE NO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)



**DOSSED**  
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN  
Nataly Lucia Cordova Zorrilla  
CIP. 148480  
Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia

Joan Alan Rosales Miranda  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto

Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo  
Telf.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674  
E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com



DSD0069426092018

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO**

INFORME N° DSD0069426092018

Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
Fecha de recepción: lunes, 15 de Octubre de 2018  
Fecha de emisión: martes, 18 de Diciembre de 2018

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR  
N.T.P. 339.145 / ASTM D1883**

Pag. 01 de 02

**DATOS DE LA MUESTRA**

COMBINACION C-40%(MATERIAL DE SUBRASANTE + ARENA DE SILICE)

Clasif. SUCS : ML

Clasif. AASTHO :

A-4 (0)

N° de golpes por capa	55		26		12	
	Molde N°	M-6	M-10	M-14	M-14	
Capas N°	5		5		5	
CONDICION DE LA MUESTRA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA
Peso del molde + suelo humedo	9030	9240	9095	9380	9055	9400
Peso del molde	4540	4540	4765	4765	4925	4925
Peso del suelo humedo	4490	4700	4330	4615	4130	4475
Volumen del molde	2115.8	2115.8	2108.2	2108.2	2138.7	2138.7
Densidad humeda	2.12	2.22	2.05	2.19	1.93	2.09
% de humedad	11.60	14.83	11.63	16.91	11.62	19.39
Densidad seca	1.90	1.93	1.84	1.87	1.73	1.75
Tara N°	Z-6	Z-4	Z-1	G-11	D-18	E-19
Tara + suelo humedo	189.82	164.60	145.93	82.24	142.12	99.20
Tara + suelo seco	173.11	147.04	135.34	73.12	132.56	86.57
Peso del agua	16.71	17.56	10.59	9.12	9.56	12.63
Peso de la tara	29.18	28.67	44.25	19.20	50.27	21.45
Peso del suelo seco	143.93	118.37	91.09	53.92	82.29	65.12
% de humedad	11.61	14.83	11.63	16.91	11.62	19.39

PENETRACION mm	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	Kg	LBS	LBS/PUL2	Kg	LBS	LBS/PUL2	Kg	LBS	LBS/PUL2
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	42.50	93.70	29.82	28.98	63.88	20.33	10.79	23.78	7.57
0.05	95.30	210.10	66.88	62.48	137.73	43.84	29.29	64.56	20.55
0.08	147.30	324.74	103.37	102.98	227.02	72.26	59.79	131.80	41.95
0.10	198.20	436.95	139.09	136.23	300.32	95.60	85.30	188.05	59.86
0.15	284.40	626.99	199.58	195.80	431.66	137.40	117.98	260.10	82.79
0.20	360.30	794.32	252.84	252.00	555.56	176.84	155.14	342.01	108.87
0.25	452.30	997.14	317.40	301.00	663.58	211.23	181.04	399.11	127.04
0.30	535.30	1180.12	375.64	348.98	769.35	244.89	208.30	459.22	146.17
0.40	716.20	1578.93	502.59	455.20	1003.53	319.43	258.00	568.79	181.05
0.50	869.30	1916.46	610.03	552.98	1219.09	388.05	322.19	710.29	226.09

TIEMPO	55GOLPES			26GOLPES			12GOLPES		
	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
HORAS	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
24.00	28.5	0.724	0.62	37.0	0.940	0.80	39.5	1.003	0.86
48.00	31.0	0.787	0.67	39.0	0.991	0.85	42.0	1.067	0.91
72.00	32.0	0.813	0.69	43.0	1.092	0.93	45.5	1.156	0.99
96.00	33.0	0.838	0.72	45.0	1.143	0.98	50.0	1.270	1.08

**Observaciones:**

\* Muestra provista e identificada por el peticionario

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERLANA INDECOPI: GP-004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEDEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

**EQUIPO UTILIZADO:**

Prensa de CBR-MARSHALL: FORNEY 7691F, Serie N°2693, Capacidad 5000 kgf, Indicador Digital HIWEIGH, Modelo 315-X8, serie N°N2C015333, Patón Utilizado Morehouse, N° de Serie C-8295, claseNO INDICA, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-13a, certificado de calibración reports N°C-5725f1314.

**Joan Alan Rosales Miranda**  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto

Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo  
Telf.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674  
E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com



DSD0069418122018

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MÉCANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0069418122018

Proyecto/Obra : ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
 Atención : BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
 Fecha de recepción : lunes, 15 de Octubre de 2018  
 Fecha de emisión : martes, 18 de Diciembre de 2018

ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 339,128 · ASTM D422

**Código** ASTM D422-63(2007)e2  
**Título** Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (Withdrawn 2016)

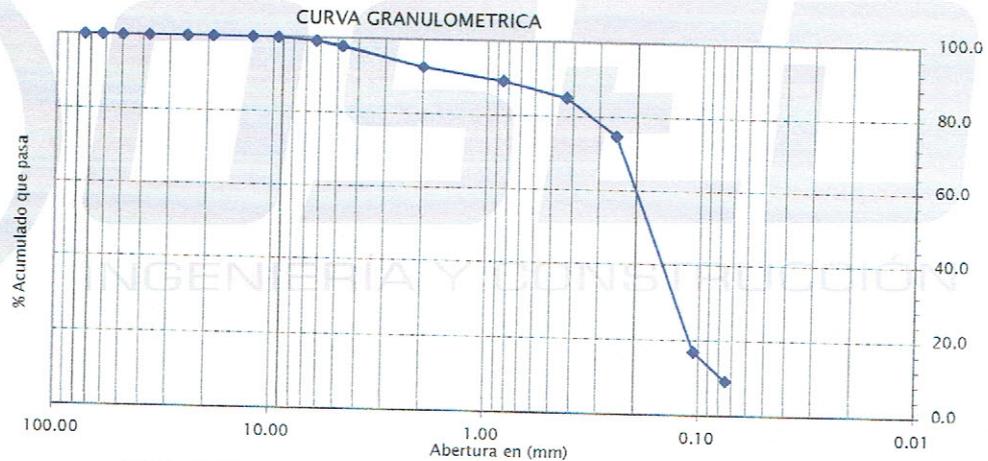
**Código** NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)  
**Título** SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

LIMITES DE CONSISTENCIA NTP 339,129 · ASTM D4318

**Código** ASTM D4318 · 10e1  
**Título** Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

**Código** NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)  
**Título** SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	% Acum.
3"	75.00	100.0
2 1/2"	62.00	100.0
2"	50.00	100.0
1 1/2"	37.50	100.0
1"	25.00	100.0
3/4"	19.00	100.0
1/2"	12.50	100.0
3/8"	9.50	100.0
1/4"	6.30	99.0
N°4	4.75	97.7
N°10	2.00	92.6
N°20	0.85	89.3
N°40	0.43	85.1
N°60	0.25	75.0
N°140	0.106	16.9
N°200	0.075	9.2



% GRAVA	2.3
% ARENA	88.5
% FINO	9.2

Lim. Líquido

N° GOL	w (%)
38	23.52
28	24.64
22	25.97
14	27.15



LIMITE LIQUIDO	25.15 %
LIMITE PLASTICO	NP
INDICE PLASTICO	---
CLASIF. SUCS :	SP · SM
ARENA MAL GRADADA CON LIMO	
CLASIF. AASHTO :	A-3 (0)
CONT. HUMEDAD (%)	18.14

Lim. Plástico

NP
NP

Combinación	C-60(MATERIAL DE SUBRASANTE + ARENA DE SÍLICE)
Coordenadas	
Progresiva	...
Profundidad (m)	...

OBSERVACIONES

: Muestras provista e identificada por el interesado  
 El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (ELE INTERNATIONAL)  
 Cazuela de casagrande con contador de golpes, Marca Forney LA-3715, Serie N° 119  
 Estufa Utilizada: Modelo STHX-2A-120°C, Serie 13018 -  
 Balanza CHAUS SP16001, N° Serie B411400997 - 6000gr.



**Nataly Lucia Cordova Zorrilla**  
 CIP: 148899  
 Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia

**Joan Alan Rosales Miranda**  
 Téc. Mecánico de Suelos y Concreto



DSD0069426092018

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0069426092018

Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
 Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
 Fecha de recepción: lunes, 15 de Octubre de 2018  
 Fecha de emisión: martes, 18 de Diciembre de 2018

NORMA : ASTM D1557-2012 - Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup>) 2,700 kN-m/m<sup>3</sup>)

N.T.P. 339.141

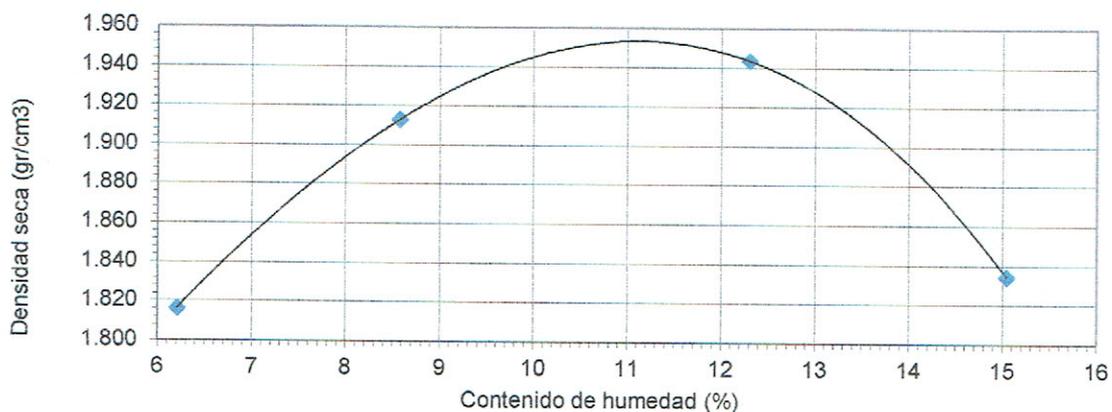
### DATOS DE LA MUESTRA

COMBINACION C-50%(MATERIAL DE SUBRASANTE + ARENA DE SILICE)

Método utilizado "B" Clasif. SUCS : SP - SM Clasif. AASTHO : A-3 (0)

Peso suelo + molde	gr.	3561	3700.1	3799.4	3731.5
Peso del molde	gr.	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6
Peso suelo humedo compactado	gr.	1815.4	1954.5	2053.8	1985.9
VOLUMEN	cm <sup>3</sup>	941	941	941	941
Peso volumetrico humedo	cm <sup>3</sup>	1.929	2.077	2.183	2.110
Recipiente N°	gr.	D-7	D-1	D-15	D-14
Peso suelo humedo + tara	gr.	162.88	161.37	145.02	162.26
Peso suelo seco + tara	gr.	155.86	151.83	133.69	147.12
Peso del agua	gr.	7.02	9.54	11.33	15.14
Peso de tara	gr.	42.77	40.61	41.59	46.46
Peso suelo seco	gr.	113.09	111.22	92.1	100.66
Contenido de agua	%	6.21	8.58	12.30	15.04
Peso volumetrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.816	1.913	1.943	1.834

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>) 1.954 gr/cm<sup>3</sup>  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) 11.10 %



### Observaciones:

\* Muestra provista e identificada por el peticionario .

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

Joan Alan Rosales Miranda  
 Téc. Mecánico de Suelos y Concreto

NATALY LUCIA CORDOVA ZORRILLA  
 CIP. 143899  
 Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia

Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo  
 Telf.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674  
 E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com



DSD0069426092018

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO**

INFORME N° DSD0069426092018

Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
 Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
 Fecha de recepción: lunes, 15 de Octubre de 2018  
 Fecha de emisión: martes, 18 de Diciembre de 2018

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR  
N.T.P. 339.145 / ASTM D1883**

Pag. 01 de 02

**DATOS DE LA MUESTRA**

COMBINACION C-50%(MATERIAL DE SUBRASANTE + ARENA DE SILICE)

Clasif. SUCS : SP - SM

Clasif. AASTHO :

A-3 (0)

N° de golpes por capa	55		26		12	
	M-8		M-16		M-A	
Molde N°	5		5		5	
Capas N°	5		5		5	
CONDICION DE LA MUESTRA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA
Peso del molde + suelo humedo	9555	9665	8280	8470	8775	9020
Peso del molde	4950	4950	3870	3870	4628	4628
Peso del suelo humedo	4605	4715	4410	4600	4147	4392
Volumen del molde	2122.6	2122.6	2116.6	2116.6	2116.9	2116.9
Densidad humeda	2.17	2.22	2.08	2.17	1.96	2.07
% de humedad	11.10	13.58	11.16	15.06	11.11	18.01
Densidad seca	1.95	1.96	1.87	1.89	1.76	1.76
Tara N°	Z-4	Z-2	D16	G-1	D-8	E-9
Tara + suelo humedo	149.59	170.89	164.08	82.24	142.09	100.20
Tara + suelo seco	137.50	153.93	151.42	74.12	132.91	88.35
Peso del agua	12.09	16.96	12.66	8.12	9.18	11.85
Peso de la tara	28.67	29.01	37.99	20.20	50.27	22.56
Peso del suelo seco	108.83	124.92	113.43	53.92	82.64	65.79
% de humedad	11.11	13.58	11.16	15.06	11.11	18.01

PENETRACION (mm)	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	Kg	LBS	LBS/PUL2	Kg	LBS	LBS/PUL2	Kg	LBS	LBS/PUL2
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	58.25	128.42	40.88	25.68	56.60	18.02	14.81	32.64	10.39
0.05	119.00	262.35	83.51	90.43	199.35	63.46	52.26	115.20	36.67
0.08	192.07	423.43	134.78	145.23	320.16	101.91	107.54	237.07	75.46
0.10	277.32	611.37	194.60	228.90	504.63	160.63	175.94	387.88	123.47
0.15	416.14	917.43	292.03	319.38	704.09	224.12	259.43	571.93	182.05
0.20	549.20	1210.77	385.40	438.40	966.50	307.65	347.04	765.08	243.53
0.25	718.90	1584.89	504.49	535.18	1179.85	375.56	393.51	867.52	276.14
0.30	901.30	1987.01	632.48	662.23	1459.94	464.71	445.54	982.23	312.65
0.40	1296.15	2857.50	909.57	901.98	1988.49	632.96	537.19	1184.28	376.97
0.50	1782.70	3930.14	1251.00	1157.68	2552.21	812.39	609.61	1343.94	427.79

TIEMPO	LECTURA	55GOLPES		LECTURA	26GOLPES		LECTURA	12GOLPES	
		EXPANSION	EXPANSION		EXPANSION	EXPANSION			
HORAS	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
24.00	21.0	0.533	0.46	27.0	0.686	0.59	33.0	0.838	0.72
48.00	23.0	0.584	0.50	30.0	0.762	0.65	39.0	0.991	0.85
72.00	24.0	0.610	0.52	32.0	0.813	0.69	41.0	1.041	0.89
96.00	24.0	0.610	0.52	33.5	0.851	0.73	42.0	1.067	0.91

**Observaciones:**

\* Muestra provista e identificada por el peticionario

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-95/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

**EQUIPO UTILIZADO:**

Prensa de CBR-MARSHALL-FORNEY 7691F, Serie N°2693, Capacidad 5000 kgf, Indicador Digital HIWEIGH, Modelo 315-X8, serie NON2C01533, clase NO INDICA, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-13a, certificado de calibración reporte N° C-8295f1314.



**Nataly Lucia Cordova Zorrilla**  
CIP. 148899  
Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia

**Joán Alan Rosales Miranda**  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto

Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo  
 Telf.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674  
 E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com



Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
 Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
 Fecha de recepción: lunes, 15 de Octubre de 2018  
 Fecha de emisión: martes, 18 de Diciembre de 2018

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR  
N.T.P. 339.145 / ASTM D1883**

**DATOS DE LA MUESTRA**

**COMBINACION** C-50%(MATERIAL DE SUBRASANTE + ARENA DE SILICE)

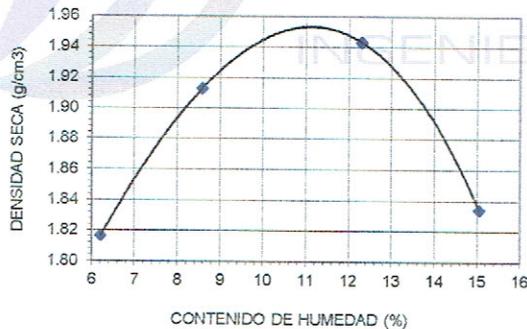
Clasif. SUCS : SP - SM

Clasif. AASTHO : A-3 (0)

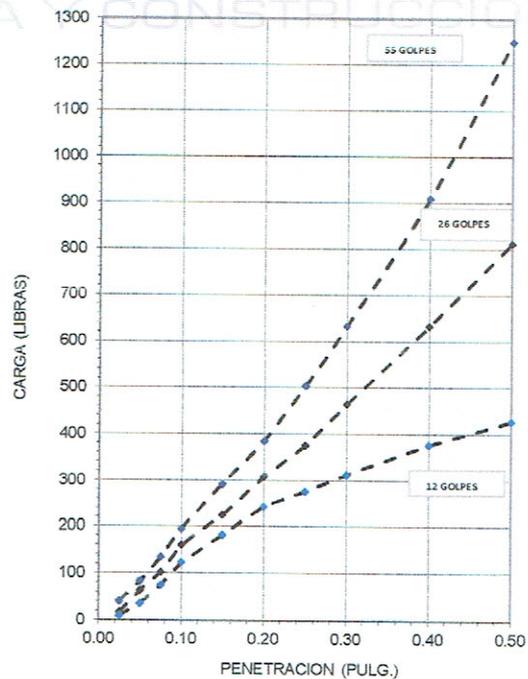
Pag. 02 de 02

%MDS	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	A 2.5mm de Penetracion	A 5.0mm de Penetracion
CBR al 100%	1.954	19.5 %	25.7 %
CBR al 95%	1.856	15.5 %	19.5 %

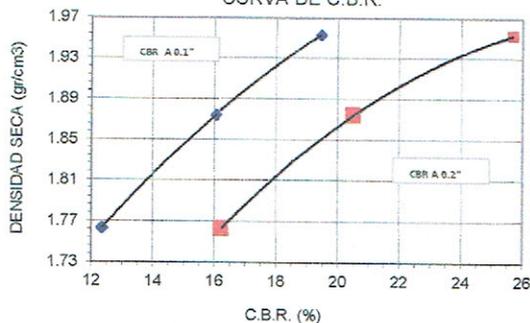
**CURVA DE COMPACTACION**



**GRAFICO ESFUERZO DEFORMACION**



**CURVA DE C.B.R.**



**Observaciones:**

\* Muestra provista e identificada por el peticionario

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP.004, 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

Joan Alan Rosales Miranda  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto

**DOSED**  
Nataly Lucia Cordova Zorrilla  
CIP. 148800  
Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia



DSD0069418122018

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0069418122018

Proyecto/Obra : ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
Atención : BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
Fecha de recepción : lunes, 15 de Octubre de 2018  
Fecha de emisión : martes, 18 de Diciembre de 2018

ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 339,128 - ASTM D422

Código ASTM D422-63(2007)e2  
Título Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (Withdrawn 2016)

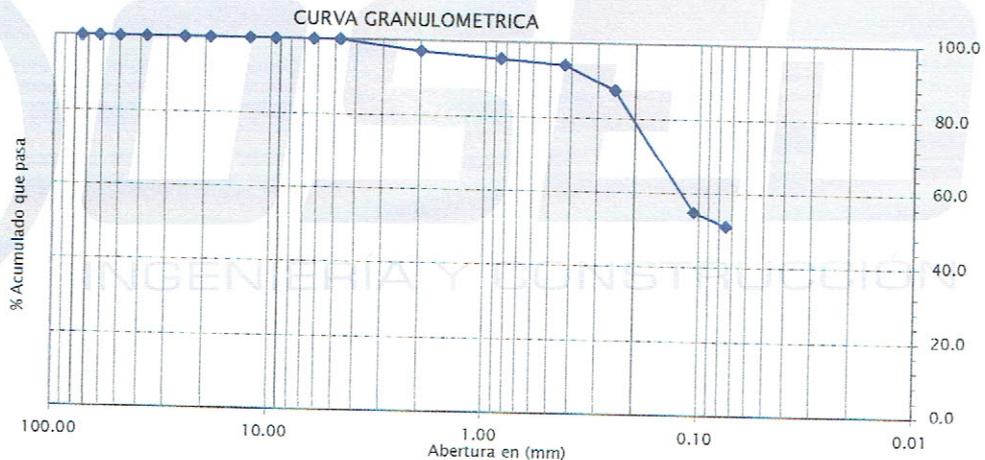
Código NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)  
Título SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

LIMITES DE CONSISTENCIA NTP 339,129 - ASTM D4318

Código ASTM D4318 - 10e1  
Título Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)  
SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

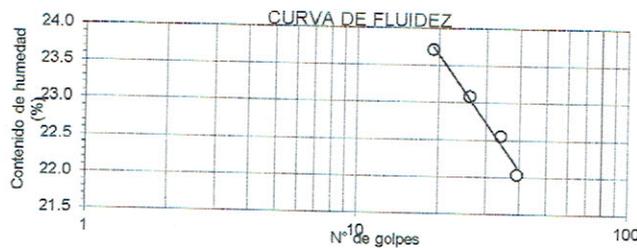
Tamiz	Abertura	% Acum.
3"	75.00	100.0
2 1/2"	62.00	100.0
2"	50.00	100.0
1 1/2"	37.50	100.0
1"	25.00	100.0
3/4"	19.00	100.0
1/2"	12.50	100.0
3/8"	9.50	100.0
1/4"	6.30	100.0
N°4	4.75	99.9
N°10	2.00	97.2
N°20	0.85	95.5
N°40	0.43	94.0
N°60	0.25	87.5
N°140	0.106	55.0
N°200	0.075	51.3



% GRAVA	0.1
% ARENA	48.6
% FINO	51.3

Lim. Liquido

N° GOL.	w (%)
38	22.04
30	22.56
22	23.09
16	23.71



LIMITE LIQUIDO	22.86 %
LIMITE PLASTICO	NP
INDICE PLASTICO	...
CLASIF. SUCS :	ML
LIMO ARENOSO	
CLASIF. AASHTO :	A-4 (0)
CONT. HUMEDAD (%)	

Lim. Plastico

NP
NP

Combinacion	C-60%(MATERIAL DE SUBRASANTE + ARENA DE SILICE)
Coordenadas	
Progresiva	...
Profundidad (m)	...

**OBSERVACIONES** : Muestras provista e identificada por el interesado  
El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

EQUIPO UTILIZADO:  
Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (ELE INTERNATIONAL)  
Cazuela de casagrande con contador de golpes, Marca Forney LA-3715, Serie N° 119  
Estufa utilizada: Modelo STHX-2A-120°C, Serie 13018 -  
Balanza OHAUS SPJ6001, N° Serie B411400997 - 6000gr.



Joan Alan Rosales Miranda  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto



Nataly Lucia Cordova Zorrilla  
CIP. 148005  
Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia



DSD0069426092018

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0069426092018

Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
Fecha de recepción: lunes, 15 de Octubre de 2018  
Fecha de emisión: martes, 18 de Diciembre de 2018

NORMA : ASTM D1557-2012 - Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup>) 2,700 kN-m/m<sup>3</sup>)

N.T.P. 339.141

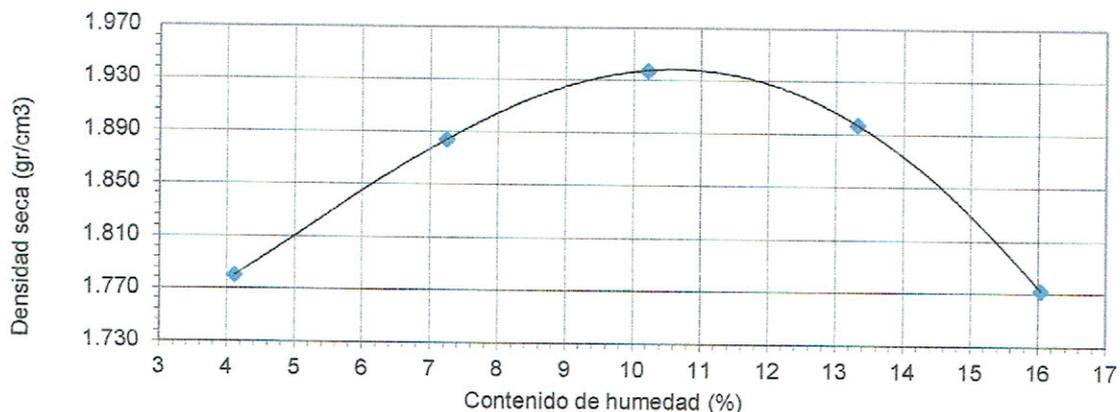
### DATOS DE LA MUESTRA

COMBINACION C-60%(MATERIAL DE SUBRASANTE + ARENA DE SILICE)

Método utilizado "B" Clasif. SUCS : ML Clasif. AASTHO : A-4 (0)

Peso suelo + molde	gr.	3489.8	3647	3755.1	3768.8	3680.9
Peso del molde	gr.	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6	1745.6
Peso suelo humedo compactado	gr.	1744.2	1901.4	2009.5	2023.2	1935.3
VOLUMEN	cm <sup>3</sup>	941.0	941.0	941.0	941.0	941.0
Peso volumetrico humedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.854	2.021	2.135	2.150	2.057
Recipiente N°	gr.	Z-26	Z-6	Z-1	D-11	D-2
Peso suelo humedo + tara	gr.	163.84	173.84	158.05	165.49	174.63
Peso suelo seco + tara	gr.	158.49	164.08	146.04	151.09	157.67
Peso de tara	gr.	28.55	29.19	28.53	42.98	51.95
Peso del agua	gr.	5.35	9.76	12.01	14.40	16.96
Peso suelo seco	gr.	129.94	134.89	117.51	108.11	105.72
Contenido de agua	%	4.12	7.24	10.22	13.32	16.04
Peso volumetrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.780	1.884	1.937	1.897	1.772

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>) 1.938 gr/cm<sup>3</sup>  
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) 10.60 %



### Observaciones:

\* Muestra provista e identificada por el peticionario .

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

  
Joan Alan Rosales Miranda  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto

  
  
Nataly Lucia Cordova Zorrilla  
CIP. 148899  
Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia

Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo  
Telf.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674  
E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO**

INFORME N° DSD0069426092018

Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
 Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUNE  
 Fecha de recepción: lunes, 15 de Octubre de 2018  
 Fecha de emisión: martes, 18 de Diciembre de 2018

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR  
N.T.P. 339.145 / ASTM D1883**

Pag. 01 de 02

**DATOS DE LA MUESTRA**

COMBINACION C-60%(MATERIAL DE SUBRASANTE + ARENA DE SILICE)

Clasif. SUCS : ML

Clasif. AASTHO :

A-4 (0)

N° de golpes por capa	55		26		12	
	M-11		M-E		M-D	
Molde N°						
Capas N°	5		5		5	
CONDICION DE LA MUESTRA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA
Peso del molde + suelo humedo	9720	9780	8995	9121	8755	8985
Peso del molde	5130	5130	4675	4675	4676	4676
Peso del suelo humedo	4590	4650	4321	4447	4079	4309
Volumen del molde	2141.8	2141.8	2115.8	2115.8	2115.8	2115.8
Densidad humeda	2.14	2.17	2.04	2.10	1.93	2.04
% de humedad	10.61	11.23	10.62	13.59	10.61	16.20
Densidad seca	1.94	1.95	1.85	1.85	1.74	1.75
Tara N°	Z-1	D-11	D-10	G-11	D-18	E-19
Tara + suelo humedo	185.14	156.07	163.42	82.24	130.09	99.20
Tara + suelo seco	170.12	144.65	151.89	74.82	122.45	88.57
Peso del agua	15.02	11.42	11.53	7.42	7.64	10.63
Peso de la tara	28.51	42.98	43.33	20.21	50.47	22.96
Peso del suelo seco	141.61	101.67	108.56	54.61	71.98	65.61
% de humedad	10.61	11.23	10.62	13.59	10.61	16.20

PENETRACION (mm)	55 GOLPES			26 GOLPES			12 GOLPES		
	Kg	LBS	LBS/PUL2	Kg	LBS	LBS/PUL2	Kg	LBS	LBS/PUL2
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	38.90	85.76	27.30	8.38	18.48	5.88	5.80	12.79	4.07
0.05	91.70	202.16	64.35	48.50	106.92	34.03	24.35	53.68	17.09
0.08	144.50	318.56	101.40	81.40	179.45	57.12	53.50	117.95	37.54
0.10	237.30	523.15	166.52	156.40	344.80	109.75	77.80	171.52	54.60
0.15	377.30	831.80	264.77	264.60	583.34	185.68	180.30	397.49	126.52
0.20	538.30	1186.74	377.75	380.10	837.97	266.73	264.50	583.12	185.61
0.25	761.60	1679.02	534.45	504.60	1112.44	354.10	351.00	773.81	246.31
0.30	922.30	2033.30	647.22	634.50	1398.82	445.26	430.00	947.98	301.75
0.40	1289.30	2842.39	904.76	905.60	1996.49	635.50	531.20	1171.08	372.77
0.50	1716.90	3785.08	1204.83	1100.00	2425.06	771.92	604.10	1331.80	423.92

TIEMPO	55GOLPES			26GOLPES			12GOLPES		
	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
HORAS	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
24.00	11.0	0.279	0.24	23.5	0.597	0.51	33.0	0.838	0.72
48.00	12.0	0.305	0.26	28.0	0.711	0.61	36.5	0.927	0.79
72.00	13.0	0.330	0.28	28.5	0.724	0.62	37.0	0.940	0.80
96.00	13.0	0.330	0.28	32.5	0.826	0.70	38.0	0.965	0.82

**Observaciones:**

\* Muestra provista e identificada por el peticionario

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

**EQUIPO UTILIZADO:**

Prensa de CBR-MARSHALL CORNEY 7691F, Serie N°2693, Capacidad 5000 kgf, Indicador Digital HIWEIGH, Modelo 315-X8, serie N°N2C015333, Patrón Utilizado Morehouse, N° de Serie C-8295, claseNO INDICA, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-13a, certificado de calibración reporta N° 0-8295f1314.



**Nataly Lucia Corzo Zorrilla**  
CIP. 149699  
Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia

**Joan Alan Rosales Miranda**  
Téc. Mecánico de Suelos y Concreto

Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo  
 Telf.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674  
 E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com



DSD0069426092018

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DSD0069426092018

Proyecto/Obra: ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
 Atención: BACH. IRVIN PAVEL BALDEON SAUÑE  
 Fecha de recepción: lunes, 15 de Octubre de 2018  
 Fecha de emisión: martes, 18 de Diciembre de 2018

### ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR N.T.P. 339.145 / ASTM D1883

#### DATOS DE LA MUESTRA

COMBINACION: C-60%(MATERIAL DE SUBRASANTE + ARENA DE SILICE)

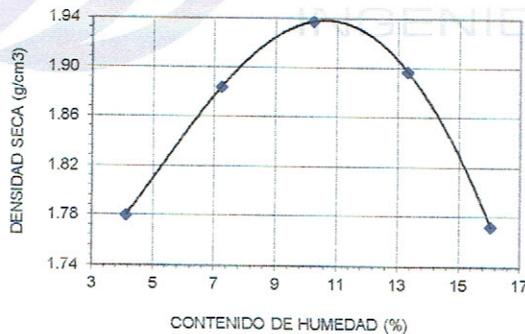
Clasif. SUCS : ML

Clasif. AASTHO : A-4 (0)

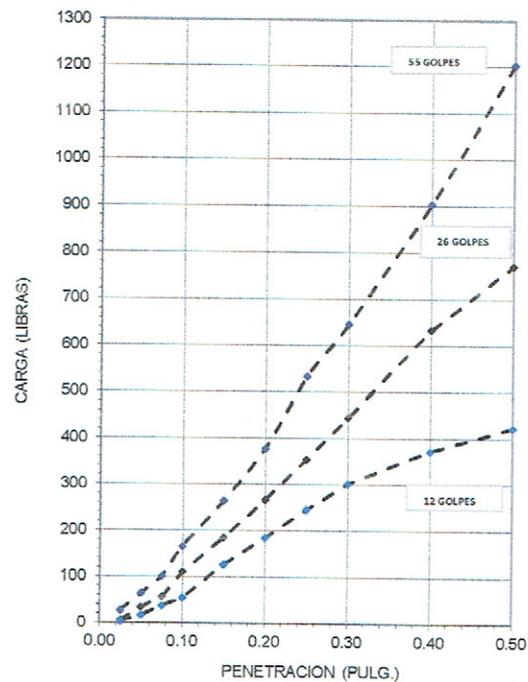
Pag. 02 de 02

%MDS	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	A 2.5mm de Penetracion	A 5.0mm de Penetracion
CBR al 100%	1.938	16.7 %	25.18 %
CBR al 95%	1.841	10.8 %	17.80 %

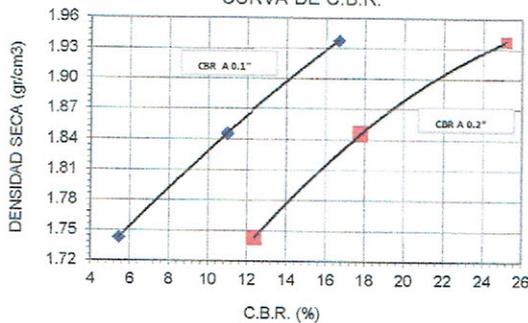
#### CURVA DE COMPACTACION



#### GRAFICO ESFUERZO DEFORMACION



#### CURVA DE C.B.R.



#### Observaciones:

\* Muestra provista e identificada por el peticionario

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (LAW PERUANA INDECOPI: GR-004/1993)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

# **ANEXO 04**

- **CERTIFICADO DE CALIBRACION DE EQUIPOS**

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 407 - 2018

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	17693
2. Solicitante	DEPARTAMENTO DE OBRAS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS SISMICAS S.A.C. - DOSED S.A.C.
3. Dirección	Av. Julio Sumar N° 267 El Tambo - Huancayo - JUNIN.
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	300 g
División de escala (d)	0,01 g
Dív. de verificación (e)	0,01 g
Clase de exactitud	II
Marca	OHAUS
Modelo	TRAVELER TA302
Número de Serie	B337764856
Capacidad mínima	0,20 g
Procedencia	U.S.A.
Identificación	NO INDICA
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS
5. Fecha de Calibración	2018-09-09

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión  
2018-09-11

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

  
JUAN C. QUISPE MORALES



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 407 - 2018

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

#### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

#### 7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE SUELOS  
Av. Julio Sumar N° 267 El Tambo - Huancayo - JUNIN.

#### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	15,1 °C	15,1 °C
Humedad Relativa	43 %	43 %

#### 9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E1) Dirección de Metrología - INACAL 150033005	PESAS (Clase de Exactitud: F1)	INACAL LM-C-535-2016

#### 10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 413 - 2018

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

#### 11. Resultados de Medición

##### INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	TIENE
		NIVELACIÓN	NO TIENE		

##### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	15,3 °C	15,3 °C

Medición Nº	Carga L1 = 15 000 g			Carga L2 = 30 002 g			
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	
1	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	-2,0	
2	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	-2,0	
3	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	-2,0	
4	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	-2,0	
5	15 000	0,4	0,1	30 000	0,5	-2,0	
6	15 000	0,5	0,0	30 000	0,6	-2,1	
7	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	-2,0	
8	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	-2,0	
9	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	-2,0	
10	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	-2,0	
Diferencia Máxima			0,1	Diferencia Máxima			0,1
Error Máximo Permisible			± 20	Error Máximo Permisible			± 30

##### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	5
1	
3	4

Posición  
de las  
cargas

	Inicial	Final
Temperatura	15,2 °C	15,2 °C



Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec					
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1	10 g	10	0,5	0,0	10 000	10 000	0,6	-0,1	-0,1	
2		10	0,5	0,0		10 000	0,5	0,0	0,0	
3		10	0,5	0,0		10 000	0,6	-0,1	-0,1	
4		10	0,5	0,0		10 000	0,5	0,0	0,0	
5		10	0,5	0,0		10 000	0,5	0,0	0,0	
* Valor entre 0 y 10e								Error máximo permisible		± 20

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 413 - 2018

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	15,3 °C	15,3 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p** (± g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10	10	0,5	0,0						
20	20	0,5	0,0	0,0	20	0,5	0,0	0,0	10
500	500	0,5	0,0	0,0	500	0,5	0,0	0,0	10
1 000	1 000	0,4	0,1	0,1	1 000	0,5	0,0	0,0	10
2 000	2 000	0,4	0,1	0,1	2 000	0,5	0,0	0,0	10
5 000	5 000	0,5	0,0	0,0	5 000	0,5	0,0	0,0	20
10 000	10 000	0,4	0,1	0,1	10 000	0,6	-0,1	-0,1	20
15 000	15 000	0,5	0,0	0,0	15 000	0,6	-0,1	-0,1	20
20 002	20 001	0,6	-1,1	-1,1	20 000	0,5	-2,0	-2,0	30
25 002	25 002	0,7	-0,2	-0,2	25 001	0,6	-1,1	-1,1	30
30 002	30 001	0,6	-1,1	-1,1	30 001	0,6	-1,1	-1,1	30

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.  
I: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.  
E: Error encontrado

E<sub>0</sub>: Error en cero.  
E<sub>c</sub>: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(0,235 \text{ g}^2 + 0,000000000 \text{ g}^2)}$$

Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R + 0,000000959 R$$

### 12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 413 - 2018

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	17693
2. Solicitante	DEPARTAMENTO DE OBRAS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS SISMICAS S.A.C. - DOSED S.A.C.
3. Dirección	Av. Julio Sumar N° 267 El Tambo - Huancayo - JUNIN.
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	30000 g
División de escala (d)	1 g
Div. de verificación (e)	10 g
Clase de exactitud	III
Marca	OHAUS
Modelo	R31P30
Número de Serie	8336030051
Capacidad mínima	20 g
Procedencia	U.S.A.
Identificación	NO INDICA
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS
5. Fecha de Calibración	2018-09-09

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2018-09-11

JUAN C. QUISPE MORALES



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 413 - 2018

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

#### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM-INDECOPI. Tercera Edición.

#### 7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE SUELOS  
Av. Julio Sumar N° 267 El Tambo - Huancayo - JUNIN.

#### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	15,3 °C	15,3 °C
Humedad Relativa	55 %	54 %

#### 9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E1) Dirección de Metrología - INACAL 150033005	PESAS (Clase de Exactitud: F1)	INACAL LM-C-535-2016
PESAS (Clase de exactitud F1) DM - INACAL LM-C-317-2016 / LM- 491-2016.	PESAS (Clase de Exactitud: M1)	METROIL M-0774-2016
PESAS (Clase de exactitud F2) DM-INACAL LM-414-2016.		
PESAS (Clase de exactitud E2) DM / INACAL LM-371-2016	PESA (Clase de Exactitud M1)	INACAL M-0307-2017
PESAS (Clase de exactitud M1) DM- INACAL LM-133-2016	PESAS (Clase de Exactitud M2)	TOTAL WEIGH CM-0812-2016

#### 10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 407 - 2018

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

#### 11. Resultados de Medición

##### INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

##### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	15,1 °C	15,1 °C

Medición Nº	Carga L1 = 150,00 g			Carga L2 = 300,00 g			
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
1	150,01	6	9	300,02	7	18	
2	150,01	6	9	300,02	7	18	
3	150,01	6	9	300,02	7	18	
4	150,01	6	9	300,02	7	18	
5	150,01	6	9	300,02	7	18	
6	150,01	6	9	300,01	6	9	
7	150,01	6	9	300,02	7	18	
8	150,01	6	9	300,02	7	18	
9	150,01	6	9	300,01	6	9	
10	150,01	6	9	300,01	6	9	
Diferencia Máxima			0	Diferencia Máxima			9
Error Máximo Permissible			± 20	Error Máximo Permissible			± 30

##### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición  
de las  
cargas

	Inicial	Final
Temperatura	15,2 °C	15,2 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1	0,10 g	0,10	5	0	100,00	100,01	6	9	9
2		0,10	5	0		100,00	5	0	0
3		0,10	5	0		100,00	5	0	0
4		0,10	5	0		100,01	6	9	9
5		0,10	5	0		100,00	5	0	0
Error máximo permisible								± 20	

\* Valor entre 0 y 10e



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 407 - 2018

Área de Metrología

Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	15,1 °C	15,1 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p <sup>**</sup> (± mg)
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0,10	0,10	5	0						
0,20	0,20	5	0	0	0,20	5	0	0	10
10,00	10,00	5	0	0	10,00	5	0	0	10
25,00	25,00	5	0	0	25,00	5	0	0	10
50,00	50,00	5	0	0	50,01	6	9	9	20
75,00	75,01	6	9	9	75,01	6	9	9	20
100,00	100,02	7	18	18	100,01	6	9	9	20
150,00	150,02	7	18	18	150,03	7	28	28	20
200,00	200,02	7	18	18	200,02	7	18	18	30
250,00	250,02	7	18	18	250,01	6	9	9	30
300,00	300,02	8	17	17	300,02	8	17	17	30

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.  
l: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.  
E: Error encontrado

E<sub>0</sub>: Error en cero.  
E<sub>c</sub>: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(0,0000439 \text{ g}^2 + 0,0000000000000000 \text{ R}^2)}$$

Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R + 0,000134 R$$



### 12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 228 - 2018

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	17693
2. Solicitante	DEPARTAMENTO DE OBRAS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS SISMICAS S.A.C. - DOSED S.A.C.
3. Dirección	Av. Julio Sumar Nº 267 El Tambo - Huancayo - JUNIN.
4. Equipo	PRENSA CBR
Capacidad	5000 kgf
Marca	FORNEY
Modelo	7691F
Número de Serie	2693
Identificación	MF-50 (*)
Procedencia	U.S.A.
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS.
5. Indicador	DIGITAL
Marca	HIWEICH
Número de Serie	0023180
División de Escala / Resolución	0,1 Kgf
6. Fecha de Calibración	2018-09-09

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2018-09-09

Jefe del Laboratorio de Metrología

JUAN E. QUISPE MORALES

Sello



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 228 - 2018

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

#### 7. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones de LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

#### 8. Lugar de calibración

LABORATORIO DE SUELOS.

Av. Julio Sumar Nº 267 El Tambo - Huancayo - JUNIN.

#### 9. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	15,2 °C	15,3 °C
Humedad Relativa	55 % HR	55 % HR

#### 10. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en el National Standards Testing Laboratory de Maryland - USA	Celda de carga calibrado a 50 KIP con incertidumbre del orden de 0,6 %	LEDI-PUCP INF-LE 473-16B

#### 11. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
  - Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.
- (\*) Código indicado en una etiqueta adherido al equipo.



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 228 - 2018

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

### 12. Resultados de Medición

El equipo presenta CELDA DE CARGA con las siguientes características:

Capacidad : 50 kN

Marca : ZEMIC

Clase : NO INDICA

Nº de Serie : N2CO15333

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			Error de Exactitud $q$ (%)	Incertidumbre $U$ (k=2) (%)
%	$F_i$ (kgf)	$F_1$ (kgf)	$F_2$ (kgf)	$F_3$ (kgf)		
10	500	502,7	503,3	503,1	-0,60	0,24
20	1000	1002,5	1003,2	1003,2	-0,30	0,24
30	1500	1500,3	1501,0	1500,0	-0,03	0,24
40	2000	1998,9	1998,9	1998,2	0,07	0,24
50	2500	2497,0	2497,3	2497,2	0,11	0,24
60	3000	2995,6	2997,1	2996,3	0,12	0,24
70	3500	3496,4	3497,2	3496,8	0,09	0,24
80	4000	3996,6	3997,1	3996,4	0,08	0,24
90	4500	4496,9	4498,6	4497,0	0,06	0,24
100	5000	4993,2	4994,5	4994,0	0,12	0,24

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_0$ )

0,00 %



### 13. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

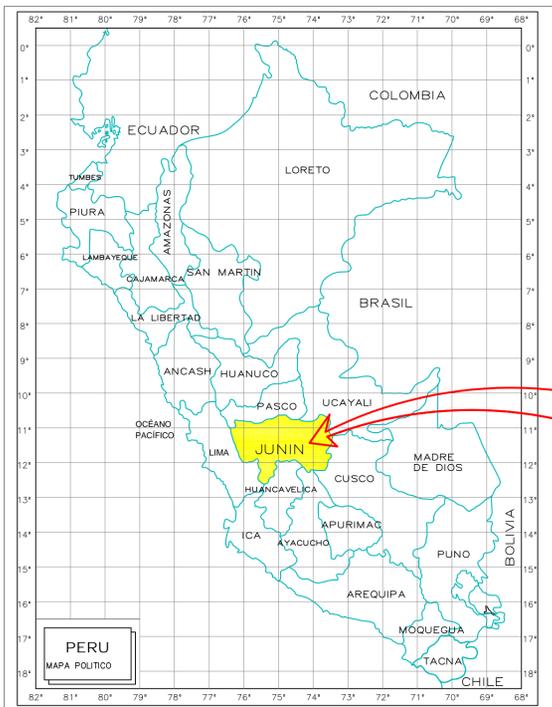
La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del Documento

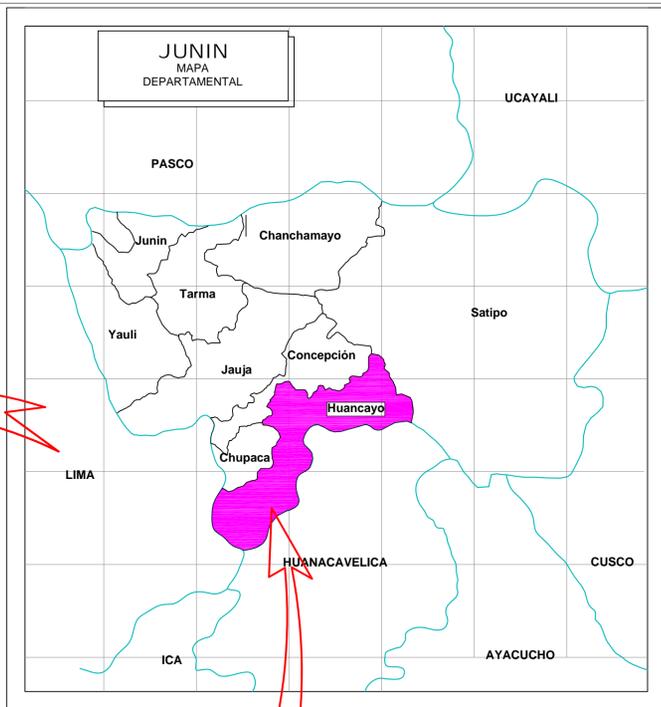
# **ANEXO 05**

- **PLANOS**
  - **PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACION DEL PROYECTO**
  - **PLANO DE UBICACION DE CALICATAS DEL MATERIAL DE SUBRASANTE**
  - **PLANOS DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DE ARENA DE SILICE**
  - **PLANOS DE UBICACIÓN DE CANTERA Y DEPOSITO DE ARENA DE SILICE**

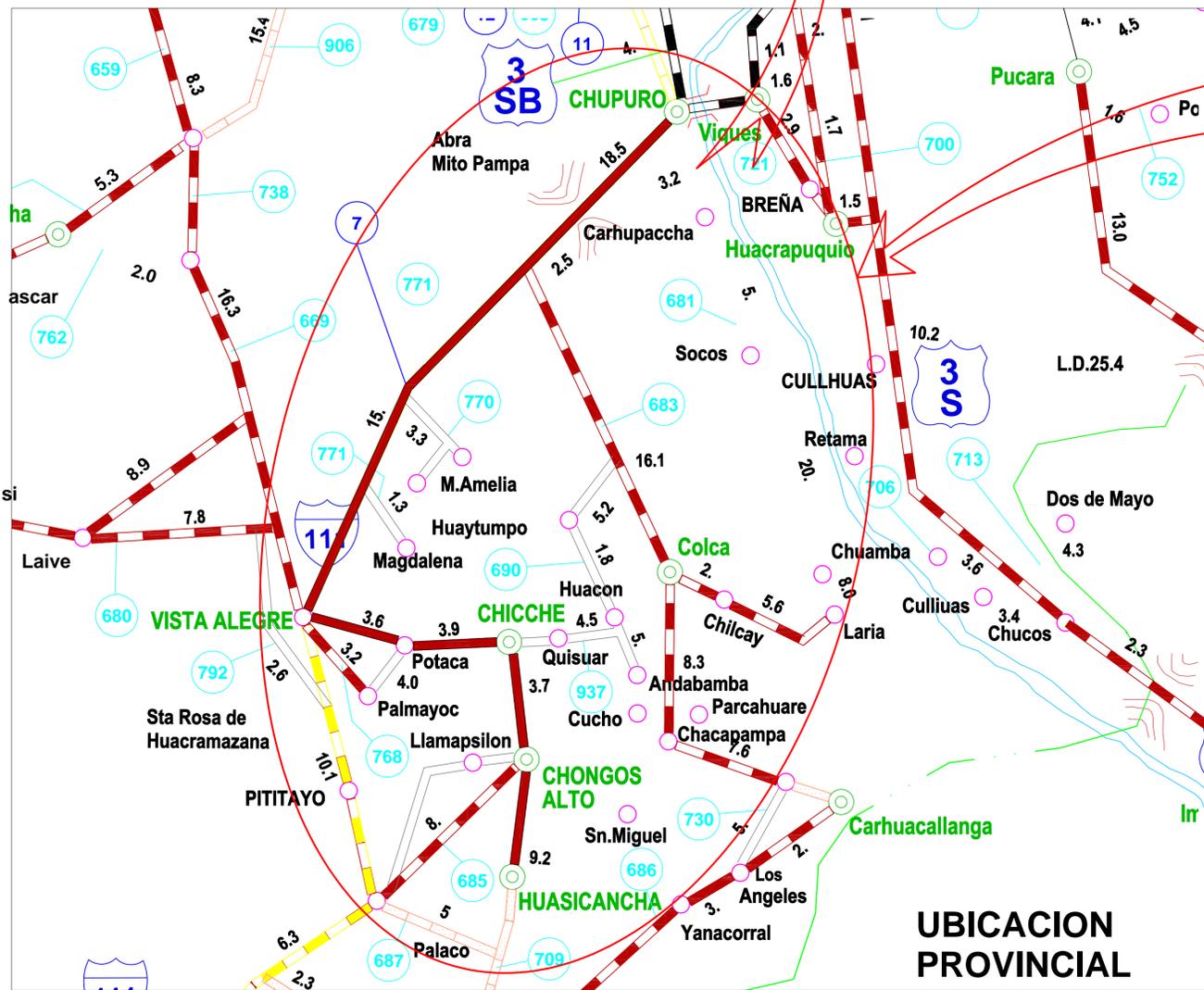
# **PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACION DEL PROYECTO**



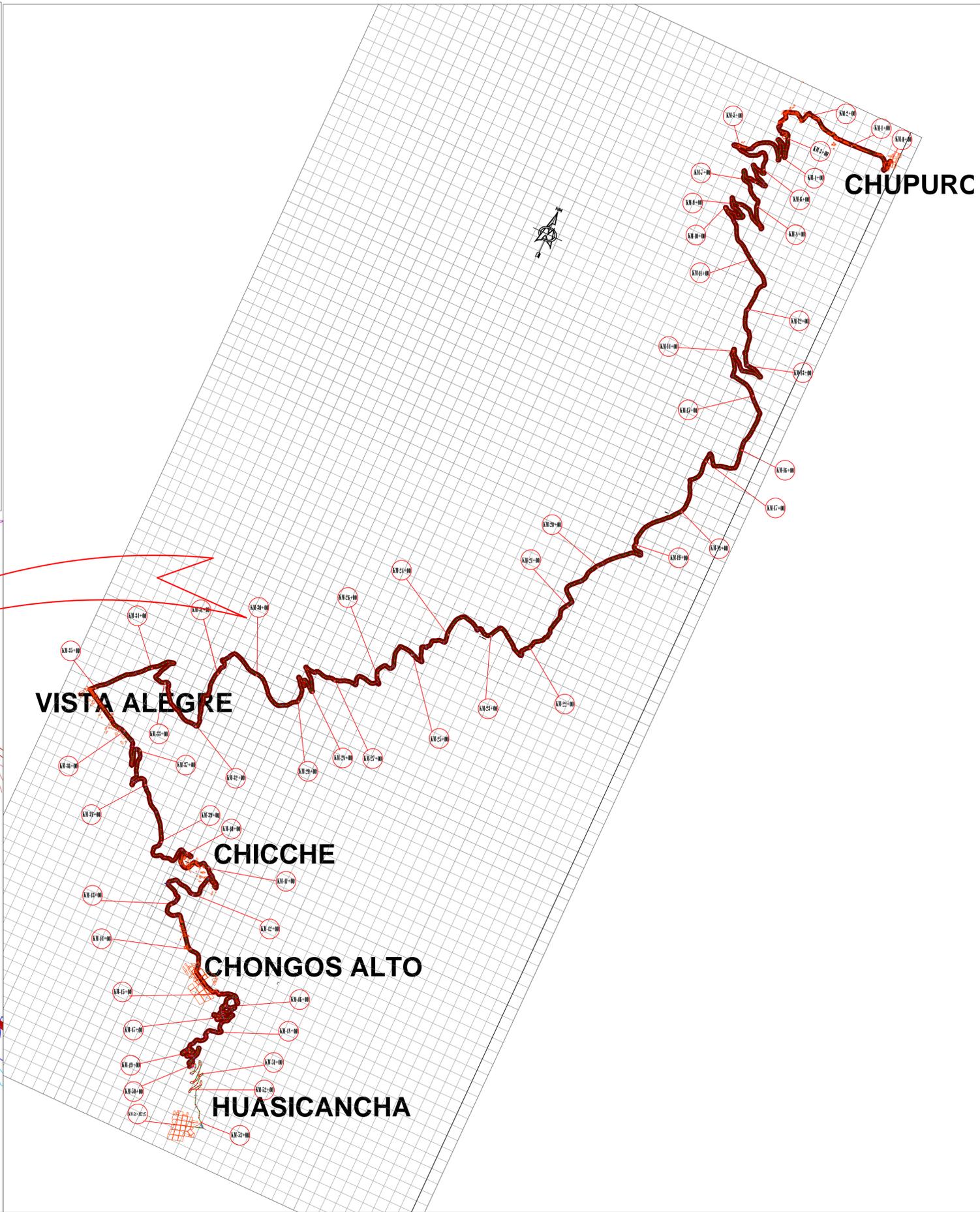
**UBICACION NACIONAL**



**UBICACION DEPARTAMENTAL**



**UBICACION PROVINCIAL**



**CHUPURC**

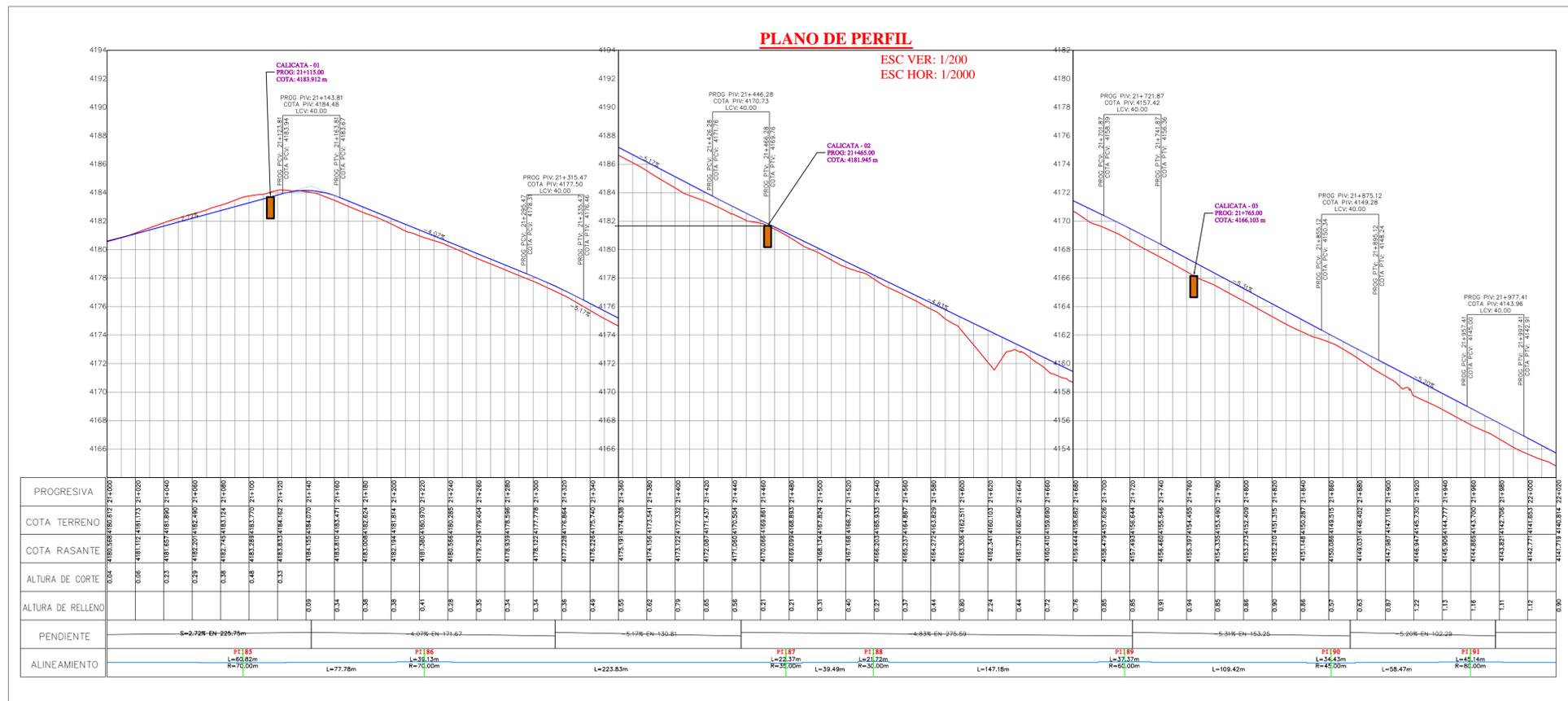
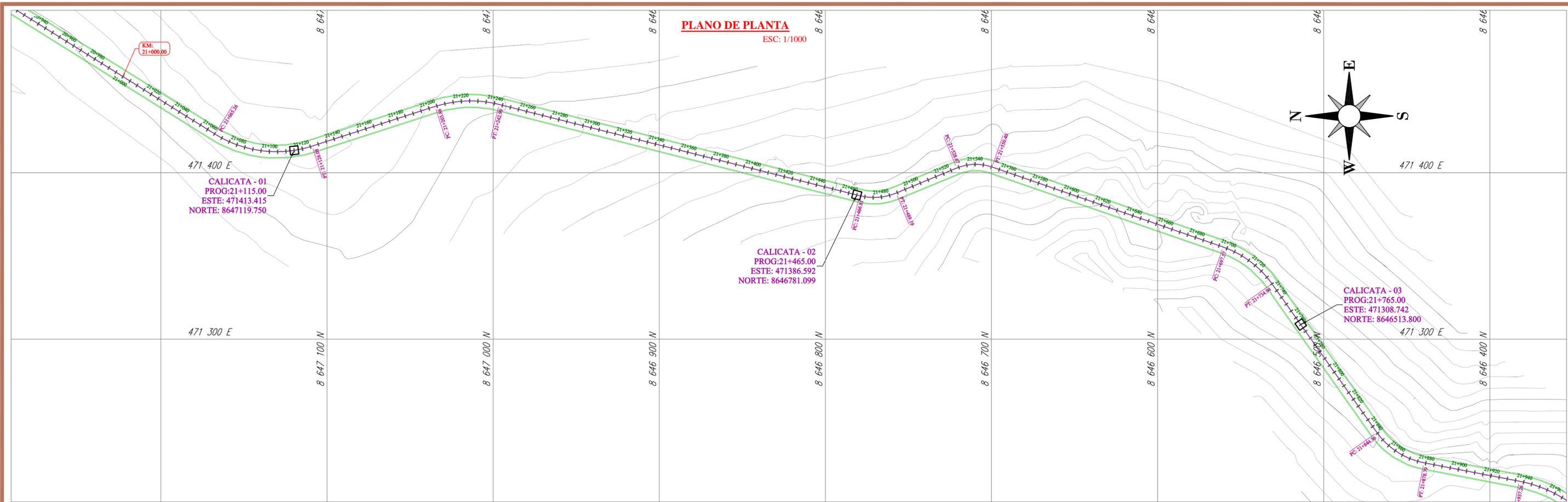
**VISTA ALEGRE**

**CHICCHE**

**CHONGOS ALTO**

**HUASICANCHA**

**PLANO DE UBICACION DE  
CALICATAS DEL MATERIAL  
DE SUBRASANTE**



#### LEYENDA

	CURVAS MAYORES
	CURVAS MENORES
	CALICATA

CALICATA	PROGRESIVA	NORTE	ESTE	COTA
01	21+115	8647119.750	471413.415	4183.912 msnm
02	21+465	8646781.099	471386.592	4181.945 msnm
03	21+765	8646513.800	471308.742	4166.103 msnm



**FACULTAD DE INGENIERIA**  
Escuela Academico  
Profesional de Ingeniería Civil

TESIS:  
**ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE**

PROYECTO:  
"MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CHUPURO - VISTA ALEGRE - CHICCHE - CHONGOS ALTO - HUASICANCHA  
PROVINCIA DE HUANCAYO - DEPARTAMENTO DE JUNÍN  
TRAMO: CHUPURO - VISTA ALEGRE"

Dpto.: JUNIN  
Prov.: HUANCAYO  
Dist.: CHUPURO-CHICCHE  
CHONGOS ALTO-HUASICANCHA

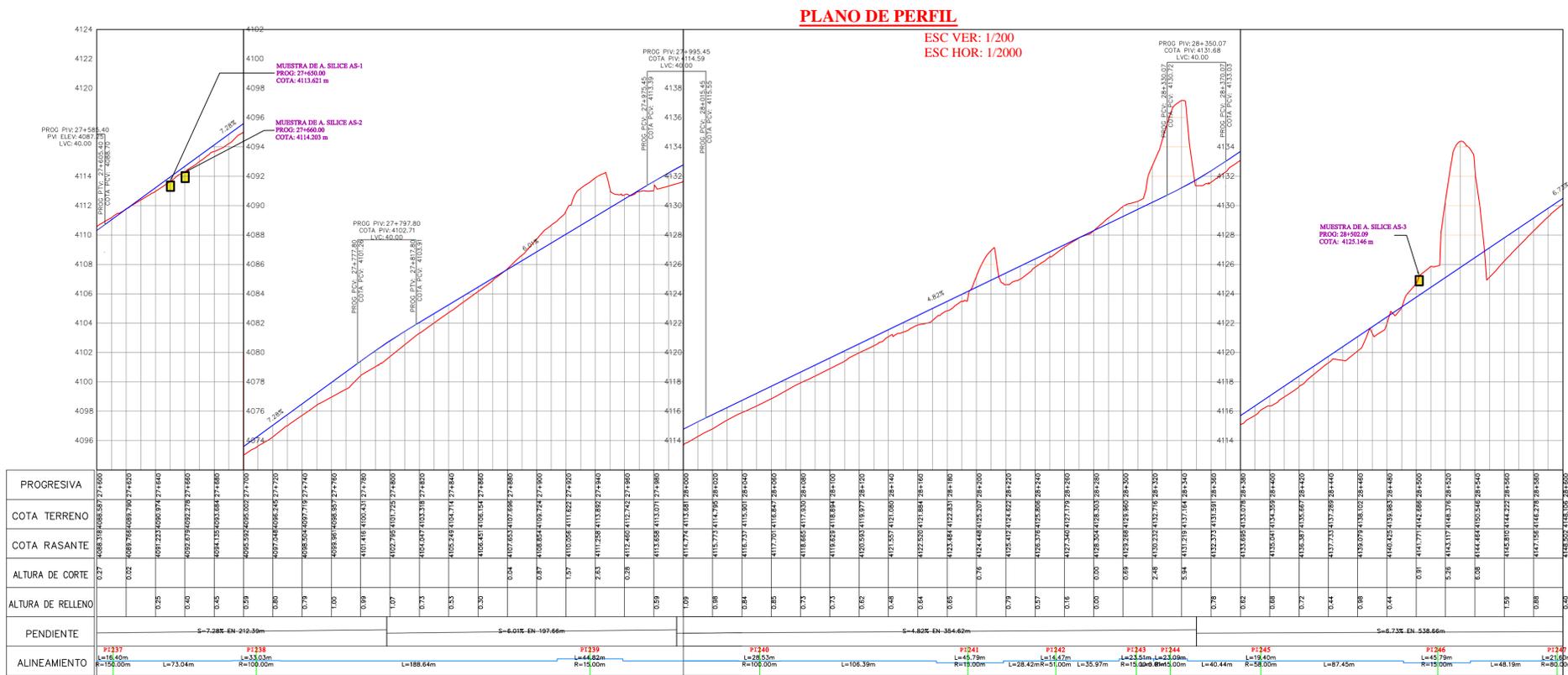
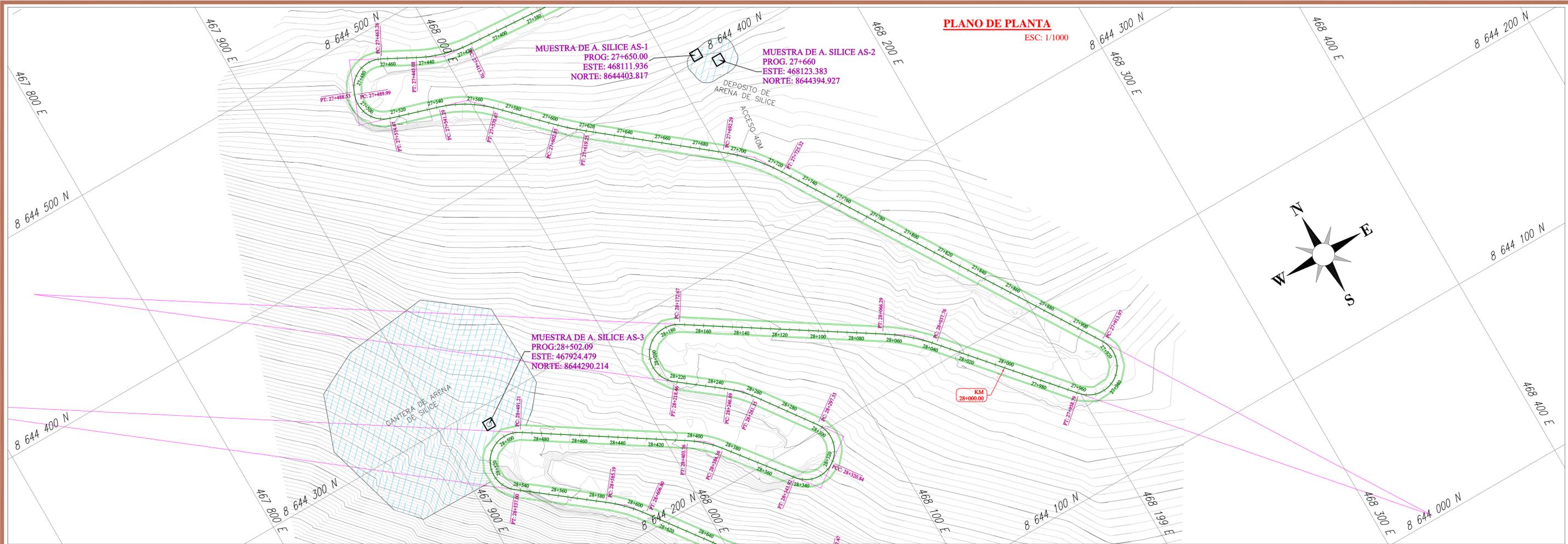
TESISTA:  
Bach. BALDEON SAUÑE IRVIN PAVEL

Dibujo: IPBS  
Fecha: --/--/--  
Escala: INDICADA

Plano:  
**UBICACION DE CALICATAS MATERIAL DE SUBRASANTE**

Lomina:  
**C-01**

**PLANOS DE UBICACIÓN DE  
LOS PUNTOS DE  
MUESTREO DE ARENA DE  
SILICE**



#### LEYENDA

CURVAS MAYORES	
CURVAS MENORES	
CALICATA	
MATERIAL DE SILICE	

MUESTRA	PROGRESIVA	NORTE	ESTE	COTA
<b>AS-1</b>	27+650	8644403.817	468111.936	4113.621 msnm
<b>AS-2</b>	27+660	8644394.927	468123.383	4114.203 msnm
<b>AS-3</b>	28+502	8644290.214	467924.479	4125.146 msnm



**FACULTAD DE INGENIERIA**  
Escuela Academico  
Profesional de Ingeniería Civil

TESIS:  
**ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SILICE EN LA ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE**

PROYECTO:  
"MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CHUPURO - VISTA ALEGRE - CHICCHE - CHONGOS ALTO - HUASICANCHA PROVINCIA DE HUANCAYO - DEPARTAMENTO DE JUNÍN TRAMO: CHUPURO - VISTA ALEGRE"

Dpto.: JUNIN  
Prov.: HUANCAYO  
Dist.: CHUPURO-CHICCHE CHONGOS ALTO-HUASICANCHA

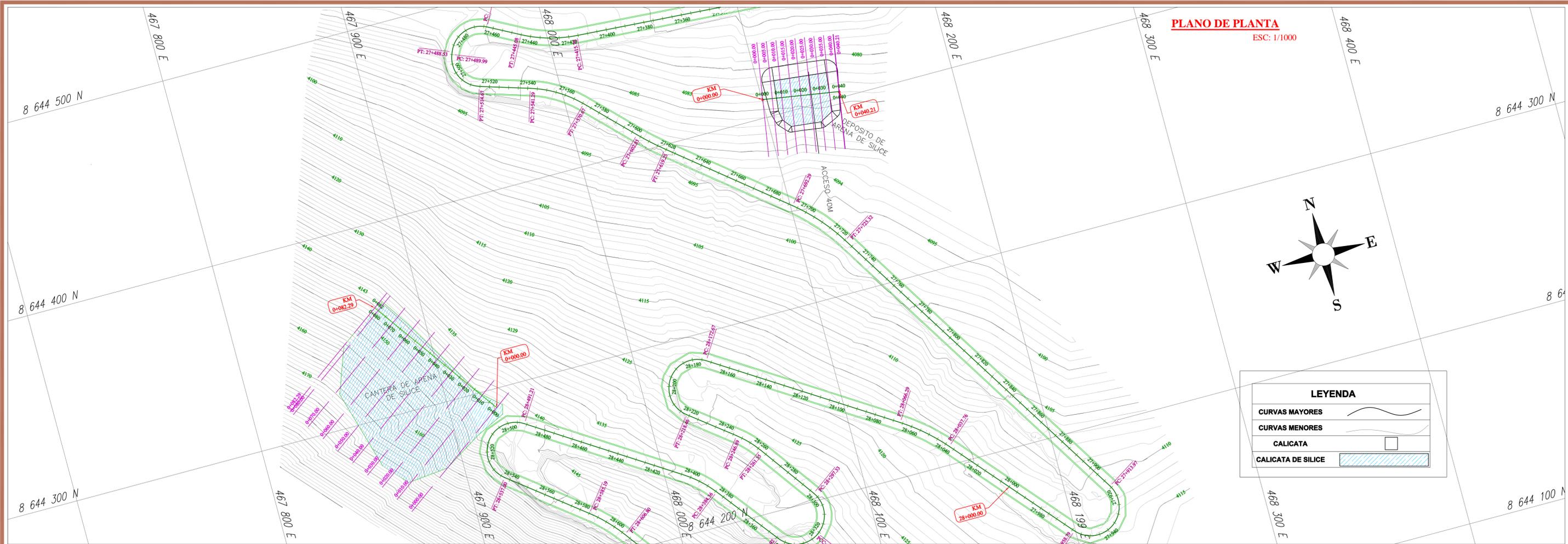
TESISTA:  
Bach. BALDEON SAUÑE IRVIN PAVEL

Dibujo: IPBS  
Fecha: --/--/--  
Escala: INDICADA

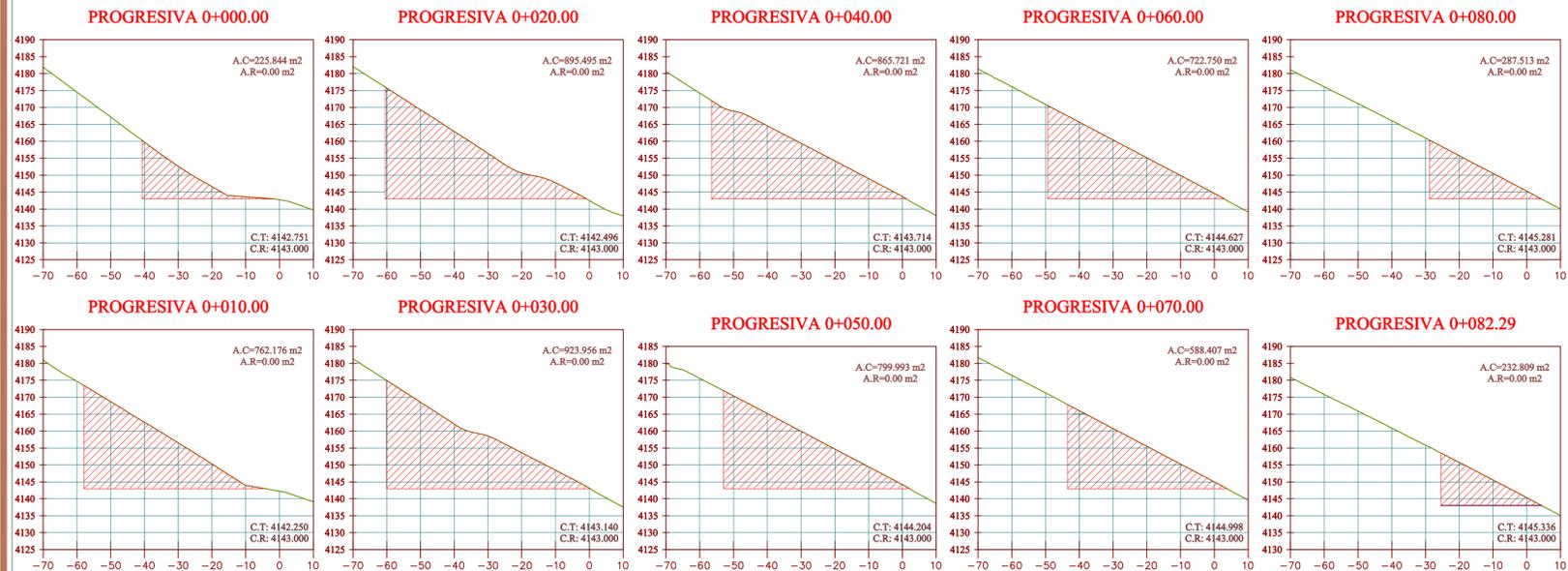
Plano:  
**UBICACION DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DE ARENA DE SILICE**

Lomina:  
**AS-01**

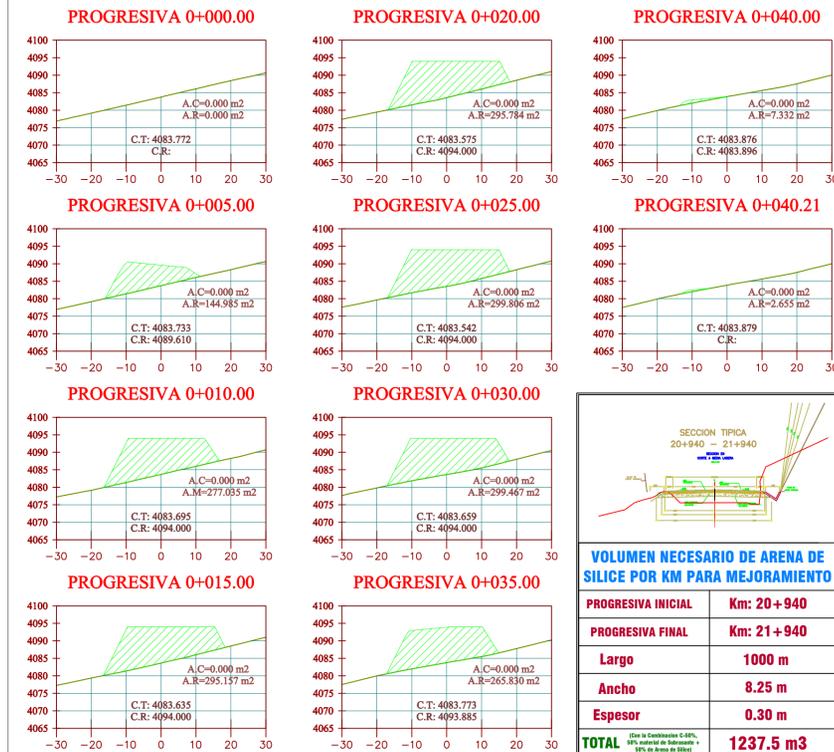
# **PLANOS DE UBICACIÓN DE CANTERA Y DEPOSITO DE ARENA DE SILICE**



**SECCIONES TRANSVERSALES**  
**CANTERA DE ARENA DE SILICE KM: 28+500**  
 ESC: 1/1000



**SECCIONES TRANSVERSALES**  
**DEPOSITO DE ARENA DE SILICE KM: 27+600**  
 ESC: 1/1000



**POTENCIA DE LA CANTERA DE ARENA DE SILICE**  
**KM: 28+500**

LONGITUD TOTAL (m) 82.29			
ESTACA METROS	AREA DE CORTE	LONGITUD m	VOLUMEN DISP. m <sup>3</sup>
00	225.844	10	---
10	762.176	10	4940.10
20	895.495	10	8288.36
30	923.956	10	9097.26
40	865.721	10	8948.39
50	799.923	10	8328.57
60	722.750	10	7613.72
70	588.407	10	6555.79
80	225.844	10	4379.60
<b>82.29</b>	<b>287.513</b>	<b>2.29</b>	<b>595.77</b>
<b>TOTAL</b>	<b>---</b>	<b>82.29</b>	<b>58,747.53</b>

**POTENCIA DEL DEPOSITO DE ARENA DE SILICE**  
**KM: 27+600**

LONGITUD TOTAL (m) 40.21			
ESTACA METROS	AREA DE CORTE	LONGITUD m	VOLUMEN DISP. m <sup>3</sup>
00	0.000	05	---
05	144.985	05	362.46
10	277.035	05	1055.05
15	295.157	05	1430.48
20	299.806	05	1477.35
25	299.467	05	1488.98
30	265.830	05	1498.18
35	588.407	05	1413.24
40	7.332	05	682.91
40.21	2.655	0.21	1.05
<b>TOTAL</b>	<b>---</b>	<b>40.21</b>	<b>9409.70</b>



TESIS:  
**ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SILICE EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE**

PROYECTO:  
 "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CHUPURO - VISTA ALEGRE - CHICCHE - CHONGOS ALTO - HUASICANCHA  
 PROVINCIA DE HUANCAYO - DEPARTAMENTO DE JUNÍN  
 TRAMO: CHUPURO - VISTA ALEGRE"

Dpto.: JUNIN  
 Prov.: HUANCAYO  
 Dist.: CHUPURO-CHICCHE  
 CHONGOS ALTO-HUASICANCHA

TESISTA:  
 Bach. BALDEON SAUÑE IRVIN PAVEL

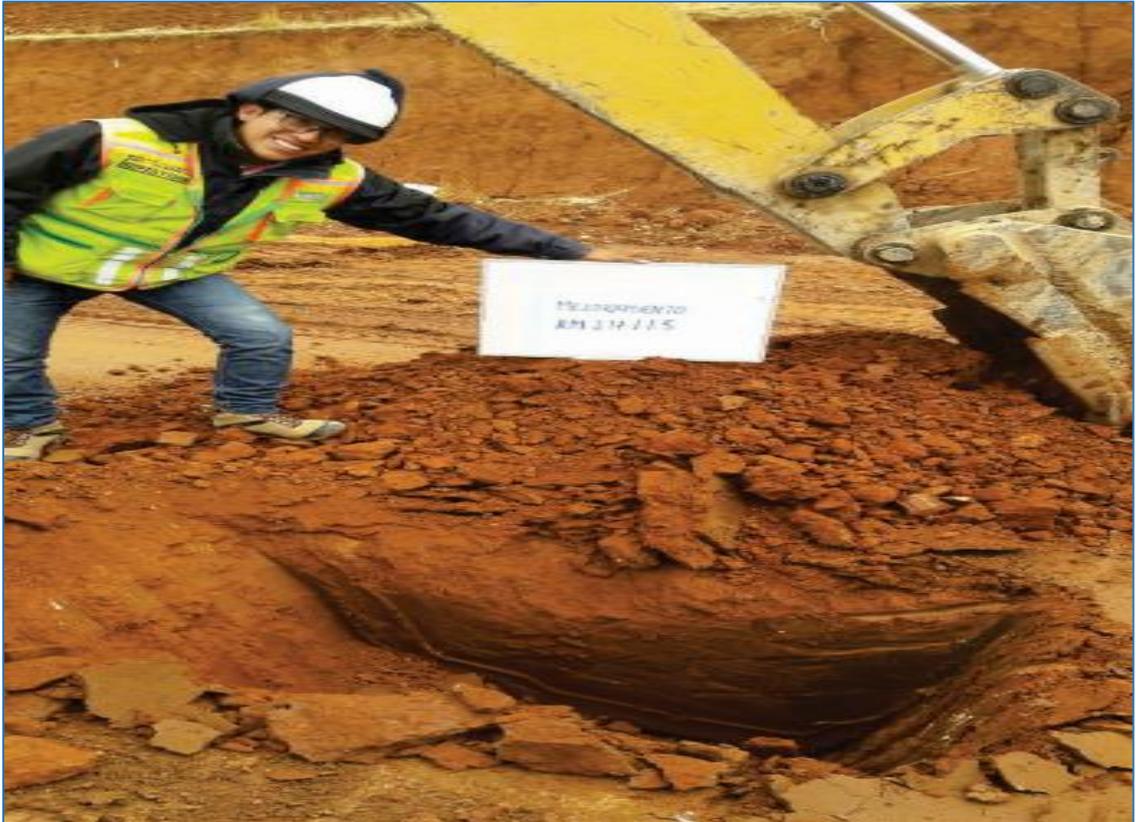
Dibujo: IPBS  
 Fecha: --/--  
 Escala: INDICADA

Plano:  
**CANTERA Y DEPOSITO DE ARENA DE SILICE**

Lamina:  
**CD-01**

# **ANEXO 06**

- **PANEL FOTOGRAFICO**



Muestreo de Material de Subrasante – Ubicación de Calicata 01 Km: 21+115



Muestreo de Material de Subrasante – Ubicación de Calicata 02 Km: 21+465.00



Muestreo de Material de Subrasante – Ubicación de Calicata 03 Km: 21+765.00



Muestreo de Arena de Sílice en el depósito de Arena de Sílice del Km 27+650



Ubicación del depósito de Arena de Sílice en el km 27+600



Vista del depósito de Arena de Sílice del km 27+600



Ubicación de la cantera de Arena de Sílice del Km 28+500



Ubicación de la cantera de Arena de Sílice del Km 28+500



Material de subrasante muestra M-1 de la calicata 01



Material de subrasante muestra M-2 de la calicata 02



Material de subrasante muestra M-3 de la calicata 03



Muestra de Arena de Sílice AS-1



Muestra de Arena de Sílice AS-2



Muestra de Arena de Sílice AS-3



Combinación de material de subrasante con arena de sílice en una proporción C-10%



Combinación de material de subrasante con arena de sílice en una proporción C-20%



Combinación de material de subrasante con arena de sílice en una proporción C-30%



Combinación de material de subrasante con arena de sílice en una proporción C-40%



Combinación de material de subrasante con arena de sílice en una proporción C-50%



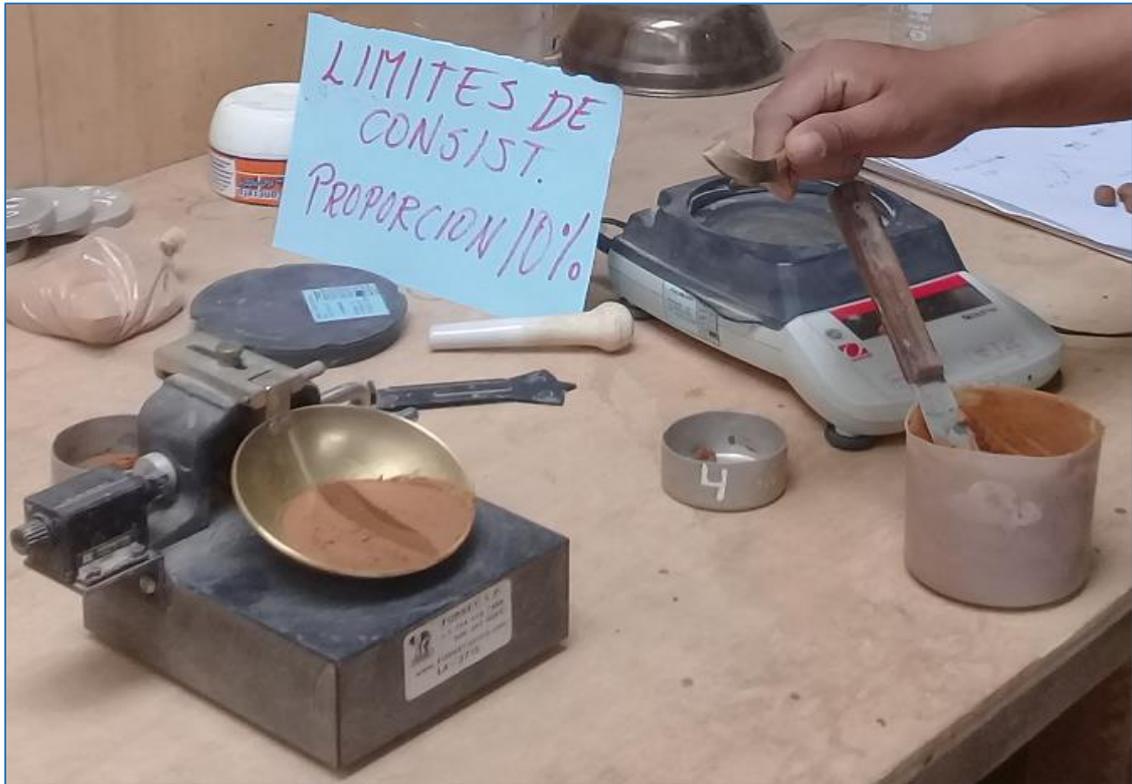
Combinación de material de subrasante con arena de sílice en una proporción C-60%



Tamizado manual de material de Arena de Sílice



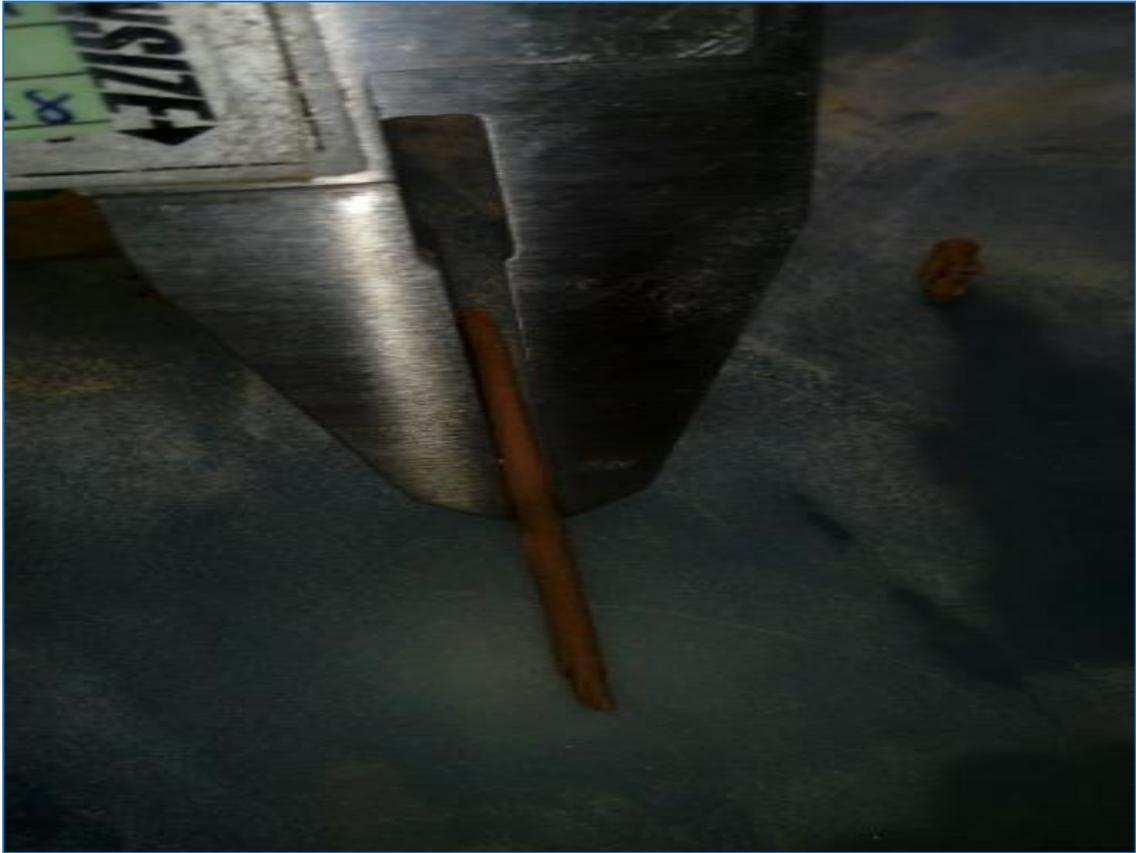
Material retenido en el proceso de tamizado de la Arena de Sílice en las mallas 3/8" y 3/4"



Ensayo de límite líquido de la combinación C-10%



Material y equipos listos para realizar el ensayo de límites de consistencia de la combinación C-20%.



Ensayo de limite plástico al material de subrasante.



Preparación del material combinado para ensayo proctor modificado



Preparación de la combinación para realizar ensayo de proctor modificado método "B"



Combinación de material de subrasante con Arena de Sílice en proporción C-30%.



Combinación de material de subrasante con Arena de Sílice en proporción C-60%.



Proceso de ensayo de proctor modificado con el método "B" de las distintas combinaciones



Proceso de ensayo de proctor modificado al material de Arena de Sílice con el método "B"



Preparación del material de la combinación C-10% para realizar ensayo de CBR



Molde CBR con material ensayado sumergido durante 96 horas.



Lectura de la expansión de los moldes CBR sumergidos



Determinación de a capacidad portante de la combinación C-10%



Determinación de a capacidad portante de la combinación C-50%



Determinación de a capacidad portante de la combinación C-60%