



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERA CIVIL**

**TEMA:**

---

**“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y  
MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE,  
CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

---

**AUTOR:** Silvia Paulina Sánchez Chancusig

**TUTOR:** Ing. Mg. Alex Xavier Frias Torres

**AMBATO – ECUADOR**

**Septiembre – 2021**

## **CERTIFICACIÓN**

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniera Civil, con el tema: **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por la Srta. **Silvia Paulina Sánchez Chancusig**, portadora de la cédula de ciudadanía: C.I. 0550054480, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente trabajo experimental es original de su autora.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, Septiembre 2021

---

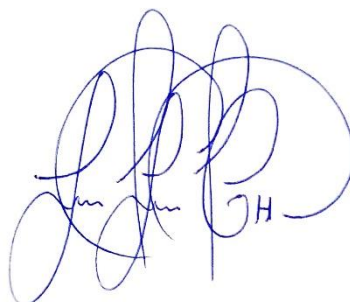
**Ing. Mg. Alex Xavier Frias Torres**

**TUTOR**

## **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

Yo, **Silvia Paulina Sánchez Chancusig**, con C.I. 0550054480, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente trabajo experimental con el tema **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autora del trabajo experimental, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Septiembre 2021



---

**Silvia Paulina Sánchez Chancusig**

**C.I: 0550054480**

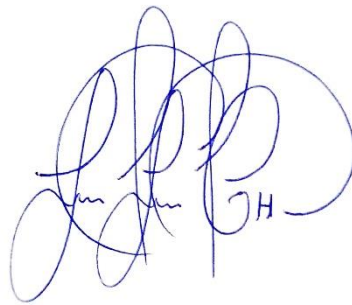
**AUTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimonial de mi Trabajo Experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Septiembre 2021



---

**Silvia Paulina Sánchez Chancusig**

**C.I: 0550054480**

**AUTOR**



## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Silvia Paulina Sánchez Chancusig de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

Ambato, Septiembre 2021

Para constancia firman:

---

**Ing. Mg. Favio Paúl Portilla Yandún**  
**Miembro Calificador**

---

**Ing. Mg. Ruth Lorena Pérez Maldonado**  
**Miembro Calificador**

## DEDICATORIA

Dedicada especialmente al regalo de Dios más grande que amo, “*mi madre*”, por ser aquel pilar de toda la vida, un ejemplo de mujer valiente, inteligente, amorosa, que a pesar de las adversidades siempre fue, es y será mi mentora, mi mayor inspiración para perseguir mis sueños y metas. No existe mayor recompensa por todo el esfuerzo y sacrificio que conocer el amor, el orgullo y la felicidad a través de los ojos de mi mamá.

Siempre daré gracias a Dios por darme al mejor padre, por transmitirme su fortaleza y valor para afrontar los problemas. Por dar prioridad a las necesidades de sus hijos ante las suyas. Con todo el amor para mi ser especial “*mi papá*”.

A la razón de mi vida, a mi ángel, mi pequeño Andy. Todos mis triunfos son y serán para ti “*amor de mi vida*”.

Aquella personita que me acompaña desde los 7 años, quizá no tendremos los mismos ideales ni persigamos los mismos sueños, pero siempre voy a cuidar de ti querido “*hermanito*”.

*Silvia P. Sánchez Ch.*

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por siempre estar a mi lado, por iluminar mi camino, por darme la sabiduría necesaria para cumplir mis sueños. A mi Madrecita de las Misericordias por cubrirme con su manto celestial en los buenos y en los peores momentos de mi vida.

Agradecer a todos aquellos que formaron parte de este largo camino, a quienes me recibieron con una sonrisa, un abrazo caluroso en mi querida Universidad Técnica de Ambato, mi segundo hogar.

A todos mis familiares que confiaron y confían en mí, en mi capacidad, por darme sus palabras de ánimo, su tiempo y su cariño en especial a mi querida Prima Micky. Gracias por apoyarme en los momentos más difíciles.

Un Dios les pague a todos quienes me ayudaron en mi formación profesional y proceso de titulación, compañeros, amigos, Ingenieros, Docentes y en especial a mi querido Tutor de Prácticas Pre Profesionales, con todo el cariño Arq. Jiovanny Viera.

A mi tutor, Ing. Alex Frías, por su tiempo y dedicación para el desarrollo de mi trabajo experimental.

*Silvia P. Sánchez Ch.*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	iii
DERECHOS DE AUTOR .....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xviii
RESUMEN .....	xxii
ABSTRACT .....	xxiii
CAPÍTULO I .....	1
MARCO TEÓRICO .....	1
1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....	1
1.1.1. ANTECEDENTES .....	1
1.1.2. JUSTIFICACIÓN .....	2
1.1.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	4
1.1.3.1. Suelo .....	4
1.1.3.2. Origen .....	4
1.1.3.3. Suelos Granulares .....	4
1.1.3.3.1. Definición .....	4
1.1.3.3.2. Tipos de Suelos .....	5

1.1.3.3.2.1. Gravas.....	5
1.1.3.3.2.2. Arenas.....	5
1.1.3.3.2.3. Limos.....	6
1.1.3.3.2.4. Arcillas .....	6
1.1.3.3.3. Tamaño de Partículas del Suelo .....	7
1.1.3.4. Propiedades Índice.....	7
1.1.3.4.1. Contenido de Humedad.....	7
1.1.3.4.2. Relación de Vacíos .....	7
1.1.3.4.3. Porosidad .....	7
1.1.3.4.4. Grado de Saturación de agua.....	8
1.1.3.4.5. Grado de Saturación de aire .....	8
1.1.3.5. Análisis granulométrico.....	8
1.1.3.6. Límites de Atterberg.....	11
1.1.3.6.1. Límite Líquido.....	11
1.1.3.6.2. Límite Plástico.....	12
1.1.3.6.3. Índice Plástico .....	12
1.1.3.7. Gravedad Específica.....	13
1.1.3.8. Densidad de Campo (Método de cono y arena) .....	13
1.1.3.9. Clasificación de Suelos.....	14
1.1.3.9.1. Sistema de Clasificación AASHTO .....	15
1.1.3.9.2. Sistema Unificado de Clasificación de Suelo.....	17
1.1.3.9.2.1. Suelos gruesos .....	18
1.1.3.9.2.2. Suelos Finos.....	18
1.1.3.10. Propiedades Mecánicas .....	20
1.1.3.10.1. Compactación.....	20
1.1.3.10.2. Pruebas de compactación .....	20
1.1.3.10.3. Energía de Compactación.....	20
1.1.3.10.4. Contenido de Humedad .....	21
1.1.3.10.5. Método Próctor Estándar (AASHTO T-99) .....	21
1.1.3.10.6. Método Próctor Modificado (AASHTO T-180).....	22
1.1.3.10.7. Diferencias entre los ensayos Próctor Estándar y Modificado.....	23
1.1.3.10.8. Relación de Soporte California CBR .....	23
1.1.3.10.9. Variantes del ensayo CBR.....	25

1.1.3.10.10. Cono Dinámico de Penetración DCP .....	26
1.1.3.10.11. Correlación DCP y CBR .....	29
1.1.3.11. Análisis de regresión y Correlación .....	31
1.1.3.12. Terraplenes .....	31
1.1.3.13. Pavimentos .....	32
1.1.3.13.1. Capas de pavimento.....	33
1.1.3.13.2. Diseño de Pavimentos Flexibles Método AASHTO 93 .....	35
1.1.3.13.3. Ecuación de diseño AASHTO -93 para pavimentos flexibles: .....	36
1.1.3.13.4. Procedimiento.....	36
1.1.3.13.4.1. Tiempo de Diseño.....	36
1.1.3.13.4.2. Tráfico .....	37
1.1.3.13.4.3. Determinación TPDA (Tránsito promedio diario anual).....	37
1.1.3.13.4.4. Confiabilidad de Diseño ®.....	39
1.1.3.13.4.5. Desviación estándar del sistema (So).....	40
1.1.3.13.4.6. Factor de daño según el tipo de vehículo .....	41
1.1.3.13.4.7. Factor de distribución de carril.....	41
1.1.3.13.4.8. ( $\Delta$ PSI) Índice de serviciabilidad de carretera .....	41
1.1.3.13.4.9. Módulo de resiliencia .....	42
1.1.3.13.4.10. Espesor de capa .....	42
1.1.3.13.4.11. Número estructural de la carpeta asfáltica.....	43
1.1.3.13.4.12. Capa de base de material granular.....	43
2.40.4.3.4.12.3. Base clase – 1.....	43
1.1.3.13.4.12.2. Base clase – 2 y 3.....	44
1.1.3.13.4.12.3. Base clase – 4.....	45
1.1.3.13.4.13. Capa sub-base de material granular.....	46
1.1.3.13.4.14. Diseño final con sistema multicapa.....	48
<b>1.2. HIPÓTESIS .....</b>	<b>49</b>
1.2.1. HIPÓTESIS NULA .....	49
1.2.2. HIPÓTESIS ALTERNATIVA.....	49
<b>1.3. OBJETIVOS .....</b>	<b>49</b>
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	49
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	49

<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>50</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>50</b>
<b>2.1. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN EMPLEADA.....</b>	<b>50</b>
2.1.1. INVESTIGACIÓN APLICADA.....	50
2.1.2. INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA .....	50
2.1.3. INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL .....	50
2.1.4. INVESTIGACIÓN EXPLICATIVA .....	50
<b>2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....</b>	<b>50</b>
2.2.1. POBLACIÓN: .....	50
2.2.2. MUESTRA: .....	52
<b>2.3. UBICACIÓN DE LOS POZOS DEL PROYECTO .....</b>	<b>53</b>
<b>2.4. EQUIPOS Y MATERIALES .....</b>	<b>55</b>
<b>2.5. MÉTODOS .....</b>	<b>56</b>
2.5.1. PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	56
2.5.2. ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO .....	57
2.5.2.1. Pozo a cielo abierto .....	57
2.5.2.2. Densidad de campo .....	57
2.5.2.3. DCP (Penetrómetro de Cono Dinámico).....	58
2.5.2.4. Gravedad específica .....	58
2.5.2.5. Análisis granulométrico .....	59
2.5.2.6. Límite líquido (copa de Casagrande) .....	59
2.5.2.7. Límite plástico.....	60
2.5.2.8. Compactación (Próctor Modificado).....	60
2.5.2.9. C.B.R. (California Bearing Ratio).....	61
<b>2.6. PLAN DE PROCESO Y ANÁLISIS DE DATOS .....</b>	<b>61</b>
2.6.1. PROCESO DE INFORMACIÓN .....	61
2.6.2. RESULTADOS .....	61
2.6.2.1 Metodología de correlación.....	62
2.6.2.1.1. Correlación lineal múltiple.....	62
2.6.2.1.2. Correlación Múltiple – Logarítmica.....	63
2.6.2.1.3. Correlación Múltiple – Potencial .....	64
2.6.2.1.4. Correlación Múltiple Exponencial .....	65

2.6.2.2. Diseño pavimento flexible .....	66
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>67</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>67</b>
<b>3.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>67</b>
3.1.1. PROPIEDADES ÍNDICE .....	68
3.1.1.1. Gravedad específica .....	68
3.1.1.2. Densidad de Campo .....	69
3.1.1.3. Límites de Atterberg .....	70
3.1.1.4. Análisis Granulométrico .....	71
3.1.1.5. Clasificación de Suelos .....	71
3.1.2. PROPIEDADES MECÁNICAS.....	72
3.1.2.1. DCP (Penetrómetro Dinámico de Cono).....	72
3.1.2.2 Compactación Próctor Modificado “B” .....	73
3.1.2.3. CBR (California Bearing Ratio).....	73
3.1.3. ZONIFICACIÓN.....	78
3.1.4. CORRELACIONES .....	81
<b>3.2. DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE AASHTO – 93.....</b>	<b>106</b>
<b>3.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>125</b>
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>126</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>126</b>
<b>4.1. CONCLUSIONES.....</b>	<b>126</b>
<b>4.2. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>129</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>131</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>134</b>
<b>ANEXO A ENSAYOS .....</b>	<b>134</b>
<b>ANEXO B TPDA .....</b>	<b>283</b>
<b>ARCHIVO FOTOGRÁFICO .....</b>	<b>291</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Límites de separación de tamaño de suelo. ....	6
<b>Tabla 2.</b>	Valores típicos de consistencia del suelo. ....	12
<b>Tabla 3.</b>	Peso específico del agua $\gamma$ en g/cm <sup>3</sup> . ....	13
<b>Tabla 4.</b>	Clasificación de suelos AASHTO. ....	16
<b>Tabla 5.</b>	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). ....	19
<b>Tabla 6.</b>	Especificaciones del Próctor Estándar. ....	22
<b>Tabla 7.</b>	Especificaciones del Próctor Modificado. ....	22
<b>Tabla 8.</b>	Relación de carga unitaria patrón con penetración. ....	24
<b>Tabla 9.</b>	Calificación del suelo en función de la subrasante. ....	25
<b>Tabla 10.</b>	Correlación entre el CBR e Índice DCP. ....	30
<b>Tabla 11.</b>	Período de Diseño de acuerdo al tipo de Carretera. ....	37
<b>Tabla 12.</b>	Índice de crecimiento vehicular. ....	39
<b>Tabla 13.</b>	Índice de crecimiento vehicular. ....	39
<b>Tabla 14.</b>	Valores de ZR en la curva normal para diversos grados de Confiabilidad. 40	
<b>Tabla 15.</b>	Valores Recomendados para la Desviación Estándar ( $S_o$ ). ....	40
<b>Tabla 16.</b>	Factores de daño. ....	41
<b>Tabla 17.</b>	Porcentaje de vehículos pesados en el carril de diseño. ....	41
<b>Tabla 18.</b>	Espesores mínimos (pulg) ....	42
<b>Tabla 19.</b>	Base clase 1. ....	44
<b>Tabla 20.</b>	Base clase 2. ....	44
<b>Tabla 21.</b>	Base clase 3. ....	45
<b>Tabla 22.</b>	Base clase 4. ....	45
<b>Tabla 23.</b>	Clases de capa sub – base de material granular. ....	46
<b>Tabla 24.</b>	Características de drenaje del material de base y/o subbase granular. ...	48
<b>Tabla 25.</b>	Coefficiente de drenaje. ....	48
<b>Tabla 26.</b>	Ubicación geográfica de las muestras. ....	52
<b>Tabla 27.</b>	Equipos y Materiales – Normativas. ....	55
<b>Tabla 28.</b>	Plan de recolección de datos. ....	56
<b>Tabla 29.</b>	Correlación lineal múltiple. ....	62
<b>Tabla 30.</b>	Correlación múltiple – logarítmica. ....	63
<b>Tabla 31.</b>	Correlación múltiple – potencial. ....	64

<b>Tabla 32.</b>	Correlación múltiple – potencial. ....	65
<b>Tabla 33.</b>	Denominación de vías. ....	67
<b>Tabla 34.</b>	Nomenclatura. ....	68
<b>Tabla 35.</b>	Ensayo de gravedad específica. ....	69
<b>Tabla 36.</b>	Ensayo de densidad de campo. ....	70
<b>Tabla 37.</b>	Ensayo de Límites de Plasticidad. ....	70
<b>Tabla 38.</b>	Ensayo de Análisis Granulométrico. ....	71
<b>Tabla 39.</b>	Ensayo de Análisis Granulométrico. ....	72
<b>Tabla 40.</b>	Ensayo DCP. ....	72
<b>Tabla 41.</b>	Ensayo de Próctor Modificado “B”. ....	73
<b>Tabla 42.</b>	Ensayo CBR. ....	74
<b>Tabla 43.</b>	Resumen Propiedades índice. ....	75
<b>Tabla 44.</b>	Resumen Propiedades mecánicas. ....	76
<b>Tabla 45.</b>	Correlaciones de los suelos. ....	105
<b>Tabla 46.</b>	Conteo vehicular hora pico. ....	106
<b>Tabla 47.</b>	Índice de crecimiento vehicular. ....	107
<b>Tabla 48.</b>	Tráfico actual total del proyecto. ....	109
<b>Tabla 49.</b>	Período de Diseño según el tipo de vía. ....	109
<b>Tabla 50.</b>	Tráfico estimado para el período de diseño. ....	110
<b>Tabla 51.</b>	Clasificación de carreteras de acuerdo al tráfico proyectado – Proyecto 110	
<b>Tabla 52.</b>	Factor de daño. ....	111
<b>Tabla 53.</b>	Tráfico estimado para el período de diseño. ....	112
<b>Tabla 54.</b>	Nivel de confiabilidad R. ....	113
<b>Tabla 55.</b>	Desviación Estándar Normal Zr. ....	113
<b>Tabla 56.</b>	Calidad de drenaje. ....	117
<b>Tabla 57.</b>	Coeficiente de drenaje m2 y m3. ....	118
<b>Tabla 58.</b>	Datos principales Diseño 1. ....	118
<b>Tabla 59.</b>	Diseño de Pavimento Flexible 1 – CBR lab. ....	120
<b>Tabla 60.</b>	Espesores de capa – CBR lab. ....	121
<b>Tabla 61.</b>	Diseño de Pavimento Flexible 1 – CBR lab. ....	123
<b>Tabla 62.</b>	Espesores de capa – CBR correlación. ....	124
<b>Tabla 63.</b>	Espesores de las capas de pavimento flexible. ....	124

<b>Tabla 64.</b>	Ensayo Muestra 1 – Contenido de Humedad. ....	135
<b>Tabla 65.</b>	Ensayo Muestra 1 – Gravedad Específica. ....	136
<b>Tabla 66.</b>	Ensayo Muestra 1 – Método cono y arena. ....	137
<b>Tabla 67.</b>	Ensayo Muestra 1 – Límites de Atterberg. ....	139
<b>Tabla 68.</b>	Ensayo Muestra 1 – Análisis Granulométrico. ....	141
<b>Tabla 69.</b>	Ensayo Muestra 1 – DCP. ....	142
<b>Tabla 70.</b>	Ensayo Muestra 1 – Compactación - Próctor. ....	144
<b>Tabla 71.</b>	Ensayo Muestra 1 – Compactación CBR. ....	146
<b>Tabla 72.</b>	Ensayo Muestra 1 – Compactación CBR Puntual. ....	147
<b>Tabla 73.</b>	Ensayo Muestra 2 – Contenido de humedad In- Situ. ....	149
<b>Tabla 74.</b>	Ensayo Muestra 2 – Gravedad Específica. ....	150
<b>Tabla 75.</b>	Ensayo Muestra 2 – Método cono y arena. ....	151
<b>Tabla 76.</b>	Ensayo Muestra 2 – Límites de Atterberg. ....	152
<b>Tabla 77.</b>	Ensayo Muestra 2 – Análisis Granulométrico. ....	153
<b>Tabla 78.</b>	Ensayo Muestra 2 – DCP. ....	154
<b>Tabla 79.</b>	Ensayo Muestra 2 – Compactación - Próctor. ....	157
<b>Tabla 80.</b>	Ensayo Muestra 2 – Compactación CBR. ....	159
<b>Tabla 81.</b>	Ensayo Muestra 2 – Compactación CBR Puntual. ....	160
<b>Tabla 82.</b>	Ensayo Muestra 3 – Contenido de humedad In-Situ. ....	162
<b>Tabla 83.</b>	Ensayo Muestra 3 – Gravedad Específica. ....	163
<b>Tabla 84.</b>	Ensayo Muestra 3 – Método cono y arena. ....	164
<b>Tabla 85.</b>	Ensayo Muestra 3 – Límites de Atterberg. ....	165
<b>Tabla 86.</b>	Ensayo Muestra 3 – Análisis Granulométrico. ....	166
<b>Tabla 87.</b>	Ensayo Muestra 3 – DCP. ....	167
<b>Tabla 88.</b>	Ensayo Muestra 3 – Compactación - Próctor. ....	169
<b>Tabla 89.</b>	Ensayo Muestra 3 – Compactación CBR. ....	171
<b>Tabla 90.</b>	Ensayo Muestra 3 – Compactación CBR Puntual. ....	172
<b>Tabla 91.</b>	Ensayo Muestra 4 – Contenido de Humedad. ....	174
<b>Tabla 92.</b>	Ensayo Muestra 4 – Gravedad Específica. ....	175
<b>Tabla 93.</b>	Ensayo Muestra 4 – Método cono y arena. ....	176
<b>Tabla 94.</b>	Ensayo Muestra 4 – Límites de Atterberg. ....	177
<b>Tabla 95.</b>	Ensayo Muestra 4 – Análisis Granulométrico. ....	178
<b>Tabla 96.</b>	Ensayo Muestra 4 – DCP. ....	179

<b>Tabla 97.</b>	Ensayo Muestra 4 – Compactación - Próctor. ....	182
<b>Tabla 98.</b>	Ensayo Muestra 4 – Compactación CBR. ....	184
<b>Tabla 99.</b>	Ensayo Muestra 4 – Compactación CBR Puntual. ....	185
<b>Tabla 100.</b>	Ensayo Muestra 5 – Contenido de humedad In- Situ. ....	187
<b>Tabla 101.</b>	Ensayo Muestra 5 – Gravedad Específica. ....	188
<b>Tabla 102.</b>	Ensayo Muestra 5 – Método cono y arena. ....	189
<b>Tabla 103.</b>	Ensayo Muestra 5 – Límites de Atterberg. ....	190
<b>Tabla 104.</b>	Ensayo Muestra 5 – Análisis Granulométrico. ....	191
<b>Tabla 105.</b>	Ensayo Muestra 5 – DCP. ....	192
<b>Tabla 106.</b>	Ensayo Muestra 5 – Compactación - Próctor. ....	194
<b>Tabla 107.</b>	Ensayo Muestra 5 – Compactación CBR. ....	196
<b>Tabla 108.</b>	Ensayo Muestra 5 – Compactación CBR Puntual. ....	197
<b>Tabla 109.</b>	Ensayo Muestra 6 – Contenido de humedad In-Situ. ....	199
<b>Tabla 110.</b>	Ensayo Muestra 6 – Gravedad Específica. ....	200
<b>Tabla 111.</b>	Ensayo Muestra 6 – Método cono y arena. ....	201
<b>Tabla 112.</b>	Ensayo Muestra 6 – Límites de Atterberg. ....	202
<b>Tabla 113.</b>	Ensayo Muestra 6 – Análisis Granulométrico. ....	203
<b>Tabla 114.</b>	Ensayo Muestra 6 – Análisis DCP. ....	204
<b>Tabla 115.</b>	Ensayo Muestra 6 – Compactación - Próctor. ....	206
<b>Tabla 116.</b>	Ensayo Muestra 6 – Compactación CBR. ....	208
<b>Tabla 117.</b>	Ensayo Muestra 6 – Compactación CBR Puntual. ....	209
<b>Tabla 118.</b>	Ensayo Muestra 7 – Contenido de Humedad. ....	211
<b>Tabla 119.</b>	Ensayo Muestra 7 – Gravedad Específica. ....	212
<b>Tabla 120.</b>	Ensayo Muestra 7 – Método cono y arena. ....	213
<b>Tabla 121.</b>	Ensayo Muestra 7 – Límites de Atterberg. ....	214
<b>Tabla 122.</b>	Ensayo Muestra 7 – Análisis Granulométrico. ....	215
<b>Tabla 123.</b>	Ensayo Muestra 7 – DCP. ....	216
<b>Tabla 124.</b>	Ensayo Muestra 7 – Compactación - Próctor. ....	218
<b>Tabla 125.</b>	Ensayo Muestra 7 – Compactación CBR. ....	220
<b>Tabla 126.</b>	Ensayo Muestra 7 – Compactación CBR Puntual. ....	221
<b>Tabla 127.</b>	Ensayo Muestra 8 – Contenido de humedad In- Situ. ....	223
<b>Tabla 128.</b>	Ensayo Muestra 8 – Gravedad Específica. ....	224
<b>Tabla 129.</b>	Ensayo Muestra 8 – Método cono y arena. ....	225

<b>Tabla 130.</b>	Ensayo Muestra 8 – Límites de Atterberg.....	226
<b>Tabla 131.</b>	Ensayo Muestra 8 – Análisis Granulométrico.....	227
<b>Tabla 132.</b>	Ensayo Muestra 8 – DCP. ....	228
<b>Tabla 133.</b>	Ensayo Muestra 8 – Compactación - Próctor. ....	230
<b>Tabla 134.</b>	Ensayo Muestra 8 – Compactación CBR. ....	232
<b>Tabla 135.</b>	Ensayo Muestra 8 – Compactación CBR Puntual.....	233
<b>Tabla 136.</b>	Ensayo Muestra 9 – Contenido de humedad In- Situ. ....	235
<b>Tabla 137.</b>	Ensayo Muestra 9 – Gravedad Específica. ....	236
<b>Tabla 138.</b>	Ensayo Muestra 9 – Método cono y arena. ....	237
<b>Tabla 139.</b>	Ensayo Muestra 9 – Límites de Atterberg.....	238
<b>Tabla 140.</b>	Ensayo Muestra 9 – Análisis Granulométrico.....	239
<b>Tabla 141.</b>	Ensayo Muestra 9 – DCP. ....	240
<b>Tabla 142.</b>	Ensayo Muestra 9 – Compactación - Próctor. ....	242
<b>Tabla 143.</b>	Ensayo Muestra 9 – Compactación CBR. ....	244
<b>Tabla 144.</b>	Ensayo Muestra 9 – Compactación CBR Puntual.....	245
<b>Tabla 145.</b>	Ensayo Muestra 10 – Contenido de humedad In- Situ. ....	247
<b>Tabla 146.</b>	Ensayo Muestra 10 – Gravedad Específica. ....	248
<b>Tabla 147.</b>	Ensayo Muestra 10 – Método cono y arena. ....	249
<b>Tabla 148.</b>	Ensayo Muestra 10 – Límites de Atterberg.....	250
<b>Tabla 149.</b>	Ensayo Muestra 10 – Análisis Granulométrico.....	251
<b>Tabla 150.</b>	Ensayo Muestra 10 – DCP. ....	252
<b>Tabla 151.</b>	Ensayo Muestra 10 – Compactación - Próctor. ....	254
<b>Tabla 152.</b>	Ensayo Muestra 10 – Compactación CBR. ....	256
<b>Tabla 153.</b>	Ensayo Muestra 10 – Compactación CBR - Puntual.....	257
<b>Tabla 154.</b>	Ensayo Muestra 11 – Contenido de humedad In- Situ. ....	259
<b>Tabla 155.</b>	Ensayo Muestra 11 – Gravedad Específica. ....	260
<b>Tabla 156.</b>	Ensayo Muestra 11 – Método cono y arena. ....	261
<b>Tabla 157.</b>	Ensayo Muestra 11 – Límites de Atterberg.....	262
<b>Tabla 158.</b>	Ensayo Muestra 11 – Análisis Granulométrico.....	263
<b>Tabla 159.</b>	Ensayo Muestra 11 – DCP. ....	264
<b>Tabla 160.</b>	Ensayo Muestra 11 – Compactación - Próctor. ....	266
<b>Tabla 161.</b>	Ensayo Muestra 11 – Compactación CBR. ....	268
<b>Tabla 162.</b>	Ensayo Muestra 11 – Compactación CBR Puntual.....	269

<b>Tabla 163.</b>	Ensayo Muestra 12 – Contenido de humedad In- Situ. ....	271
<b>Tabla 164.</b>	Ensayo Muestra 12 – Gravedad Específica. ....	272
<b>Tabla 165.</b>	Ensayo Muestra 12 – Método cono y arena. ....	273
<b>Tabla 166.</b>	Ensayo Muestra 12 – Límites de Atterberg. ....	274
<b>Tabla 167.</b>	Ensayo Muestra 12 – Análisis Granulométrico. ....	275
<b>Tabla 168.</b>	Ensayo Muestra 12 – DCP. ....	276
<b>Tabla 169.</b>	Ensayo Muestra 12 – Compactación - Próctor. ....	278
<b>Tabla 170.</b>	Ensayo Muestra 12 – Compactación CBR. ....	280
<b>Tabla 171.</b>	Ensayo Muestra 12 – Compactación CBR-Puntual. ....	281
<b>Tabla 172.</b>	Conteo vehicular – Día 1. ....	284
<b>Tabla 173.</b>	Conteo vehicular – Día 2. ....	285
<b>Tabla 174.</b>	Conteo vehicular – Día 3. ....	286
<b>Tabla 175.</b>	Conteo vehicular – Día 4. ....	287
<b>Tabla 176.</b>	Conteo vehicular – Día 5. ....	288
<b>Tabla 177.</b>	Conteo vehicular – Día 6. ....	289
<b>Tabla 178.</b>	Conteo vehicular – Día 7. ....	290

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Curvas de Granulometría. ....	10
<b>Figura 2.</b>	Copa de Casa Grande. ....	11
<b>Figura 3.</b>	Carta de Casa Grande para suelos de grano fino y orgánicos. ....	12
<b>Figura 4.</b>	Influencia de la energía de compactación. ....	23
<b>Figura 5.</b>	Esquema del Equipo DCP (ASTM D – 6951-03). ....	27
<b>Figura 6.</b>	Gráfico Curva DCP de penetración vs Golpes Acumulados ....	28
<b>Figura 7.</b>	Punta para penetración en el Suelo. ....	29
<b>Figura 8.</b>	Diagrama resumen del coeficiente de correlación lineal. ....	31
<b>Figura 9.</b>	Zonas de un Terraplén. ....	32
<b>Figura 10.</b>	Recomendación de capas AASHTO. ....	35
<b>Figura 11.</b>	Secciones de pavimentos flexibles, para diferentes clases de subrasantes. ....	38
<b>Figura 12.</b>	Coeficiente estructural (a1). ....	43
<b>Figura 13.</b>	Coeficiente estructural (a2). ....	46

<b>Figura 14.</b>	Coeficiente granular de la sub-base granular.....	47
<b>Figura 15.</b>	Base del Cantón Baños de Agua Santa.....	51
<b>Figura 16.</b>	Georreferenciación de muestras de suelo de la parroquia Ulba y Río Verde.	53
<b>Figura 17.</b>	Georreferenciación de muestras de suelo de la parroquia Ulba.....	54
<b>Figura 18.</b>	Pozo a cielo abierto, M2-Viscaya.....	57
<b>Figura 19.</b>	Densidad de campo, M3-La Hacienda.....	57
<b>Figura 20.</b>	Ensayo DCP, M2-Río Blanco.....	58
<b>Figura 21.</b>	Ensayo de Gravedad Específica.....	58
<b>Figura 22.</b>	Análisis Granulométrico. Colocar la muestra de suelo dentro del juego de matices.	59
<b>Figura 23.</b>	Ensayo Límite Líquido, M1-Río Blanco.....	59
<b>Figura 24.</b>	Ensayo Límite Plástico, M1-Río Blanco.....	60
<b>Figura 25.</b>	Ensayo compactación, Próctor Modificado “B”, M3-Río Blanco.....	60
<b>Figura 26.</b>	Ensayo C.B.R, M2-Río Blanco.....	61
<b>Figura 27.</b>	Carta de plasticidad SUCS con muestras de suelo.....	77
<b>Figura 28.</b>	Carta de plasticidad AASHTO con muestras de suelo.....	78
<b>Figura 29.</b>	Zonificación P1 de suelos con Clasificación SUCS – AASHTO de Ulba y Río Verde.	79
<b>Figura 30.</b>	Zonificación P2 de suelos con Clasificación SUCS – AASHTO de Ulba y Río Verde.	80
<b>Figura 31.</b>	Correlación Límite Líquido vs Límite Plástico.....	81
<b>Figura 32.</b>	Correlación Densidad seca in-situ vs Humedad óptima.....	82
<b>Figura 33.</b>	Correlación Densidad seca Máx. vs Humedad óptima.....	83
<b>Figura 34.</b>	Correlación Densidad seca Máx. vs Límite Líquido.....	84
<b>Figura 35.</b>	Correlación Contenido de Humedad Óptimo vs Límite Líquido- Límite Plástico.	85
<b>Figura 36.</b>	Correlación Contenido de Humedad Natural vs Límite Líquido- Límite Plástico.	86
<b>Figura 37.</b>	Correlación Contenido de Humedad Natural vs Contenido de Humedad Óptimo- Límite Plástico.....	87
<b>Figura 38.</b>	Correlación Contenido de Humedad Óptimo vs Contenido de Humedad Natural – Límite Líquido.....	88

<b>Figura 39.</b> Correlación Densidad seca Máx. vs Contenido de Humedad Natural – Límite Plástico. ....	89
<b>Figura 40.</b> Correlación Densidad seca Máx. vs Contenido de Humedad Natural – Límite Líquido. ....	90
<b>Figura 41.</b> Correlación Densidad seca Máx. vs Límite Plástico – Finos.....	91
<b>Figura 42.</b> Correlación Densidad seca Máx. vs Límite Líquido – Arena.....	92
<b>Figura 43.</b> Correlación Densidad seca In-situ. Vs Densidad seca Máx – W óptimo.	93
<b>Figura 44.</b> Correlación Densidad seca In-situ. Vs Densidad seca Máx. – W natural.	94
<b>Figura 45.</b> Correlación Densidad seca In-situ. Vs DN. – W natural. ....	95
<b>Figura 46.</b> Correlación Contenido de humedad óptimo. Vs DN. – W natural. ....	96
<b>Figura 47.</b> Correlación Densidad seca Máx. vs DN. – W natural. ....	97
<b>Figura 48.</b> Correlación Densidad seca In situ. Vs DN. – W ópt. ....	98
<b>Figura 49.</b> Correlación Densidad seca Máx. vs DN. – W ópt. ....	99
<b>Figura 50.</b> Correlación DN vs Límite Líquido – Límite Plástico.....	100
<b>Figura 51.</b> Correlación CBR “MAYOR” vs W ópt – Límite Plástico. ....	101
<b>Figura 52.</b> Correlación CBR “MAYOR” vs Densidad seca Máx – S%.....	102
<b>Figura 53.</b> Correlación CBR “MAYOR” vs Índice Plástico – W ópt. ....	103
<b>Figura 54.</b> Correlación CBR “MAYOR” vs GS-Wópt. ....	104
<b>Figura 55.</b> Carta para estimar el Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica (a1) a partir del módulo elástico. ....	115
<b>Figura 56.</b> Coeficiente estructural (a2).....	116
<b>Figura 57.</b> Coeficiente granular de la sub-base granular.....	117
<b>Figura 58.</b> Programa AASHTO 93.....	119
<b>Figura 59.</b> Programa AASHTO 93.....	121
<b>Figura 60.</b> Programa AASHTO 93.....	122
<b>Figura 61.</b> Programa AASHTO 93.....	124
<b>Figura 62.</b> Excavación de suelo a un costado de la vía. ....	292
<b>Figura 63.</b> Pozo a cielo abierto – vía El Corazón – Ulba – Baños de Agua Santa.	292
<b>Figura 64.</b> Toma de muestra de suelo para posterior análisis. ....	293
<b>Figura 65.</b> Ejecución del ensayo cono y arena. ....	293



<b>Figura 66.</b>	Ejecución ensayo DCP- vía Río Blanco. ....	294
<b>Figura 67.</b>	Extracción Cono de Penetración Dinámico. ....	294
<b>Figura 68.</b>	Desecación de muestras a la luz del sol. ....	295
<b>Figura 69.</b>	Tamizaje de muestras por el tamiz N°4. ....	295
<b>Figura 70.</b>	Pesaje de muestra seca. ....	296
<b>Figura 71.</b>	Puesta de muestra dentro de la serie de tamices. ....	296
<b>Figura 72.</b>	Pesaje de muestra retenida en cada uno de los tamices. ....	297
<b>Figura 73.</b>	Ejecución del ensayo Límite Líquido. ....	297
<b>Figura 74.</b>	Muestras de suelo previo a colocarlas en el horno. ....	298
<b>Figura 75.</b>	Extracción de burbujas del aire de la muestra. ....	298
<b>Figura 76.</b>	Toma de la temperatura del suelo en el picnómetro. ....	299
<b>Figura 77.</b>	Compactación de suelo – última capa. ....	299
<b>Figura 78.</b>	Enrace del molde previo al pesaje. ....	300
<b>Figura 79.</b>	Muestras de suelo posterior a desecación en el horno. ....	300
<b>Figura 80.</b>	Colocación de moldes en remojo. ....	301
<b>Figura 81.</b>	Toma de lecturas de esponjamiento. ....	301
<b>Figura 82.</b>	Muestras posteriores al remojo. ....	302
<b>Figura 83.</b>	Ejecución del ensayo CBR - Puntual. ....	302
<b>Figura 84.</b>	Mapa de georreferenciación de muestras. ....	303

## RESUMEN

El presente trabajo experimental tiene como finalidad hallar distintas correlaciones entre las propiedades índice y mecánicas de los suelos pertenecientes a las parroquias de Ulba y Río Verde del cantón Baños de Agua Santa de la provincia de Tungurahua.

Para dar inicio a la investigación se realizó la extracción de 12 muestras de suelo de las cuatro vías consideradas en el proyecto.

Para la obtención de estos valores a implementar en el proceso de correlación entre las propiedades índice y mecánicas de los suelos, se han realizado tanto ensayos de campo como de laboratorio cumpliendo con las diferentes normativas establecidas por la AASHTO, ASTM e INEN para la ejecución en cada estudio.

Tras el proceso de evaluación y análisis se determinó la clasificación de suelo SUCS y AASHTO, como las características propias de cada una de las muestras, valores con los que se alcanzó un total de 24 correlaciones que superan un coeficiente de determinación del 50 por ciento, considerándolas como aceptables.

Una vez conocidos los valores de la capacidad de soporte del suelo (CBR) de laboratorio, como el obtenido por correlación de propiedades, se procede al diseño del pavimento flexible apreciando que los espesores de cada capa son equivalentes para cada diseño. Debido a la similitud entre el CBR lab y CBR correlación.

**Palabras clave:** Correlación, CBR, SUCS, AASTHO, ASTM.

## ABSTRACT

The present experimental work aims to find different correlations between the index and mechanical properties of soils belonging to the parishes of Ulba and Río Verde of the Baños de Agua Santa canton of the province of Tungurahua.

To start the investigation, 12 soil samples were extracted from the four routes considered in the project.

To obtain these values to be implemented in the process of correlation between the index and mechanical properties of the soils, both field and laboratory tests have been carried out in compliance with the different regulations established by AASHTO, ASTM and INEN for the execution in each study.

After the evaluation and analysis process, the SUCS and AASHTO soil classification were determined, as the characteristics of each of the sample's values, with which a total of 24 correlations were reached that exceed a coefficient of determination of 50 per cent, considering them as acceptable.

Once the values of the laboratory soil support capacity (CBR) are known, such as that obtained by property correlation, we proceed to the design of the flexible pavement appreciating that the thicknesses of each layer are equivalent for each design. Because of the similarity between the CBR lab and CBR correlation.

**Keywords:** Correlation, CBR, SUCS, AASTHO, ASTM.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes investigativos

#### 1.1.1. Antecedentes

Una investigación desarrollada en 2013 en la ciudad de Gujarat en la India, es una importante muestra de la factibilidad de un análisis de regresión para la obtención de correlaciones que permitan reducir el tiempo de los ensayos para la determinación de la resistencia de la subrasante como el CBR utilizado para el diseño de pavimento flexibles. El fin de estas investigaciones es el cálculo rápido de los valores de resistencia del suelo utilizando sus distintas propiedades índices como mecánicas. [1]

A fin de predecir el valor de CBR, cuyo valor es de vital importancia en el diseño de pavimentos flexibles se aplica el método de remojo del molde por un periodo de 4 días, para obtener el valor en el peor de los casos en que el pavimento se encuentra sumergido bajo el agua. El tiempo que se demora este ensayo es una parte negativa en relación tiempo y costo, de ser empleado en un proyecto esto resultará en un aumento de costo en la construcción. La aplicación de un análisis de regresión lineal simple utilizando los valores de densidad seca de un suelo SC permite disminuir el tiempo de obtención de la resistencia del suelo.[2]

Un diseño de pavimento flexible adecuado y factible que garantice su correcto desempeño a lo largo de su vida útil es el principal objetivo. Así también el implementar un mecanismo de monitoreo y evaluación constante del pavimento es una buena opción de prolongar la vida útil de la estructura además de conservar su calidad de rodadura original. Un sistema de gestión de pavimentos que está basado en información geográfica es una propuesta de un grupo de investigadores de la Universidad de Córdoba en Colombia. [3]

Según menciona (Juarez,2005) en el Texto “Mecánica de Suelos”, a lo largo del tiempo se han desarrollado investigaciones con el fin de encontrar un sistema de clasificación de suelos que compense las diferentes áreas aplicativas a Mecánica de Suelos. Uno de esos estudios es del reconocido investigador el doctor A. Casagrande, quién desarrollo

en la Universidad de Harvard el conocido Sistema de Clasificación de Aeropuertos, el cual fue sujeto a modificaciones y base para posteriores investigaciones.[4]

En el capítulo 7 del texto desarrollado por Ing. Carlos Crespo Villalaz, menciona el proceso de compactación de los suelos como un factor importante para aumentar la resistencia, hacerlo más impermeable y disminuir la compresibilidad de los mismos. R.R. Proctor estableció que si al suelo se le aplicaba cierta energía de compactación en un molde con un volumen normado y con muestras con distintas cantidades de agua se podía obtener un rango de valores que formarían una curva sirviendo de guía para determinar un peso volumétrico seco máximo a una humedad óptima.[5]

El proceso para determinar la capacidad de soporte de un suelo ha sido sujeto a distintas investigaciones y pruebas, de las cuales se ha establecido tres fases principales del ensayo; a) saturación de la muestra compactada con una humedad óptima, b) Determinación de la expansión, con esta fase ya es posible reconocer si el tipo de suelo tiene propiedades de ser una base (Max 1%), sub-base (Max 2%) o subrasante (Max 3%) de la estructura del pavimento y c) Determinación de las resistencias a la penetración. Con la última fase mencionada es posible calcular el valor relativo de soporte normal del suelo (C.B.R.) el cual es un índice de resistencia al esfuerzo cortante que permite reconocer el uso que se le puede dar al material. [5]

Varios estudios han demostrado que este equipo permite evaluar la resistencia de los suelos en campo, además de distinguir la estructura del suelo por capas y su capacidad de compactación. De acuerdo a estudios sujetos al cumplimiento con la normativa ASTM se ha establecido una correlación directa entre el valor de penetración y la capacidad de soporte del suelo CBR en campo, resultando este un método confiable y económico.[6]

### **1.1.2. Justificación**

La ingeniería vial o de carreteras en los últimos tiempos se ha convertido en uno de los principales temas de investigación, como es el sistema mencionado en el artículo “ *Un sistema de gestión de pavimentos basados en nuevas tecnologías para países en vía de desarrollo*” brinda la facilidad de mantener un monitoreo y gestión constante del pavimento [3]. Todo con el fin de encontrar nuevos métodos y técnicas

de optimización de recursos, éste puede ser el inicio para posteriores decisiones que se tomen tanto en las etapas de planificación, diseño, construcción o rehabilitación.[7]

Para el diseño de una estructura convencional vial es necesario la utilización del ensayo CBR (California Bearing Ratio) el cual es un parámetro fundamental de diseño de pavimentos, que permite determinar la capacidad de soporte, el módulo resiliente (Mr), y la rigidez del suelo para evaluar la calidad de la sub rasante, base y sub base de los pavimentos.[8]

El ensayo CBR mide la resistencia al corte de los suelos en condiciones de humedad y densidades controladas, con el fin de obtener el porcentaje de relación de soporte. Estos ensayos de CBR se hacen sobre muestras compactadas con contenidos de humedad óptimos que son obtenidos mediante ensayos de compactación Proctor.[8]

Otro de los ensayos utilizados para determinar la capacidad resistente in situ del suelo es el ensayo DCP (Ensayo de Penetración Dinámica de Cono), que tiene una directa correlación con el ensayo CBR. Éste además es considerado un ensayo con baja incidencia en el impacto ambiental (semi – destructivo) debido a que se lo puede realizar en etapas constructivas sin ocasionar efectos nocivos al ecosistema.[9]

El artículo “*Soil Stiffness Gauge (SSG) and Dynamic Cone Penetrometer (DCP) tests for estimating engineering properties of weathered sandy soils in Korea*” desarrollado en Korea y publicado en el año 2014. Aplica métodos no destructivos como los a emplearse en el presente trabajo, obteniéndose excelentes resultados en suelos arenosos SM, SG, SP ; sirviendo como referencia para la ejecución de los mencionados ensayos en los suelos de la región Sierra del país.[10]

El fin de esta investigación es realizar un muestreo con los diferentes tipos de suelos en estado natural de las parroquias Ulba y Río Verde del cantón Baños, a fin de obtener una base de datos con sus propiedades mediante los ensayos DCP, CBR de laboratorio, Granulometría, Límites de Atterberg y Próctor Modificado, con el propósito de establecer correlaciones experimentales que se podrán utilizar como referencia para un diseño preliminar de la estructura de pavimentos.[4]

### **1.1.3. Fundamentación Teórica**

#### **1.1.3.1. Suelo**

Definido como el conjunto de partículas minerales, producto de la desintegración mecánica o de la descomposición química de rocas preexistentes por cuanto su composición mineralógica será diferente de la roca madre. Adicional es como conocido también como aquella capa delgada que posa sobre la corteza terrestre que proviene de la desintegración o alteración física o química de las rocas y demás residuos de las actividades de los seres vivos que se asientan sobre ella.[5]

#### **1.1.3.2. Origen**

Pueden ser generados por los agentes atmosféricos, el sol que provoca que la roca se exfolie y se desprendan restos denominado suelo, así también el agua puede ocasionar la llamada erosión, sea esta que arrastre los fragmentos o también causados por las lluvias provocando fracturación de las rocas produciendo desintegración y otro de los factores en el viento que al igual del agua provoca erosión y se los denominará como suelos eólicos. Los glaciales igualmente generan gran acción abrasiva. Pero todos estos procesos no dan origen a partículas menores de 0.01 mm, esto solo se logrará con procesos químicos como la oxidación, la carbonatación y la hidratación.[5]

#### **1.1.3.3. Suelos Granulares**

##### **1.1.3.3.1. Definición**

Suelo es un agregado de partículas orgánicas e inorgánicas, no sujetas a ninguna organización definida y con propiedades que varían vectorialmente, además el suelo representa todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves. El agua contenida juega un papel tan fundamental en el comportamiento mecánico del suelo, que debe considerarse como parte integral del mismo.[4]

Existen agentes generadores de suelos pueden clasificarse principalmente en dos grupos; la desintegración mecánica y la desintegración química. La desintegración mecánica es causada por la intemperización de las rocas por agentes físicos, siendo estos los cambios bruscos de temperatura, congelación del agua y presencia de organismos. Por descomposición química se conoce la acción de agentes que atacan las rocas modificando su constitución mineralógica o química con los principales mecanismos de ataque la oxidación, la hidratación, y la carbonatación.[4]

Los suelos deben su origen a una variedad de causa que exceden todo poder de descripción detallada con un resultado de una inmensa diversidad de tipos de suelo. Esta formación ha ocurrido a través de las Eras Geológicas, tal como sigue ocurriendo hoy en día, como consecuencia el hombre es completamente ajeno a la génesis del suelo, solo le toca manejarlo tal como la naturaleza se lo presenta.[4]

Al suelo se lo puede clasificar como suelos cohesivos y suelos no cohesivos puesto que una característica que hace muy distintivos a diferentes tipos de suelos es la cohesión. Los suelos cohesivos tienen la propiedad de atracción intermolecular, como las arcillas y los suelos no cohesivos o también conocidos como suelos granulares o friccionantes son los formados por partículas de roca sin ninguna cimentación, como la arena y la grava.[5]

#### **1.1.3.3.2. Tipos de Suelos**

Los suelos pueden clasificarse por el origen de sus elementos y estos pueden ser por descomposición física y desintegración química de las rocas o también aquellos suelos inorgánicos y los que en su mayoría es de origen orgánico y estos pueden ser suelos residuales es decir que se forman en un solo sitio o los transportados ya sea por agentes de gravedad como el agua el viento.[5]

Los suelos más comunes para el área de ingeniería civil son:

##### **1.1.3.3.2.1. Gravas**

Son fragmentos de rocas con una relativa frescura mineralógica que poseen un tamaño mayor a los dos milímetros de diámetro. Se las puede encontrar principalmente en lechos de ríos, o en rellenos con depresiones considerables generadas por el acarreo de los ríos, aunque también pueden ser re transportadas a otros sitios. Por lo general su tamaño puede variar de las 3 pulgadas hasta los dos milímetros. [5]

##### **1.1.3.3.2.2. Arenas**

Llamadas así a los pequeños granos finos que han sido formados por la denudación de las rocas o a su vez por trituración artificial. Encontrándose habitualmente entre los dos milímetros como tamaño máximo y los 0.05 milímetros de diámetro. Es característico que se las puede encontrar junto a un depósito de gravas y se las puede diferenciar gracias a que las arenas limpias no se contraen al secarse, no poseen



plasticidad y son muy poco compresibles en comparación con las arcillas que al aplicarles una carga se comprimen de manera instantánea. [5]

#### 1.1.3.3.2.3. Limos

Denominados así a los granos finos con poca o ninguna plasticidad, se pueden clasificar en limos inorgánicos que tienen origen en las canteras obtenidos mediante un proceso artificial y los limos orgánicos que se encuentran generalmente en los ríos y por esta razón es que este último tiene características plásticas. El tamaño de este suelo está en un rango de 0.05 milímetros y los 0.005 milímetros de diámetro. [5]

#### 1.1.3.3.2.4. Arcillas

Aquellas partículas sólidas con características plásticas con tamaño menor a los 0.005 milímetros de diámetro. Con una particular característica de volverse plástica al mezclarse con el agua, así también poseen una forma laminar que puede ser clasificado de tipo silícico y alumínico. [5]

**Tabla 1.** Límites de separación de tamaño de suelo.

Límites de separación de tamaños de suelo				
Nombre de la organización	Tamaño de grano (mm)			
	Grava	Arena	Limo	Arcilla
Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT)	>2	2 a 0.06	0.06 a 0.002	<0.002
Departamento de Agricultura de E.U. (USDA)	>2	2 a 0.05	0.05 a 0.002	<0.002
Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales de Transporte (AASHTO)	76.2 a 2	2 a 0.075	0.075 a 0.002	<0.002
Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Cuerpo de Ingenieros del Ejército de E.U, Oficina de Reclamación de E.U, Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)	76.2 a 4.75	4.75 a 0.075	Finos (p.ej., limos y arcillas)	
			< 0.075	

**Fuente:** *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M.*[11]

#### **1.1.3.3.3. Tamaño de Partículas del Suelo**

El tamaño de las partículas de suelo varía en un amplio intervalo, no necesariamente tiene relación con su origen o su formación. Los suelos más conocidos en el campo ingenieril son las gravas, arenas, limos y arcillas.[12]

#### **1.1.3.4. Propiedades Índice**

Las propiedades índices de los suelos brindan mayor información acerca de su comportamiento o características en función de diferentes ensayos a los que son sometidos. Una vez que sean claras las propiedades y el comportamiento de las misma frente al agua se procede a diseñar estructuras que se ajusten a las condiciones de cada suelo, asegurando su buen desempeño.[12]

##### **1.1.3.4.1. Contenido de Humedad**

Es una de las propiedades más importantes en el campo de Ingeniería Civil dado que permite conocer cuál es el porcentaje de agua que se encuentra atrapado en las partículas y también tiene relación con la capacidad de absorción de las mismas. La manera de obtención de esta propiedad es relativamente sencilla puesto que es la relación del cociente del peso de las partículas sólidas y el peso del agua que guarda y es expresado en términos de porcentaje. [12]

##### **1.1.3.4.2. Relación de Vacíos**

Denotaba por la letra “*e*”. Es aquella relación que se da entre el volumen de vacíos y el volumen de sólidos. Dónde: el volumen de vacíos está ocupado por gases, y el volumen de lo solidos por las partículas de suelo en sí, quedando [12]:

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

Se tiene además que el valor puede variar desde 0.25 que son aquellas arenas muy compactas con finos, a 15 que es el caso de las arcillas altamente compresibles. [12]

##### **1.1.3.4.3. Porosidad**

Es representada por la letra “*n*” y se define como la razón del volumen de vacíos es decir del volumen de los gases y el volumen total del suelo. [12]

$$n(\%) = \frac{V_v}{V} * 100$$

#### **1.1.3.4.4. Grado de Saturación de agua**

Esta propiedad está representada por las letras “G<sub>w</sub>” y el valor se lo expresa en porcentaje. Se define como la razón que se da entre el volumen del agua y el volumen de vacíos o gases[12]:

$$G_w(\%) = \frac{V_w}{V_s} * 100$$

#### **1.1.3.4.5. Grado de Saturación de aire**

Es la razón entre el volumen de aire y el volumen de sus vacíos y necesariamente debe expresarse el valor en porcentaje. [12]

$$G_a(\%) = \frac{V_w}{V_s} * 100$$

#### **1.1.3.5. Análisis granulométrico**

La finalidad de este ensayo es la de determinar las proporciones de los distintos tamaños de grano de las partículas existentes, también conocido como granulometría. [12]

Este ensayo se lo puede realizar gracias a la utilización de la herramienta fundamental llamado tamiz que no es más que un instrumento compuesto por un marco rígido al que se halla sujeta una malla con la característica de tener espaciamientos uniformes entre hilos denominados abertura o luz de malla, a través del cual se deja pasar la muestra de suelo de estudio. [12]

Al realizar un ensayo de granulometría se emplea una serie normalizada de tamices de malla cuadrada y abertura decreciente, a través de los cuales pasa una cantidad de muestra de suelo seco, quedando así retenido en cada tamiz una parte del suelo cuyas partículas tengan un tamaño superior a la abertura de dicho tamiz. Las normativas mayormente utilizadas para este ensayo son la UNE 7050 española y la ASTM D-2487/69 americana. [12]

Para determinar la cantidad de suelo fino de la muestra de suelo es decir tanto limos como arcillas, no es posible confiar en el tamizado, en tanto se utiliza el método de

sedimentación con la ayuda de un equipo denominado densímetro que va de acuerdo a la normativa correspondiente. [12]

Una vez se obtengan los resultados del proceso de tamizado y sedimentación en caso de suelo fino, se da inicio al pesaje de cada una de las cantidades retenidas en los tamices, obteniéndose valores necesarios para la gráfica semilogarítmica donde se representa el porcentaje en peso de muestra retenida para cada abertura de tamiz. [12]

La interpretación de resultados por medio de una curva granulométrica nos puede proporcionar información acerca del comportamiento del suelo, de acuerdo a esta definición se puede establecer dos tipos de granulometrías[12]:

Granulometría discontinua: cuando se observa picos y tramos planos en la curva, lo que muestra que varios tamices sucesivos no retienen material, estableciendo que la variación de tamaños es escasa. Todo esto se concluye en que se trata de suelos mal graduados y un claro ejemplo de este tipo de suelos es la arena de mar. [12]

Granulometría continua: cuando se observa claramente en la gráfica que todos los tamices retienen materia, por lo que la curva adopta una disposición suave y continua. Al tipo de suelos con estas características se los denomina suelos bien graduados. [12]

Para determinar numéricamente la graduación de un suelo se emplea una expresión para establecer el coeficiente de curvatura, definida por [12]:

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}}$$

Donde:

D30 es la abertura del tamiz o diámetro efectivo en milímetros por donde pasa el 30 % en peso de la totalidad de la muestra de suelo analizada. [12]

D10 es la abertura del tamiz o diámetro efectivo en milímetros por donde pasa el 10 % en peso de la totalidad de la muestra de suelo analizada. [12]

D60 es la abertura del tamiz o diámetro efectivo en milímetros por donde pasa el 60 % en peso de la totalidad de la muestra de suelo analizada. [12]

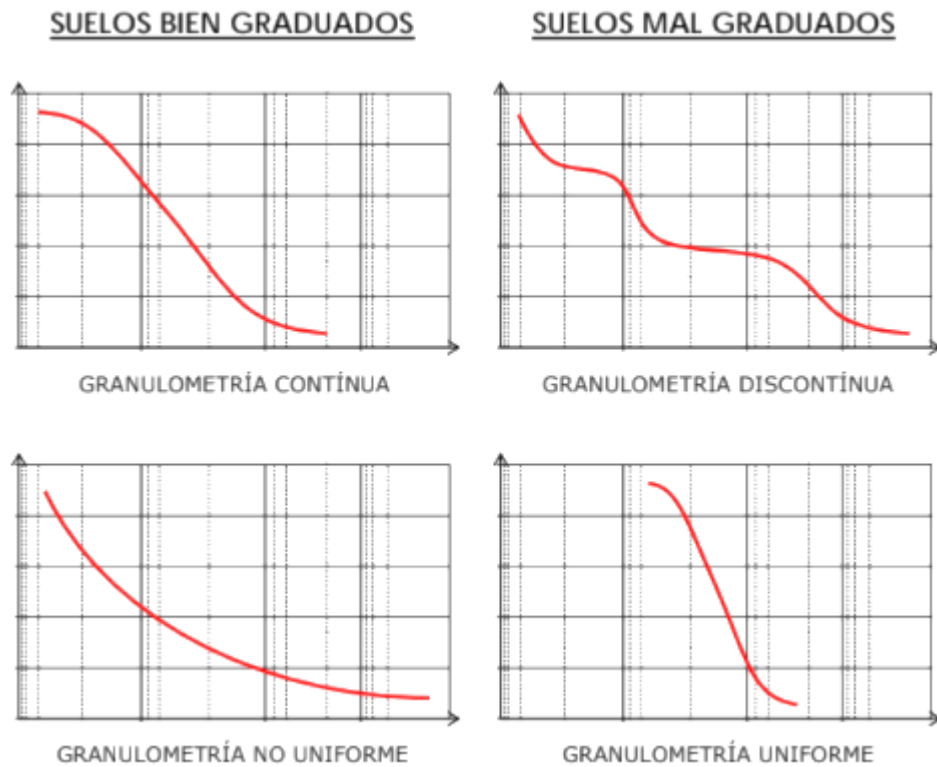
Un aspecto a considerar es que el suelo a ser utilizado en carreteras debe estar bien graduado para que la compactarlo, las partículas más finas ocupen los huecos que dejan

los áridos de mayor tamaño, reduciendo de esta forma el número de huecos y alcanzando una mayor estabilidad y capacidad portante. Este tipo de suelos bien graduados presentan un coeficiente de curvatura ( $C_c$ ) comprendido en un rango de 1 a 3. [12]

Otro de los parámetros muy utilizados para dar idea del grado de uniformidad de un suelo es el llamado coeficiente de uniformidad, definido por Hazen como la relación dentro aberturas de tamices por donde pasan el 60 % y 10% en peso de la totalidad de la muestra analizada y denotada por la siguiente expresión [12]:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

De acuerdo al coeficiente de uniformidad, un suelo con valores inferiores a 2 se considera muy uniforme, mientras que un coeficiente inferior a 5 define un suelo uniforme. [12]



**Figura 1.** Curvas de Granulometría.

**Fuente:** Manual de Carreteras, Luis Blázquez.[12]

### 1.1.3.6. Límites de Atterberg

Atterberg fue el primero que relacionó el grado de plasticidad de un suelo con su contenido de agua o humedad, expresado en función del peso seco de la muestra. También fue quien definió los cuatro estados de consistencia de los suelos vistos anteriormente y determinó los límites entre ellos, observando la variación de diferentes propiedades físicas y mecánicas.[4]

El interés en el estudio de los límites esta especialmente la determinación de los umbrales de los estados líquidos (límite líquido) y plástico (límite plástico), dado que éstos presentan una alta deformabilidad del suelo y una drástica reducción de su capacidad portante. Se centra especialmente en determinar el intervalo de humedad para el cual el suelo se comporta de manera plástica, es decir, su plasticidad. [4]

#### 1.1.3.6.1. Límite Líquido

Este estado de límite se determina mediante el método de la cuchara de Casagrande o denominado también copa de Casagrande (NLT-105). El ensayo se basa en la determinación de la cantidad de agua mínima que puede contener una pasta formada por 100 gramos de suelo seco que haya pasado por el tamiz 0.40 UNE para ello, se coloca sobre el mencionado artefacto y se acciona el mecanismo de éste, contándose el número de golpes necesario para cerrar un surco realizado previamente con una espátula normalizada en una longitud de 13 milímetros. El ensayo se dará por válido cuando se obtengan dos determinaciones, una de entre 15 y 25 golpes, y otra de entre 25 y 35. La humedad correspondiente al límite líquido será la correspondiente a 25 golpes, y se determinará en una gráfica normalizada las dos determinaciones obtenidas experimentalmente. [4]

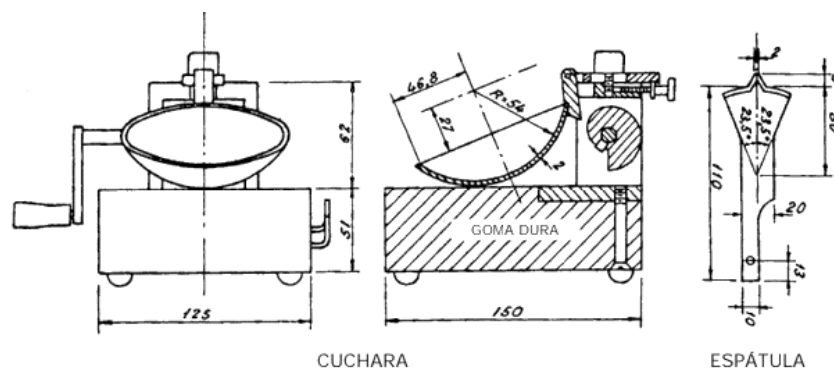


Figura 2. Copa de Casa Grande.

Fuente: Manual de Carreteras, Luis Blázquez.[12]

### 1.1.3.6.2. Límite Plástico

Se define como la menor humedad de una muestra de suelo que permite realizar con él cilindros de 3 milímetros de diámetro sin que se desmoronen, realizándose dos determinaciones y hallando la media. Este ensayo se realiza con 200 gramos de muestra seca y filtra a través del tamiz 0.40 UNE, como es el caso del límite líquido. [4]

### 1.1.3.6.3. Índice Plástico

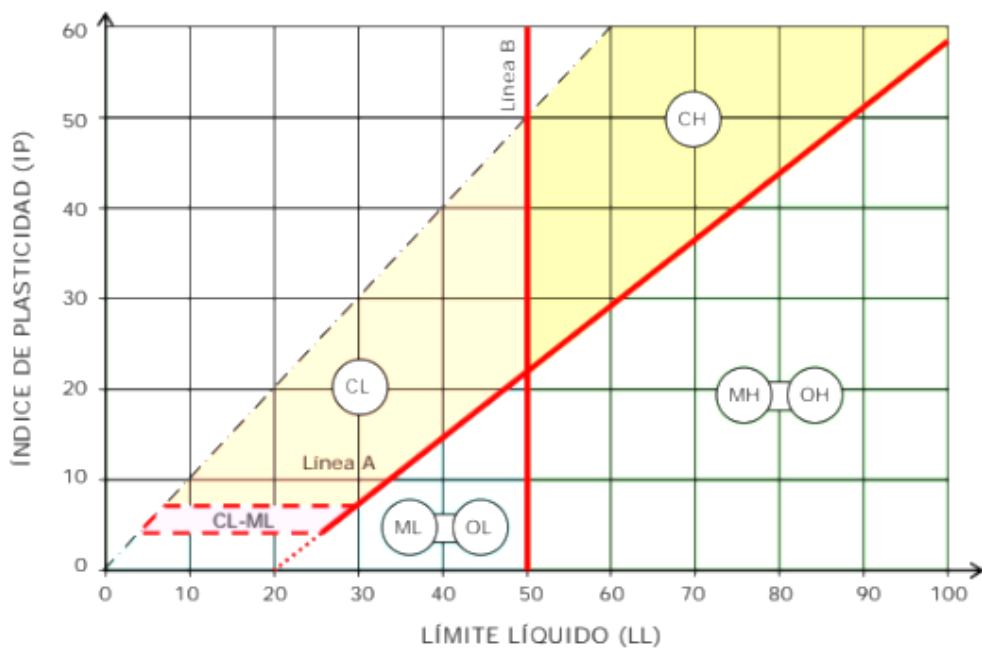
Denotado por las letras (IP), y da una idea del grado de plasticidad que presenta el suelo; considerando que un suelo muy plástico tendrá un alto índice de plasticidad[12]:

$$IP = LL - LP$$

**Tabla 2.** Valores típicos de consistencia del suelo.

PARÁMETRO		TIPO DE SUELO		
		Arena	Limo	Arcilla
LL	Límite líquido	15-20	30-40	40-150
LP	Límite plástico	15-20	20-25	25-50
LR	Límite de reacción	12-18	14-25	8-35
IP	Índice de plasticidad	0-3	10-15	10-100

*Fuente: Manual de Carreteras, Luis Blázquez.[12]*



**Figura 3.** Carta de Casa Grande para suelos de grano fino y orgánicos.

*Fuente: Manual de Carreteras, Luis Blázquez.[12]*

### 1.1.3.7. Gravedad Específica

La gravedad específica volumétrica o peso específico de los suelos puede ser obtenida gracias al empleo de un picnómetro o matraz volumétrico con el fin de calcular el volumen de la muestra de suelo gracias a datos del agua que se desplaza con su adición y con un factor de corrección en función de la temperatura del agua se determina la gravedad específica del suelo.[13]

**Tabla 3.** Peso específico del agua  $\gamma$  en g/cm<sup>3</sup>.

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.9999	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9999	0.9998
10	0.9997	0.9996	0.9995	0.9994	0.9993	0.9991	0.9990	0.9988	0.9986	0.9984
20	0.9982	0.9980	0.9978	0.9976	0.9973	0.9971	0.9968	0.9965	0.9963	0.9960
30	0.9957	0.9954	0.9951	0.9947	0.9944	0.9941	0.9937	0.9934	0.9930	0.9926
40	0.9922	0.9919	0.9915	0.9911	0.9907	0.9902	0.9898	0.9894	0.9890	0.9885
50	0.9881	0.9876	0.9872	0.9867	0.9862	0.9857	0.9852	0.9848	0.9842	0.9838
60	0.9832	0.9827	0.9822	0.9817	0.9811	0.9806	0.9800	0.9795	0.9789	0.9784
70	0.9778	0.9772	0.9767	0.9761	0.9755	0.9749	0.9743	0.9737	0.9731	0.9724
80	0.9718	0.9712	0.9706	0.9699	0.9693	0.9686	0.9680	0.9673	0.9667	0.9660
90	0.9653	0.9647	0.9640	0.9633	0.9626	0.9619	0.9612	0.9605	0.9598	0.9591

*Fuente: Mecánica de Suelos, Juárez Badillo.[4]*

### 1.1.3.8. Densidad de Campo (Método de cono y arena)

Es un método normado por la ASTM D-1556, donde el dispositivo de cono y arena está compuesto por un vaso o jarra de plástico con un cono de metal que se une en la parte superior. El recipiente es llenado con arena de Ottawa seca muy uniforme y se determina el peso (W1) del vaso, el cono y la arena que llena la jarra. Ya en campo, se realiza un pequeño agujero en la zona de estudio. Si se determina el peso de la humedad del suelo excavado desde el agujero (W2) y se conoce el contenido de humedad de tierra excavada, el peso seco del suelo (W3).[11]

$$W3 = \frac{W2}{1 + \frac{W\%}{100}}$$

Una vez excavado el agujero, el recipiente junto con el cono que están unidos se invierte para ser colocado sobre el agujero. Se permite que la arena descienda con la ayuda de una llave de paso que está colocada en el cono, una vez que la arena a ocupado todo el vacío y no se escucha movimiento se procede a retirar. Y obtener el peso restante de arena de Ottawa.[11]



Con el peso de arena restante W4 se puede calcular el peso de arena que llena el agujero y el cono W5, posteriormente es necesario obtener el volumen del orificio excavado con la ayuda del W5, Wc y  $\gamma_d(\text{arena})$ . [11]

$$V = \frac{W5 - Wc}{\gamma_d(\text{arena})}$$

Donde,

Wc, pertenece al peso de la arena para llenar únicamente el cono.

$\gamma_d(\text{arena})$ , peso unitario en seco de la arena de Ottawa empleada en el ensayo de campo.

Estos dos últimos valores son obtenidos previos al ensayo, calibrados en laboratorio.

Finalmente, el peso unitario seco en campo es determinado mediante [11]:

$$\gamma_d = \frac{W3 \text{ (peso seco del suelo excavado del agujero)}}{V \text{ (volumen del agujero)}}$$

#### **1.1.3.9. Clasificación de Suelos**

Debido a variedad de suelos existentes en la corteza terrestre, se ha realizado un exhaustivo análisis y sistematización científica para obtener una clasificación completa. Esta clasificación tiene base en las propiedades mecánicas de dichos suelos, todo esto con el fin de ser aplicados al campo ingenieril. [4]

Un estudio desarrollado por el doctor A. Casagrande en la reconocida Universidad de Harvard denominado originalmente como Sistema de clasificación de Aeropuertos, dado que estaba orientado específicamente a esa tipología de obras. Mencionado sistema destaca las propiedades mecánicas e hidráulicas de los suelos constituidos por partículas menores que la malla N°200, que pueden deducirse cualitativamente a partir de sus características de plasticidad. Por otro lado, aquellos suelos formados por partículas mayores a la malla N°200, la clasificación tiene un criterio de granulometría que es la base para aquellos suelos granulares. [4]

En base al mencionado Sistema de clasificación de aeropuertos se creó el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos “*SUCS*”. Este sistema fue propuesto originalmente en el año de 1942. Como se menciona los suelos poseen propiedades

similares, las que ayudan su clasificación en grupos y subgrupos en base a sus propiedades mecánicas y su desempeño en el campo de la ingeniería.[11]

#### **1.1.3.9.1. Sistema de Clasificación AASHTO**

Un sistema basado en estudios de la plasticidad de suelos propuesto por el Doctor Arturo Casagrande quién relacionaba la clasificación de suelos con estudios de granulometría para suelos de fracción gruesa y los de plasticidad para la fracción fina, así es como fue acogido por la P.R.A (Public Road Administration) hoy más conocido como el sistema AASHTO (ASOCIACIÓN AMERICANA DE VÍAS ESTATALES Y TRANSPORTE OFICIAL).[12]

El Sistema de Clasificación AASHTO el mayor porcentaje ha sido desarrollado en Estados Unidos de donde provienen la mayoría de clasificaciones empíricas de los suelos. El sistema ASSHTO es utilizado por lo general en obras vinculadas con vialidad, por otro lado, la clasificación SUCS son de uso recurrente de los geotécnicos.[11]

AASHTO actualmente cuenta con una clasificación en siete grupos principales que van desde el A-1 hasta el A-7. Los suelos clasificados como A-1, A-2 y A-3 son considerados como material granular, donde el 35% o menos de las partículas pasan a través del tamiz N°200, es necesario mencionar que el grupo A-2 cuenta con cuatro sub grupos. Los suelos donde más del 35% pasa a través del tamiz N°200 se clasifica en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 estos últimos suelos corresponden principalmente a limo y material de tipo arcilla. [11]

Los parámetros necesarios en los que basa para la clasificación de suelos son:

- a) Tamaño de la partícula (grano)
  - Grava: fracción que pasa el tamiz 3" de (75 mm) y es retenida en el tamiz N°10 (2mm). [11]
  - Arena: fracción que pasa el tamiz N°10 (2mm) y es retenida en el tamiz N°200 (0.075 mm). [11]
- b) Plasticidad

Un suelo se lo denomina limoso cuando su índice de plasticidad es igual o menor a 10. Se considera suelo arcilloso cuando el índice de plasticidad es igual o mayor a 11. [11]

**Tabla 4.** Clasificación de suelos AASHTO.

DIVISIÓN GENERAL		MATERIALES GRANULARES (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200)							MATERIALES LAMINARES (más del 35% por el tamiz ASTM #200)					
GRUPO		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7		
Subgrupo		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (% que pasa por cada tamiz)														
Serie ASTM	#10	≤50												
	#40	≤30	≤50	≥51										
	#200	≤15	≤25	≤10	≤35	≤35	≤35	≤35	≥36	≥36	≥36	≥36	≥36	
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)														
Límite Líquido			NP	≤40	≥41	≤40	≥41	≤40	≥41	≤40	>41 (IP<LL-30)	>41 (IP>LL-30)		
Índice de plasticidad	≤6			≤10	≤10	≥11	≥11	≤10	≤10	≥11	≥11	≥11		
INDICE DE GRUPO	0	0	0	≤4		≤8	≤12	≤20	≤20					
TIPOLOGÍA	Fragmentos de piedra grava y		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos				
CALIDAD	EXCELENTE A BUENA							ACEPTABLE A MALA						

*Fuente: Manual de Carreteras, Luis Blázquez. [12]*

### **1.1.3.9.2. Sistema Unificado de Clasificación de Suelo**

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos o conocido como S.U.C.S. está basado en el sistema de la AASHTO (ASOCIACIÓN AMERICANA DE VIAS ESTATALES Y TRANSPORTE OFICIAL). Este sistema de clasificación es el más aceptado y el que más satisface los diferentes campos de aplicación de la Mecánica de Suelos. El sistema clasifica a los suelos en finos y gruesos, distinguiéndolos gracias a un proceso de tamizaje o cribado a través de la malla 200. Aquellos que pasan el tamiz N 200 son considerados como la parte fina de la muestra por otro lado los que son retenidos en el tamiz son los llamados la fracción gruesos.[4]

Los suelos son clasificados y designados por símbolos de grupo. El símbolo de cada grupo consta de un prefijo y un sufijo. Los denominados prefijos son aquellas iniciales de nombres ingleses de los seis principales tipos de suelos (gravas, arenas, limos, arcillas, suelos orgánicos de grano fino y turba).[5]

Categorías:

a) Los suelos de fracción grueso son las gravas y las arenas que en un estado natural contienen menos del 50% que pasa el tamiz N°200. Los símbolos representativos de este grupo inician con el prefijo G (gravas) o S (arenas). [5]

b) Los suelos de fracción fina cuentan con más del 50% de muestra que pasa por el tamiz N°200. De este grupo los prefijos con lo que se inicia son, M (limo inorgánico), C (arcilla inorgánica) y O (limos orgánicos y arcillas) y Pt (turba, lodo y otros suelos altamente orgánicos). Esta última clasificación de suelos Pt son suelos altamente orgánicos, se caracterizan por ser extremadamente compresibles. [5]

Se establece además que, para determinar el porcentaje de grava de una muestra de suelo, se toma la fracción que pasa el tamiz de 76.2 mm y aquella fracción retenida en el tamiz N°4 (4.75mm). El mismo proceso es aplicado para conocer el porcentaje de arena, para este se toma la fracción que pasa el tamiz N°4 (4.75 mm) y la que es retenida en el tamiz N°200 (0.075 mm). [5]

La parte de grano fino, el porcentaje de limo y arcilla es aquella fracción que pasa el tamiz N°200 (0.075 mm). Otro de las consideraciones importantes es la determinación del coeficiente de uniformidad (Cu) y el coeficiente de gradación (Cc). [5]

Coeficiente de uniformidad:  $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

Coeficiente de gradación:  $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} * D_{10}}$

Para aquel símbolo de clasificación e identificación de suelos, los denominados sufijos se los puede establecer como[11]:

#### **1.1.3.9.2.1. Suelos gruesos**

W: bien clasificado, un material limpio de finos considerado como bien graduado. Para que una grava sea considerada como GW o bien graduada su coeficiente de uniformidad  $C_u$  debe ser mayor a 4 y el coeficiente de curvatura debe estar dentro del rango 1 y 3. Las arenas bien graduadas SW se debe cumplir que el  $C_u$  sea mayor a 6 y el coeficiente de curvatura en los mismos límites de la grava.[11]

P: mal clasificado, material limpio de finos, mal graduado. GP y SP sus partículas tienen apariencia uniforme, gravas uniformes como las que se encuentran en los lechos de los ríos, las arenas uniformes que por lo general se las encuentra en las playas o en un proceso de excavación. [11]

Así también las gravas y arenas se las puede clasificar como GM y SM cuando tienen presencia de una cantidad apreciable de finos no plásticos, esto repercute principalmente en las características de resistencia y esfuerzo deformación, puede ocurrir cuando el porcentaje de finos es mayor al 12% en peso. Un requisito para pertenecer a este grupo es que los límites de plasticidad del suelo que pasa el tamiz N°40 estén por debajo de la Línea A o su IP (índice de plasticidad) sea menor a 4. [11]

GC y GC son materiales con una cantidad apreciable de finos plásticos. Para entrar en este grupo el porcentaje de finos debe ser mayor al 12% aunque se los puede confundir como GM y SM sin embargo al realizar los ensayos de plasticidad estos finos tienen la característica de estar sobre la Línea A o bien su IP va a ser mayor a 7. [11]

#### **1.1.3.9.2.2. Suelos Finos**

L: (Límite líquido menor de 50), compresibilidad baja o media. ML, CL, OL.

H: (Límite líquido de 50), alta compresibilidad. MH, CH y OH.

**Tabla 5.** Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

DIVISIONES MAYORES		SÍMBOLO DE GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN PARA SUELOS GRANULARES		
Suelos de Grano grueso (más del 50% de la fracción gruesa es menor que el tamiz N°4)	Gravas (más de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz N°4)	Gravas Limpias (pocos o ningún fino)	<b>GW</b>	Gravas bien graduadas, mezcladas gravosas, poco o ningún fino.	$C_u = D_{60}/D_{10} > 4$ ; $C_c = 1 < ((D_{30})^2)/(D_{10} \cdot D_{60}) < 3$	
		Gravas con Finos (cantidad apreciable de partículas finas)	<b>GP</b>	Gravas pobremente graduadas, mezclas grava - arena, pocos o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de graduación para Gw	
			<b>GM</b>	Gravas limosas, mezcla grava-arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o $I_p < 4$	A los materiales sobre la línea A con $4 < I_p < 7$ se considera frontera y se asigna doble símbolo
			<b>GC</b>	Gravas arcillosas, mezcla grava-arena-arcillosa	Límites de Atterberg por arriba de la línea A o $I_p > 7$	
Suelos de Grano grueso (más del 50% de la fracción gruesa es menor que el tamiz N°4)	Arenas (más de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz N°4)	Arenas Limpias (pocos o ningún fino)	<b>SW</b>	Arenas bien graduadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	$C_u = D_{60}/D_{10} > 6$ ; $C_c = 1 < ((D_{30})^2)/(D_{10} \cdot D_{60}) < 3$	
		Arenas con Finos (cantidad apreciable de partículas finas)	<b>SP</b>	Arenas pobremente graduadas, arenas gravosas, poco o ningún fino.	No cumplir todos los requisitos de graduación para SW	
			<b>SM</b>	Arenas limosas, mezclas arena - limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o $I_p < 4$	A los materiales sobre la línea A con $4 < I_p < 7$ se considera frontera y se asigna doble símbolo
			<b>SC</b>	Arenas arcillosas, mezclas arena - arcilla.	Límites de Atterberg por arriba de la línea A o $I_p > 7$	
Suelos de Grano fino (más del 50% del material pasa el tamiz N°200)	Limos y Arcillas (Límite Líquido LL menor 50)	<b>ML</b>	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arena finas limosas o arcillosas con poca plasticidad.	1. Determinas el porcentaje de arenas y gravas de la curva de granulometría. 2. Dependiendo del porcentaje de fino puede clasificarse como: Menos del 5% - GW, GP, SW, SP Más del 12% - GM, GC, SM, SC de 5% a 12% - Casos de frente que requieren doble símbolo		
		<b>CL</b>	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a mediana, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas.			
		<b>OL</b>	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.			
	Limos y Arcillas (Límite Líquido LL mayor 50)	<b>MH</b>	Limos inorgánicos, suelos limosos arenosos finos, suelos elásticos.			
		<b>CH</b>	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas frescas.			
		<b>OH</b>	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos.			
	Suelos altamente orgánicos	<b>Pt</b>	Turba y otros suelos altamente orgánicos.			

*Fuente: Manual de Laboratorio de suelos, Joseph Bowles. [14]*

### **1.1.3.10. Propiedades Mecánicas**

#### **1.1.3.10.1. Compactación**

La compactación de suelos es un parámetro fundamental definido como un mejoramiento artificial de las propiedades mecánicas del suelo empleando medios mecánicos, este ensayo permite aumentar la resistencia y disminuir la deformación de los mismos. Tuvo origen con el descubrimiento del rodillo pata de cabra en 1906 sin embargo no fue hasta unos años después que R.R. Próctor publicará sus investigaciones basadas en una teoría, al aplicar al suelo cierta energía para lograr compactar dicho suelo, el peso volumétrico del mismo varía con el contenido de humedad según una curva en la que se observa un peso volumétrico máximo para aquella energía de compactación.[5]

#### **1.1.3.10.2. Pruebas de compactación**

En la actualidad existen diferentes métodos para replicar la compactación o al menos teóricamente, en laboratorio con condiciones dadas de compactación de campo. El método más antiguo es el propuesto por R. R. Próctor y hoy en día es conocido como Prueba Próctor Estándar o A.A.S.H.O (American Association of State Highway Officials) Estándar. Con el transcurso del tiempo y la aparición de nuevas tecnologías de mayor peso de compactación fue necesario realizar unas modificaciones al método Estándar, apareciendo así el Método Próctor Modificado.[4]

#### **1.1.3.10.3. Energía de Compactación**

Denominada a aquella energía que tiene lugar en el proceso de compactación de un suelo por unidad de volumen. Una vez se inicia con la prueba dinámica que consiste en someter a un cierto número de impactos con un pisón normalizado sobre dicho suelo, dicha energía se la puede obtener mediante[15]:

$$E_c = \frac{W * h * N * n}{V}$$

Donde,

$E_c$  = Energía específica de compactación.

W= peso del pisón compactador normalizado.

h= Altura de caída del pisón.

n= Número de capas colocadas dentro del molde.

N= Número de golpes por capa.

V= Volumen del suelo compactado.

#### **1.1.3.10.4. Contenido de Humedad**

Durante el proceso de compactación el contenido de agua añadida es un factor principal y fundamental para alcanzar una densidad óptima. Con la energía de compactación que es aplicada a la muestra de suelo se obtiene una densidad que va aumentando a medida que se incrementa el contenido de agua al suelo, este suceso no será de manera indefinida llegará un momento donde a cierto contenido de agua comienza a descender este valor por tanto ya es posible determinar el contenido de agua óptimo y con este se alcanza la densidad máxima.[4]

#### **1.1.3.10.5. Método Próctor Estándar (AASHTO T-99)**

El ensayo consiste en compactar el suelo en tres capas similares, dentro de un molde de dimensiones y forma normalizada, por medio de un pisón que al igual que el molde este debe estar sujeto a especificaciones técnicas que se deja caer libremente desde una altura establecida.[5]

Molde. - Es un cilindro de 0.94 l de capacidad aprox. (1/30 pie<sup>3</sup>), de 10.2 cm (4 plg) de diámetro y 11.7 cm (4.59 plg) de altura, adicional cuenta con una extensión desmontable o collarín de igual diámetro y 5cm (2 plg) de altura. El molde está fijado a una base metálica con la ayuda de tornillos mariposa.[5]

Pistón. - Cuenta con un peso de 2.5 kg (5.5 libras) y un vástago en cuyo extremo inferior existe un cilindro metálico de 5cm (2plg) de diámetro y los golpes se aplican dejando caer el pisón desde una altura de 30.5 cm (2plg).[5]

El suelo debe ser colocado en tres capas dentro del molde y será compactado dando 25 golpes en cada capa y además serán repartidos en toda el área del cilindro.[5]



**Tabla 6.** Especificaciones del Próctor Estándar.

ENSAYO : ESTÁNDAR AASHTO T- 99				
PISÓN : Martillo cilíndrico de 5.5 lb				
IMPACTO: Altura de caída 12"				
MÉTODOS	A	B	C	D
<i>Material que pasa</i>	Tamiz #4	Tamiz#4	Tamiz#3/4	Tamiz#3/4
<i>Diámetro molde</i>	4"	6"	4"	6"
<i>Número de capas</i>	3	3	3	3
<i>Número de golpes</i>	25	56	25	56
<i>volumen estándar</i>	1/30 pie <sup>3</sup>	1/13.33 pie <sup>3</sup>	1/30 pie <sup>3</sup>	1/13.33 pie <sup>3</sup>
<i>Energía de compactación</i>	12.375 lb pie/pie <sup>3</sup>			

*Fuente:* AASHTO T- 99.[16]

**1.1.3.10.6. Método Próctor Modificado (AASHTO T-180)**

Este método tiene como base el ENSAYO PRÓCTOR ESTÁNDAR con diferencia que cuenta con algunas modificaciones, como son el número de capas de suelo que van a ser compactadas dentro del molde, en este caso son cinco. El pisón será un martillo cilíndrico de 10 lb y contará con una caída libre a una altura de 18". [5]

**Tabla 7.** Especificaciones del Próctor Modificado.

ENSAYO : MODIFICADO AASHTO T- 180				
PISÓN : Martillo cilíndrico de 10 lb				
IMPACTO: Altura de caída 18"				
MÉTODOS	A	B	C	D
<i>Material que pasa</i>	Tamiz #4	Tamiz#4	Tamiz#3/4	Tamiz#3/4
<i>Diámetro molde</i>	4"	6"	4"	6"
<i>Número de capas</i>	5	5	5	5
<i>Número de golpes</i>	25	56	25	56
<i>volumen estándar</i>	1/30 pie <sup>3</sup>	1/13.33 pie <sup>3</sup>	1/30 pie <sup>3</sup>	1/13.33 pie <sup>3</sup>
<i>Energía de compactación</i>				

*Fuente:* AASHTO T 180.[17]

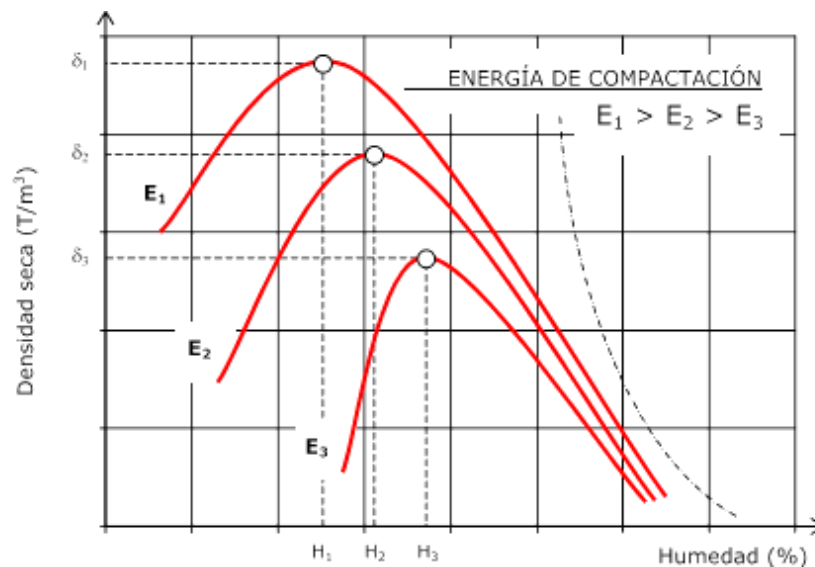
Método A: Utilizado si el 20% o menos del peso del material es retenido sobre el tamiz N°4 (4.75 mm) [17]

Método B: Utilizado si el 20% o más de peso del material es retenido sobre el tamiz N°4 (4.75mm) y el 20% o menos del peso de la muestra es retenido en el tamiz /3/8”) [17]

Método C: Utilizado si más del 20% del peso de muestra de suelo queda retenido en el tamiz (3/8”) y menos del 30% del peso del material queda retenido sobre el tamiz de (3/4”). [17]

#### 1.1.3.10.7. Diferencias entre los ensayos Próctor Estándar y Modificado.

La curvatura de los ensayos Próctor estándar requieren de un contenido de humedad más alto para alcanzar la humedad óptima y la densidad máxima por otro lado la curvatura de los ensayos Próctor Modificados requieren de menor contenido de humedad para alcanzar la humedad óptima y la densidad máxima; todo el relación al valor de energía de compactación aplicada en cada método.[18]



**Figura 4.** Influencia de la energía de compactación.  
*Fuente: Manual de Carreteras, Luis Blázquez.[12]*

#### 1.1.3.10.8. Relación de Soporte California CBR

El CBR es un método propuesto en 1929 por los ingenieros Stanton y Porter del Departamento de Carreteras de California, de ahí su nombre. Es utilizado para evaluar la calidad relativa del suelo para subrasante, sub-base y base de pavimentos, adicional tanto en Europa como en América se ha visto utilizado como un método de clasificación de suelo que será utilizado como sub-rasante o material de base en la construcción de vías terrestres.[19]

El CBR es un indicador de la resistencia al corte del suelo bajo contenidos de humedad óptimos y máxima densidad seca, que son obtenidas bajo ensayos de compactación previos como es el de Compactación Próctor Modificado. [19]

Este ensayo es realizado usualmente con tres moldes de compactación mínimo de los cuales cada uno es realizado con distintas energías de compactación, 56, 27 y 11 golpes. Antes de realizar en ensayo de penetración, dichos moldes deben estar saturados por un tiempo estimado para el tipo de suelo. [19]

El método de Relación de Soporte de California (CBR), establece tres ensayos a determinar: a) densidad húmeda b) propiedades de expansión de material (esponjamiento) c) la resistencia a la penetración, normada por la (AASHTO, 2003). [19]

Para cada muestra (molde) a ensayar se toma la siguiente consideración. Si los valores de CBR obtenidos y registrados a 0.1” de penetración son mayores a los registrados a 0.2” de penetración, se debe repetir el ensayo para esta muestra. Y si el valor de penetración a las 0.2” es ligeramente mayor a la penetración a las 0.1”, se registra a éste como valor del ensayo CBR. [19]

Se determina el valor de CBR con la relación de carga unitaria del ensayo y la carga unitaria patrón necesario para la misma profundidad de penetración de una muestra estándar de material triturado. [19]

$$CBR = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{Carga unitaria patrón}} * 100\%$$

**Tabla 8.** Relación de carga unitaria patrón con penetración.

Penetración		Carga Unitaria Patrón	
mm	pulg	Penetración (MPA)	Carga Unitaria (PSI)
2.5	0.10	6.9	1.000
5.0	0.20	10.3	1.500
7.5	0.20	13.0	1.900
10.0	0.30	16.0	2.300
12.7	0.50	18.0	2.600

**Fuente:** ASTM 1883-99.[20]

### 1.1.3.10.9. Variantes del ensayo CBR

Si el CBR es ensayado con su contenido de humedad natural se especifica que la muestra de suelo en estudio es inalterada, por otro lado, si el ensayo se lo realiza en laboratorio esta muestra deberá estar previamente sumergida en agua, alcanzando las condiciones más críticas del terreno.[14]

De acuerdo a los datos obtenidos, valores de CBR cercanos a 0% se los califica como suelos de pobre calidad lo que demuestra que no poseen una buena resistencia a esfuerzos cortantes. Por el contrario, si el CBR es cercano a 100% son suelos de mejor calidad y por lo tanto cuentan con una buena resistencia a esfuerzos cortantes.[14]

**Tabla 9.** Calificación del suelo en función de la subrasante

CBR	Calificación	Uso	SUCS	AASHTO
0-3	Muy pobre	Subrasante	CH,MH	A5,A5,A7
3-7	Pobre - Regular	Subrasante	CH,MH	A4,A5,A6,A7
7-20	Regular	Subrasante	CL,ML,SC,SM,SP	A2,A4,A6,A7
20-50	Bueno	Base-Subrasante	GM,GC,SW,SM,S P,GP	A1b,A2-5,A3,A2-6
>50	Excelente	Base	GW,GM	A1a,A2-4,A3

*Fuente:* Manual de laboratorio de suelos para ingeniería civil. Bowles. (1080)[14]

La preparación, curado de las muestras y la penetración estarán sujetas a la norma AASHTO T-193 Y ASTM D 1883.[21]

Para determinar y calcular el valor de expansión o también conocido como esponjamiento que es ocasionado por estar sumergida la muestra en agua. Se calcula mediante [20] :

$$E\% = \frac{L_f - L_i}{H_i} * 100$$

Donde,

- E (%): expansión en porcentaje
- Lf: Lectura final
- Li: lectura inicial
- Hi: Altura inicial de la muestra

Es recomendable calcular una muestra de suelo para CBR que cumplan con condiciones de humedad y densidad, tales que su valor de esponjamiento sea inferior al 2%. [20]

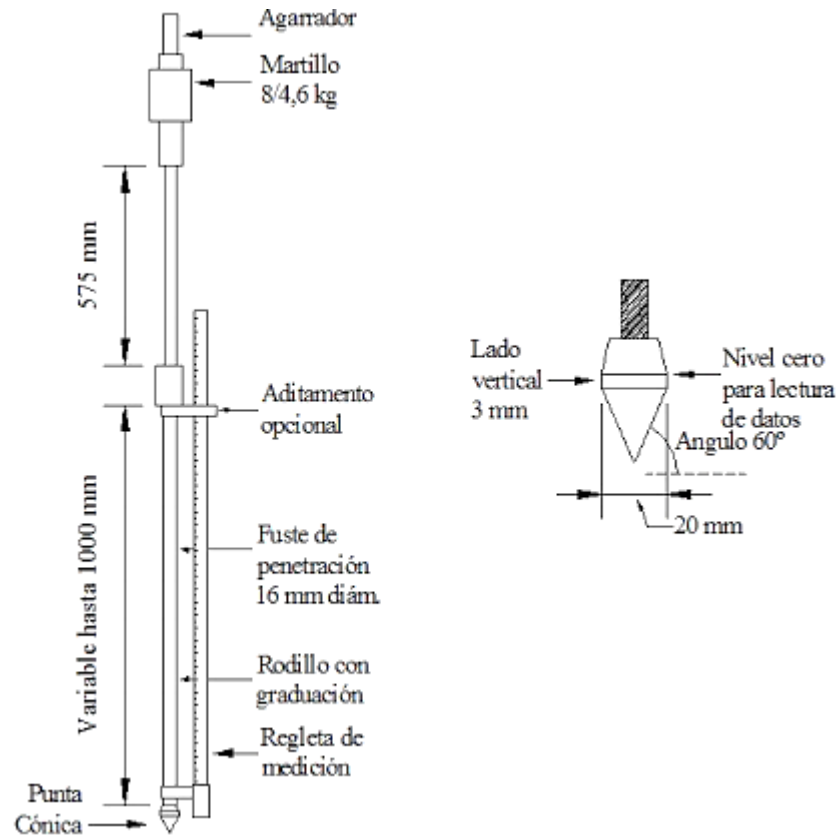
#### **1.1.3.10.10. Cono Dinámico de Penetración DCP**

##### ***Origen***

El cono dinámico de penetración o más conocido como DCP fue desarrollado en 1956, es un ensayo básico para la evaluación de pavimentos. Es un instrumento utilizado para evaluar la resistencia de los suelos y un factor importante para encontrar el valor del CBR en campo. Una de las ventajas que cuenta este ensayo DCP es la simplicidad y la economía de su empleo. Proporciona un estimado de la capacidad estructural de cada una de las capas que conforman los suelos, proporcionando valores que permiten observar la heterogeneidad que presenta cada sección y la uniformidad de compactación del material. [22]

##### ***Especificaciones***

La normativa ASTM es la encargada de regular la metodología estándar con la que se maneja este ensayo, en su designación D 6951 -03 se establece su uso y aplicación a los pavimentos. Está conformado por un martillo de 8 kg de peso, que se aplica a una altura de 575 mm en caída libre y el cono que permite introducirse en el suelo con una punta de 60° y del 20 mm de diámetro. [22]

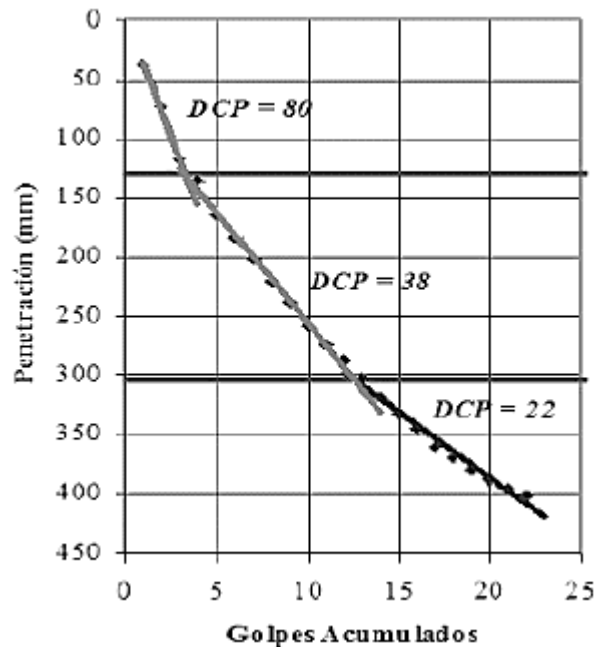


**Figura 5.** Esquema del Equipo DCP (ASTM D – 6951-03).

**Fuente:** ASTM – 6951.[6]

### ***Curva DCP***

En el diagrama se representa la penetración acumulada en función del número de golpes necesarios para alcanzar dicha profundidad en el suelo de estudio. En la gráfica además se observa el número de capas existentes y se puede determinar el espesor de cada una. [22]



**Figura 6.** Gráfico Curva DCP de penetración vs Golpes Acumulados  
**Fuente:** ASTM – 6951. [6]

### ***Número DCP***

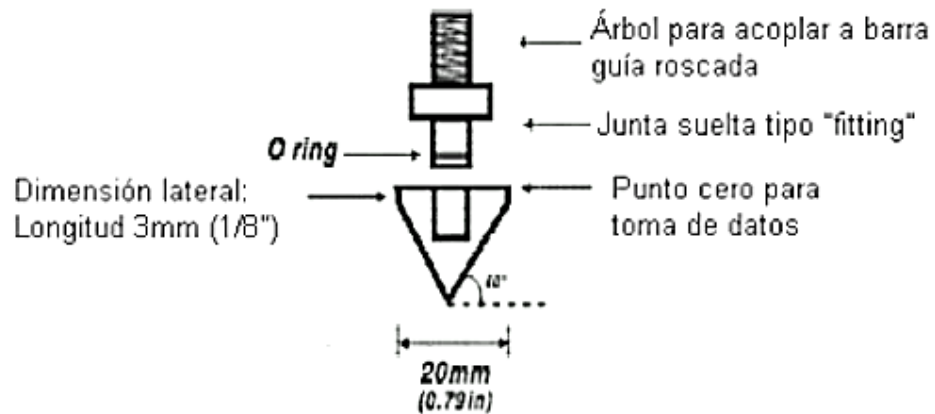
Establece la penetración alcanzada en el ensayo y es expresada en mm/ golpe, una condición representativa de este método es al observar la pendiente que se forma y esta tiene relación inversa con la resistencia del suelo es decir que mientras más vertical se vea, menor será la resistencia del suelo. [22]

Al determinar los valores de DCP en campo, estos pueden ser utilizados para una estimación del CBR in situ, lo curioso es que por lo general los valores obtenidos no tiene relación directa con el dato calculado de un CBR de laboratorio en condiciones de saturación. Es por ello que el ensayo es necesario para evaluar la resistencia del material in situ, bajo condiciones naturales. [22]

### ***Uso***

Es un método empleado para evaluar resistencias en sitio ya sean estos suelos inalterados o previamente compactados. Los valores de penetración obtenidos al aplicar el ensayo DCP pueden ser usados para estimar los valores de CBR in situ, obteniéndose las resistencias al corte de los estratos, los espesores entre capas y otras propiedades de los suelos. [22]

El método DCP de 8 kg puede ser utilizado en suelos finos y gruesos, inclusive en estabilizaciones pobres, pero no puede emplearse en un suelo que haya sido altamente estabilizado o inclusive cementado y para aquel suelo que contenga un alto porcentaje de agregado con un tamaño superior a las 2". [6]



**Figura 7.** Punta para penetración en el Suelo.

*Fuente:* ASTM – 6951. [6]

#### 1.1.3.10.11. Correlación DCP y CBR

Al momento de ejecución del ensayo es necesario registrar el número de golpes que son necesarios para perforar en un rango de 50 mm con una exactitud de 1mm en cada separación.[23]



**Tabla 10.** Correlación entre el CBR e Índice DCP.

Índice DCP	CBR	Índice DCP	CBR	Índice DCP	CBR
mm/golpe	%	mm/golpe	%	mm/golpe	%
<3	100	39	4.8	69-71	2.5
3	80	40	4.7	72-74	2.4
4	60	41	4.6	75-77	2.3
5	50	42	4.4	78-80	2.2
6	40	43	4.3	81-83	2.1
7	35	44	4.2	84-87	2
8	30	45	4.1	88-91	1.9
9	25	46	4	92-96	1.8
10-11	20	47	3.9	97-101	1.7
12	18	48	3.8	102-107	1.6
13	16	49-50	3.7	108-114	1.5
14	15	51	3.6	115-121	1.4
15	14	52	3.5	122-130	1.3
16	13	53-54	3.4	131-140	1.2
17	12	55	3.3	141-152	1.1
18-19	11	56-57	3.2	153-166	1
20-21	10	58	3.1	166-183	0.9
22-23	9	59-60	3	184-205	0.8
24-26	8	61-62	2.9	206-233	0.7
27-29	7	63-64	2.8	234-271	0.6
30-34	6	65-66	2.7	272-324	0.5
35-38	5	67-68	2.6	>324	<0.5

*Fuente:* ASTM – 6951. [6]

La penetración por golpe en relación a la profundidad acumulada puede ser graficada para posterior estimar el CBR in situ empleando una correlación oportuna.[23]

Para obtener la correlación entre el ensayo DCP (penetración por golpe) es obtenida mediante la fórmula que se emplea para todos los suelos, con excepción de aquellos suelos arcillosos de baja plasticidad (CL) y un CBR menor a 10.[23]

$$CBR = \frac{292}{DCP^{1.12}}$$

Para aquellos suelos CL<10 es recomendable calcular con[23]:

$$CBR = \frac{1}{(0.017019 * DCP)^2}$$

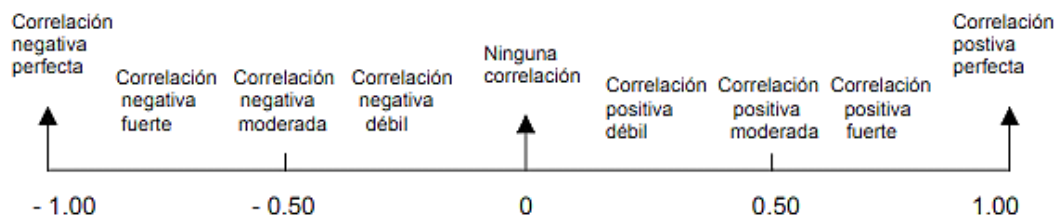
CH:

$$CBR = \frac{1}{0.002871 * DCP}$$

### 1.1.3.11. *Análisis de regresión y Correlación*

El fin de emplear una correlación es poder estimar una variable dependiente en este caso en valor CBR en función de una o varias variables independientes. En este estudio se utilizarán (G,S,F,LL,LP,MDD Y OMC) y se usarán dos tipos de correlaciones: correlación lineal simple y correlación lineal múltiple. Lo que se espera obtener son valores de CBR in situ bastante cercanos a los resultados experimentales, con un error aceptable máximo del 5%. [24]

Otros dos parámetros estadísticos indispensables en este estudio para evaluar la correlación es el coeficiente de correlación lineal de Pearson ® y el coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>). R ayuda a cuantificar la intensidad de la relación lineal entre dos o más variables; si este valor está cercano a 1 se establece que existe una buena correlación lineal directa, por el contrario, si se acerca a -1 significa una buena correlación lineal indirecta y si este valor es 0 indica que no existe una correlación entre las variables. [24]



**Figura 8.** Diagrama resumen del coeficiente de correlación lineal.

**Fuente:** *Análisis de regresión y correlación lineal, Vila.* [25]

R<sup>2</sup> o coeficiente de determinación indica el grado de ajuste con el modelo de ecuación empleado, esto significa que mientras más elevado sea su valor mejor será el modelo planteado al momento de predecir el valor de la variable dependiente (CBR). [24]

### 1.1.3.12. *Terraplenes*

Aquellas grandes acumulaciones de tierra previamente tratadas y compactadas para brindar estabilidad y principalmente servir de soporte a la carretera. Son construidas en cotas inferiores a las previstas en la obra estas pueden ser trasladadas de zonas

cercanas o bien dar uso aquellas de zonas de desmonte siempre y cuando cumplan con las especificaciones. [12]

## ZONAS DE UN TERRAPLÉN

PG-3/75



**Figura 9.** Zonas de un Terraplén.

**Fuente:** *Manual de Carreteras, Luis Blázquez.* [12]

Un terraplén debe cumplir con asegurar la estabilidad de la obra de tierra, controlando las deformaciones, asentamientos e hinchamientos mientras dure el proceso de construcción y funcionamiento sean mínimos. Permitir su puesta en obra, garantizando la correcta operación de la maquinaria y calidad de la obra. [12]

### 1.1.3.13. Pavimentos

A los pavimentos se los puede clasificar en dos grandes grupos: flexibles y rígidos. [26]

Los pavimentos flexibles tienen una base flexible o semirrígida, sobre la cual se ha construido una capa de rodamiento formada por una mezcla bituminosa de alquitrán o asfalto. [26]

Por otro lado, los denominados pavimentos rígidos están constituidos por una capa de rodadura formada de hormigón de cemento Pórtland que pueden ser con o sin armadura metálica. [26]

#### **1.1.3.13.1. Capas de pavimento**

**Pavimento.** – Estructura que descansa sobre el terreno de fundación y está constituida por diferentes capas: subbase, base, capa de rodadura y sello.[18]

**Terreno de fundación.** – Ofrece la función de soporte del pavimento luego de haber sido terminado la remoción de tierras, compactado el suelo y cuente con las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos de diseño. Su principal característica es que de esta capa depende en gran parte el espesor del pavimento ya sea este flexible o rígido. Si éste es de pésima calidad será necesario un cambio de suelo y el suelo original será desechado, de ser el caso que el suelo sea malo con presencia de limos y arcillas se optará por ubicar una subbase granular de un material de buena calidad. [18]

Si esta capa está formada por un suelo regular o bueno y este presenta una buena graduación además cuente con suelo de grano grueso es posible que no requiera colocar la capa de subbase. Y si el suelo de fundación es excelente y presenta buenas características y se observe que no haya la posibilidad de que se sature con agua bastaría únicamente colocar la capa de rodamiento. [18]

**Subrasante.** – La correspondiente al terreno de fundación. [18]

**Subbase.** – Capa de material de buena calidad y que cumpla con los requisitos establecidos que será colocada sobre la subrasante. Sirve como capa de drenaje y controla o elimina en lo posible aquellos cambios de volumen, elasticidad y plasticidad que son perjudiciales que puede presentarse en la subrasante. Los materiales que pueden contener esta capa pueden ser la arena, grava, granzón, escoria de altos hornos, o residuos del material de cantera. Este suelo debe cumplir con las especificaciones de los suelos A1 o A2 de acuerdo a la clasificación de suelos AASHTO. Un límite líquido inferior al 35% y su índice plástico no debe superior a 6. El CBR no debe ser menor al 15%, su cantidad de finos no debe ser mayor al 8%. [18]

**Base.** – Capa de material pétreo, mezcla suelo-cemento (mejorado), mezcla bituminosa, o piedra triturada y se coloca sobre la subbase. Su finalidad es absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos y transmitirlos uniformemente a la subbase y terreno de fundación. Esta capa puede ser de suelo granular o bien con mezclas bituminosas o estabilizadas con cemento u otro material ligante. Debe ser

resistente a los cambios de temperatura y humedad, no presentar cambios de volumen, el porcentaje de desgaste límite de acuerdo al ensayo en la máquina de “Los Ángeles” debe ser 50, un valor de límite líquido menor a 25% y un índice de plasticidad inferior a 6 al igual que la subbase. El CBR debe ser superior a 50%. [18]

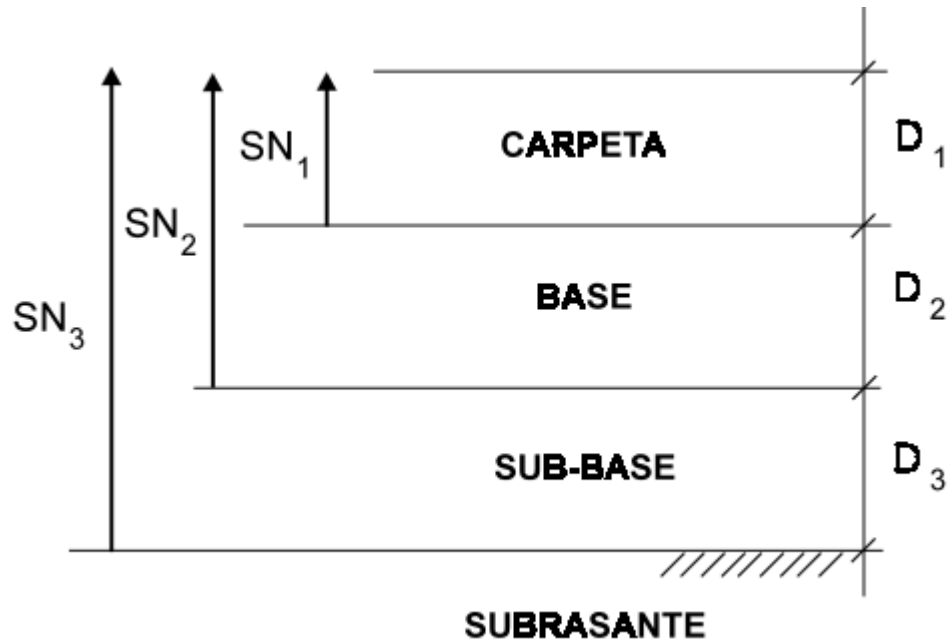
Capa de rodamiento o rodadura. – Capa que se coloca sobre la base y está compuesta por una mezcla bituminosa o de hormigón. Su función es proteger la base impermeabilizando la superficie con el fin de impedir posibles infiltraciones, evita que se desgaste la capa base ocasionado por el tránsito de los vehículos. Contribuye al aumentar la capacidad de soporte del pavimento si su espesor supera las 3”. [18]

Carpeta de desgaste o sello. - Aquella que se coloca sobre la capa de rodamiento compuesta por una mezcla bituminosa. Adicional se puede colocar sobre esta carpeta arena o piedra picada conocido este proceso como “riego”. [18]

Para un tránsito ligero la capa de material bituminoso con asfaltos y alquitranes está en un espesor de 2.5 cm aproximadamente. Utilizados para sellar la superficie e impermeabilizándola. Los materiales de asfalto generalmente empleados son: RC-3, RC-4, RC-5, MC-3, MC-4, MC-5, RS-1 y los alquitranes RT-6, RT-7 Y RT-8. [18]

Rasante. – Aquella que soporta el tránsito de los vehículos. [18]

Que un pavimento cuente con todas las capas antes mencionadas no es obligatorio, todo estará en función de la capacidad de soporte del terreno de fundación, de la calidad del material, del tipo de pavimento, la intensidad de tránsito, la carga de diseño, etc. [18]



**Figura 10.** Recomendación de capas AASHTO.

*Fuente: Pavimentos flexibles. Problemática, metodologías de diseño y tendencias.*[27]

#### **1.1.3.13.2. Diseño de Pavimentos Flexibles Método AASHTO 93**

De acuerdo al Método AASHTO 93 que se basa en aquel manual de un Experimento vial de la AASHO de 1961 se debe revisar algunos cambios importantes[28]:

- a) Se ha incluido el “Factor de Confiabilidad” que le permite al ingeniero constructor mantener un factor de seguridad frente a diversos riesgos o modificaciones del proyecto. [28]
- b) Cambio del Valor Soporte del Suelo (Si), por el Módulo Resiliente que será empleado para determinar los coeficientes estructurales ya sean estos de suelos naturales o muestras procesadas. [28]
- c) Importancia en la construcción y adición de sistemas de sub- drenajes en las carreteras. [28]
- d) Considerar los cambios ambientales como son la humedad y temperatura como un factor que incide directamente en la propiedad de los materiales.[28]

### 1.1.3.13.3. Ecuación de diseño AASHTO -93 para pavimentos flexibles:

$$\log_{10}Wt_{18} = Z_R * S_0 + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10}M_R - 8.07$$

Dónde:

SN: N° estructural o capacidad de la estructura para soportar las cargas

W t18: N° de aplicaciones acumuladas de carga (80KN) en un periodo de diseño (n).

ZR: Grado de confianza en que las cargas de diseño no serán sobrepasadas por las cargas reales.

So: Desviación estándar.

$\Delta$ PSI: Condición de Servicio.

MR: Modulo resiliente (CBR).

La solución a esta ecuación en la actualidad es obtenida gracias a programas computacionales que lo realizan de una manera didáctica y sencilla, sin embargo, también se la puede resolver de forma manual. [28]

### 1.1.3.13.4. Procedimiento

#### 1.1.3.13.4.1. Tiempo de Diseño

Es aquel tiempo para el cual se diseña el proyecto, un periodo de serviciabilidad y que se asegure que la obra no sufrirá mayor cambio en sus funciones. Este periodo se puede alargar considerablemente brindando un mantenimiento oportuno y retrasando el mayor tiempo posible una rehabilitación, sin embargo, se puede incluir en este periodo al menos una rehabilitación. [28]

Lapsos de diseño sugeridos:

**Tabla 11.** Período de Diseño de acuerdo al tipo de Carretera.

Tipo de factibilidad vial	Período de(en años)	
	análisis	diseño
Urbana de alto volumen	30-50	15-20 (30)
Interurbana de alto volumen	20-50	15-20 (30)
De bajo volumen		
Pavimentada con asfalto	15-25	5-12
Con rodamiento sin tratamiento <i>(Base granular sin capa asfáltica)</i>	10-20	5-8

**Fuente:** Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO. Método AASHTO-93.[28]

#### 1.1.3.13.4.2. Tráfico

Es la determinación de las cargas equivalentes acumuladas en el periodo de diseño Wt18. [29]

Para la obtención de Wt18 se utiliza la siguiente ecuación[29]:

$$Wt18 = 365 * TPDA_{final} * FD$$

Donde:

- Wt18: cargas equivalentes (20 años). [29]
- TPDA final: Tránsito promedio diario anual (20 años). [29]
- FD: Factor de daño. [29]

La fórmula debe ser representada con cada tipo de vehículos que circulan en la vía, quedando[29]:

$$Wt18 = [(TPDA_{final} * FD)_{livianos} + (TPDA_{final} * FD)_{pesados} + \dots + (TPDA_{final} * FD)_x] * 365$$

#### 1.1.3.13.4.3. Determinación TPDA (Tránsito promedio diario anual)

Es una representación del total de vehículos que circulan por la vía en los 365 días del año. Es aquel volumen de tránsito promedio perteneciente a un día.[29]

Consideraciones:

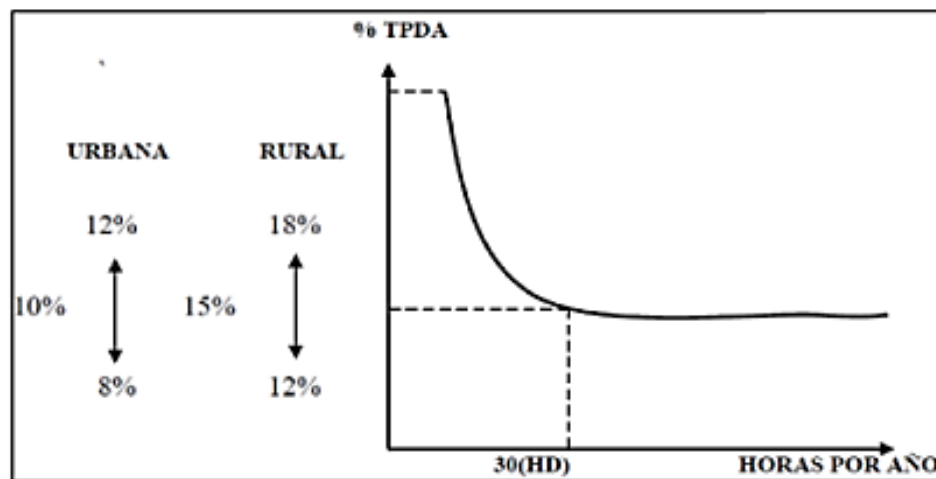


Si la carretera es de un solo sentido, los datos serán registrados en ese sentido. Por el contrario, si la carretera cuenta con dos sentidos de circulación se registrarán los valores de los dos sentidos. [29]

- VHMA (Volumen horario máximo anual): Hora de mayor tráfico dentro de las 8760 horas del año. [29]
- VHMD (Volumen horario máxima demanda): Cantidad máxima de vehículos que pasa por un lugar específico de la vía dentro de 60 min. [29]
- FHMD (Factor de la hora de máxima demanda): relación entre VHMD y el flujo máximo (Q máx.) en rangos de 15 min. [29]

% de la trigésima hora: Determinado gracias a la gráfica es recomendable escoger un valor del 10% (vías urbanas) y 15% (vías rurales). [29]

Punto de inflexión de tráfico durante un año



**Figura 11.** Secciones de pavimentos flexibles, para diferentes clases de subrasantes.

**Fuente:** (MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS) NEVI-12, MTOP-2013. [29]

Para estimar un valor total de vehículos que circularán por la carretera (Transito actual) es necesario considerar los tres tipos de tránsito [29]:

(Td) Tránsito desarrollado: se estima como el 5% del valor TPDA actual. [29]

(Tat) Tránsito desarrollado: se estima como el 10% del valor TPDA actual. [29]

(Tg) Tránsito desarrollado: se estima como el 20% del valor TPDA actual. [29]

Tránsito futuro: es calculado para 20 años y la proyección de tránsito se lo obtiene con la siguiente fórmula. [29]

$$T_F = T_a * (1 + i)^n$$

Donde:

- Ta: Tráfico actual.
- i: índice de crecimiento vehicular.
- n: duración proyecto (20 años)

**Tabla 12.** Índice de crecimiento vehicular

Período	Tipo de Vehículo		
	<i>Livianos</i>	<i>Buses</i>	<i>Camiones</i>
2021 - 2025	3.57	1.78	1.74
2026- 2030	3.25	1.62	1.58
2031 - 2035	3.25	1.62	1.58
2036 - 2039	3.25	1.62	1.58
2040 - 2043	3.25	1.62	1.58

**Fuente:** (MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS) NEVI-12, MTOP-2013.[29]

#### 1.1.3.13.4.4. Confiabilidad de Diseño ®

Es el grado de seguridad que brinda un determinado diseño, o la probabilidad que el pavimento soporte una cantidad de carga manteniendo su capacidad de servicio. [28]

$$FR = 10^{-ZR*So}$$

Niveles Recomendados de Confiabilidad®

**Tabla 13.** Índice de crecimiento vehicular

Clasificación de la vía	Urbana	Rural
Autopistas	85-99.9	80-99.9
Troncales	80-99	75-95
Locales	80-95	75-95
Ramales y Vías Agrícolas	50-80	50-80

**Fuente:** Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO. Método AASHTO-93.[28]

Recordar que a mayor valor de confiabilidad el espesor del pavimento va aumentando. [28]

Una vez determinado el valor de la confiabilidad se obtiene el valor ZR de acuerdo a la tabla establecida por la AASTHO-93. [28]

**Tabla 14.** Valores de ZR en la curva normal para diversos grados de Confiabilidad.

Nivel de Confiabilidad R	Zr
50	0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.34
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.09
99.99	-3.75

*Fuente: Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO. Método AASHTO-93.[28]*

1.1.3.13.4.5. Desviación estándar del sistema (So)

**Tabla 15.** Valores Recomendados para la Desviación Estándar (So)

Condición de Diseño	Desviación Estándar
Variación de la predicción en el comportamiento del pavimento ( sin error de tráfico)	0.25
Variación total en la predicción del comportamiento del pavimento y en l estimación del tráfico	0.35 - 0.50 <b>( 0.45 valor recomendado)</b>

*Fuente: Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO. Método AASHTO-93.[28]*

1.1.3.13.4.6. Factor de daño según el tipo de vehículo

Los valores de daño que provoca cada vehículo, está dispuesto en una tabla que fue publicada por la AASHTO-93. [29]

**Tabla 16.** Factores de daño.

TIPO	SIMPLE		SIMPLE DOBLE		TANDEM		TRIDEM		FACTOR DE DAÑO
	Ton	(P/6.6)^4	Ton	(P/8.2)^4	Ton	(P/15)^4	Ton	(P/23)^4	
Liviano	3	0.04							0.04
Buses	4	0.13	8	0.91					1.04
C-2P	2.5	0.02							1.29
	7	1.27							1.29
C-2G	6	0.68	11	3.24					3.92
C-3	6	0.68			18	2.07			2.75
C-4	6	0.68					25	1.4	2.08
C-5	6	0.68			18	2.07			2.75
C-6	6	0.68			18	2.07	25	1.4	4.15

**FUENTE:** (MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS) NEVI-12, MTOP-2013. [29]

1.1.3.13.4.7. Factor de distribución de carril

**Tabla 17.** Porcentaje de vehículos pesados en el carril de diseño

Número de carriles	Porcentaje de vehículos pesados en el carril de diseño
2	50
4	45
6 o más	40

**Fuente:** (MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS) NEVI-12, MTOP-2013. [29]

1.1.3.13.4.8. ( $\Delta PSI$ ) Índice de serviciabilidad de carretera

$$\Delta PSI = PSI_{inicial} - PSI_{final}$$

Donde:

$PSI_{inicial}$  : índice de servicio inicial (P. Rígido – 4.5 y P. Flexible – 4.2). [29]

$PSI_{final}$  : índice de servicio final. (Caminos principales 3.0 – 2.5 y Caminos secundarios 2.0). [29]

#### 1.1.3.13.4.9. Módulo de resiliencia

De acuerdo al método AASHTO 93 para pavimentos flexibles, establece una correlación entre el módulo de resiliencia ( $Mr$ ) y el Ensayo de Soporte California (CBR). [28]

$$Mr_{PSI} = 1500 * CBR ; CBR < 10\% \text{ "AASHTO"}$$

$$Mr_{PSI} = 3000 * CBR^{0.65} ; CBR(7.2 \text{ a } 20)\% \text{ "Ec. Sudafricana"}$$

$$Mr_{PSI} = 4360 * \ln(CBR) + 241 ; \text{suelos granulares "AASHTO"}$$

#### 1.1.3.13.4.10. Espesor de capa

La AASHTO establece una ecuación que permite determinar los espesores de cada una de las capas de pavimento. [28]

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

Dónde:

- $a_{1-2-3}$  : Coeficientes estructurales “carpeta, base, sub-base”. [28]
- $D_{1-2-3}$  : Espesor de capa “carpeta, base, sub-base”. Establecidos por la AASHTO. [28]
- $m_{2-3}$  : Coeficiente de drenaje “base, sub-base”. [28]

**Tabla 18.** Espesores mínimos (pulg)

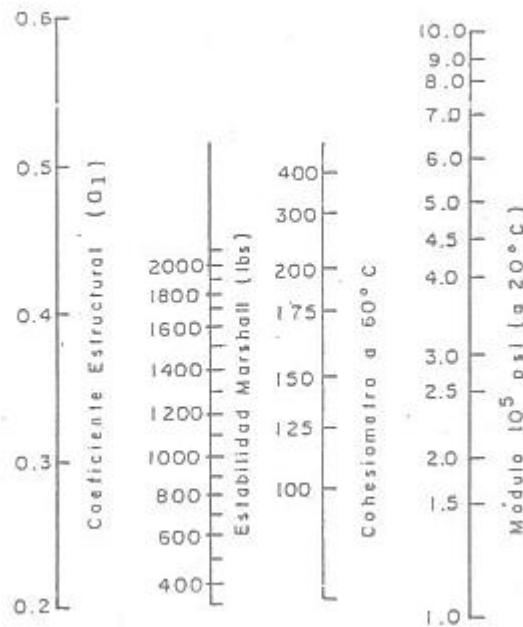
Tráfico W18	Concreto asfáltico, D1	Capa Base D2
<50 000	1,0	4,0
50 001 a 150 000	2,0	4,0
150 001 a 500 000	2,5	4,0
500 001 a 2 000 000	3,0	6,0
2 000 001 a 7 000 000	3,5	6,0
> 7 000 000	4,0	6,0

**Fuente:** Experimento Vial de la AASHTO y las Guías de Diseño AASHTO. Método AASHTO-93.[28]

#### 1.1.3.13.4.11. Número estructural de la carpeta asfáltica

Factor de daño establecido por la AASHTO para pavimentos flexibles. De acuerdo al siguiente gráfico:[30]

(a1) Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica.



**Figura 12.** Coeficiente estructural (a1).

**Fuente:** Experimento Vial de la AASHTO y las Guías de Diseño AASHTO. Método AASHTO-93.[28]

#### 1.1.3.13.4.12. Capa de base de material granular

De acuerdo al Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) el material a ser utilizado en la capa de base debe cumplir ciertas especificaciones estipuladas como es el valor de soporte CBR igual o mayor al 80%. [29]

##### 2.40.4.3.4.12.3. Base clase – 1

Es material obtenido a base de trituración de gravas o rocas en un 100% y no debe tener presencia de material orgánico. Y debe cumplir con la graduación del siguiente cuadro. [29]

**Tabla 19.** Base clase 1.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	
	Tipo A	Tipo B
2" (50.8 mm.)	100	—
1 1/2" (38.1 mm.)	70 - 100	100
1" (25.4 mm.)	55 - 85	70 - 100
3/4" (19.0 mm.)	50 - 80	60 - 90
3/8" (9.5 mm.)	35 - 60	45 - 75
Nº 4 (4.76 mm.)	25 - 50	30 - 60
Nº 10 (2.00 mm.)	20 - 40	20 - 50
Nº 40 (0.425 mm.)	10 - 25	10 - 25
Nº 200 (0.075 mm.)	2 - 12	2 - 12

*Fuente:* (MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS) NEVI-12, MTOP-2013.[29]

1.1.3.13.4.12.2. Base clase – 2 y 3

El material para base 2 será obtenido por trituración de grava o roca en un 50% mínimo y para la base clase 3 este porcentaje no será menor a un 25% y sin presencia de material orgánico. Esta base está sujeta a cumplir la graduación indicada en la tabla. [29]

**Tabla 20.** Base clase 2.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada
1" (25.4 mm.)	100
3/4" (19.0 mm.)	70 - 100
3/8" (9.5 mm.)	50 - 80
Nº 4 (4.76 mm.)	35 - 65
Nº 10 (2.00 mm.)	25 - 50
Nº 40 (0.425 mm.)	15 - 30
Nº 200 (0.075 mm.)	3 - 15

*Fuente:* (MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS) NEVI-12, MTOP-2013.[29]

**Tabla 21.** Base clase 3.

<b>TAMIZ</b>	<b>Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada</b>
3/4"(19.0 mm.)	100
Nº 4 (4.76 mm.)	45 - 80
Nº 10 (2.00 mm.)	30 - 60
Nº 40 (0.425 mm.)	20 - 35
Nº 200 (0.075 mm.)	3 - 15

*Fuente:* (MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS) NEVI-12, MTOP-2013.[29]

1.1.3.13.4.12.3. Base clase – 4

El material será obtenido por trituración de grava natural que no tenga presencia de material orgánico y cumpla con la graduación de la siguiente tabla. [29]

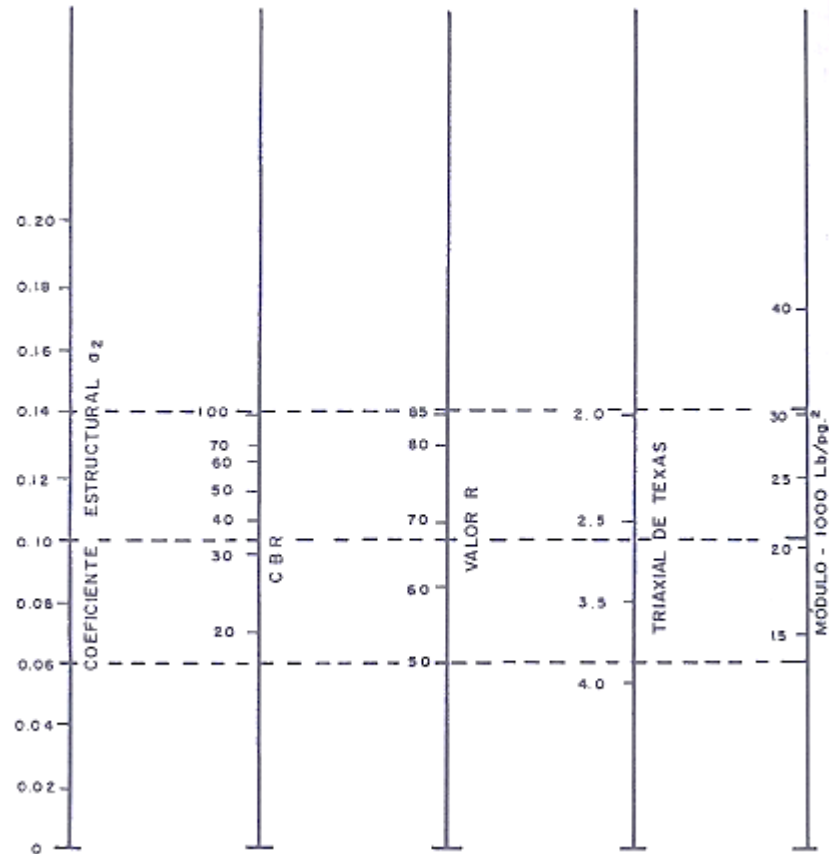
**Tabla 22.** Base clase 4.

<b>TAMIZ</b>	<b>Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada</b>
2" (50.8 mm.)	100
1" (25.4 mm.)	60 - 90
Nº 4 (4.76 mm.)	20 - 50
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 15

*Fuente:* (MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS) NEVI-12, MTOP-2013.[29]

(a2) Coeficiente estructural de base granular





**Figura 13.** Coeficiente estructural (a2).

**Fuente:** Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO. Método AASHTO-93.[28]

1.1.3.13.4.13. Capa sub-base de material granular

El material seleccionado para formar la capa sub- base debe cumplir con las especificaciones de la AASHTO T-11 Y T27 adicional de la INEN 696. [29]

**Tabla 23.** Clases de capa sub – base de material granular.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3" (76.2 mm.)	--	--	100
2" (50.4 mm.)	--	100	--
1 1/2 (38,1 mm.)	100	70 - 100	--
Nº 4 (4.75 mm.)	30 - 70	30 - 70	30 - 70
Nº 40 (0.425 mm.)	10 - 35	15 - 40	--
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 15	0 - 20	0 - 20

**Fuente:** (MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS) NEVI-12, MTOP-2013.[29]

Sub-base (Clase 1)

Muestra de suelo obtenida bajo procesos de trituración de grava y roca, y el porcentaje mínimo será del 30%. [29]

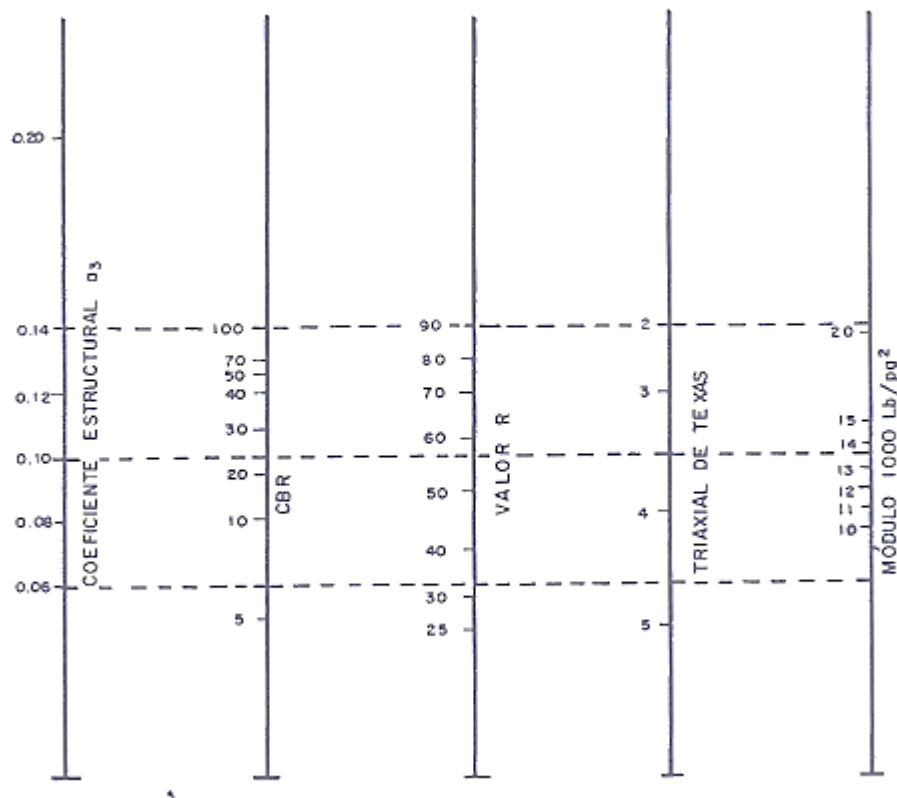
Sub-base (Clase 2)

Muestra de suelo obtenida bajo procesos de trituración de gravas o yacimientos y mezclados con arena natural con el fin de lograr obtener una buena granulometría. El porcentaje de trituración de la muestra será un mínimo del 30%. [29]

Sub- base (Clase 3)

Muestra de suelo obtenida bajo proceso de cribado de gravas y rocas y mezclados con arena natural para alcanzar una buena granulometría. [29]

Coefficiente granular de la sub-base granular



**Figura 14.** Coeficiente granular de la sub-base granular.

**Fuente:** Experimento Vial de la AASHTO y las Guías de Diseño AASHTO. Método AASHTO-93. [28]

Coeficiente de drenaje. – Estimado por el tiempo que se tarda la capa de sub-base en eliminar la cantidad de agua, de acuerdo a lo establecido bajo normativa de la AASHTO-93. [29]

**Tabla 24.** Características de drenaje del material de base y/o subbase granular.

Calidad de Drenaje	Tiempo de eliminación de agua
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 semana
Deficiente	Agua no drena

*Fuente: Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHO. Método AASHO-93.[28]*

Para los valores de m2 y m3 la AASHTO ha recomendado valores de humedades próximas a la saturación del suelo. [29]

**Tabla 25.** Coeficiente de drenaje.

Capacidad de drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura de pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación.			
	Menos del 1%	1%-5%	5%-25%	Más del 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Buena	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Deficiente	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

*Fuente: Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHO. Método AASHO-93.[28]*

#### 1.1.3.13.4.14. Diseño final con sistema multicapa

Como es de conocimiento un pavimento flexible está compuesto por diferentes capas de suelo, para determinar el valor de cada una existen ecuaciones que facilitan el diseño. [29]

$$D^{\circ}1 = \frac{SN_1}{a_1}; S^{\circ}N_1 = a_1 D^{\circ}1 \geq SN_1$$

$$D^{\circ}2 = \frac{SN_2 - S^{\circ}N_1}{a_1 m_2}; S^{\circ}N_1 + S^{\circ}N_2 \geq SN_2$$

$$D^{\circ}3 \geq \frac{SN_3 - (S^{\circ}N_1 + S^{\circ}N_2)}{a_3 m_3}$$

## **1.2. Hipótesis**

### **1.2.1. Hipótesis Nula**

No existe correlación entre el CBR (Capacidad de Soporte de California), DCP (Penetrómetro Dinámico de Cono) y las propiedades índice y mecánicas en los suelos de las parroquias: Ulba y Río Verde del cantón Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua.

### **1.2.2. Hipótesis Alternativa**

Si existe correlación entre el CBR (Capacidad de Soporte de California), DCP (Penetrómetro Dinámico de Cono) y las propiedades índice y mecánicas en los suelos de las parroquias: Ulba y Río Verde del cantón Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar la correlación entre el CBR de laboratorio, DCP y las propiedades índice y mecánicas de los suelos de las parroquias: Ulba y Río Verde del cantón Baños, provincia de Tungurahua.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Realizar la extracción de muestras representativas de suelo en estado natural de las vías ubicadas dentro de las parroquias Ulba y Río Verde del cantón Baños, provincia de Tungurahua.
- Determinar las propiedades índices – mecánicas de los suelos de las parroquias: Ulba y Río Verde del cantón Baños, mediante la realización de ensayos de clasificación, compactación y CBR.
- Ampliar la base de datos existente, referente a estudios de correlación entre el CBR de laboratorio, DCP y las propiedades índice y mecánicas de los suelos de la provincia de Tungurahua.
- Aplicar los resultados de la investigación en el diseño de pavimentos para vías rurales, del cantón Baños de la provincia de Tungurahua.
- Zonificar los diferentes tipos de suelo de las parroquias: Ulba y Río Verde de acuerdo con la clasificación de suelos SUCS, AASHTO y las propiedades físicas y mecánicas obtenidas.

## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA**

La metodología aplicarse en el actual proyecto de titulación es de carácter experimental por cuanto a continuación se detalla las distintas investigaciones manejadas.

#### **2.1. Nivel o tipo de investigación empleada**

##### **2.1.1. Investigación Aplicada**

Dada la necesidad de aplicar lo aprendido teóricamente en una forma práctica, surge la necesidad de realizar diferentes ensayos en campo, como en laboratorio de las distintas muestras de suelo de las parroquias Ulba y Río Verde del cantón Baños de Agua Santa perteneciente a la provincia de Tungurahua, con el fin de obtener una base de datos del comportamiento y características de estos suelos.

##### **2.1.2. Investigación exploratoria**

Previo a recolectar las muestras de suelo en la zona de estudio, es necesario realizar un reconocimiento de las vías accesibles y con mayor flujo vehicular que cumplan con las especificaciones establecidas.

##### **2.1.3. Investigación experimental**

De manera que las muestras serán ensayadas y analizadas en laboratorio se obtendrán datos que ayuden a identificar el tipo de suelo y su comportamiento como material de construcción, a través de ensayos de granulometría, plasticidad, compactación y aquella correlación entre los valores de DCP y CBR de laboratorio.

##### **2.1.4. Investigación explicativa**

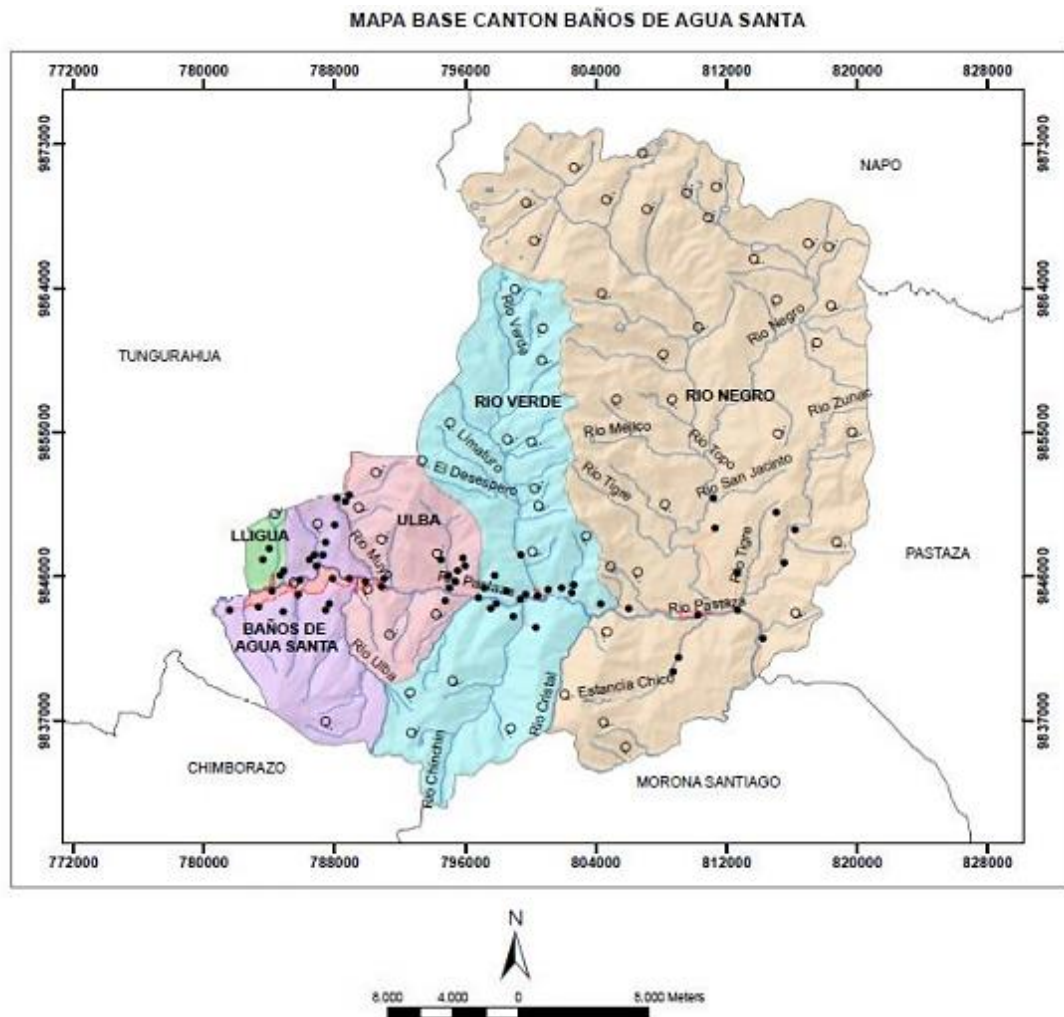
Verificar de manera práctica y analítica la teoría de correlación que existe entre los ensayos C.B.R, DCP y las propiedades índices de los suelos.

#### **2.2. Población y muestra**

##### **2.2.1. Población:**

El presente trabajo experimental se desarrolla en la región Interandina o Sierra, en el cantón Baños de Agua Santa perteneciente a la provincia de Tungurahua. El cantón Baños de Agua Santa cuenta con una extensión de 1066 km<sup>2</sup>; una población de 25043

habitantes que ocupan las 5 parroquias, Lligua, Baños de Agua Santa, Ulba, Río Verde y Río Negro. La temperatura promedio de la zona oscila entre los 20°C; un rango altitudinal que va desde los 1176 msnm en los valles hasta los 4992 msnm en la cordillera. Por su ubicación geográfica el suelo predominante es la arcilla semi-metamorfizada proveniente de las numerosas erupciones volcánicas producidas en la zona. En el cantón el 75% de área está cubierta por los bosques nativos al estar ubicado entre las reservas ecológicas de Sangay y Llanganates, razón por que su principal actividad económica es el ecoturismo.[31]



**Figura 15.** Base del Cantón Baños de Agua Santa.

*Fuente:* DIAGNÓSTICO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA. [31]

### 2.2.2. Muestra:

La muestra que se tomó fue la parroquia Ulba y Río Verde de las cuales se seleccionó cuatro vías Interparroquiales de tercer orden que conecten los pueblos aledaños. De cada una de las vías de estudio se tomó tres muestras aleatorias para ser analizarlas mediante ensayos de campo y laboratorio.

Recaudando datos de un total de doce muestras dentro del cantón Baños de Agua Santa.

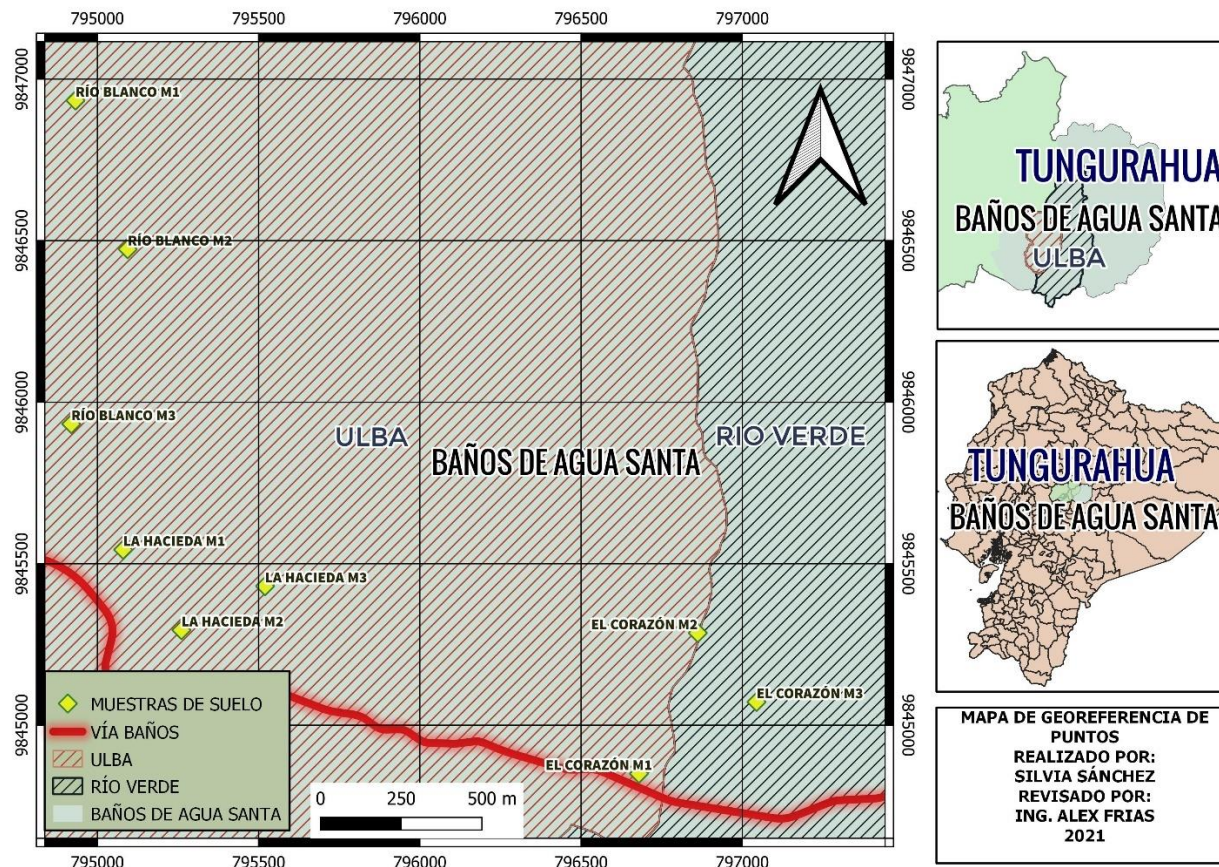
**Tabla 26.** Ubicación geográfica de las muestras.

PARROQUIA	VÍAS	CALICATA	COORDENADAS		
			E	N	Elev.
ULBA	VISCAYA	1	788508.721	9851053.082	2322.71
		2	788525.806	9850920.268	2270.62
		3	788848.73	9850861.26	2185.31
	RÍO BLANCO	1	794931.67	9846933.839	1810.81
		2	795093.632	9846473.387	1810.81
		3	794918.709	9845932.151	1810.81
	LA HACIENDA	1	795079.656	9845542.914	1592.59
		2	795260.372	9845294.079	1887.24
		3	795519.733	9845430.096	1956.01
RÍO VERDE	EL CORAZÓN	1	796679.475	9844849.534	1575.63
		2	796862.061	9845285.027	1659.23
		3	797044.065	9845071.572	1827.68

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

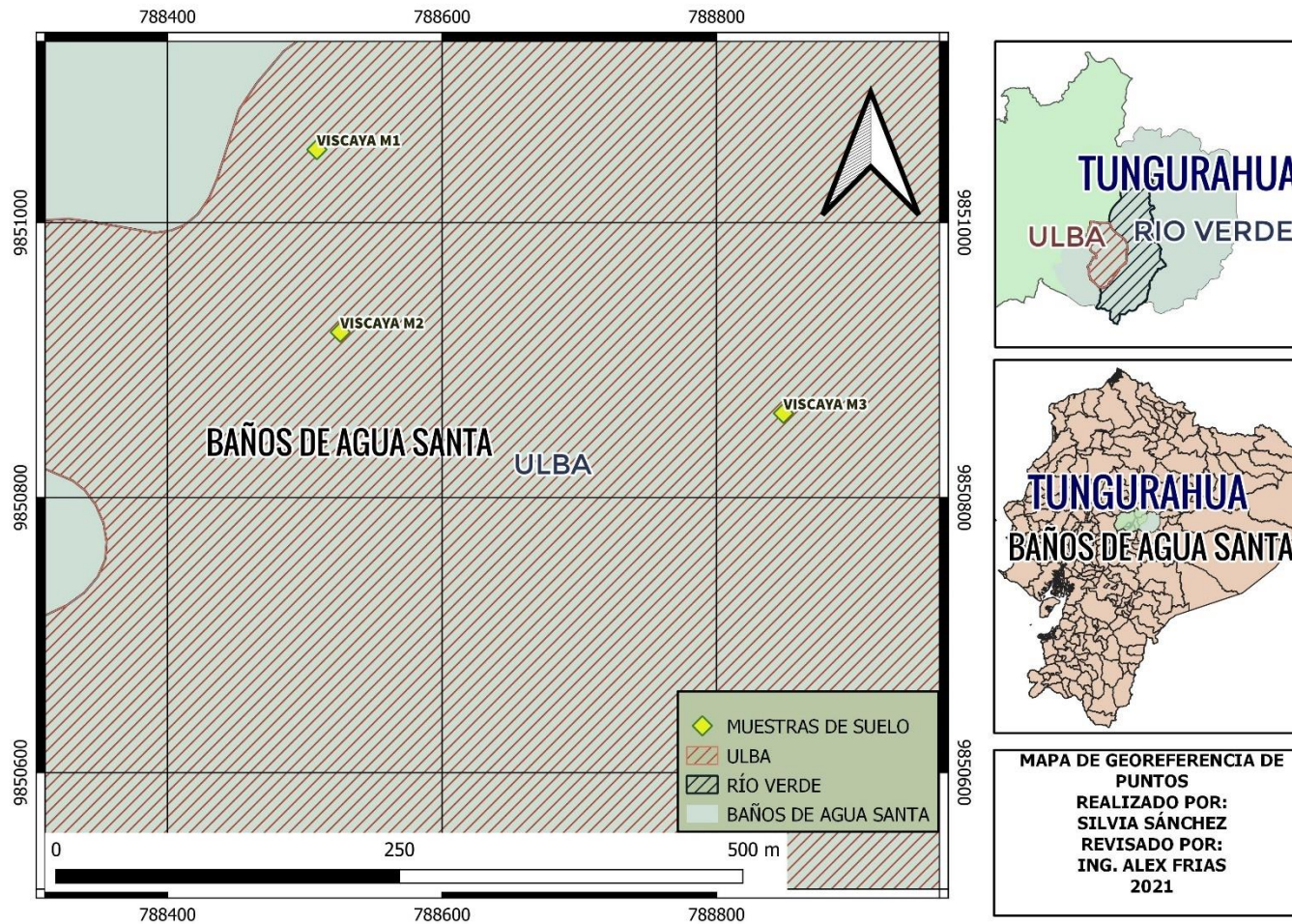


### 2.3. Ubicación de los pozos del proyecto



**Figura 16.** Georreferenciación de muestras de suelo de la parroquia Ulba y Río Verde.  
*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*





**Figura 17.** Georreferenciación de muestras de suelo de la parroquia Ulba.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

## 2.4. Equipos y materiales

Tabla 27. Equipos y Materiales – Normativas.

ENSAYOS	MATERIALES	EQUIPOS	NORMA
<i>Pozo a Cielo Abierto</i>	Muestras in Situ	Pico, pala, azadon, barra, flexómetro.	AASHTO - T-87 - 70
<i>Densidad de campo (Método de Cono y Arena de Ottawa)</i>	Muestras in Situ	Cono, frasco de arena, placa metálica, cuchara, cincel, clavos, martillo, funda, balanza	AASHTO - T-191 - 2014
<i>Penetrómetro de Cono Dinámico (DCP)</i>	Muestras in Situ	Equipo DCP, Libreta de apuntes	ASTMD 6951-03
<i>Gravedad específica</i>	50 gramos de suelo que pasa el Tamiz N°4	Picnómetro, Tamiz N° 4, Termómetro, Pipeta, Embudo, Recipiente, Horno.	AASHTO - T-100 - 2015
<i>Análisis Granulométrico</i>	Muestra lavada	Juego de tamices, Brocha, Recipientes, Tamizadora.	AASHTO - T-88 - 2013
<i>Límite Líquido</i>	Muestra de suelo que pasa el tamiz N° 40	Copa de Casa Grande, Mortero de porcelana, Espátula, Acanalador, Enrazador, Recipientes,	AASHTO - T-89 - 2013
<i>Límite Plástico</i>	Muestra de suelo que pasa el tamiz N° 40	Mortero de porcelana, Placa de vidrio, Espátula, Recipientes, Horno.	AASHTO - T-90 - 2016
<i>Próctor Modificado Tipo B</i>	Muestra de suelo (5000 kg) por cada punto, que pasa el tamiz N° 4	Molde de 6" de diámetro, collarín, base, Martillo de compactación, probeta graduada, Palustre, Bandeja,	AASHTO - T-180 - 2018
<i>California Bearing Ratio (C.B.R.)</i>	Muestra de suelo (5000 kg) por cada punto, que pasa el tamiz N° 4	Multispeed 34-V1172.	AASHTO - T-193 - 2013

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

## 2.5. Métodos

### 2.5.1. Plan de recolección de datos

Tabla 28. Plan de recolección de datos.

<b>PREGUNTAS BÁSICAS</b>	<b>EXPLICACIÓN</b>
¿Para qué?	Correlacionar las propiedades índice y mecánicas de diferentes suelos con su respectivo valor de CBR obtenido en laboratorio.
¿A quién?	A las muestras de suelo extraídas en la parroquia Ulba y Río Verde del cantón Baños de Agua Santa.
¿Sobre qué aspectos?	Las propiedades de los suelos obtenidas mediante los ensayos de campo y laboratorio, el valor de CBR obtenido del ensayo de Soporte de California.
¿Quién?	La investigadora Silvia Paulina Sánchez Ch.
¿Cuándo?	Ensayos de campo: del 22 al 25 de febrero de 2021. Ensayos de laboratorio: del 1 al 23 de marzo de 2021. Procesamiento de datos: Abril, Mayo y Junio de 2021
¿Dónde?	Parroquia Ulba y Río Verde para reconocimiento y toma de muestras de suelo para realizar ensayos de campo. Laboratorio de Suelos LABSASH a cargo del Ing. Andrés Manotoa, para la ejecución de los ensayos de laboratorio.
¿Técnica de Recolección?	Ensayo DCP "Penetración de Cono Dinámico" (ASTM 6951-03) y Densidad de Campo con el método de Cono y Arena de Ottawa ( AASHTO T 191) son ensayos de campo, previo a su ejecución se retira la capa vegetal. Extracción de las muestras de suelo para su posterior análisis en laboratorio con un peso aproximado de 50 kg. El suelo extraído debe ser colocado bajo el sol para el proceso de desecación y tamizado por el tamiz N°4. El ensayo de granulometría debe ser ejecutado bajo normativa (AASHTO T 88 2013). Para la obtención de los Límites de Atterberg se ejecuta la normativa ( AASHTO T 89 2013 Y AASHTO T 90 2016), con una muestra de suelo que pasa la malla N° 40 de aproximadamente 500 gr. El ensayo de gravedad específica (AASHTO T 100 2015) con muestra de suelo de 300 gr aproximadamente que pasa el tamiz N°4. El contenido de humedad óptimo y densidad seca máxima obtenido por el ensayo de Compactación (AASHTO T-180; ASTM D1557; INEN 860 ) para el posterior ensayo CBR especificado en ( AASHTO T 193 2013).

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

## 2.5.2. Ensayos de campo y laboratorio

### 2.5.2.1. Pozo a cielo abierto



**Figura 18.** Pozo a cielo abierto, M2-Viscaya.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

### 2.5.2.2. Densidad de campo



**Figura 19.** Densidad de campo, M3-La Hacienda.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



### 2.5.2.3. DCP (Penetrómetro de Cono Dinámico)



**Figura 20.** Ensayo DCP, M2-Río Blanco.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

### 2.5.2.4. Gravedad específica



**Figura 21.** Ensayo de Gravedad Específica.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

#### 2.5.2.5. Análisis granulométrico



**Figura 22.** Análisis Granulométrico. Colocar la muestra de suelo dentro del juego de matices.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

#### 2.5.2.6. Límite líquido (copa de Casagrande)



**Figura 23.** Ensayo Límite Líquido, M1-Río Blanco.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

### 2.5.2.7. Límite plástico



**Figura 24.** Ensayo Límite Plástico, M1-Río Blanco.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

### 2.5.2.8. Compactación (Próctor Modificado)



**Figura 25.** Ensayo compactación, Próctor Modificado “B”, M3-Río Blanco.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

### 2.5.2.9. C.B.R. (California Bearing Ratio)



**Figura 26.** Ensayo C.B.R, M2-Río Blanco.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

## 2.6. Plan de proceso y análisis de datos

### 2.6.1. Proceso de información

En cumplimiento a formatos establecidos por la Universidad Técnica de Ambato, se representa los valores y datos arrojados en tablas y diagramas que ayuden a la interpretación de resultados, de forma clara y comprensiva al lector.

### 2.6.2. Resultados



- Obtener las correlaciones experimentales empleando dos o tres variables obtenidas de entre las propiedades índice y mecánicas y el CBR de laboratorio para los suelos estudiados, empleando ecuaciones con modelos matemáticos: lineales, logarítmicos, potenciales y exponenciales que serán aplicados a los datos muestrales. Con el fin de obtener el coeficiente de correlación en estudio superior al 50% para ser aceptado como válido.
- Aplicar los valores de CBR obtenidos en laboratorio como el encontrado bajo el proceso de correlación en el diseño de un pavimento flexible.
- Verificar la hipótesis, establecer conclusiones y recomendaciones basadas en los múltiples valores hallados en la investigación de las muestras de suelo.



### 2.6.2.1 Metodología de correlación

#### 2.6.2.1.1. Correlación lineal múltiple

**Tabla 29.** Correlación lineal múltiple.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL <b>CORRELACIÓN</b>							
<b>PROYECTO:</b>		CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.							
ECUACIÓN LINEAL MÚLTIPLE									
N° MUESTRA	VARIABLE 1	VARIABLE 2	VARIABLE 3	$Z = a_0 + a_1X + a_2Y$					
	X	Y	Z	XZ	YZ	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	Z <sup>2</sup>
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
Σ									

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

#### EC. LINEAL MÚLTIPLE

$$Z = a_0 + a_1X + a_2Y$$

Sistema de ecuaciones:

$$\sum Z = a_0n + a_1 \sum X + a_2 \sum Y$$

$$\sum XZ = a_0 \sum X + a_1 \sum X^2 + a_2 \sum XY$$

$$\sum YZ = a_0 \sum Y + a_1 \sum XY + a_2 \sum Y^2$$

Determinar los coeficientes por método de matriz inversa.

$a_0, a_1, a_2$



$$Y = a_0 + a_1X1 + a_2 X2$$

Coefficiente de correlación:

$$r^2 = \frac{a_0 \sum Z + a_1 \sum XZ + a_2 \sum YZ - nYmed^2}{\sum Y^2 - nYmed^2}$$

### 2.6.2.1.2. Correlación Múltiple – Logarítmica

**Tabla 30.** Correlación múltiple – logarítmica.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CORRELACIÓN								
<b>PROYECTO:</b>		CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.								
ECUACIÓN MÚLTIPLE LOGARÍTMICA										
N° MUESTR A	VARIABL E 1	VARIABL E 2	VARIABL E 3	$Z = a_0 + a_1 \log(X) + a_2 Y$						
	X	Y	Z	X' = Log (X)	X'Z	YZ	X'Y	X'2	Y2	Z2
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
Σ										

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

### EC. MÚLTIPLE LOGARÍTMICA

$$Z = a_0 + a_1 \log(X) + a_2 Y$$

Sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned} \sum Z &= a_0 n + a_1 \sum X' + a_2 \sum Y \\ \sum X'Z &= a_0 \sum X' + a_1 \sum X'^2 + a_2 \sum X'Y \\ \sum YZ &= a_0 \sum Y + a_1 \sum X'Y + a_2 \sum Y^2 \end{aligned}$$

Determinar los coeficientes por método de matriz inversa.

$a_0, a_1, a_2$


$$Y = a_0 + a_1 \text{Log}(X) + a_2 Y$$

Coeficiente de correlación:

$$r^2 = \frac{a_0 \sum Z + a_1 \sum X'Z + a_2 \sum YZ - nY_{med}^2}{\sum Y^2 - nY_{med}^2}$$

### 2.6.2.1.3. Correlación Múltiple – Potencial

Tabla 31. Correlación múltiple – potencial.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL <b>CORRELACIÓN</b>											
<b>PROYECTO:</b>		CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.											
		<b>ECUACIÓN MÚLTIPLE - POTENCIAL</b>											
N° MUESTR A	VARIABL E 1	VARIABL E 2	VARIABL E 3	$\log(Z) = \log(a_0) + a_1 \log(X) + a_2 \log(Y)$									
	X	Y	Z	X' = log(X)	Y' = log(Y)	Z' = log(Z)	X'Z'	Y'Z'	X'Y'	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	Z <sup>2</sup>	
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
Σ													

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

#### EC. MÚLTIPLE POTENCIAL

$$\log(Z) = \log(a_0) + a_1 \log(X) + a_2 \log(Y)$$

Sistema de ecuaciones:

$$\sum Z' = a_0 n + a_1 \sum X' + a_2 \sum Y'$$

$$\sum X'Z' = a_0 \sum X' + a_1 \sum X'^2 + a_2 \sum X'Y'$$

$$\sum Y'Z' = a_0 \sum Y' + a_1 \sum X'Y' + a_2 \sum Y'^2$$

Determinar los coeficientes por método de matriz inversa.

$a_0, a_1, a_2$

$$\text{Log}(Y) = \text{Log}(a_0) + a_1 \log(X) + a_2 \log(Y)$$



$$Y = \ln(a_0) + X1^{a_1} + X2^{a_2}$$

Coefficiente de correlación:

$$r^2 = \frac{a_0 \sum Z' + a_1 \sum X'Z' + a_2 \sum Y'Z' - nY'med^2}{\sum Y'^2 - nY'med^2}$$

#### 2.6.2.1.4. Correlación Múltiple Exponencial

Tabla 32. Correlación múltiple – potencial.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL <b>CORRELACIÓN</b>								
<b>PROYECTO:</b>		CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.								
<b>ECUACIÓN MÚLTIPLE - EXPONENCIAL</b>										
N° MUESTR A	VARIABL E 1	VARIABL E 2	VARIABL E 3	$\text{Ln}(Z) = \text{Ln}(a_0) + a_1X + a_2Y$						
	X	Y	Z	Z' = log(Z)	XZ'	Y'Z'	XY	X2	Y2	Z'2
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
Σ										

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

#### EC. MÚLTIPLE EXPONENCIAL

$$\text{Ln}(Z) = \text{Ln}(a_0) + a_1X + a_2Y$$

Sistema de ecuaciones:

$$\sum Z' = a_0n + a_1 \sum X + a_2 \sum Y$$

$$\sum XZ' = a_0 \sum X + a_1 \sum X^2 + a_2 \sum XY$$

$$\sum YZ' = a_0 \sum Y + a_1 \sum XY + a_2 \sum Y^2$$

Determinar los coeficientes por método de matriz inversa.

$a_0, a_1, a_2$

$$\ln(Y) = \ln(a_0) + a_1X + a_2Y$$

Coefficiente de correlación:

$$r^2 = \frac{a_0 \sum Z' + a_1 \sum XZ' + a_2 \sum YZ' - nY'med^2}{\sum Y'^2 - nY'med^2}$$

### **2.6.2.2. Diseño pavimento flexible**

Una vez se haya obtenido los valores de CBR de laboratorio y empleado las diferentes propiedades tanto índice como mecánicas de los suelos en estudio en el proceso de correlación y determinado la mejor ecuación con el mayor valor de coeficiente de determinación  $r^2$ , se da paso al diseño de pavimento flexible bajo las especificaciones del método de diseño asfáltico internacional AASTHO – 93. El proceso se desarrolla bajo parámetros establecidos en la normativa que son empleados en un software en base al método AASHTO – 93, obteniéndose espesores de las capas propias de la estructura de pavimento en cumplimiento con los espesores mínimos capaces de soportar las diferentes cargas a presentarse en las vías de estudio.[32]

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados y discusión

En la Parroquia Ulba y Río Verde se tomaron 12 muestras de suelo de manera aleatoria cubriendo las cuatro vías de estudio. De cada una de las muestras se determinaron las propiedades índice y mecánicas con la ayuda de ensayos de campo y laboratorio que se muestran en este capítulo.

En esta investigación se utilizaron nombres para las vías en estudio buscando identificar de manera rápida y eficiente su ubicación, tal cual se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 33.** Denominación de vías.

<i>PARROQUIA</i>	<i>VÍAS</i>	<i>VÍAS</i>	<i>CALICATA</i>	<i>N<sup>o</sup></i>
ULBA	ULBA - VISCAYA	VISCAYA	1	1
			2	2
			3	3
	EL PALACIO - VISCAYA	RÍO BLANCO	1	4
			2	5
			3	6
	ULBA - EL PALACIO	LA HACIENDA	1	7
			2	8
			3	9
RÍO VERDE	EL PALACIO - SAN PEDRO	EL CORAZÓN	1	10
			2	11
			3	12

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

Se muestra cada una de las nomenclaturas representativas de cada una de las propiedades halladas en la investigación experimental desarrollada en el presente año para una mejor comprensión lectora.

**Tabla 34.** Nomenclatura.

N°	Descripción	Nomenclatura	Unidad
1	Contenido de humedad natural	Wnat	%
2	Contenido de humedad óptimo	Wópt	%
3	Grado de saturación de agua	Gw	%
4	Grado de saturación de aire	Ga	%
5	Gravedad específica	Gs	-
6	Límite líquido	LL	%
7	Límite plástico	LP	%
8	Índice plástico	IP	%
9	Índice de grupo	IG	-
10	Porosidad	n	%
11	Relación de vacíos	e	-
12	Densidad seca In-Situ	$\gamma d \text{ in} - \text{situ}$	gr/cm <sup>3</sup>
13	Densidad húmeda In-Situ	$\gamma h \text{ in} - \text{situ}$	gr/cm <sup>3</sup>
14	Densidad seca máxima	$\gamma d \text{ máx}$	gr/cm <sup>3</sup>
15	Índice de Penetración	DN	mm/golpe
16	Porcentaje de Fino	%F	%
17	Porcentaje de Arena	%S	%
18	Porcentaje de Grava	%G	%
19	Coficiente de uniformidad	Cu	-
20	Coficiente de curvatura	Cc	-
21	Grado de compactación	Gc	%
22	CBR - 0.1 pulg. de penetración	CBR "0.1"	%
23	CBR - 0.2pulg. de penetración	CBR "0.2"	%
24	CBR mayor ( 0.1"-0.2")	CBR"MAYOR"	%

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

### 3.1.1. Propiedades Índice

#### 3.1.1.1. Gravedad específica

La gravedad específica es una de las primeras propiedades en análisis, los valores en cada una de las muestras de suelo están dentro del rango (2.54 a 2.77) estableciéndose un promedio de 2.64, valor característico de los suelos friccionantes propios de la parte central del país.

**Tabla 35.** Ensayo de gravedad específica.

<b>N°</b>	<b>VÍAS</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA (GS)</b>
1	RÍO BLANCO	1	2.58
2		2	2.65
3		3	2.66
4	EL CORAZÓN	1	2.58
5		2	2.69
6		3	2.64
7	LA HACIENDA	1	2.73
8		2	2.61
9		3	2.64
10	VISCAYA	1	2.54
11		2	2.61
12		3	2.77

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

### **3.1.1.2. Densidad de Campo**

Empleando el método de Cono y Arena de Ottawa se determinan las propiedades índices de densidad seca y húmeda in situ, contenido de humedad natural, relación de vacíos, porosidad, grado de saturación del agua y de aire de las muestras de suelo.

Sus valores permiten establecer que de las 12 muestras de suelo 2 de ellas presentan resultados a fines a los de los suelos cohesivos esto se debe a una mayor cantidad de finos en estas dos muestras.

Por el contenido de humedad se acierta que las 10 muestras de suelo son friccionantes al estar en un rango de 10% a 30%, estas muestras de suelo pertenecen a tres de las cuatro vías en estudio. Las dos muestras restantes dan como resultado un w% de 66.89 y 82.64 afirmando que en su mayoría estos suelos poseen mayor cantidad de finos, estas muestras pertenecen a la vía Ulba – Vizcaya. Este puede ser el resultado de la ubicación geográfica de estos puntos, al encontrarse a una altura que supera los 2200 msnm y estar ubicados en el límite cantonal entre Baños y Patate. Las condiciones climáticas de la zona es otro de los factores que afectan directamente en las propiedades de los suelos, estar junto a la reserva ecológica Los Llanganates hace más propensa a la presencia de lluvias.



**Tabla 36.** Ensayo de densidad de campo.

N°	VÍAS	MUESTRA	Densidad de Campo						
			$\gamma_h$ in situ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ in situ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\omega$ nat (%)	e	n(%)	G <sub>w</sub> (%)	G <sub>a</sub> (%)
1	RÍO BLANCO	1	1.747	1.424	22.65	0.807	44.662	71.833	28.167
2		2	1.722	1.435	19.97	0.843	45.731	62.553	37.447
3		3	1.827	1.546	18.22	0.719	41.834	67.014	32.986
4	EL CORAZÓN	1	1.816	1.473	23.24	0.752	42.920	79.961	20.039
5		2	1.865	1.653	12.79	0.626	38.491	54.087	45.913
6		3	1.840	1.624	13.30	0.623	38.379	55.581	44.419
7	LA HACIENDA	1	1.791	1.553	15.28	0.754	42.973	54.731	45.269
8		2	1.759	1.411	24.68	0.853	46.019	75.880	24.120
9		3	1.842	1.546	19.13	0.705	41.339	71.345	28.655
10	VISCAYA	1	1.545	0.926	66.89	1.788	64.130	98.582	1.418
11		2	1.511	0.828	82.46	2.154	68.298	99.942	0.058
12		3	1.868	1.583	18.01	0.751	42.884	66.179	33.821

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

### 3.1.1.3. Límites de Atterberg

Los valores de LL Y LP de las 10 muestras de suelo pertenecen a suelos arenosos con presencia de finos en su mayoría limo característico de los suelos de la región Sierra. Las dos muestras restantes son suelos cohesivos propiamente suelos limosos.

Tanto el IP como el IG establecen que, de las 12 muestras de suelo extraído, 10 son suelos arenosos con poca presencia de fino o denominado material granular.

**Tabla 37.** Ensayo de Límites de Plasticidad.

N°	VÍAS	MUESTRA	LÍMITES DE ATTERBERG			
			LL(%)	LP(%)	IP	IG
1	RÍO BLANCO	1	37.20	33.45	3.75	0
2		2	34.75	32.70	2.05	0
3		3	30.6	29.01	1.59	0
4	EL CORAZÓN	1	42.2	36.11	6.09	0
5		2	24.5	21.59	2.91	0
6		3	25.3	24.46	0.84	0
7	LA HACIENDA	1	32	31.24	0.76	0
8		2	36.4	30.23	6.17	0
9		3	29.85	24.99	4.86	0
10	VISCAYA	1	69.6	64.58	5.02	5
11		2	74.7	70.15	4.55	3
12		3	38.7	34.02	4.68	0

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

### 3.1.1.4. Análisis Granulométrico

Las vías denominadas Río Blanco, El Corazón y La Hacienda poseen suelos con una cantidad predominante de arena (S%) con un promedio del 55%, así también compuestos por grava (G%) en promedio 21% y con presencia de finos (F%) en promedio 24%, los valores de CU y CC describen suelos bien graduados con algunas excepciones. Las otras muestras ubicadas en la vía Vizcaya como se analiza en propiedades anteriores, cuentan con un mayor porcentaje de finos superando el 40%, un porcentaje muy bajo casi despreciable de grava (0.5 %) y un valor del 48 % de arena; valor que tiene relación con todas las muestras descritas anteriormente. Es decir, son suelos arenosos con menor o mayor cantidad de finos.

**Tabla 38.** Ensayo de Análisis Granulométrico.

N°	VÍAS	MUESTRA	Granulometría				
			G(%)	S(%)	F(%)	CU	CC
1	RÍO BLANCO	1	26.85	45.94	27.22	113.33	0.47
2		2	30.68	52.40	16.92	50.00	0.55
3		3	23.95	57.96	18.09	56.67	0.86
4	EL CORAZÓN	1	8.51	58.52	32.97	38.57	0.48
5		2	8.75	70.06	21.19	77.14	2.39
6		3	16.14	61.60	22.26	80.00	1.80
7	LA HACIENDA	1	22.51	60.10	17.39	53.33	1.10
8		2	17.52	48.52	33.96	120.00	0.25
9		3	17.28	49.84	32.88	61.54	0.35
10	VISCAYA	1	0.51	47.87	51.62	12.00	0.61
11		2	0.07	56.00	43.93	15.00	0.57
12		3	38.30	41.17	20.53	142.86	0.39

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

### 3.1.1.5. Clasificación de Suelos

En relación a la clasificación SUCS, 9 de las 12 muestras tomadas del cantón Baños son consideradas como arenas limosas, un suelo areno arcilloso y dos suelos limosos de alta plasticidad. Esta clasificación concuerda en su totalidad con la clasificación AASHTO que por grupos los ha clasificado como A-2-4, A-2-5 “Material granular” y A-5 “Material limo – arcilloso”.

**Tabla 39.** Ensayo de Análisis Granulométrico.

N°	VÍAS	MUESTRA	CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
			SUCS	AASHTO
1	RÍO BLANCO	1	SM	A-2-4
2		2	SM	A-2-4
3		3	SM	A-2-4
4	EL CORAZÓN	1	SC	A-2-5
5		2	SM	A-2-4
6		3	SM	A-2-4
7	LA HACIENDA	1	SM	A-2-4
8		2	SM	A-2-4
9		3	SM	A-2-4
10	VISCAYA	1	MH	A-5
11		2	MH	A-5
12		3	SM	A-2-4

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

### 3.1.2. Propiedades Mecánicas

#### 3.1.2.1. DCP (Penetrómetro Dinámico de Cono)

Los valores varían significativamente entre muestra, esto se debe a la presencia de grava en la mayoría de éstos, resultado de ser suelos provenientes de las numerosas erupciones volcánicas, así también estar cercanas a fuentes hídricas. Al momento de ejecución del ensayo se encontraron rocas demasiado grandes que era imposible removerlas.

**Tabla 40.** Ensayo DCP.

N°	VÍAS	MUESTRA	DCP in situ
1	RÍO BLANCO	1	10.86
2		2	4.88
3		3	22.81
4	EL CORAZÓN	1	6.99
5		2	21.55
6		3	22.59
7	LA HACIENDA	1	22.80
8		2	56.69
9		3	7.96
10	VISCAYA	1	32.76
11		2	11.23
12		3	3.95

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

### 3.1.2.2 Compactación Próctor Modificado "B"

Mediante el proceso de compactación se logró un grado de compactación superior al 80% en todos los casos, la densidad seca máxima promedio de los 10 suelos con las mismas características es de 1.89 kg/m<sup>3</sup>. Los contenidos de humedad óptimos varían para cada muestra, se observa también que dos de los suelos pertenecientes a la vía Ulba – Vizcaya son los que mayor contenido de humedad óptimo necesitan para llegar a un grado de compactación ideal.

**Tabla 41.** Ensayo de Próctor Modificado "B".

N°	VÍAS	MUESTRA	PRÓCTOR MODIFICADO "B"		
			$\gamma_d$ max (gr/cm <sup>3</sup> )	$\omega$ óptima (%)	Gc(%)
1	RÍO BLANCO	1	1.687	20.20	84.43
2		2	1.774	17.50	80.89
3		3	1.967	13.70	78.58
4	EL CORAZÓN	1	1.841	15.70	80.03
5		2	2.061	9.50	80.21
6		3	2.004	8.00	81.05
7	LA HACIENDA	1	1.973	13.35	78.72
8		2	1.749	18.00	80.68
9		3	1.954	11.80	79.14
10	VISCAYA	1	1.180	40.80	78.45
11		2	1.076	56.70	76.95
12		3	1.910	16.10	82.88

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

### 3.1.2.3. CBR (California Bearing Ratio)

Las muestras al ser sometidas al ensayo CBR de laboratorio dan como resultado valores entre el 8 % y 25% y un valor promedio de CBR lab del 14 %, definiendo a este tipo de suelo como regular y puede ser empleado como sub – base en una estructura de pavimento. El valor de CBR calculado es propio de los suelos con mezclas de arena, grava y limo.

**Tabla 42.** Ensayo CBR.

N°	VÍAS	MUESTRA		CBR			CBR (puntual)
				MOLDE #1	MOLDE #2	MOLDE #3	
1	RÍO BLANCO	1	Absorción agua	1.28	3.74	6.73	12%
			Esponjamiento	0.03	0.07	0.11	
2		2	Absorción agua	5.29	5.51	8.33	13%
			Esponjamiento	0.22	0.39	0.61	
3		3	Absorción agua	1.80	3.36	6.89	16%
			Esponjamiento	0.17	0.31	0.35	
4	EL CORAZÓN	1	Absorción agua	3.42	7.56	11.06	19%
			Esponjamiento	0.17	0.32	0.42	
5		2	Absorción agua	2.61	4.17	6.07	21%
			Esponjamiento	0.05	0.23	0.28	
6		3	Absorción agua	8.94	8.97	9.08	8%
			Esponjamiento	0.68	0.73	0.80	
7	LA HACIENDA	1	Absorción agua	2.26	2.39	5.09	25%
			Esponjamiento	0.09	0.21	0.35	
8		2	Absorción agua	2.31	2.61	3.47	10%
			Esponjamiento	0.10	0.32	0.39	
9		3	Absorción agua	5.67	7.21	7.42	11%
			Esponjamiento	1.43	1.56	1.68	
10	VISCAYA	1	Absorción agua	5.43	6.53	6.28	10%
			Esponjamiento	0.71	0.74	0.95	
11		2	Absorción agua	7.82	8.48	9.63	10%
			Esponjamiento	0.13	0.26	0.46	
12		3	Absorción agua	1.45	3.95	5.42	8%
			Esponjamiento	0.09	0.13	0.16	

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

La absorción de agua de cada uno de los moldes varía de acuerdo al número de golpes a los que fueron sometidos cada molde. Se aprecia que el molde de 56 golpes es el que menor cantidad de agua absorbe esto es porque las partículas están mayormente consolidadas en relación a los otros dos moldes de 21 y 11 golpes respectivamente.

El valor de esponjamiento anotado a los dos días de estar sumergidos en agua es menor al máximo establecido que es el 2%.

La tabla detalla un resumen de cada una de las propiedades índice de las 12 muestras en estudio con su respectiva clasificación de suelos según SUCS y AASHTO.

**Tabla 43.** Resumen Propiedades índice.

MUESTR A N°	GS	<i>Densidad de Campo</i>							<i>Límites de Atterberg</i>				<i>Granulometría</i>			<i>Clasificación</i>	
		yh in situ (gr/cm <sup>3</sup> )	yd in situ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\omega$ nat (%)	e	n(%)	Gw(%)	Ga(%)	LL(%)	LP(%)	IP	IG	G(%)	S(%)	F(%)	SUCS	AASHTO
<b>1</b>	2.58	1.747	1.42	22.65	0.81	44.66	71.83	28.17	37.20	33.45	3.75	0	26.85	45.94	27.22	SM	A-2-4
<b>2</b>	2.65	1.722	1.43	19.97	0.84	45.73	62.55	37.45	34.75	32.70	2.05	0	30.68	52.40	16.92	SM	A-2-4
<b>3</b>	2.66	1.827	1.55	18.22	0.72	41.83	67.01	32.99	30.60	29.01	1.59	0	23.95	57.96	18.09	SM	A-2-4
<b>4</b>	2.58	1.816	1.47	23.24	0.75	42.92	79.96	20.04	42.20	36.11	6.09	0	8.51	58.52	32.97	SC	A-2-5
<b>5</b>	2.69	1.865	1.65	12.79	0.63	38.49	54.09	45.91	24.50	21.59	2.91	0	8.75	70.06	21.19	SM	A-2-4
<b>6</b>	2.64	1.840	1.62	13.30	0.62	38.38	55.58	44.42	25.30	24.46	0.84	0	16.14	61.60	22.26	SM	A-2-4
<b>7</b>	2.73	1.791	1.55	15.28	0.75	42.97	54.73	45.27	32.00	31.24	0.76	0	22.51	60.10	17.39	SM	A-2-4
<b>8</b>	2.61	1.759	1.41	24.68	0.85	46.02	75.88	24.12	36.40	30.23	6.17	0	17.52	48.52	33.96	SM	A-2-4
<b>9</b>	2.64	1.842	1.55	19.13	0.70	41.34	71.35	28.65	29.85	24.99	4.86	0	17.28	49.84	32.88	SM	A-2-4
<b>10</b>	2.54	1.545	0.93	66.89	1.79	64.13	98.58	1.42	69.60	64.58	5.02	5	0.51	47.87	51.62	MH	A-5
<b>11</b>	2.61	1.511	0.83	82.46	2.15	68.30	99.94	0.06	74.70	70.15	4.55	3	0.07	56.00	43.93	MH	A-5
<b>12</b>	2.77	1.868	1.58	18.01	0.75	42.88	66.18	33.82	38.70	34.02	4.68	0	38.30	41.17	20.53	SM	A-2-4

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

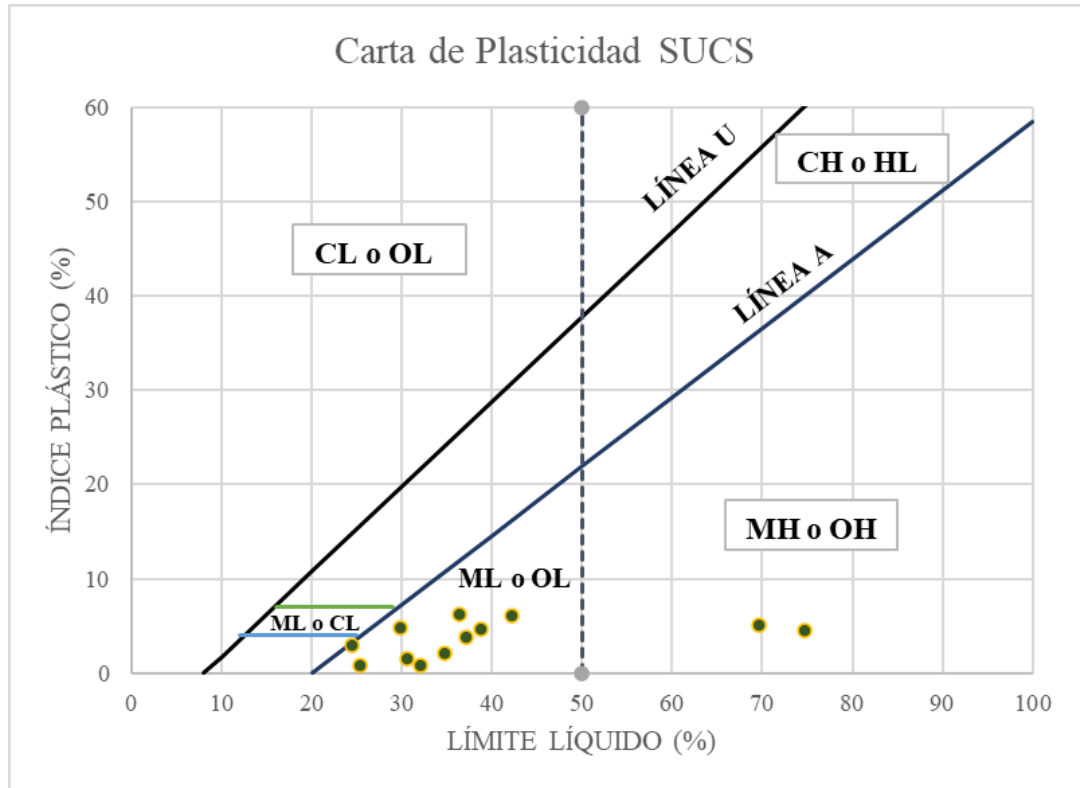
Las propiedades mecánicas encontradas en la investigación se detallan en la siguiente tabla a manera de facilitar el proceso de correlación de los suelos con intervención de las propiedades tanto índice como mecánicas.

**Tabla 44.** Resumen Propiedades mecánicas.

MUESTRA N°	DN (mm/golpe)	PRÓCTOR MODIFICADO "B"			CBR "MAYOR"
		yd max (gr/cm <sup>3</sup> )	ω óptima (%)	Gc(%)	CBR (puntual)
<b>1</b>	10.86	1.687	20.20	84.43	12%
<b>2</b>	4.88	1.774	17.50	80.89	13%
<b>3</b>	22.81	1.967	13.70	78.58	16%
<b>4</b>	6.99	1.841	15.70	80.03	19%
<b>5</b>	21.55	2.061	9.50	80.21	21%
<b>6</b>	22.59	2.004	8.00	81.05	8%
<b>7</b>	22.80	1.973	13.35	78.72	25%
<b>8</b>	56.69	1.749	18.00	80.68	10%
<b>9</b>	7.96	1.954	11.80	79.14	11%
<b>10</b>	32.76	1.180	40.80	78.45	10%
<b>11</b>	11.23	1.076	56.70	76.95	10%
<b>12</b>	3.95	1.910	16.10	82.88	8%

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

De acuerdo a la carta de plasticidad SUCS se ubican cada una de las muestras dentro del gráfico, apreciando claramente que la mayoría de los suelos son considerados como ML (Limos de baja plasticidad) y dos de las muestras son MH (Limos de alta plasticidad) por su mayor valor de Límite Líquido.

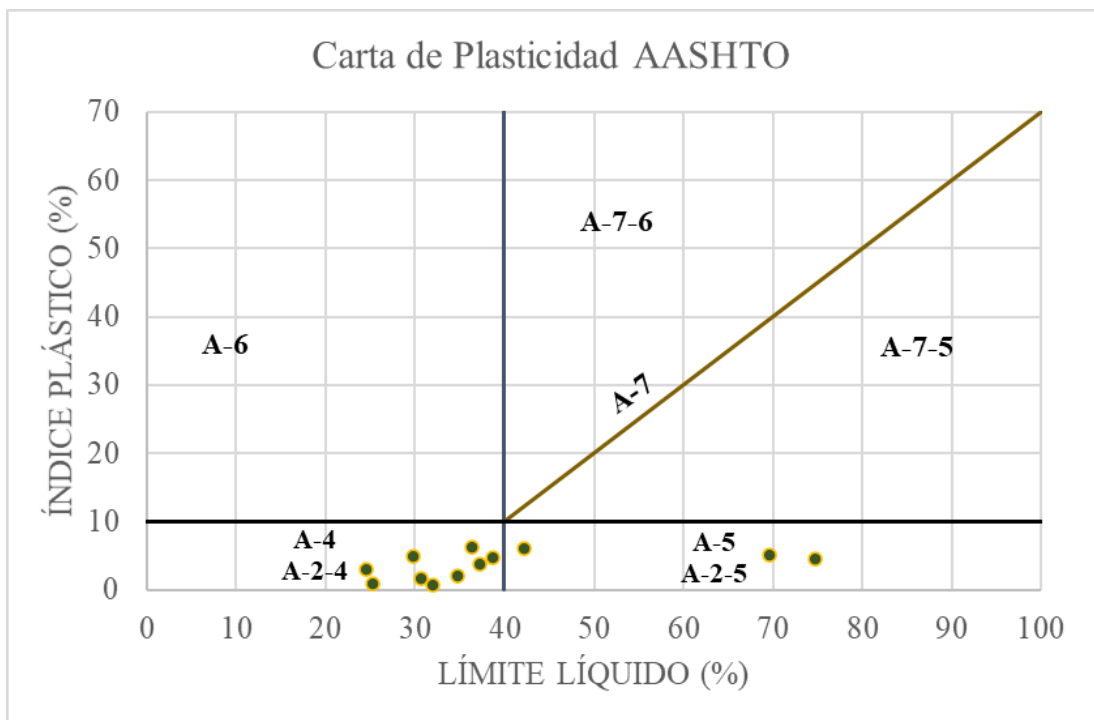


**Figura 27.** Carta de plasticidad SUCS con muestras de suelo.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

Según la carta de plasticidad AASHTO diez de los doce suelos analizados están dentro del subgrupo A-2-4 y A-2-5 que pertenece a un material granular y pueden ser clasificados como gravas o arenas limosas o arcillosas y los dos suelos restantes están dentro del grupo A-5 que da lugar a los suelos limosos.





**Figura 28.** Carta de plasticidad AASHTO con muestras de suelo.

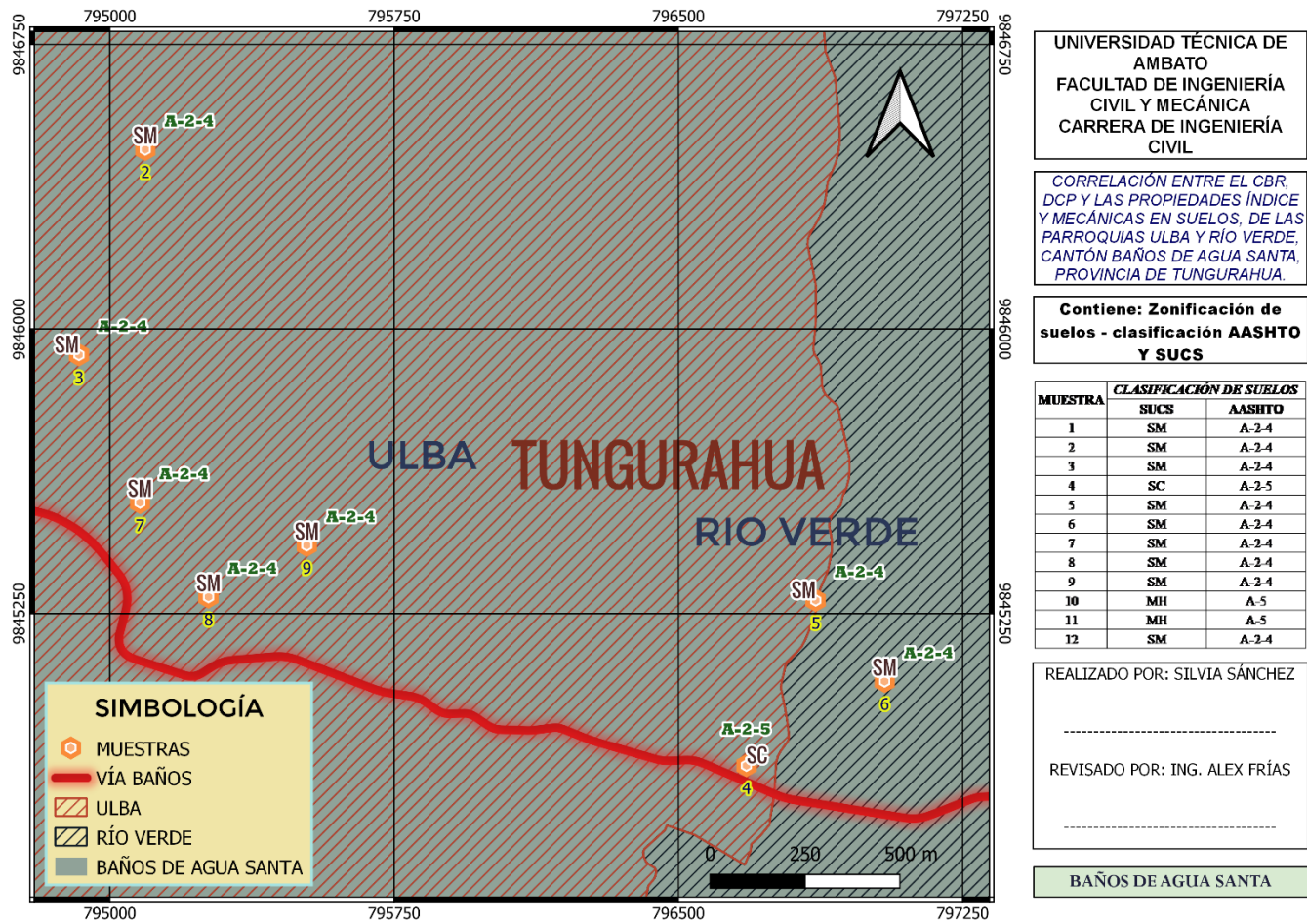
*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

### 3.1.3. Zonificación

De acuerdo a la clasificación SUCS y AASHTO se detalla en los siguientes mapas de la Fig. 29 y Fig. 30, el tipo de suelo correspondiente a cada una de las muestras obtenidas en las cuatro vías ubicadas en las parroquias Ulba y Río Verde del cantón Baños de Agua Santa.

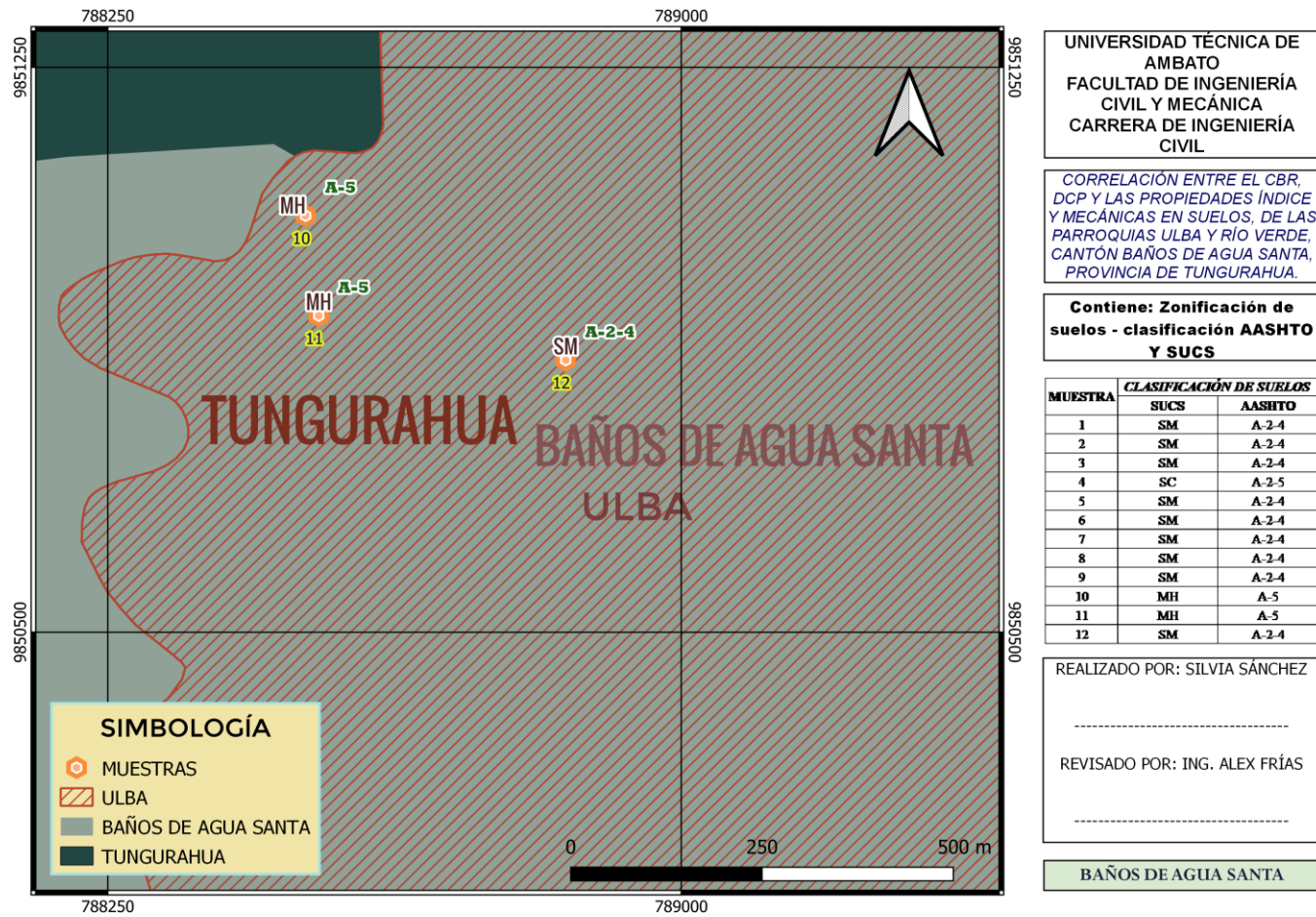
De las tres vías en estudio, dos de ellas ubicadas en la parroquia Ulba denominadas Río Blanco y la Hacienda y la vía El Corazón ubicada en la parroquia Río Verde. Las 9 muestras han sido clasificadas como Arenas Limosas-Arcillosas (SM-SC “SUCS”, A-2-4 \_ A-2-5 “AASHTO”) tal como se muestra en la Fig.29.

La vía denominada Vizcaya ubicada en la frontera cantonal entre Baños y Patate, que pertenece a la parroquia Ulba. Las muestras de suelo han sido clasificadas como Limos de alta plasticidad (MH “SUCS”, A-5 “AASHTO”) como se muestra en la Fig.30.



**Figura 29.** Zonificación P1 de suelos con Clasificación SUCS – AASHTO de Ulba y Río Verde.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



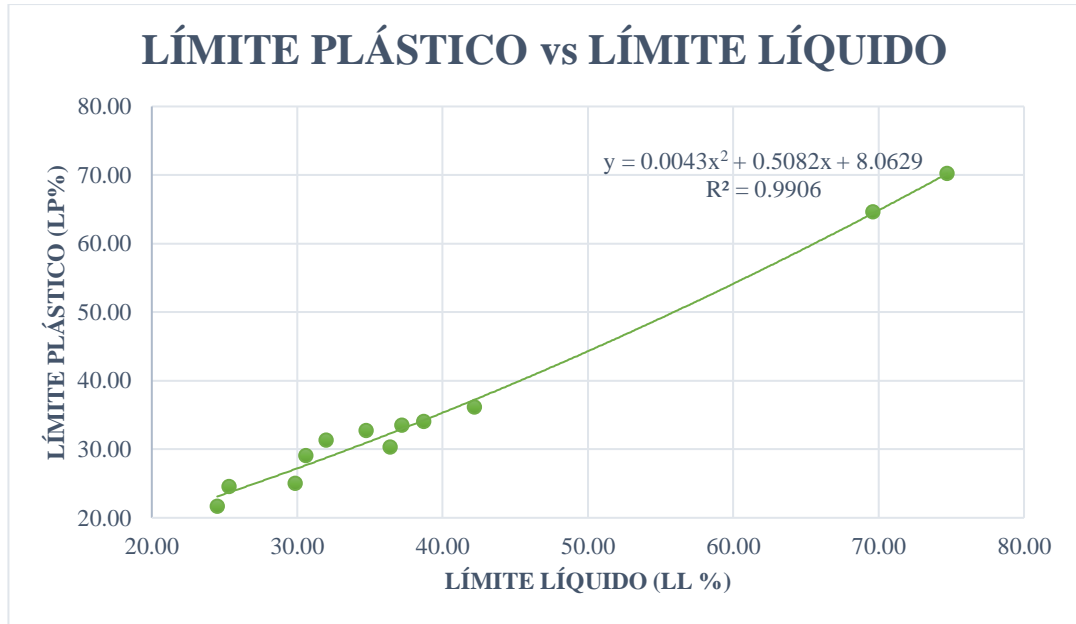
**Figura 30.** Zonificación P2 de suelos con Clasificación SUCS – AASHTO de Ulba y Río Verde.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

### 3.1.4. Correlaciones

Con los resultados obtenidos mediante los ensayos de campo como de laboratorio y detallados en las tablas resumen se continúa con el proceso de correlación de propiedades, relacionando dos y tres variables a fin de obtener coeficientes de determinación  $R^2$  mayores al 50%.

#### Correlación 1. Propiedades índices.



**Figura 31.** Correlación Límite Líquido vs Límite Plástico.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

$$LP = 0.0043LL^2 + 0.5082 LL + 8.0629$$

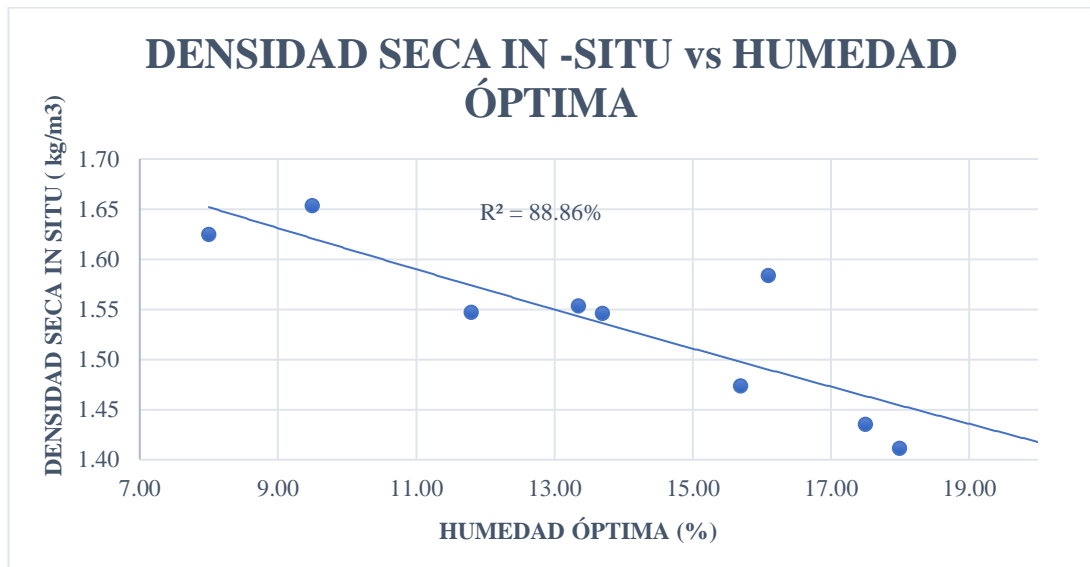
**Valor coeficiente de determinación  $R^2$ :** 99.06%

**Número de muestras utilizadas:** 12

**Análisis:** La correlación obtenida en función de los límites de Atterberg, específicamente del Límite Plástico vs Límite Líquido representados en la Figura 30. Da como resultado un valor confiable con un coeficiente de determinación del 99.06% obtenido con la ayuda de una regresión simple con línea de tendencia polinómica de segundo grado en relación a 12 muestras de suelo con los mismos parámetros de absorción de agua. Se optó por suprimir dos de los suelos en estudio por sus valores elevados tanto de LL como del LP.

De la gráfica se establece un criterio de proporcionalidad entre estas dos propiedades (LL – LP), existe una estrecha relación con la cantidad de agua absorbida por estas muestras, mientras mayor sea el contenido de humedad del suelo éste posee una mayor plasticidad.

**Correlación 2. Propiedades índices.**



**Figura 32.** Correlación Densidad seca in-situ vs Humedad óptima.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

$$\gamma_{d \text{ in-situ}} = \frac{1.8618}{\omega_{\text{opt}}^{0.014}}$$

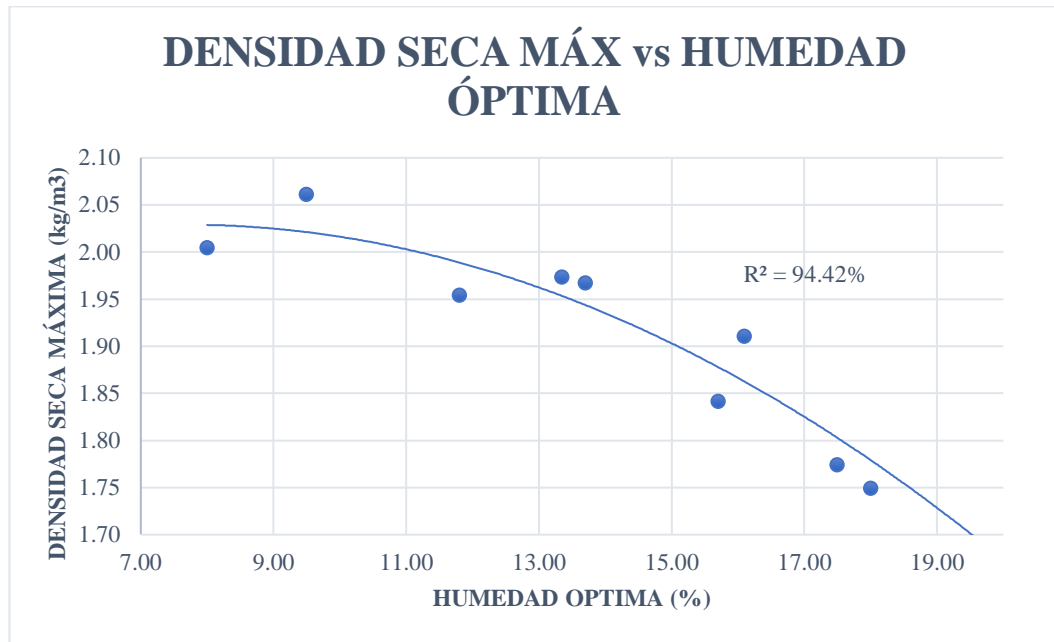
**Valor coeficiente de determinación  $R^2$ :** 88.86%

**Número de muestras utilizadas:** 10

**Análisis:** La correlación obtenida en función de la densidad seca obtenida in-situ vs la humedad óptima representados en la Figura 31. Da como resultado un valor confiable con un coeficiente de determinación del 89.95% obtenido con la ayuda de una regresión simple con línea de tendencia exponencial en relación a 10 muestras de suelo.

De la gráfica se establece un criterio de proporcionalidad inversa entre estas dos propiedades ( $\gamma_{d \text{ in-situ}}$  vs  $W_{\text{opt}}$ ), existe una estrecha relación con la cantidad de agua absorbida por estas muestras, mientras mayor sea el contenido de humedad óptimo del suelo éste da como resultado una menor densidad seca in-situ.

### Correlación 3. Propiedades índices.



**Figura 33.** Correlación Densidad seca Máx. vs Humedad óptima.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

$$\gamma_{d \max} = -0.002 \omega_{\text{ópt}}^2 + 0.0253 \omega_{\text{ópt}} + 1.9622$$

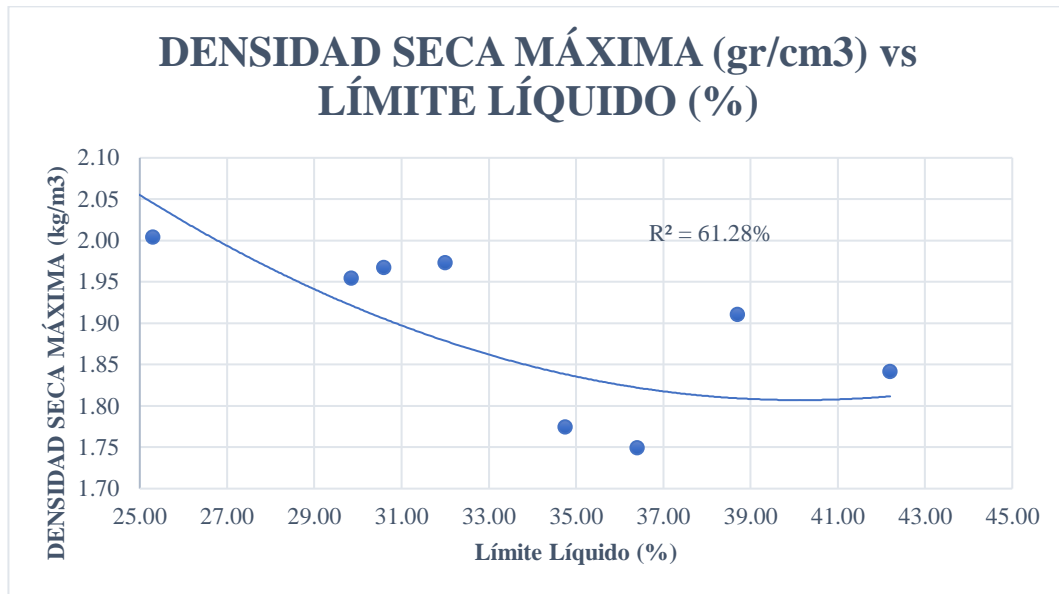
**Valor coeficiente de determinación  $R^2$ :** 94.42%

**Número de muestras utilizadas:** 10

**Análisis:** La correlación obtenida en función de la densidad seca Max vs la Humedad óptima representados en la Figura 32. Da como resultado un valor totalmente confiable con un coeficiente de determinación del 94.42% obtenido con la ayuda de una regresión simple con línea de tendencia polinómica de segundo grado en relación a 10 muestras de suelo.

De la gráfica se establece un criterio de proporcionalidad inversa entre estas dos propiedades ( $\gamma_{d \max}$  vs  $W_{\text{ópt}}$ ), existe una estrecha relación con la cantidad de agua absorbida por las muestras, mientras mayor sea el contenido de humedad óptimo del suelo menor será el valor de la densidad seca Max.

#### Correlación 4. Propiedades índices.



**Figura 34.** Correlación Densidad seca Máx. vs Límite Líquido.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

$$\gamma_{d \max} = 0.0011 LL^2 - 0.0859 LL + 3.5351$$

**Valor coeficiente de determinación  $R^2$ :** 61.28%

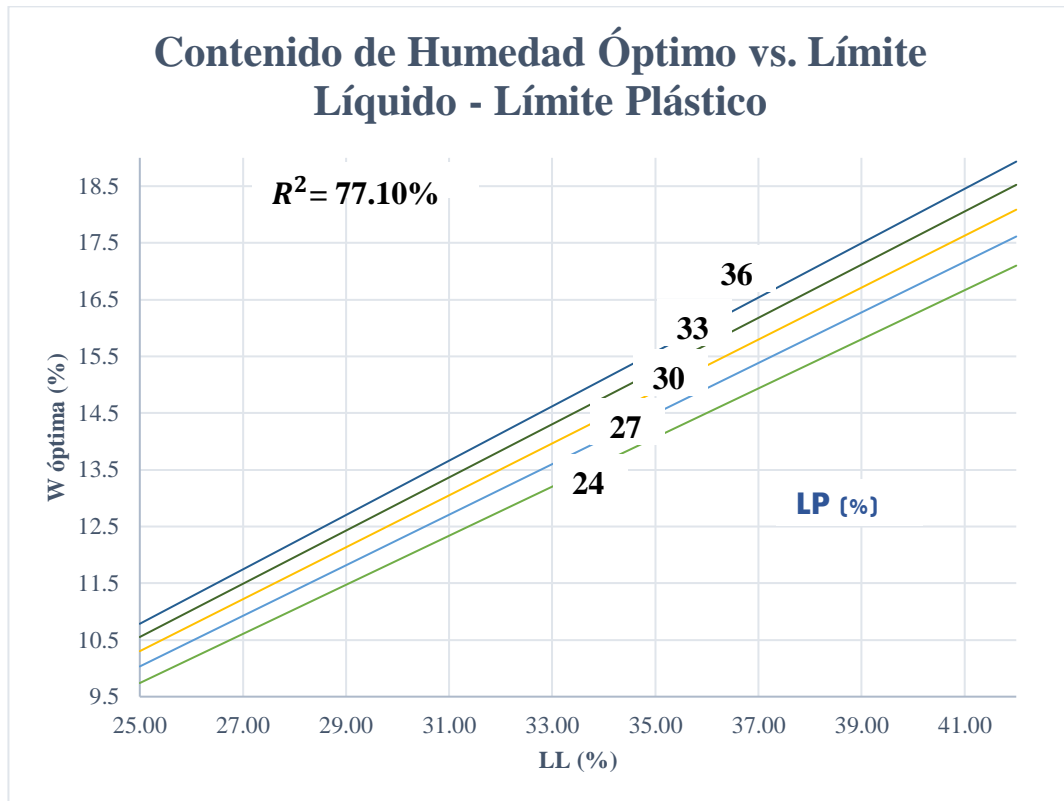
**Número de muestras utilizadas:** 10

**Análisis:** La correlación obtenida en función de la densidad seca Máx. vs Límite Líquido representados en la Figura 33. Da como resultado un buen coeficiente de determinación del 61.28% obtenido con la ayuda de una regresión simple con línea de tendencia polinómica de segundo grado en relación a 10 muestras de suelo.

De la gráfica se establece un criterio de proporcionalidad inversa entre estas dos propiedades ( $\gamma_{d \max}$  vs  $LL$ ), existe una estrecha relación con la cantidad de agua absorbida por estas muestras, mientras mayor sea el valor de  $LL$  del suelo menor será su densidad seca Máx.



**Correlación 5. Propiedades índices.**



**Figura 35.** Correlación Contenido de Humedad Óptimo vs Límite Líquido- Límite Plástico.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

$$W \text{ ópt} (\%) = 0.0872 LL^{1.2979}(\%) * LP^{0.1608}(\%)$$

**Valor coeficiente de determinación  $R^2$ :** 77.10%

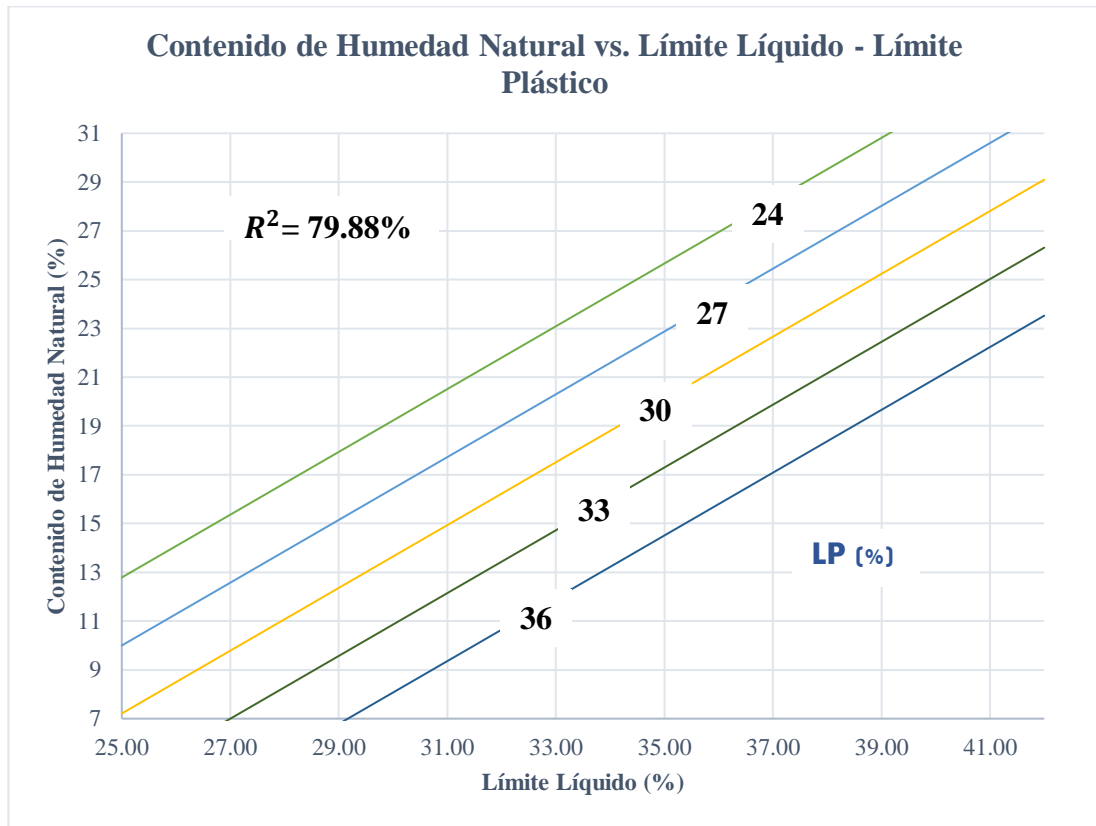
**Número de muestras utilizadas:** 10

**Análisis:** La correlación obtenida en función del Contenido de Humedad Óptimo vs Límite Líquido – Límite Plástico, representados en la Figura 34. Da como resultado un buen coeficiente de determinación del 71.10% obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo potencial con tres variables en relación a 10 muestras de suelo.

De la gráfica se establece un criterio de proporcionalidad entre las propiedades ( $W \text{ ópt}$  vs  $LP - LL$ ), existe una estrecha relación con la cantidad de agua absorbida por estas muestras, mientras mayor sea el (LL% & LP%) del suelo éste da como resultado un mayor Contenido de Humedad Óptima.



**Correlación 6. Propiedades índices.**



**Figura 36.** Correlación Contenido de Humedad Natural vs Límite Líquido- Límite Plástico.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

$$W_{nat} (\%) = -100.7041 + 97.1401 \text{Log} (LL\%) - 0.9293 (LP\%)$$

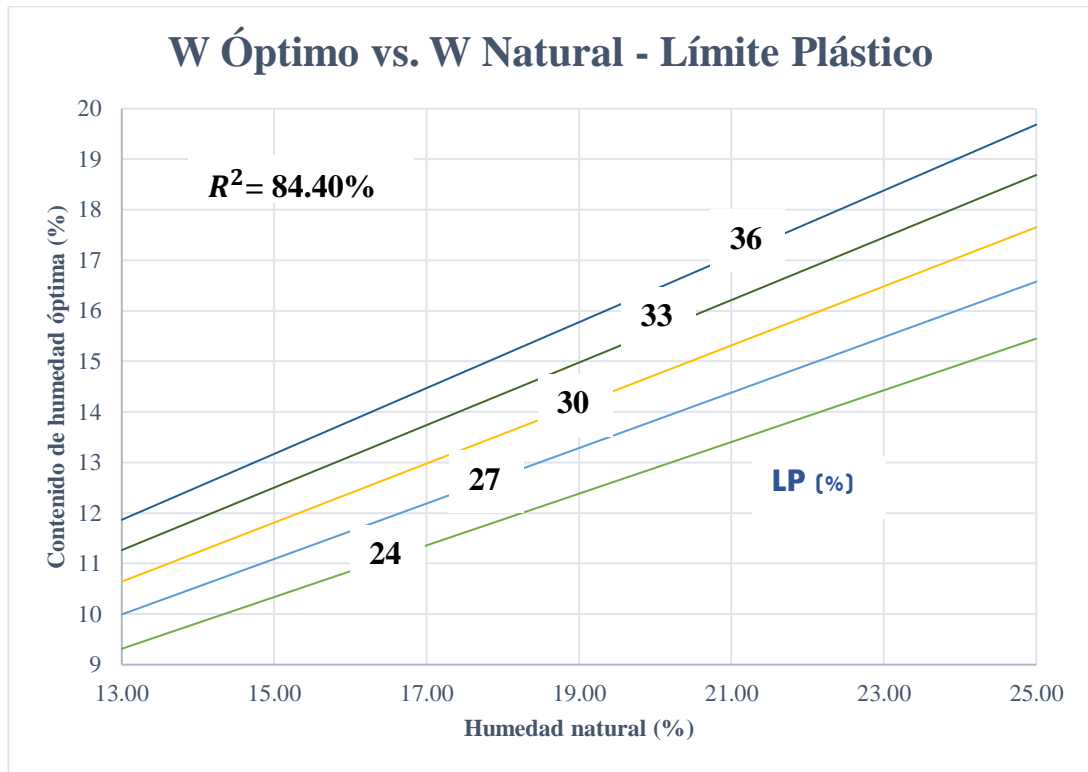
**Valor coeficiente de determinación  $R^2$ : 79.88%**

**Número de muestras utilizadas: 10**

**Análisis:** La correlación obtenida en función del Contenido de Humedad Natural vs Límite Líquido – Límite Plástico representados en la Figura 35. Da como resultado un buen coeficiente de determinación del 79.88% obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo logarítmica con tres variables en relación a 10 muestras de suelo.

De la gráfica se establece un criterio de proporcionalidad entre estas tres propiedades ( $W_{nat}$  vs  $LL\% - LP\%$ ), mientras mayor sea el  $LL\%$  del suelo éste da como resultado un mayor Contenido de Humedad Natural.

### Correlación 7. Propiedades índices.



**Figura 37.** Correlación Contenido de Humedad Natural vs Contenido de Humedad Óptimo- Límite Plástico.

**Autor:** Silvia Paulina Sánchez Ch.

$$W \text{ ópt} (\%) = 0.1238 W_{nat}^{0.6932} (\%) * LP^{0.7994} (\%)$$

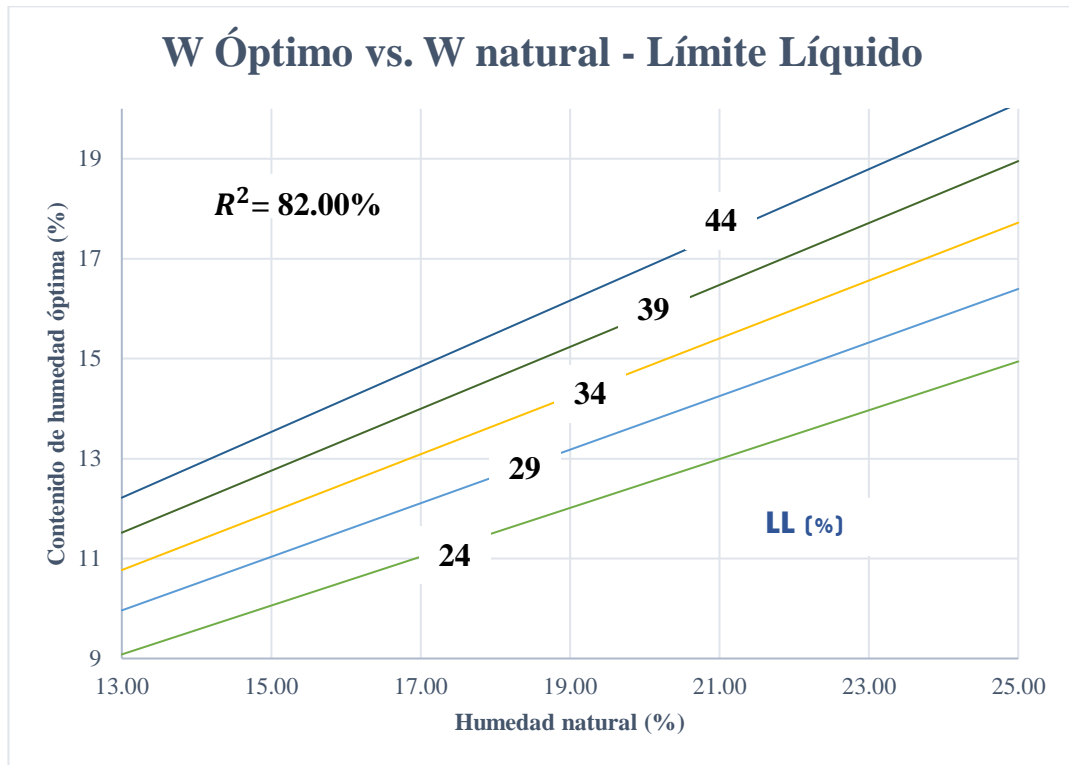
**Valor coeficiente de determinación  $R^2$ :** 84.40%

**Número de muestras utilizadas:** 10

**Análisis:** La correlación obtenida en función del Contenido de Humedad Óptimo vs el Contenido de Humedad Natural – Límite Plástico representados en la Figura 36. Da como resultado un buen coeficiente de determinación del 84.40% obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo potencial con tres variables en relación a 10 muestras de suelo.

De la gráfica se establece un criterio de proporcionalidad entre estas tres propiedades ( $W_{\text{ópt}}$  vs  $W_{\text{nat}} - LP$  %), mientras mayor sea el contenido de humedad natural y el valor de límite plástico del suelo éste da como resultado una mayor Cantidad de humedad óptima.

### Correlación 8. Propiedades índices.



**Figura 38.** Correlación Contenido de Humedad Óptimo vs Contenido de Humedad Natural – Límite Líquido.

**Autor:** Silvia Paulina Sánchez Ch.

$$W_{\text{ópt}} (\%) = 0.1438 W_{\text{nat}}^{0.5412} (\%) * LL^{0.859} (\%)$$

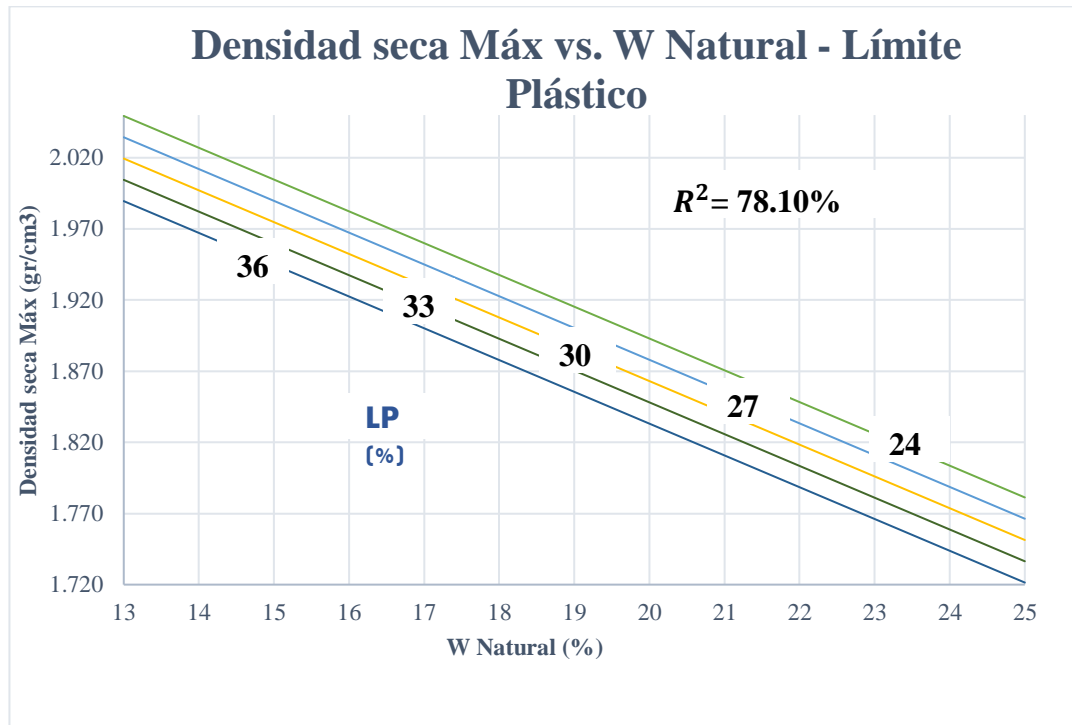
**Valor coeficiente de determinación  $R^2$ :** 82.00%

**Número de muestras utilizadas:** 10

**Análisis:** La correlación obtenida en función del contenido de humedad óptimo vs el contenido de humedad natural – Límite Líquido representados en la Figura 37. Da como resultado un buen coeficiente de determinación del 82.00% obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo potencial con tres variables en relación a 10 muestras de suelo.

De la gráfica se establece un criterio de proporcionalidad entre estas tres propiedades ( $W_{\text{ópt}}$  vs  $W_{\text{nat}} - LL$  %), mientras mayor sea el contenido de humedad natural y el valor de límite líquido del suelo éste da como resultado una mayor Cantidad de humedad óptima.

**Correlación 9. Propiedades índices.**



**Figura 39.** Correlación Densidad seca Máx. vs Contenido de Humedad Natural – Límite Plástico.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

$$\gamma_d \text{ máx (g/cm}^3\text{)} = 2.4594 - 0.0223 W_{nat} (\%) - 0.005 LP (\%)$$

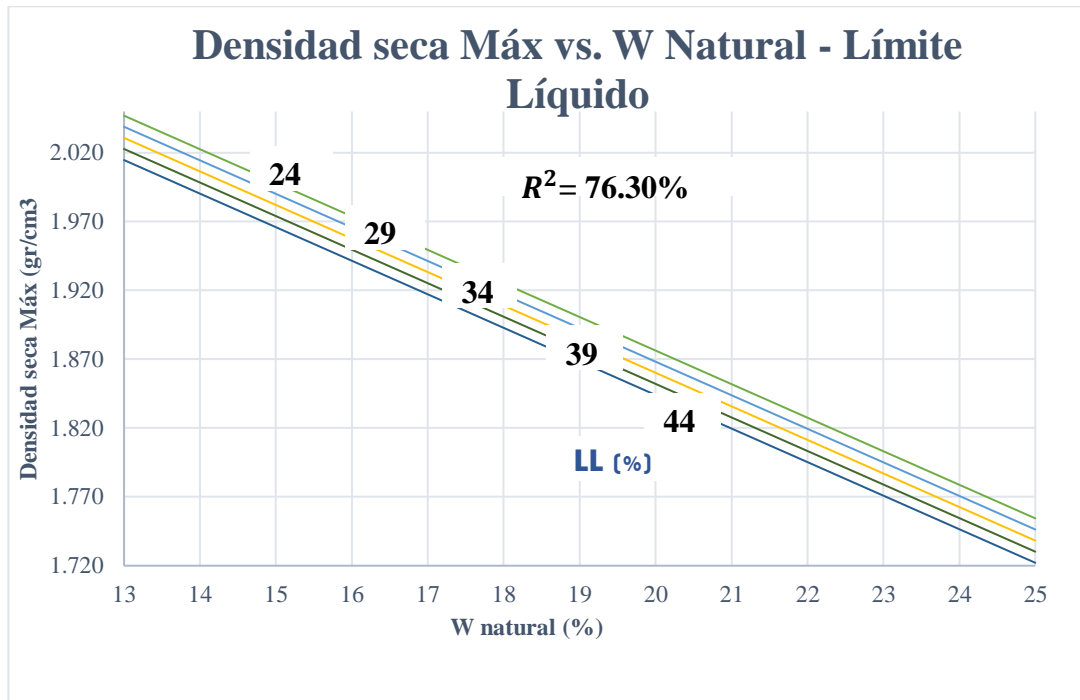
**Valor coeficiente de determinación  $R^2$ : 78.10%**

**Número de muestras utilizadas: 10**

**Análisis:** La correlación obtenida en función de la Densidad Seca Máx. vs el Contenido de Humedad Natural – Límite Plástico representados en la Figura 38. Da como resultado un buen coeficiente de determinación del 78.10% obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo lineal con tres variables en relación a 10 muestras de suelo.

De la gráfica se establece un criterio de proporcionalidad inversa entre estas tres propiedades ( $\gamma_d \text{ máx vs } W_{nat} - LP$ ), mientras mayor sea el contenido de humedad natural y el valor de límite plástico del suelo éste da como resultado una menor Densidad seca máxima. Es decir, un suelo menos denso contiene mayor cantidad de humedad atrapada en sus partículas.

**Correlación 10. Propiedades índices.**



**Figura 40.** Correlación Densidad seca Máx. vs Contenido de Humedad Natural – Límite Líquido.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

$$\gamma_d \text{ máx (g/cm}^3\text{)} = 2.4022 - 0.0245 W_{nat} (\%) - 0.0015 LL (\%)$$

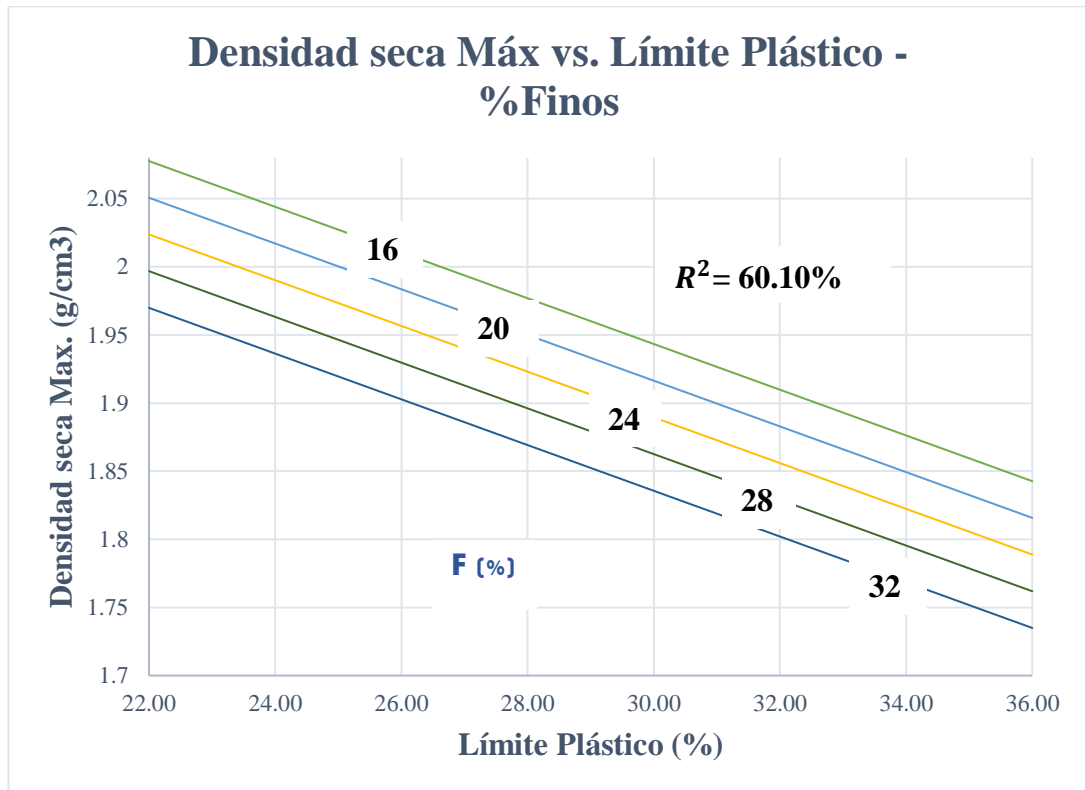
**Valor coeficiente de determinación  $R^2$ : 76.30%**

**Número de muestras utilizadas: 10**

**Análisis:** La correlación obtenida en función de la Densidad Seca Máx. vs el Contenido de Humedad Natural – Límite Líquido representados en la Figura 39. Da como resultado un buen coeficiente de determinación del 76.30% obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo lineal con tres variables en relación a 10 muestras de suelo.

De la gráfica se establece un criterio de proporcionalidad inversa entre estas tres propiedades ( $\gamma_d \text{ máx vs } W_{nat} - LL$ ), mientras mayor sea el contenido de humedad natural y el valor de límite líquido del suelo éste da como resultado una menor Densidad seca máxima. Es decir, un suelo menos denso contiene mayor cantidad de humedad atrapada en sus partículas.

### Correlación 11. Propiedades índices.



**Figura 41.** Correlación Densidad seca Máx. vs Límite Plástico – Finos.

**Autor:** Silvia Paulina Sánchez Ch.

$$\gamma_d \text{ máx (g/cm}^3\text{)} = 3.725 - 1.1486 \text{ Log LP (\%)} - 0.006 F (\%)$$

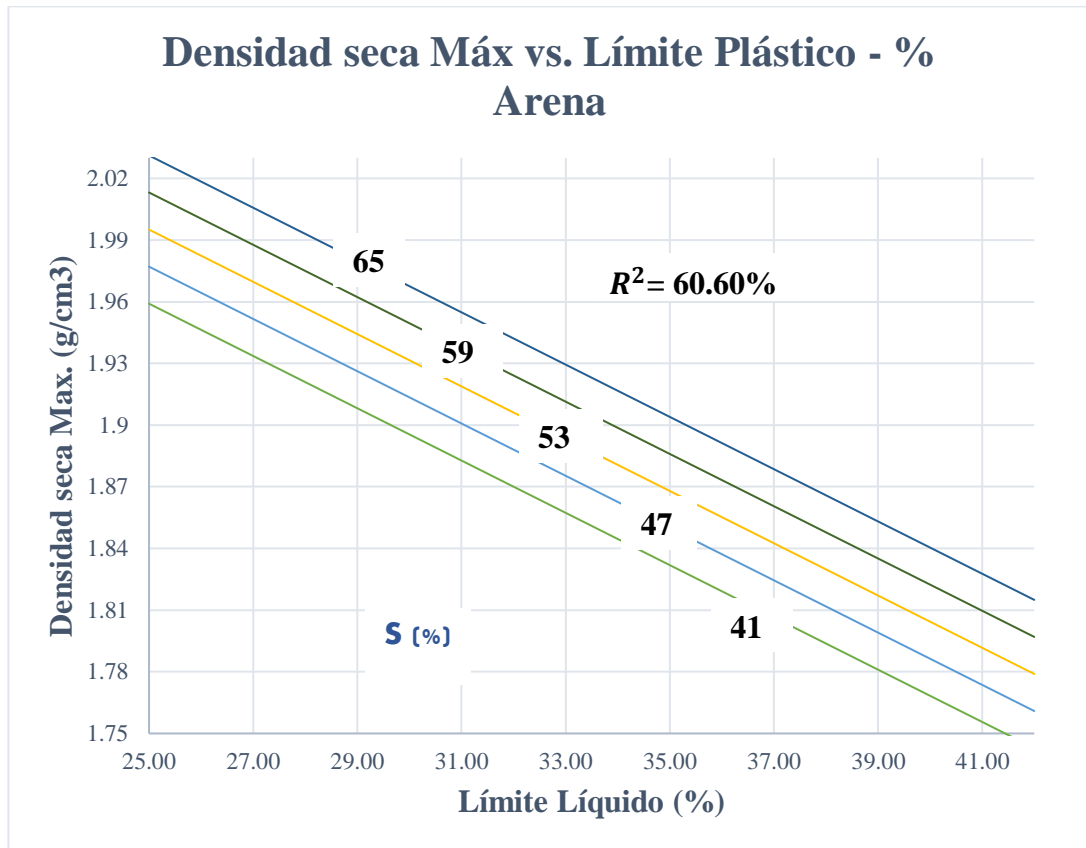
**Valor coeficiente de determinación  $R^2$ :** 60.10%

**Número de muestras utilizadas:** 10

**Análisis:** La correlación obtenida en función de la Densidad Seca Máx. vs el Límite Plástico - % Fino representados en la Figura 40. Da como resultado un buen coeficiente de determinación del 60.10% obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo logarítmica con tres variables en relación a 10 muestras de suelo.

De la gráfica se establece un criterio de proporcionalidad inversa entre estas tres propiedades ( $\gamma_d \text{ máx vs LP} - \%F$ ), mientras mayor sea el valor de Límite Plástico y el valor del %F del suelo éste da como resultado una menor Densidad seca máxima. Es decir, un suelo menos denso contiene mayor cantidad de humedad atrapada en sus partículas.

**Correlación 12. Propiedades índices.**



**Figura 42.** Correlación Densidad seca Máx. vs Límite Líquido – Arena.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

$$\gamma_d \text{ máx (g/cm}^3\text{)} = 3.0321 - 0.8956 \text{ Log LL (\%)} + 0.004 S (\%)$$

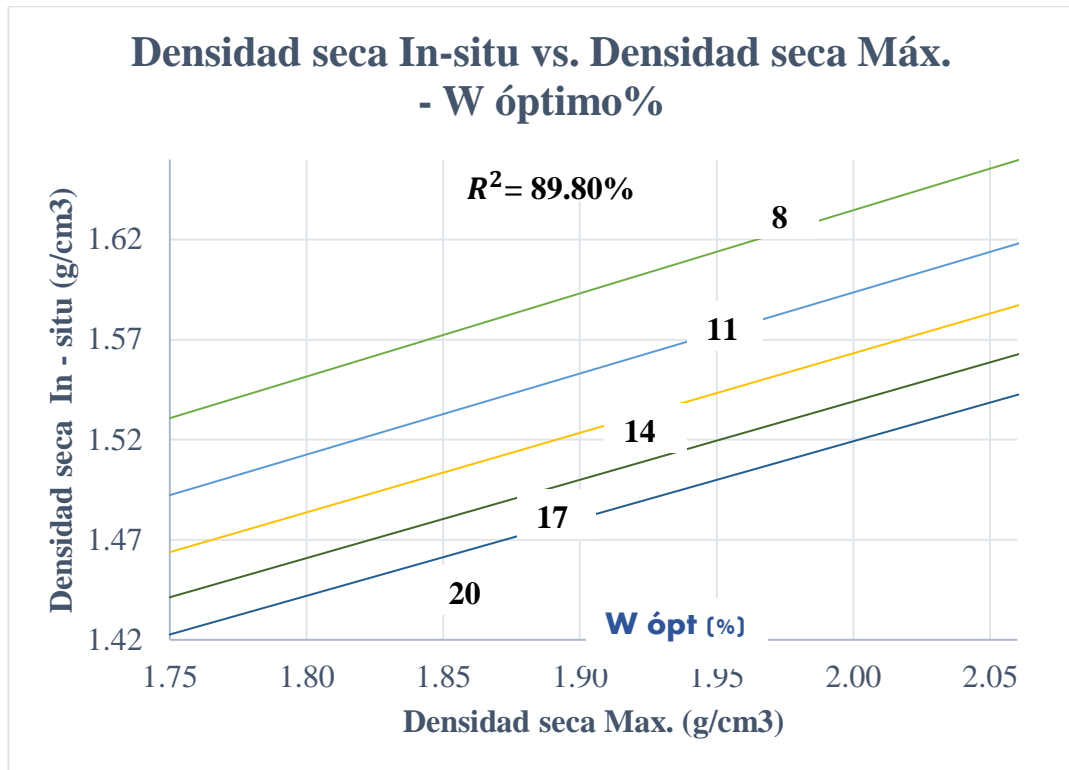
**Valor coeficiente de determinación  $R^2$ :** 60.60%

**Número de muestras utilizadas:** 10

**Análisis:** La correlación obtenida en función de la Densidad seca Máx. vs el Límite Plástico – Fino representados en la Figura 41. Da como resultado un buen coeficiente de determinación del 60.60% obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo logarítmica con tres variables en relación a 10 muestras de suelo.

De la gráfica se establece un criterio de proporcionalidad inversa entre estas tres propiedades ( $\gamma_d \text{ máx vs LL} - \%S$ ), mientras mayor sea el valor de Límite Líquido del suelo éste da como resultado una menor Densidad seca máxima. Es decir, un suelo menos denso contiene mayor cantidad de humedad atrapada en sus partículas.

**Correlación 13. Propiedades índices.**



**Figura 43.** Correlación Densidad seca In-situ. Vs Densidad seca Máx – W óptimo.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

$$\gamma_d \text{ In - situ } \left( \frac{g}{cm^3} \right) = 1.0653 \gamma_d \text{ Máx}^{0.6852} (g/cm^3) * W_{\text{ópt}}^{-0.0298} (\%)$$

**Valor coeficiente de determinación  $R^2$ : 89.80%**

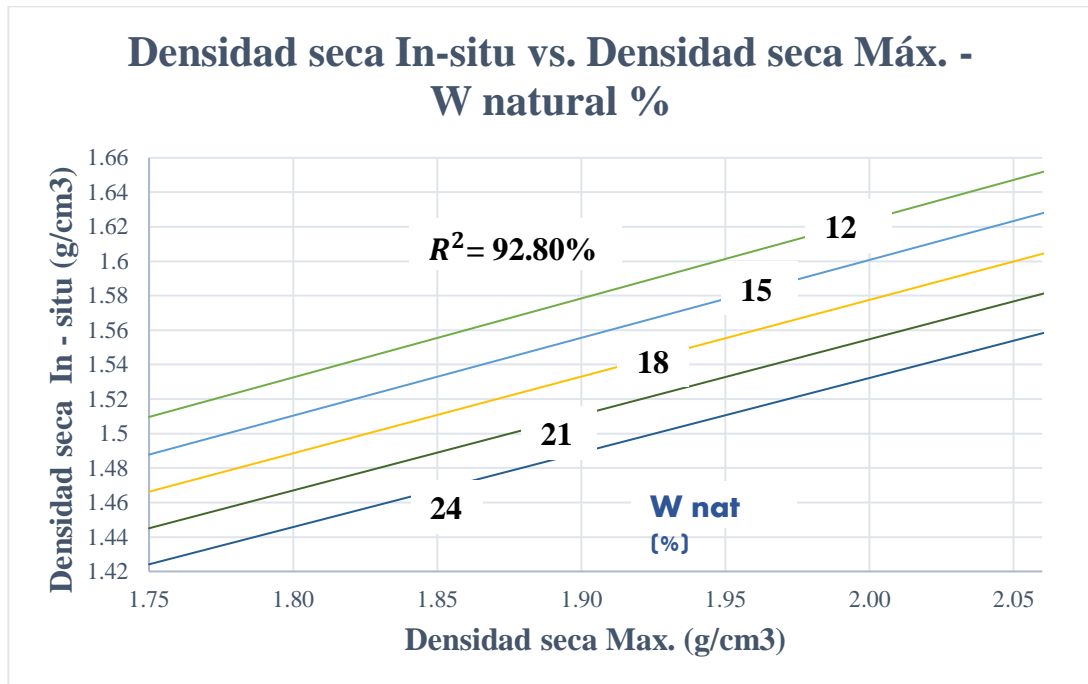
**Número de muestras utilizadas: 10**

**Análisis:** La correlación obtenida en función de la Densidad Seca In- situ. Vs la Densidad Seca Máx – Contenido de Humedad Óptimo representados en la Figura 42. Da como resultado un buen coeficiente de determinación del 89.80% obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo logarítmica con tres variables en relación a 10 muestras de suelo.

De la gráfica se establece un criterio de proporcionalidad directa entre estas tres propiedades ( $\gamma_d \text{ In situ vs } \gamma_d \text{ máx} - W_{\text{ópt}}$ ), mientras mayor sea el valor de la Densidad Seca Máx. del suelo éste da como resultado una Mayor Densidad seca In-Situ.



**Correlación 14. Propiedades índices.**



**Figura 44.** Correlación Densidad seca In-situ. Vs Densidad seca Máx. – W natural.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

$$\gamma_d \text{ In - situ } \left( \frac{g}{cm^3} \right) = 0.9609 e^{0.2911 \gamma_d \text{ máx } (g/cm^3)} * e^{-0.0048 W \text{ nat } (\%)}$$

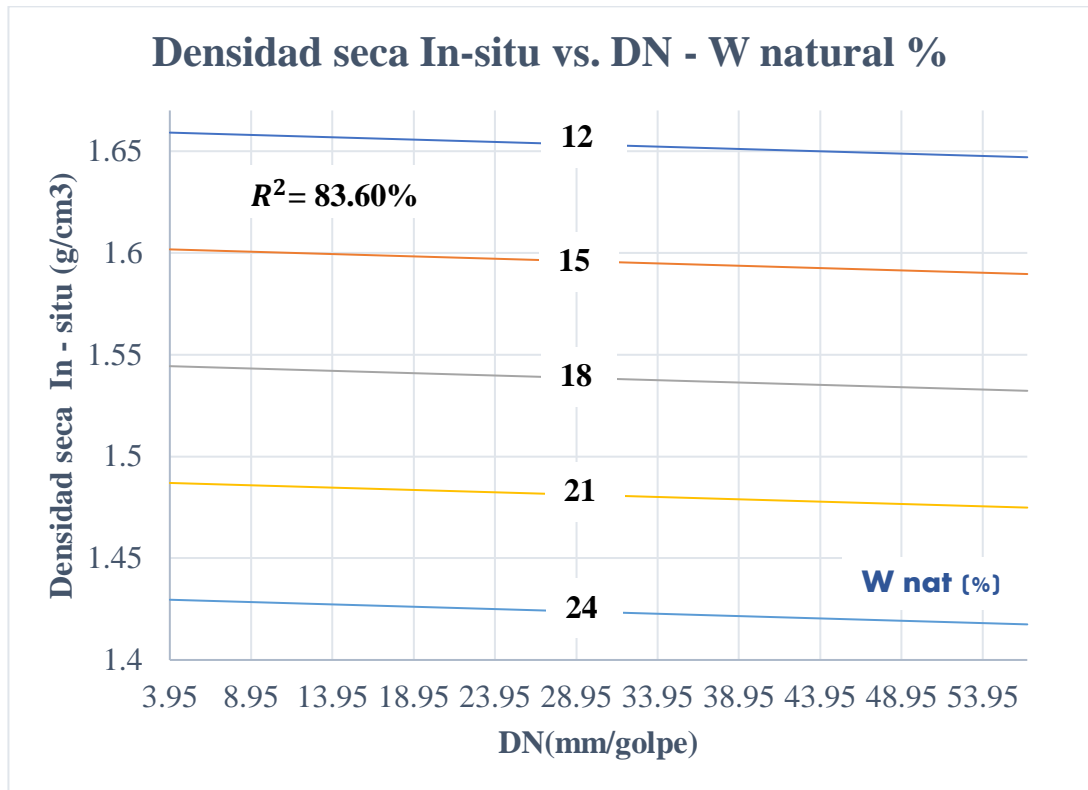
**Valor coeficiente de determinación  $R^2$ : 92.80%**

**Número de muestras utilizadas: 10**

**Análisis:** La correlación obtenida en función de la Densidad seca In- situ. Vs la Densidad seca Máx – Contenido de humedad natural representados en la Figura 43. Da como resultado un buen coeficiente de determinación del 92.80% obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo exponencial con tres variables en relación a 10 muestras de suelo.

De la gráfica se establece un criterio de proporcionalidad directa entre estas tres propiedades ( $\gamma_d \text{ In situ vs } \gamma_d \text{ máx} - W_{nat}$ ), mientras mayor sea el valor de la Densidad Seca Máx. del suelo éste da como resultado una Mayor Densidad seca In-Situ.

**Correlación 15. DN – Propiedades índices.**



**Figura 45.** Correlación Densidad seca In-situ. Vs DN. – W natural.  
**Autor:** Silvia Paulina Sánchez Ch.

$$\gamma d \text{ In - situ } \left( \frac{g}{cm^3} \right) = 1.8949 - 0.0105 \text{ Log } DN \left( \frac{mm}{golpe} \right) - 0.0191 W \text{ nat } (\%)$$

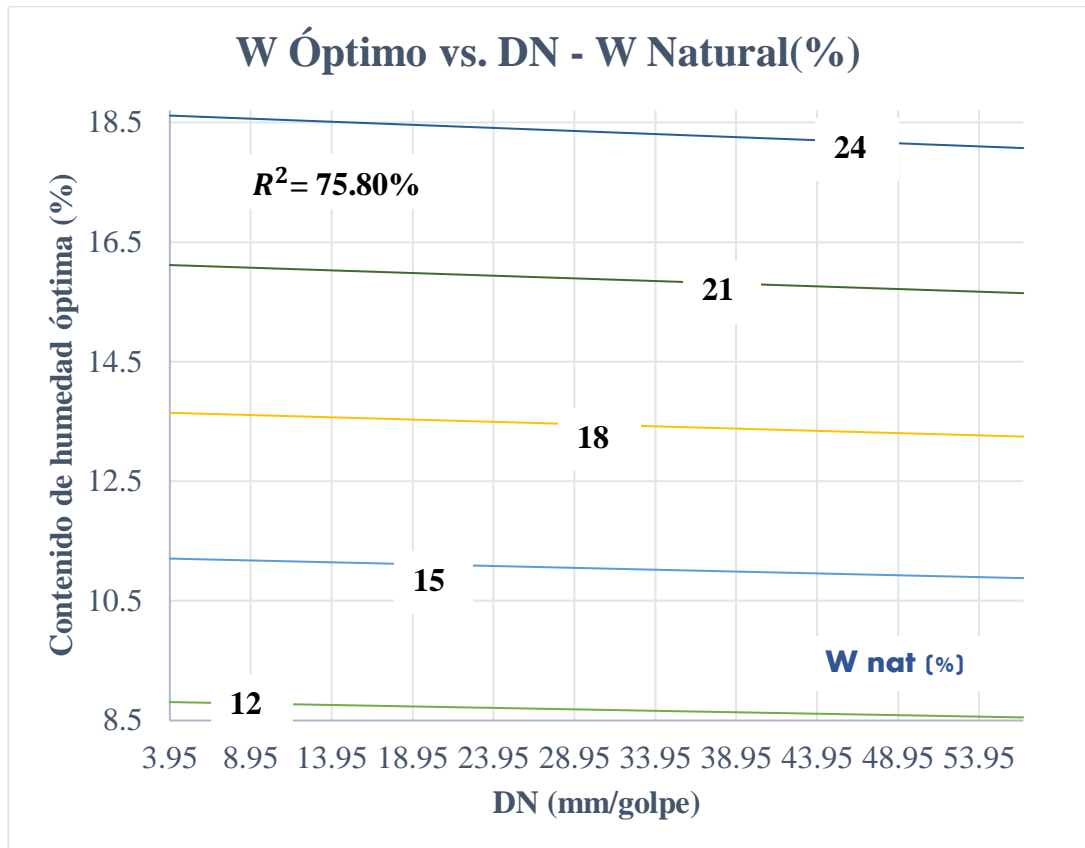
**Valor coeficiente de determinación  $R^2$ :** 83.60%

**Número de muestras utilizadas:** 10

**Análisis:** La correlación obtenida en función de la Densidad seca In- situ. Vs DN – Contenido de humedad natural representados en la Figura 44. Da como resultado un buen coeficiente de determinación del 83.60% obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo Logarítmica con tres variables en relación a 10 muestras de suelo.

De la gráfica se establece un criterio de proporcionalidad inversa entre estas tres propiedades ( $\gamma d \text{ In situ vs DN} - W_{nat}$ ), mientras mayor sea el valor de DN del suelo éste da como resultado una menor Densidad seca In-Situ.

**Correlación 16. DN – Propiedades índices.**



**Figura 46.** Correlación Contenido de humedad óptimo. Vs DN. – W natural.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

$$W_{\text{ópt}} (\%) = 0.6698DN^{-0.0454}(\text{mm/golpe}) * W_{\text{nat}}^{1.0828}(\%)$$

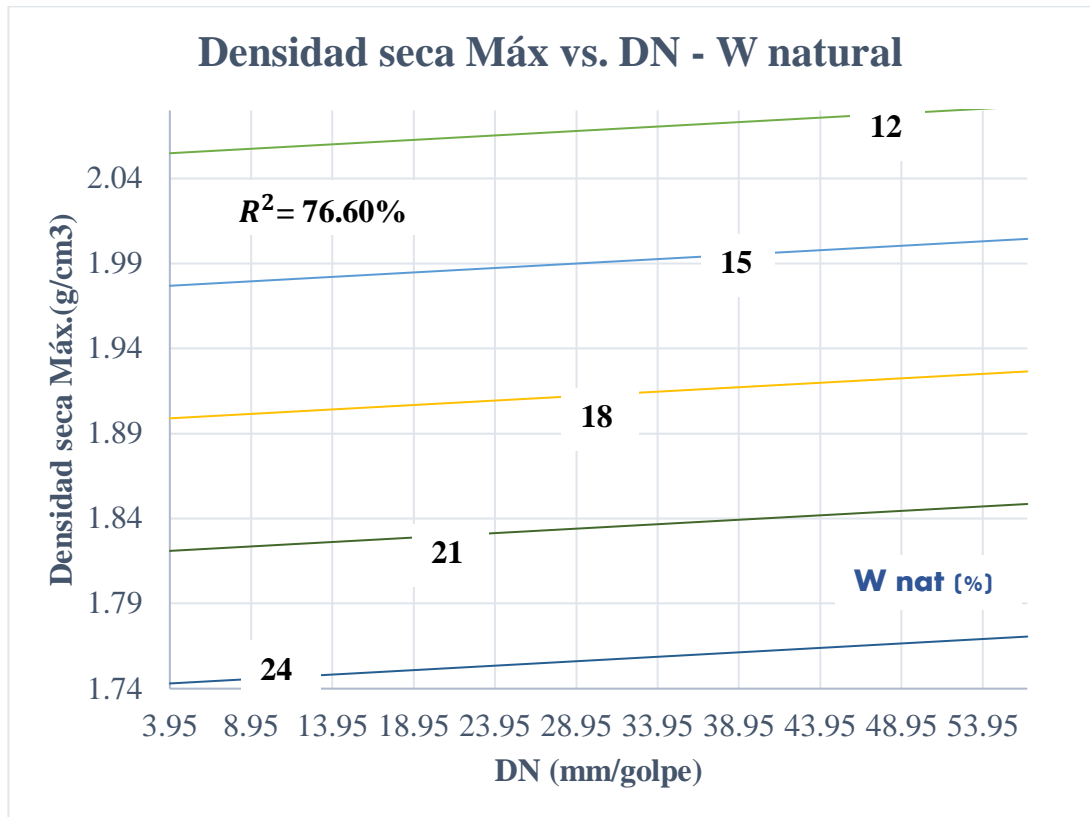
**Valor coeficiente de determinación  $R^2$ :** 75.80%

**Número de muestras utilizadas:** 10

**Análisis:** La correlación obtenida en función del Contenido de humedad óptimo. Vs DN – Contenido de humedad natural representados en la Figura 45. Da como resultado un buen coeficiente de determinación del 75.80% obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo Polinómica en relación a 10 muestras de suelo.

De la gráfica se establece un criterio de proporcionalidad inversa entre estas tres propiedades ( $W_{\text{ópt}} vs DN - W_{\text{nat}}$ ), mientras mayor sea el valor de DN del suelo éste da como resultado una menor Cantidad de Humedad Óptima.

**Correlación 17. DN – Propiedades índices.**



**Figura 47.** Correlación Densidad seca Máx. vs DN. – W natural.  
*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

$$\gamma_d \text{ Máx (g/cm}^3\text{)} = 2.3533 + 0.0235 \text{ Log DN } \left( \frac{\text{mm}}{\text{golpe}} \right) - 0.026 W_{nat}(\%)$$

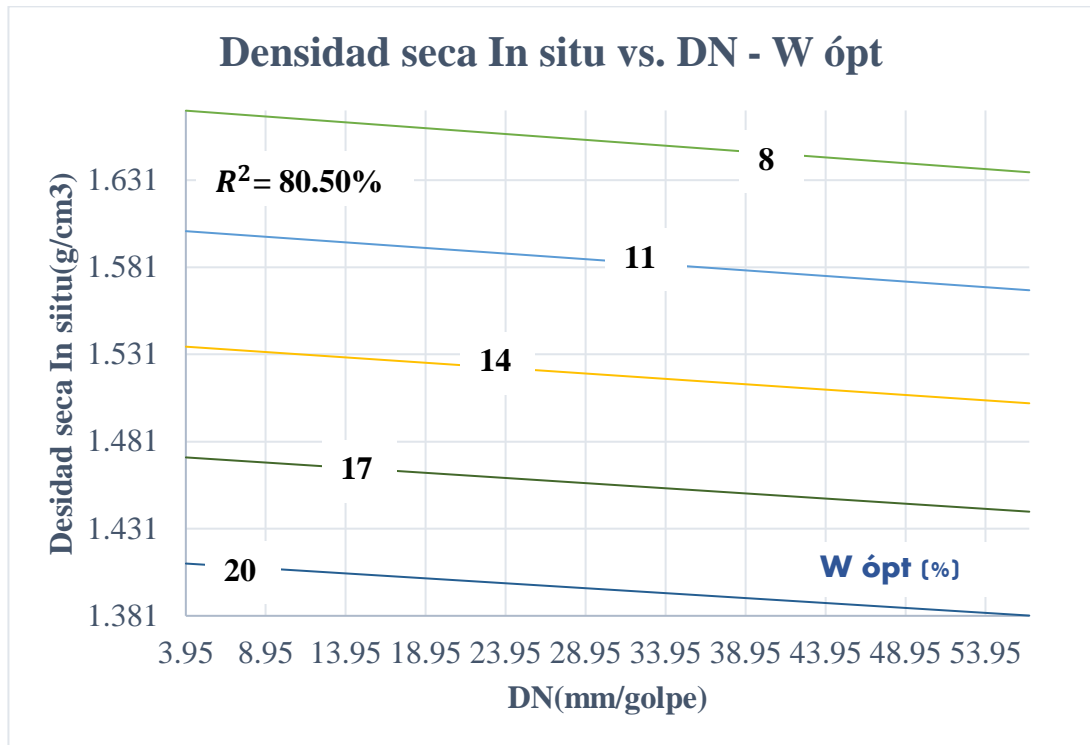
**Valor coeficiente de determinación  $R^2$ :** 76.60%

**Número de muestras utilizadas:** 10

**Análisis:** La correlación obtenida en función de la Densidad seca Máx. vs DN – Contenido de humedad natural representados en la Figura 46. Da como resultado un buen coeficiente de determinación del 76.60% obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo Logarítmica en relación a 10 muestras de suelo.

De la gráfica se establece un criterio de proporcionalidad directa entre estas tres propiedades ( $W_{\text{ópt vs DN}} - W_{\text{nat}}$ ), mientras mayor sea el valor de DN del suelo éste da como resultado una mayor Densidad seca Máxima.

**Correlación 18. DN – Propiedades índices.**



**Figura 48.** Correlación Densidad seca In situ. Vs DN. – W ópt.  
**Autor:** Silvia Paulina Sánchez Ch.

$$\gamma_d \text{ In - situ } \left( \frac{g}{cm^3} \right) = 1.8516e^{-0.0006 DN (mm/golpe)} * e^{-0.0128 W \acute{o}pt (\%)}$$

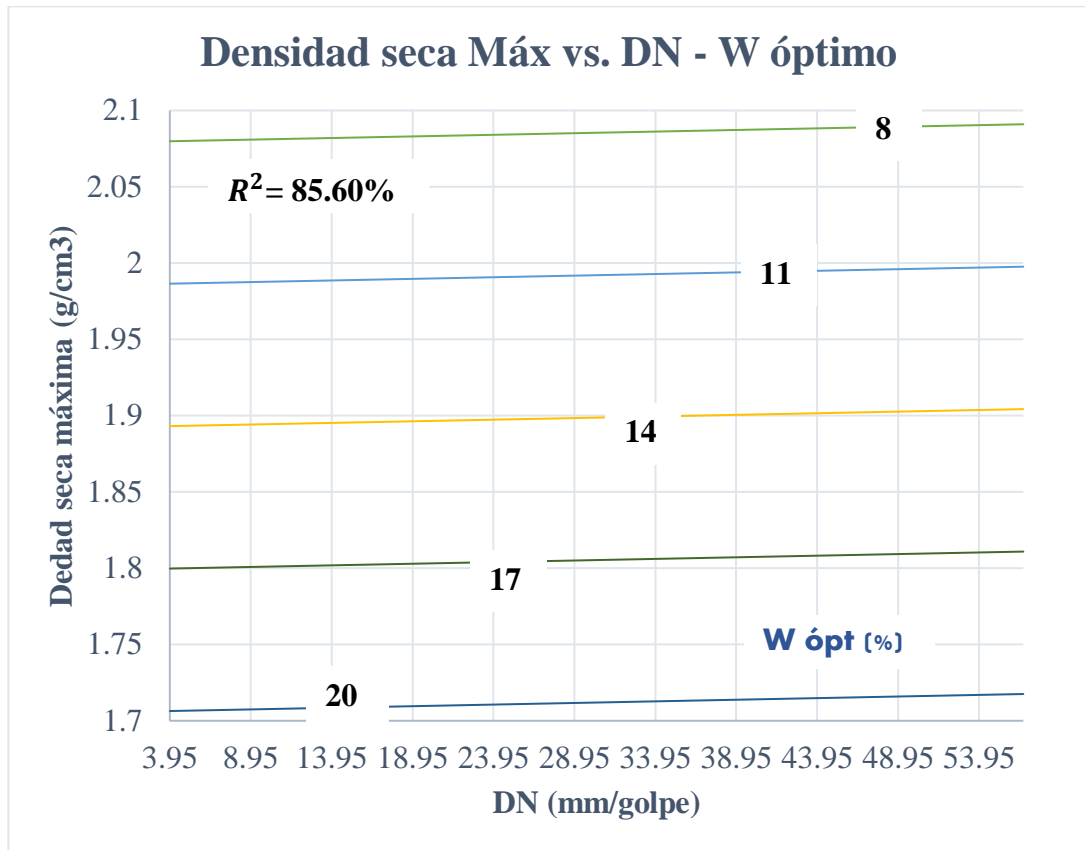
**Valor coeficiente de determinación  $R^2$ :** 80.50%

**Número de muestras utilizadas:** 10

**Análisis:** La correlación obtenida en función de la Densidad seca In-situ. Vs DN – Contenido de humedad óptima representados en la Figura 47. Da como resultado un buen coeficiente de determinación del 80.50% obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo Exponencial con tres variables en relación a 10 muestras de suelo.

De la gráfica se establece un criterio de proporcionalidad inversa entre estas tres propiedades ( $\gamma_d$  in situ vs DN – W ópt), mientras mayor sea el valor de DN del suelo éste da como resultado una menor Densidad seca In-Situ.

**Correlación 19. DN – Propiedades índices.**



**Figura 49.** Correlación Densidad seca Máx. vs DN. – W ópt.  
*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

$$\gamma_d \text{ Max} \left( \frac{g}{cm^3} \right) = 2.3488 - 0.0227 \text{ Log DN} \left( \frac{mm}{golpe} \right) - 0.03 W_{\text{ópt}} (\%)$$

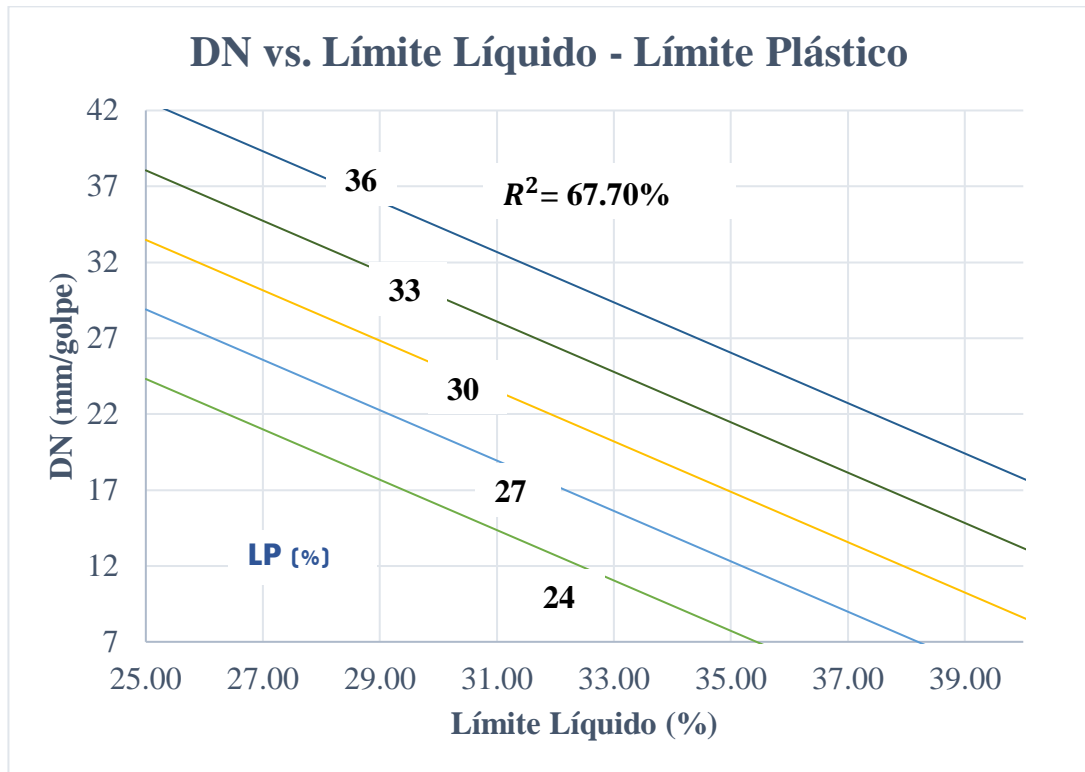
**Valor coeficiente de determinación  $R^2$ :** 85.60%

**Número de muestras utilizadas:** 10

**Análisis:** La correlación obtenida en función de la Densidad seca Max. Vs DN – Contenido de humedad óptima representados en la Figura 48. Da como resultado un buen coeficiente de determinación del 85.60% obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo Logarítmica con tres variables en relación a 10 muestras de suelo.

De la gráfica se establece un criterio de proporcionalidad directa entre la ( $\gamma_d$  Máx vs DN), mientras mayor sea el valor de DN del suelo éste da como resultado una mayor Densidad seca Máx. Y una proporcional indirecta entre  $\gamma_d$  Máx vs  $W_{\text{ópt}}$ , a mayor cantidad de agua en la muestra menor será la Densidad seca Máx.

**Correlación 20. DN – Propiedades índices.**



**Figura 50.** Correlación DN vs Límite Líquido – Límite Plástico.  
*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

$$DN \left( \frac{mm}{golpe} \right) = 230.7218 - 173.8606 \text{ Log LL } (\%) + 1.5267 \text{ LP } (\%)$$

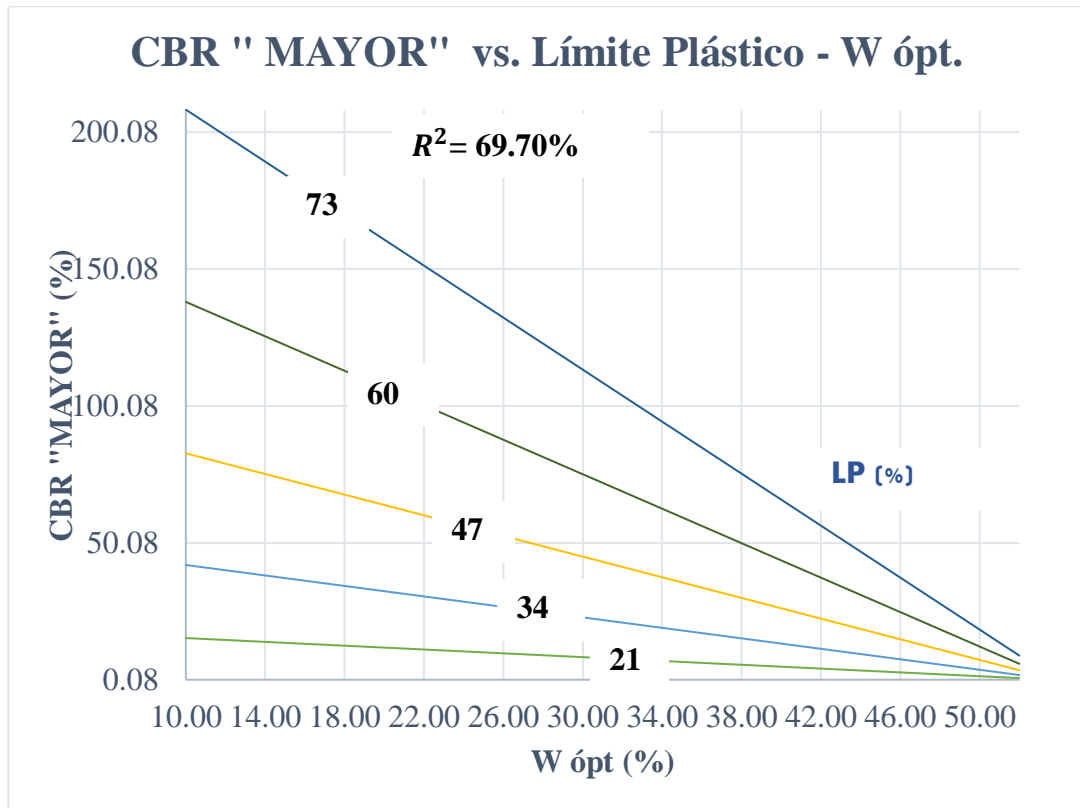
**Valor coeficiente de determinación  $R^2$ :** 67.70%

**Número de muestras utilizadas:** 10

**Análisis:** La correlación obtenida en función de DN. Vs Límite Líquido – Límite Plástico representados en la Figura 49. Da como resultado un buen coeficiente de determinación del 67.70 % obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo Logarítmica con tres variables en relación a 10 muestras de suelo.

De la gráfica se establece un criterio de proporcionalidad inversa entre estas tres propiedades (*DN vs LL% – LP%*), mientras mayor sea el valor de LL% y LP% del suelo éste da como resultado un menor valor de DN.

**Correlación 21. CBR – Propiedades índices.**



**Figura 51.** Correlación CBR “MAYOR” vs W ópt – Límite Plástico.  
*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

$$CBR\ MAYOR(\%) = 1.498\ W\ \acute{o}pt^{-1.7689}(\%) * LP^{2.0807}(\%)$$

**Valor coeficiente de determinación  $R^2$ :** 69.70%

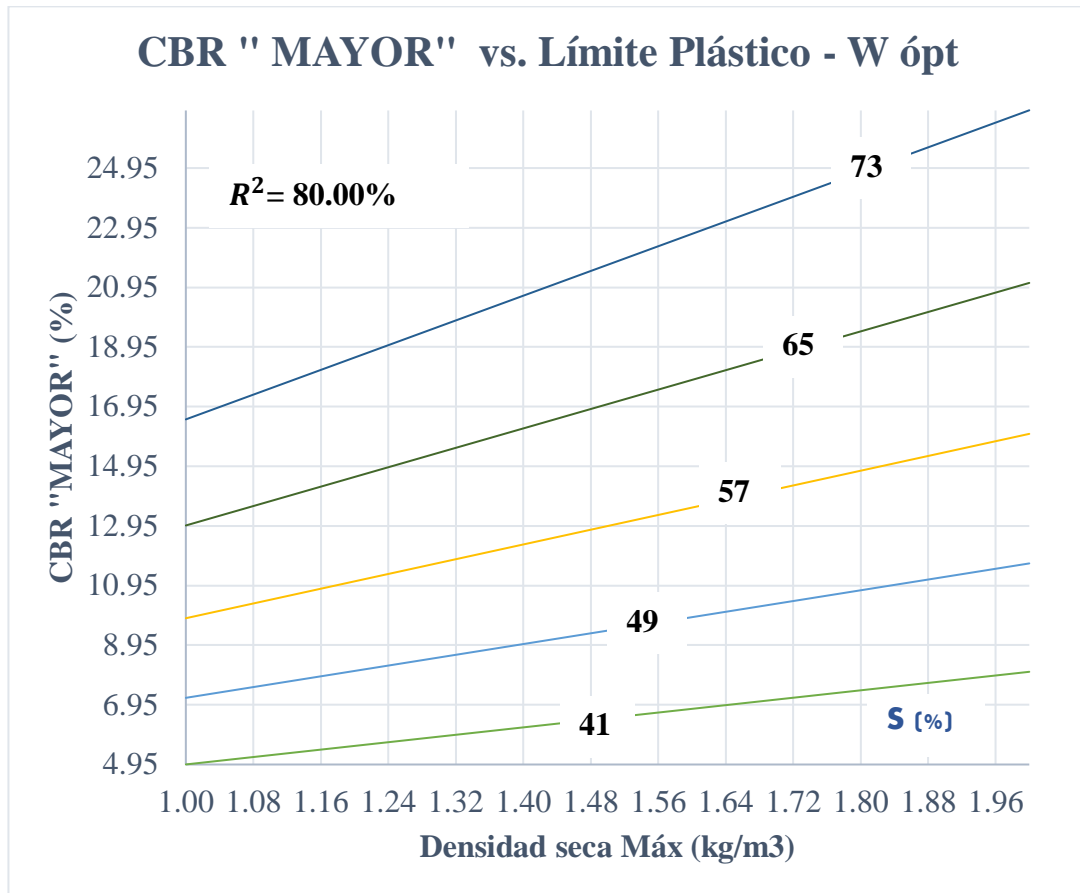
**Número de muestras utilizadas:** 10

**Análisis:** La correlación obtenida en función de CBR “MAYOR”. Vs Contenido de humedad óptimo – Límite Plástico representados en la Figura 50. Da como resultado un buen coeficiente de determinación del 69.70 % obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo Potencial con tres variables en relación a 10 muestras de suelo.

De la gráfica se establece un criterio de proporcionalidad inversa entre estas tres propiedades (*CBR mayor vs W ópt% – LP%*), mientras mayor sea el valor de W ópt% y del LL % del suelo éste da como resultado un menor valor de CBR “MAYOR”.



**Correlación 22. CBR – Propiedades índices.**



**Figura 52.** Correlación CBR “MAYOR” vs Densidad seca Máx – S%.  
*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

$$CBR \text{ MAYOR}(\%) = 0.0042 \gamma d \text{ Máx}^{0.5211} (\text{kg/m}^3) * S^{1.9543} (\%)$$

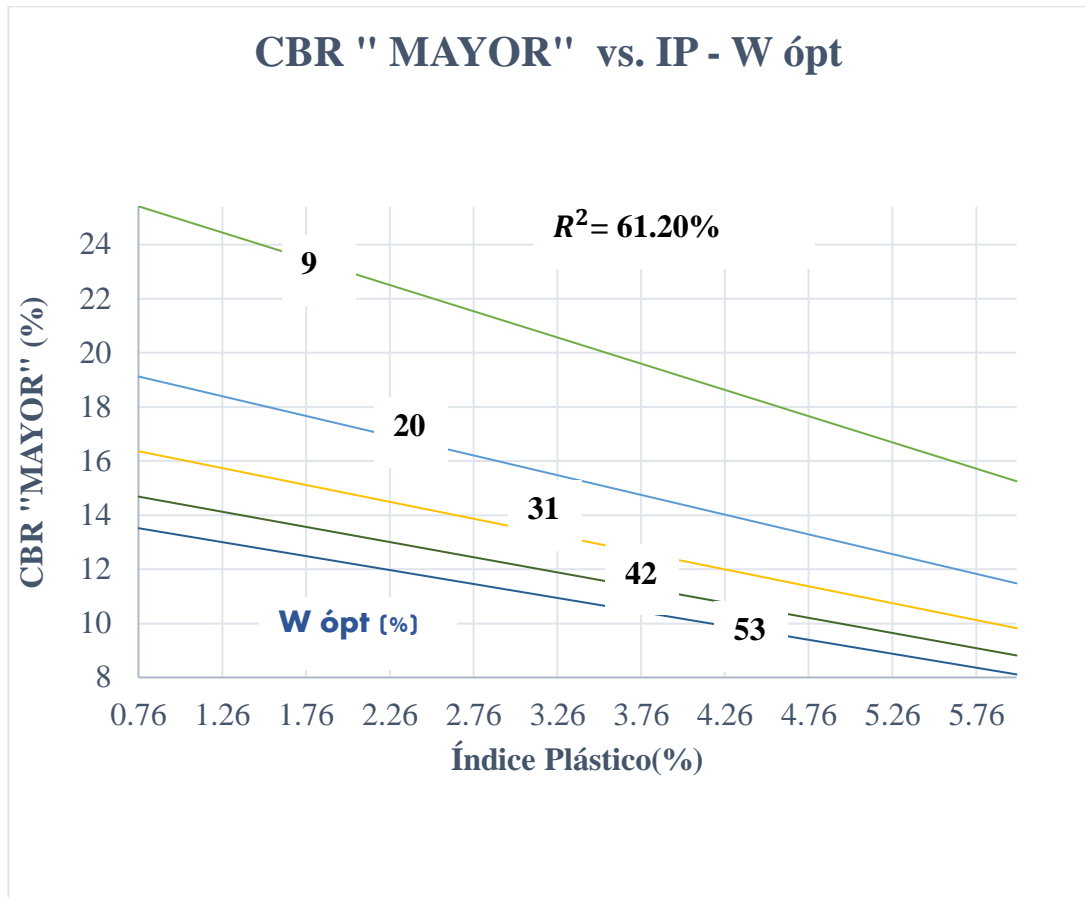
**Valor coeficiente de determinación  $R^2$ :** 80.00%

**Número de muestras utilizadas:** 10

**Análisis:** La correlación obtenida en función de CBR “MAYOR”. Vs Límite Plástico – % Arenas representados en la Figura 51. Da como resultado un buen coeficiente de determinación del 80.00 % obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo Potencial con tres variables en relación a 11 muestras de suelo.

De la gráfica se establece un criterio de proporcionalidad directa entre estas tres propiedades (CBR mayor vs  $\gamma d$  Máx – S%), mientras mayor sea el valor de  $\gamma d$  Máx y del %S del suelo éste da como resultado un mayor valor de CBR “MAYOR”.

**Correlación 23. CBR – Propiedades índices.**



**Figura 53.** Correlación CBR “MAYOR” vs Índice Plástico – W ópt.  
**Autor:** Silvia Paulina Sánchez Ch.

$$CBR \text{ MAYOR}(\%) = 42.0809 IP^{-0.2474}(\%) * W_{\text{ópt}}^{-0.2815}(\%)$$

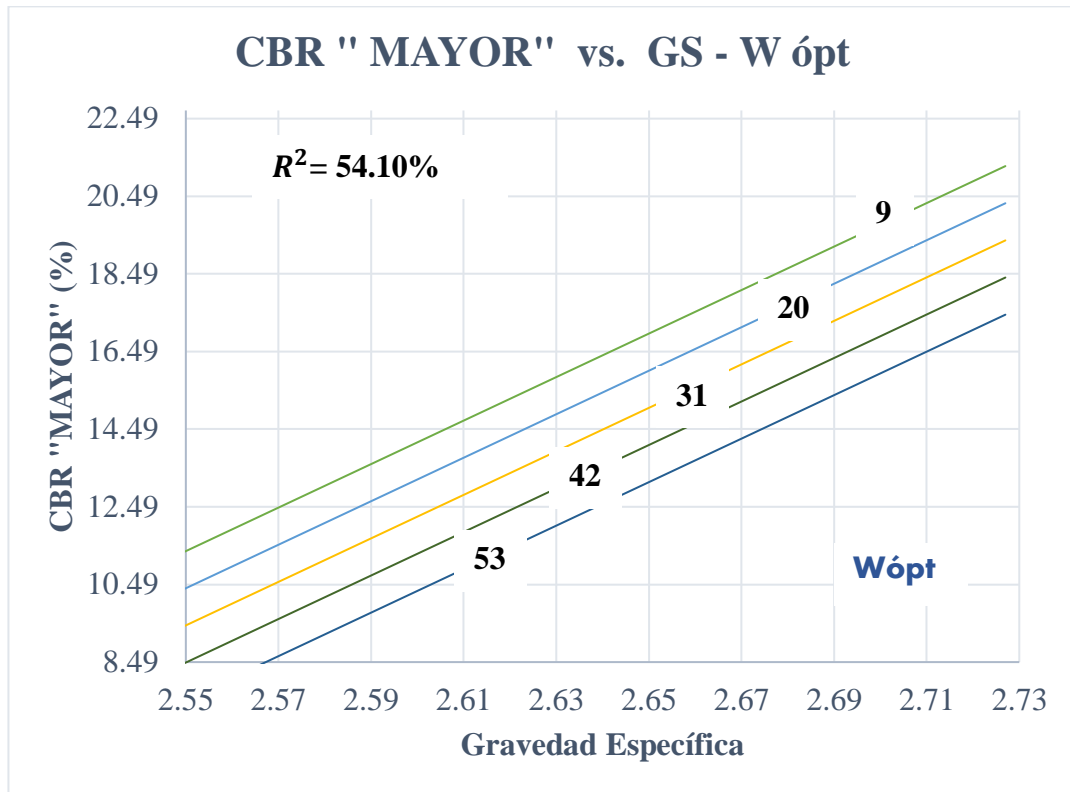
**Valor coeficiente de determinación  $R^2$ :** 61.20%

**Número de muestras utilizadas:** 10

**Análisis:** La correlación obtenida en función de CBR “MAYOR”. Vs Índice Plástico – Contenido de humedad óptimo representados en la Figura 52. Da como resultado un buen coeficiente de determinación del 61.20 % obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo Potencial con tres variables en relación a 10 muestras de suelo.

De la gráfica se establece un criterio de proporcionalidad inversa entre las propiedades (CBR mayor vs  $W_{\text{ópt}}\%$  – LP%), mientras mayor sea el valor de CBR “MAYOR” % del suelo éste da como resultado un menor valor de Contenido de humedad. Y a mayor valor de LP% menor será el valor del Contenido de humedad.

**Correlación 24. CBR – Propiedades índices.**



**Figura 54.** Correlación CBR “MAYOR” vs GS-Wópt.  
*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

$$CBR\ MAYOR(\%) = -130.758 + 56.0352GS - 0.087\ W\ \acute{o}pt\ (\%)$$

**Valor coeficiente de determinación  $R^2$ :** 54.1%

**Número de muestras utilizadas:** 10

**Análisis:** La correlación obtenida en función de CBR “MAYOR”. Vs Gravedad Específica – Contenido de humedad óptimo representados en la Figura 53. Da como resultado un buen coeficiente de determinación del 54.10 % obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo Potencial con tres variables en relación a 10 muestras de suelo.

De la gráfica se establece un criterio de proporcionalidad directa entre las propiedades (CBR mayor vs GS – Wópt%), mientras mayor sea el valor de GS del suelo éste da como resultado un mayor valor de CBR “MAYOR”. Y una proporcionalidad indirecta entre CBR mayor vs Wópt%, a mayor valor de CBR”MAYOR”

**Tabla 45.** Correlaciones de los suelos.

N°	ECUACIÓN	R <sup>2</sup> (%)	N° MUESTRAS
<b>Correlaciones "Propiedades Índice"</b>			
1	$LP = 0.0043LL^2 + 0.5082 LL + 8.0629$	99.06%	12
2	$\gamma d \text{ in situ} = \frac{1.8618}{\omega \acute{o}pt^{0.014}}$	88.80%	10
3	$\gamma d \text{ máx} = -0.002 \omega \acute{o}pt^2 + 0.0253 \omega \acute{o}pt + 1.9622$	94.40%	10
4	$\gamma d \text{ máx} = 0.0011 LL^2 - 0.0859 LL + 3.5351$	61.30%	10
5	$W \acute{o}pt (\%) = 0.0872 LL^{1.2979} (\%) * LP^{0.1608} (\%)$	77.06%	10
6	$W \text{ nat} (\%) = -100.7041 + 97.1401 \text{Log} (LL\%) - 0.9293 (LP\%)$	79.88%	10
7	$W \acute{o}pt (\%) = 0.1238 W \text{ nat}^{0.6932} (\%) * LP^{0.7994} (\%)$	84.42%	10
8	$W \acute{o}pt (\%) = 0.1438 W \text{ nat}^{0.5412} (\%) * LL^{0.859} (\%)$	82.02%	10
9	$\gamma d \text{ máx} (g/cm3) = 2.4594 - 0.0223 W \text{ nat} (\%) - 0.005 LP (\%)$	78.06%	10
10	$\gamma d \text{ máx} (g/cm3) = 2.4022 - 0.0245 W \text{ nat} (\%) - 0.0015 LL (\%)$	76.25%	10
11	$\gamma d \text{ máx} (g/cm3) = 3.725 - 1.1486 \text{Log} LP (\%) - 0.006 F (\%)$	60.08%	10
12	$\gamma d \text{ máx} (g/cm3) = 3.0321 - 0.8956 \text{Log} LL (\%) + 0.004 S (\%)$	60.59%	10
13	$\gamma d \text{ In situ} \left(\frac{g}{cm3}\right) = 1.0653 \gamma d \text{ Máx}^{0.6852} (g/cm3) * W \acute{o}pt^{-0.0298} (\%)$	89.82%	10
14	$\gamma d \text{ In situ} \left(\frac{g}{cm3}\right) = 0.9609 e^{0.2911 \gamma d \text{ máx} (g/cm3)} * e^{-0.0048 W \text{ nat} (\%)}$	92.84%	10
<b>Correlaciones "DN - Propiedades índice"</b>			
15	$\gamma d \text{ In situ} \left(\frac{g}{cm3}\right) = 1.8949 - 0.0105 \text{Log} DN \left(\frac{mm}{golpe}\right) - 0.0191 W \text{ nat} (\%)$	83.61%	10
16	$W \acute{o}pt (\%) = 0.6698 DN^{-0.0454} (mm/golpe) * W \text{ nat}^{1.0828} (\%)$	75.80%	10
17	$\gamma d \text{ Máx} (g/cm3) = 2.3533 + 0.0235 \text{Log} DN \left(\frac{mm}{golpe}\right) - 0.026 W \text{ nat} (\%)$	76.56%	10
18	$\gamma d \text{ In situ} \left(\frac{g}{cm3}\right) = 1.8516 e^{-0.0006 DN (mm/golpe)} * e^{-0.0128 W \acute{o}pt (\%)}$	80.53%	10
19	$\gamma d \text{ Máx} \left(\frac{g}{cm3}\right) = 2.3488 - 0.0227 \text{Log} DN \left(\frac{mm}{golpe}\right) - 0.03 W \acute{o}pt (\%)$	85.64%	10
20	$DN \left(\frac{mm}{golpe}\right) = 230.7218 - 173.8606 \text{Log} LL (\%) + 1.5267 LP (\%)$	67.66%	10
<b>Correlaciones "CBR-Propiedades índice"</b>			
21	$CBR \text{ MAYOR} (\%) = 1.498 W \acute{o}pt^{-1.7689} (\%) * LP^{2.0807} (\%)$	69.70%	10
22	$CBR \text{ MAYOR} (\%) = 0.0042 \gamma d \text{ Máx}^{0.5211} (gr/cm3) * S^{1.9543} (\%)$	80.04%	11
23	$CBR \text{ MAYOR} (\%) = 42.0809 IP^{-0.2474} (\%) * W \acute{o}pt^{-0.2815} (\%)$	61.25%	10
24	$CBR \text{ MAYOR} (\%) = -130.758 + 56.0352 GS - 0.087 W \acute{o}pt (\%)$	54.08%	10

**Autor:** Silvia Paulina Sánchez Ch.

**Análisis:** Se establece que la ecuación N°22 será empleada para la obtención del valor de CBR de diseño para el pavimento flexible, por alcanzar el valor de coeficiente de determinación **R<sup>2</sup>** mayor entre las cuatro correlaciones de "CBR – Propiedades índice". Dando resultados más cercanos a la realidad y en relación al CBR obtenido en laboratorio.

### 3.2. Diseño estructural de pavimento flexible AASHTO – 93

Se ha propuesto realizar el diseño de pavimento flexible por el método AASHTO 93 por su confiabilidad y aplicación del parámetro de serviciabilidad en el diseño. Con la aplicación de los correctos valores establecidos por éste método se espera obtener una estructura que brinde seguridad, comodidad y sea funcional a lo largo de su vida útil.[33]

Durante siete días desde el 12/04/2021 – 18/04/2021 por doce horas de 07:00 AM a 19:00 PM se realizó el conteo vehicular en la vía denominada La Hacienda (Ulba – El Palacio) Estableciendo como hora pico de 07:00 – 08:00.

**Tabla 46.** Conteo vehicular hora pico.

Hora		Vehículos Livianos	Total Buses	Transporte de Carga		Total (15min)
				Camiones de 2 ejes	Camiones + 2 ejes	
7:00	7:15	9	2	3	0	14
7:15	7:30	8	2	1	0	11
7:30	7:45	5	2	0	1	8
7:45	8:00	7	2	1	0	10
<b>TOTAL</b>		<b>29</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>43</b>
<b>%</b>		<b>67.44</b>	<b>18.60</b>	<b>11.63</b>	<b>2.33</b>	<b>100.00</b>

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

**“FHP” – Factor Hora Pico**

$$FHP = \frac{TOTAL_{vehículos}}{4*(>tráfico en 15min)}$$

$$FHP = \frac{43}{4*(14)}$$

$$FHP = 0.77 \rightarrow 1$$

**Porcentaje de la trigésima hora**

$$TPDA = \frac{Total_{vehículos} * FHP}{15\%}$$

**T. LIVIANOS**

$$TPDA_{livianos} = \frac{29*1}{15\%} = 193 \frac{veh}{día}$$

T. BUSES

$$TPDA_{buses} = \frac{8*1}{15\%} = 53 \frac{veh}{día}$$

T. CAMIONES

$$TPDA_{camiones} = \frac{5*1}{15\%} = 33 \frac{veh}{día}$$

$$TPDA_{actual} = TPDA_{livianos} + TPDA_{buses} + TPDA_{camiones}$$

$$TPDA_{actual} = 193 + 53 + 33$$

$$TPDA_{actual} = 279$$

***Tráfico Vehicular Actual en el 1° año.***

**Tabla 47.** Índice de crecimiento vehicular.

Período	Tipo de Vehículo		
	<i>Livianos</i>	<i>Buses</i>	<i>Camiones</i>
2021 - 2025	3.57	1.78	1.74
2026- 2030	3.25	1.62	1.58
2031 - 2035	3.25	1.62	1.58
2036 - 2039	3.25	1.62	1.58
2040 - 2043	3.25	1.62	1.58

***Fuente:*** (MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS) NEVI-12, MTOP-2013.[29]

$$TPDA_{1año} = T_a * (1 + i)^1$$

T. LIVIANOS

$$TPDA_{livianos} = 193 * (1 + 3.57)^1 = 200$$

T. BUSES

$$TPDA_{buses} = 53 * (1 + 1.78)^1 = 54$$

T. CAMIONES

$$TPDA_{camiones} = 33 * (1 + 1.74)^1 = 34$$

$$TPDA_{1año} = TPDA_{livianos} + TPDA_{buses} + TPDA_{camiones}$$

$$TPDA_{1año} = 288$$

### **Tráfico generado**

$$Tg = 20\% * Ta_{(1 año)}$$

T. LIVIANOS

$$Tg_{livianos} = 20\% * 200 = 40 \frac{veh}{día}$$

T. BUSES

$$Tg_{buses} = 20\% * 54 = 11 \frac{veh}{día}$$

T. CAMIONES

$$Tg_{buses} = 20\% * 34 = 7 \frac{veh}{día}$$

### **Tráfico atraído**

$$Tat = 10\% * Ta_{(1 año)}$$

T. LIVIANOS

$$Tat_{livianos} = 10\% * 200 = 20 \frac{veh}{día}$$

T. BUSES

$$Tat_{buses} = 10\% * 54 = 5 \frac{veh}{día}$$

T. CAMIONES

$$Tat_{buses} = 10\% * 34 = 3 \frac{veh}{día}$$

### **Tráfico desarrollado**

$$Tat = 5\% * Ta_{(1 año)}$$

T. LIVIANOS

$$Td_{livianos} = 5\% * 200 = 10 \frac{veh}{día}$$

T. BUSES

$$Td_{buses} = 5\% * 54 = 3 \frac{veh}{día}$$

T. CAMIONES

$$Td_{buses} = 5\% * 34 = 2 \frac{veh}{día}$$

**Tabla 48.** Tráfico actual total del proyecto.

Tipo de Vehículo	TPDA Actual	i%= Índice de Crecimiento	TPDA 1 Año	Tg	Tat	Td	Ta Total
Livianos	193	3.57	200	40	20	10	270
Buses	53	1.78	54	11	5	3	73
Camiones	33	1.74	34	7	3	2	46

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

**Tabla 49.** Período de Diseño según el tipo de vía.

Clasificación de la vía	Período de análisis (años)
Urbana de alto volumen de tráfico	30-50
Rural de alto volumen de tráfico	20-50
Pavimentada de bajo volumen de tráfico	15-25
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10-20

*Fuente: Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO. Método AASHTO-93.[28]*

La vía seleccionada para el diseño será de tipo pavimentada de bajo volumen de tráfico con un periodo de diseño de 20 años.



**Tabla 50.** Tráfico estimado para el período de diseño.

AÑO	CRECIMIENTO(%)			TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO			
	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	TPDA TOTAL
2021	3.57	1.78	1.74	270	73	46	389
2022	3.57	1.78	1.74	280	75	47	402
2023	3.57	1.78	1.74	290	76	47	413
2024	3.57	1.78	1.74	300	77	48	425
2025	3.57	1.78	1.74	311	79	49	439
2026	3.25	1.62	1.58	316	79	49	444
2027	3.25	1.62	1.58	326	81	50	457
2028	3.25	1.62	1.58	337	82	51	470
2029	3.25	1.62	1.58	348	83	52	483
2030	3.25	1.62	1.58	359	85	53	497
2031	3.25	1.62	1.58	371	86	53	510
2032	3.25	1.62	1.58	383	87	54	524
2033	3.25	1.62	1.58	395	89	55	539
2034	3.25	1.62	1.58	408	90	56	554
2035	3.25	1.62	1.58	421	92	57	570
2036	3.25	1.62	1.58	435	93	58	586
2037	3.25	1.62	1.58	449	95	59	603
2038	3.25	1.62	1.58	464	96	60	620
2039	3.25	1.62	1.58	479	98	61	638
2040	3.25	1.62	1.58	494	99	61	654
2041	3.25	1.62	1.58	511	101	62	674

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

**Tabla 51.** Clasificación de carreteras de acuerdo al tráfico proyectado – Proyecto

<b>Función</b>	<b>Clase de carretera según el MTOP</b>	<b>TPDA ( Año final de diseño)</b>
Corredor Arterial	R-I o R-II	>8000
	I	3000-8000
	II	1000-3000
Colectora	III	300-1000
	IV	100-300
Vecinal	V	<100

*Fuente: (MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS) NEVI-12, MTOP-2013.[29]*

Determinar el factor de daño para el transporte liviano, buses y pesados es necesario para el cálculo del Eje Equivalente W18. [29]

$$W_{18}Total = 365 * TPDA * FD$$

**Tabla 52.** Factor de daño.

TIPO	SIMPLE		SIMPLE DOBLE		TANDEM		TRIDEM		FACTOR DE DAÑO
	Ton	(P/6.6)^4	Ton	(P/8.2)^4	Ton	(P/15)^4	Ton	(P/23)^4	
Liviano	3	0.04							0.04
Buses	4	0.13	8	0.91					1.04
C-2P	2.5	0.02							1.29
	7	1.27							1.29
C-2G	6	0.68	11	3.24					3.92
C-3	6	0.68			18	2.07			2.75
C-4	6	0.68					25	1.4	2.08
C-5	6	0.68			18	2.07			2.75
C-6	6	0.68			18	2.07	25	1.4	4.15

**Fuente:** Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO.

Método AASHTO-93.[28]

**Tabla 53.** Tráfico estimado para el período de diseño.

AÑO	CRECIMIENTO(%)			TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO				W 18 diseño por año	W 18 diseño acumulado	W 18 de diseño
	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	TPDA TOTAL			
2021	3.57	1.78	1.74	270	73	46	389	53312	53311.9	26656
2022	3.57	1.78	1.74	280	75	47	402	54688	107999.85	54000
2023	3.57	1.78	1.74	290	76	47	413	55214	163213.4	81607
2024	3.57	1.78	1.74	300	77	48	425	56210	219423.4	109712
2025	3.57	1.78	1.74	311	79	49	439	57601	277024.05	138512
2026	3.25	1.62	1.58	316	79	49	444	57674	334697.7	167349
2027	3.25	1.62	1.58	326	81	50	457	59050	393747.4	196874
2028	3.25	1.62	1.58	337	82	51	470	60061	453808.15	226904
2029	3.25	1.62	1.58	348	83	52	483	61072	514879.95	257440
2030	3.25	1.62	1.58	359	85	53	497	62462	577342.4	288671
2031	3.25	1.62	1.58	371	86	53	510	63017	640359.65	320180
2032	3.25	1.62	1.58	383	87	54	524	64043	704402.55	352201
2033	3.25	1.62	1.58	395	89	55	539	65448	769850.7	384925
2034	3.25	1.62	1.58	408	90	56	554	66488	836339.1	418170
2035	3.25	1.62	1.58	421	92	57	570	67908	904247.35	452124
2036	3.25	1.62	1.58	435	93	58	586	68963	973210.45	486605
2037	3.25	1.62	1.58	449	95	59	603	70398	1043608	521804
2038	3.25	1.62	1.58	464	96	60	620	71467	1115075	557538
2039	3.25	1.62	1.58	479	98	61	638	72916	1187991.05	593996
2040	3.25	1.62	1.58	494	99	61	654	73515	1261505.7	630753
2041	3.25	1.62	1.58	511	101	62	674	74993	1336498.6	668249

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

### *Confiabilidad ( R )*

**Tabla 54.** Nivel de confiabilidad R.

Clasificación funcional	NIVEL DE CONFIABILIDAD R	
	URBANA	RURAL
Autopistas	85 - 99.9	80 - 89.99
Carreteras de primer orden	80-99	75-95
<b>Carreteras secundarias</b>	<b>80-95</b>	<b>75-95</b>
Caminos vecinales	50-80	50-80

*Fuente: Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO.*

*Método AASHTO-93.[28]*

La vía seleccionada para el diseño de pavimento es una carretera secundaria de tipo rural con un nivel de confiabilidad en un rango de 75 – 95, se escoge un nivel de 85%.

### *Desviación Estándar Normal (Zr)*

**Tabla 55.** Desviación Estándar Normal Zr.

Nivel de Confiabilidad R	Zr
50	0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
<b>85</b>	<b>-1.037</b>
90	-1.282
91	-1.34
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.09
99.99	-3.75

*Fuente: Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO.*

*Método AASHTO-93.[28]*

Para un nivel de confiabilidad del 85% la desviación estándar normal que corresponde es un valor de  $Z_r = -1.037$ .

### ***Desviación Estándar Global (So)***

La desviación estándar global para pavimentos flexibles está en un rango de 0.40 a 0.50. De acuerdo a la normativa es recomendable utilizar el valor de 0.45. [29]

### ***Índice de Serviciabilidad (PSI)***

$$\Delta PSI = PSI \text{ inicial} - PSI \text{ final}$$

$$PSI \text{ inicial} \rightarrow P. \text{Flexibles} = 4.2$$

$$PSI \text{ final} \rightarrow P. \text{Flexibles} = 2$$

$$\Delta PSI = 4.2 - 2 \quad \rightarrow \quad \Delta PSI = 2.2$$

### ***Módulo de Resiliencia de la Subrasante (Mr)***

Para el cálculo del módulo de resiliencia de la subrasante se utilizará el valor de  $CBR_{lab}$  perteneciente a la muestra N°9 = 11%.

$$Mr_{PSI} = 3000 * CBR^{0.65}$$

$$Mr_{PSI} = 3000 * 11^{0.65}$$

$$Mr_{PSI} = 14257$$

$$Mr = 14.26 \text{ Ksi}$$

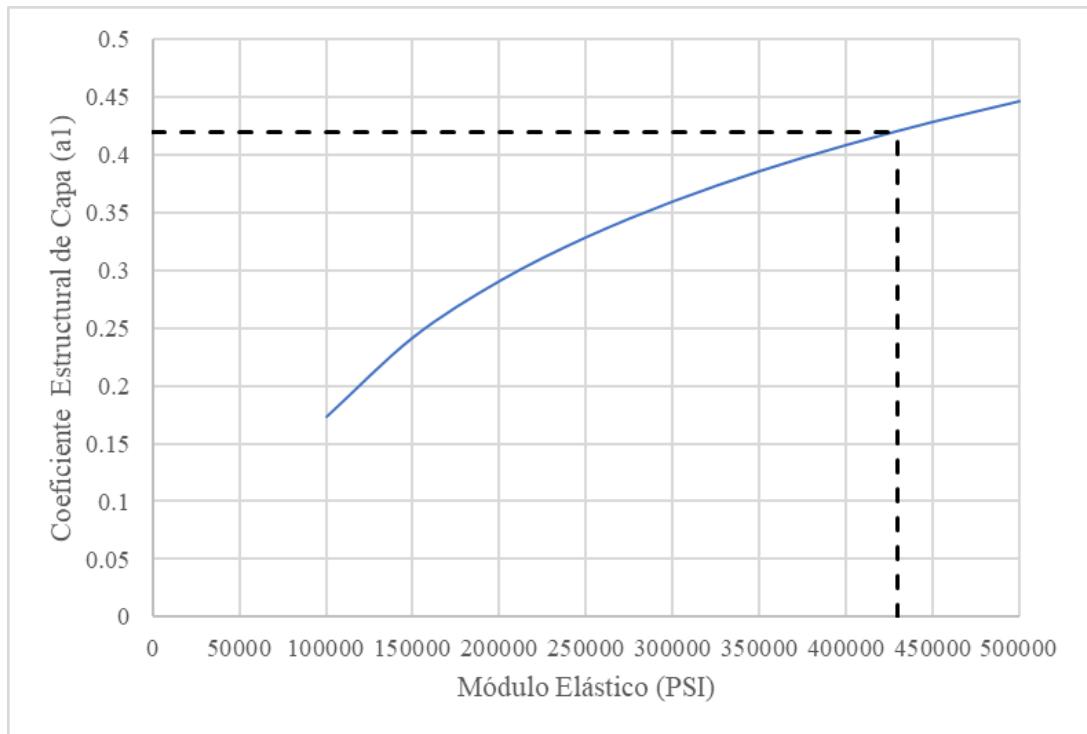
### ***Coefficientes estructurales a1, a2, a3***

Para continuar con el cálculo se debe determinar valores de CBR para base y sub-base de pavimento además de conocer el módulo elástico de la capa asfáltica. [29]

De acuerdo a especificaciones del MTOP establece un  $CBR_{bases \text{ mín}} = 80\%$  y  $CBR_{sub-bases \text{ mín}} = 30\%$ . [29]

El valor de *Módulo elástico alfalto* = 430 000 PSI – 430 Ksi [29]

***Coefficiente estructural de Carpeta Asfáltica  $a_1$ .***

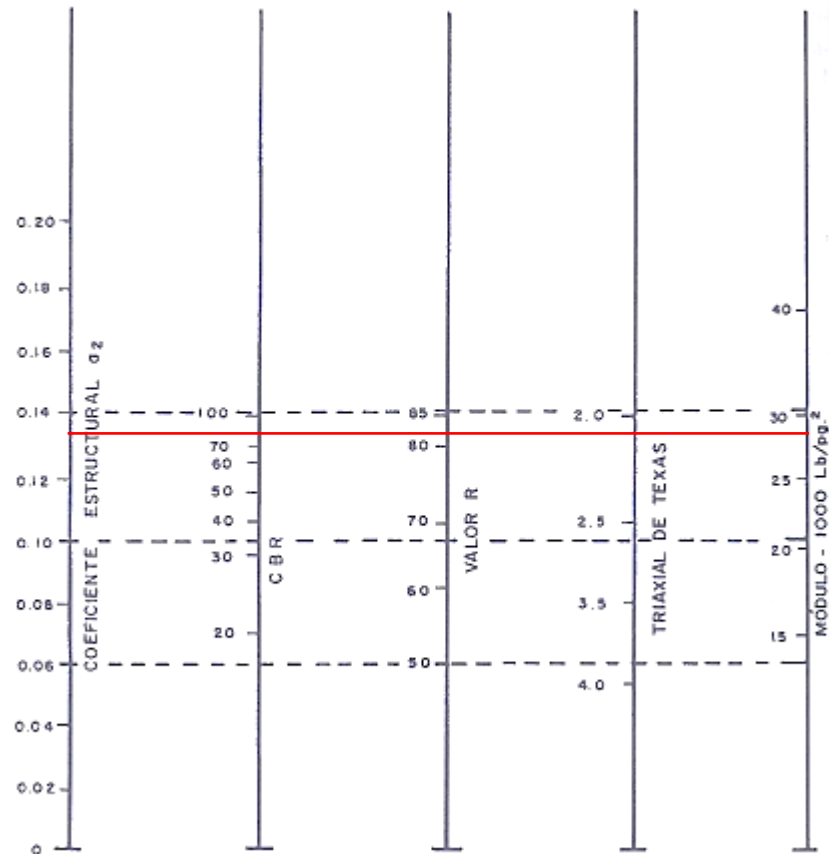


**Figura 55.** Carta para estimar el Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica ( $a_1$ ) a partir del módulo elástico.

***Fuente: DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO POR EL METODO AASHTO-93 EMPLEANDO EL SOFTWARE DISAASHTO-93.[32]***

En base al módulo elástico de 430 000 *PSI* y de acuerdo a la gráfica el coeficiente estructural  $a_1 = 0.42$ . [32]

### *Coefficiente estructural de Base Granular a2.*



**Figura 56.** Coeficiente estructural ( $a_2$ ).

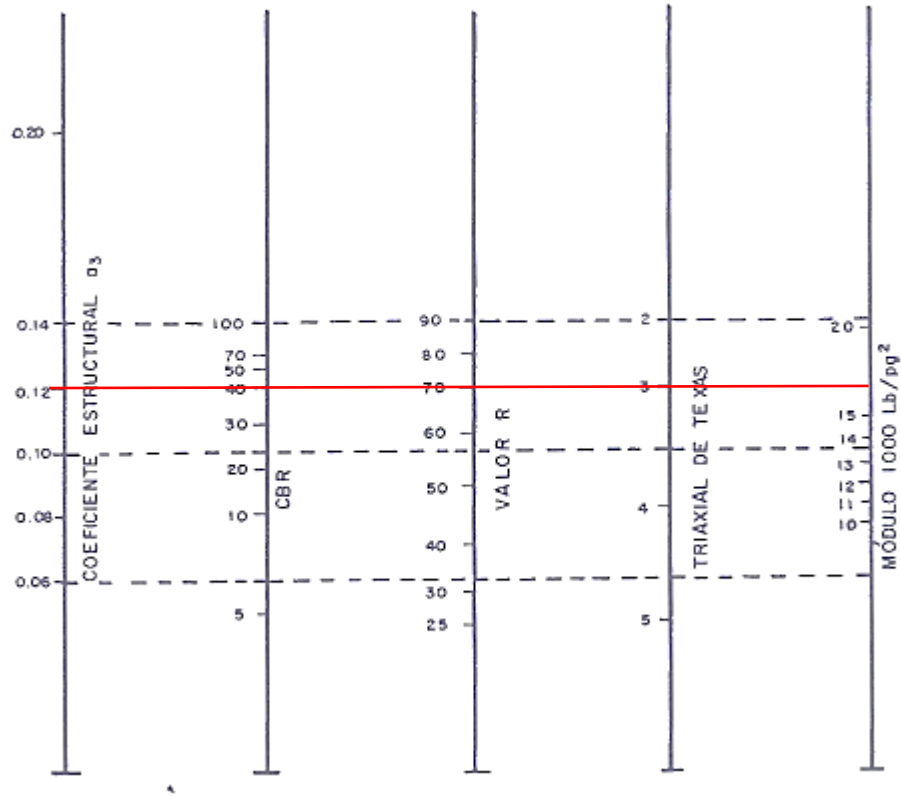
*Fuente: Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO.*

*Método AASHTO-93.*[28]

De acuerdo a lo establecido por la MTOP para esta capa base el valor de CBR mín = 80% y con este valor se obtiene un coeficiente  $a_2 = 0.136$  y un módulo resiliente igual a (29 ksi) 29000 PSI. [29]

### *Coefficiente estructural de Sub-base Granular a3.*

La MTOP establece un valor de CBR mín. para esta capa sub-base del 30% por tanto se escoge un valor del 40% para este diseño. [29]



**Figura 57.** Coeficiente granular de la sub-base granular.

*Fuente:* Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO.

*Método AASHTO-93.*[28]

Para un CBR del 40% se obtiene un coeficiente estructural  $a_3 = 0.12$  con un módulo de resiliencia igual a (16.5 Ksi) 165000 PSI. [28]

**Coeficiente de drenaje  $m_2, m_3$**

**Tabla 56.** Calidad de drenaje.

Calidad de Drenaje	Tiempo de eliminación de agua
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 semana
Deficiente	Agua no drena

*Fuente:* Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO.

*Método AASHTO-93.*[28]



Por el tipo de suelo se establece que la calidad de drenaje es buena y este elimina el agua en un día.

**Tabla 57.** Coeficiente de drenaje m2 y m3.

Capacidad de drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura de pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación.			
	Menos del 1%	1%-5%	5%-25%	Más del 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Buena	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Deficiente	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

*Fuente: Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO.*

*Método AASHTO-93.[28]*

Se establece los coeficientes de drenaje m2 y m3 de 1.1

Para calcular el valor del Número Estructural (SN) es necesario ingresar una lista de datos en el programa AASHTO 93 que se muestra en la siguiente tabla. [28]

**Tabla 58.** Datos principales Diseño 1.

DATOS Diseño 1	
PSI inicial	4.2
PSI final	2
Confiabilidad % ( R )	85
Desviación estándar normal (Zr)	-1.037
Desviación estándar global (So)	0.45
Módulo de resiliencia de la subrasante (Mr)	14257
W18	668249
a1	0.420
a2	0.136
a3	0.120
m2	0.900
m3	0.900

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

**Figura 58.** Programa AASHTO 93.

**Fuente:** *Diseño de Pavimento Asfáltico – AASHTO 93*[32]

Para el diseño se establece una comparación entre el CBR de laboratorio de la muestra N°9 y aquel valor de CBR obtenido por la correlación N °22.

$$CBR_{lab} = 11\%$$

$$CBR_{correlación} = 12.4\%$$

*Diseño de pavimento flexible con CBR de laboratorio.*

**Tabla 59.** Diseño de Pavimento Flexible 1 – CBR lab.

<b>DATOS DE ENTRADA :</b>			
<b>1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES</b>			<b>DATOS</b>
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)			430.00
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)			29.00
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)			16.50
<b>2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE</b>			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			668,249
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)			85%
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)			-1.037
DESVIACION ESTANDAR GLOBAL (So)			0.45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)			14.26
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4.2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2.0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			20
<b>3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO</b>			
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA			
Concreto Asfáltico Convencional (a <sub>1</sub> )			0.420
Base granular (a <sub>2</sub> )			0.136
Subbase (a <sub>3</sub> )			0.120
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Base granular (m <sub>2</sub> )			0.900
Subbase (m <sub>3</sub> )			0.900
<b>DATOS DE SALIDA :</b>			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN <sub>REQ</sub> )	<b>2.39</b>		
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN <sub>CA</sub> )	<b>1.82</b>		
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN <sub>BG</sub> )	<b>0.44</b>		
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN <sub>SB</sub> )	<b>0.13</b>		
<b>ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO</b>			
		<b>PROPUESTA</b>	
	TEORICO	ESPESOR	SN*
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	11.0 cm	<b>5.0 cm</b>	0.83
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	9.1 cm	<b>15.0 cm</b>	0.72
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	2.9 cm	<b>20.0 cm</b>	0.85
ESPESOR TOTAL (cm)		<b>40.0 cm</b>	<b>2.40</b>
DISEÑADO POR : <i>Silvia Paulina Sánchez Chancusig</i>			<i>fm</i>

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

Las capas del pavimento flexible del diseño en base al valor de CBR lab = 11% son:

**Tabla 60.** Espesores de capa – CBR lab.

<b>CAPA PAVIMENTO FLEXIBLE</b>	<b>Espesor (cm)</b>
Carpeta Asfáltica	5
Base Granular	15
Subbase Granular	20

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

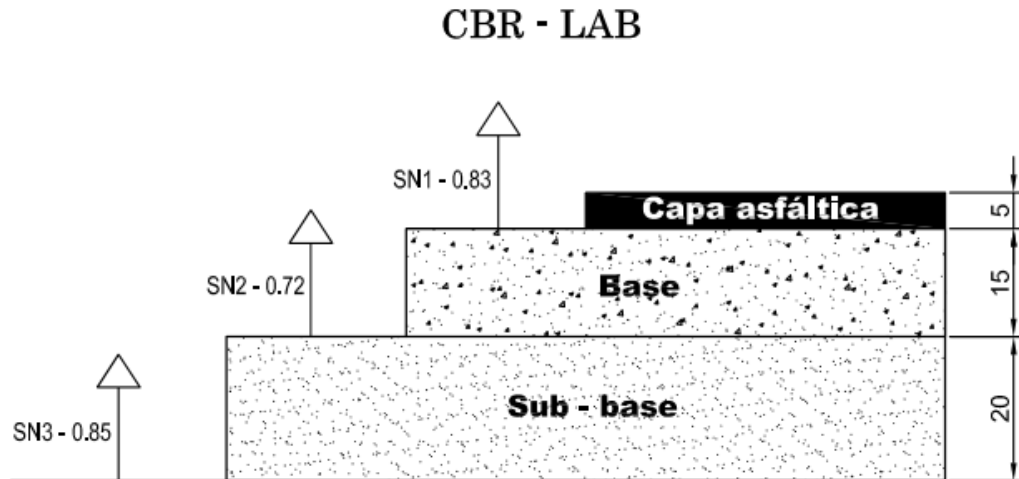
**Verificación:**

$$SN_1 + SN_2 + SN_3 \geq SN$$

$$0.83 + 0.72 + 0.85 \geq 2.39$$

$$2.40 \geq 2.39 \rightarrow OK!!$$

**GRÁFICO DE CAPAS**



**Figura 59.** Programa AASHTO 93.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

**Diseño pavimento flexibles -  $CBR_{\text{correlación}}$  de la muestra de suelo N°9.**

La muestra de Vía Ulba – El Palacio tiene como datos de  $\gamma_d \text{ Máx} = 1.954 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$  y un porcentaje de arena del  $S = 49.84 \%$ . Con los cuales se calcula el CBR para el diseño de pavimento flexible 2.

$$CBR \text{ MAYOR}(\%) = 0.0042 \gamma_d \text{ Máx}^{0.5211}(\text{gr/cm}^3) * S^{1.9543}(\%)$$

$$CBR \text{ MAYOR}(\%) = 0.0042 \cdot 1.954^{0.5211}(\text{gr/cm}^3) * 49.84^{1.9543}(\%)$$

$$CBR \text{ MAYOR}(\%) = 12.4 \%$$

Es necesario calcular nuevamente el módulo de resiliencia de la subrasante con el CBR calculado.

$$Mr_{PSI} = 3000 * CBR^{0.65}$$

$$Mr_{PSI} = 3000 * 12.4^{0.65}$$

$$Mr_{PSI} = 15412$$

$$Mr = 15.41 \text{ Ksi}$$

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software window. It contains several input fields and buttons. The 'Tipo de Pavimento' section has 'Pavimento flexible' selected. The 'Confianza (R) y Desviación estándar (So)' section shows '85 % Zr=-1.037' and 'So = 0.45'. The 'Serviciabilidad inicial y final' section shows 'PSI inicial = 4.2' and 'PSI final = 2'. The 'Módulo resiliente de la subrasante' section shows 'Mr = 15412 psi'. The 'Información adicional para pavimentos rígidos' section has empty fields for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'. The 'Tipo de Análisis' section has 'Calcular SN' selected, with 'W18 = 668249' and 'Número Estructural' section showing 'SN = 2.33'. At the bottom, there are 'Calcular' and 'Salir' buttons.

**Figura 60.** Programa AASHTO 93.  
**Fuente:** *Diseño de Pavimento Asfáltico – AASHTO 93*[32]

**Tabla 61.** Diseño de Pavimento Flexible 1 – CBR lab.

<b>DATOS DE ENTRADA :</b>			
<b>1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES</b>			<b>DATOS</b>
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)			430.00
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)			29.00
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)			16.50
<b>2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE</b>			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			668,249
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)			85%
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)			-1.037
DESVIACION ESTANDAR GLOBAL (So)			0.45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)			15.41
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4.2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2.0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			20
<b>3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO</b>			
<b>A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA</b>			
Concreto Asfáltico Convencional (a <sub>1</sub> )			0.420
Base granular (a <sub>2</sub> )			0.136
Subbase (a <sub>3</sub> )			0.120
<b>B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA</b>			
Base granular (m <sub>2</sub> )			0.900
Subbase (m <sub>3</sub> )			0.900
<b>DATOS DE SALIDA :</b>			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN <sub>REQ</sub> )	<b>2.32</b>		
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN <sub>CA</sub> )	<b>1.82</b>		
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN <sub>BG</sub> )	<b>0.44</b>		
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN <sub>SB</sub> )	<b>0.06</b>		
<b>ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO</b>			
		<b>PROPUESTA</b>	
	<b>TEORICO</b>	<b>ESPESOR</b>	<b>SN*</b>
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	11.0 cm	<b>5.0 cm</b>	0.83
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	9.1 cm	<b>15.0 cm</b>	0.72
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	1.4 cm	<b>20.0 cm</b>	0.85
ESPESOR TOTAL (cm)		<b>40.0 cm</b>	<b>2.40</b>
<b>DISEÑADO POR : Silvia Paulina Sánchez Chancusig</b>			<i>fm</i>

**Autor:** Silvia Paulina Sánchez Ch.

**Tabla 62.** Espesores de capa – CBR correlación.

<b>CAPA PAVIMENTO FLEXIBLE</b>	<b>Espesor (cm)</b>
Carpeta Asfáltica	5
Base Granular	15
Subbase Granular	20

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

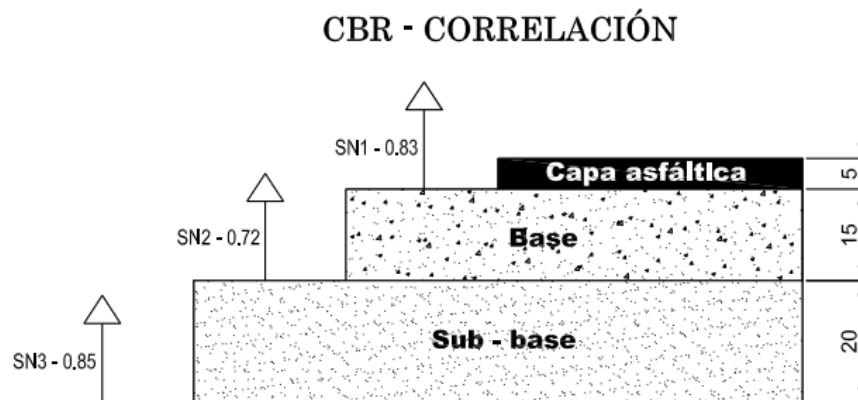
**Verificación:**

$$SN_1 + SN_2 + SN_3 \geq SN$$

$$0.83 + 0.72 + 0.85 \geq 2.39$$

$$2.40 \geq 2.32 \rightarrow OK!!$$

**GRÁFICO DE CAPAS**



**Figura 61.** Programa AASHTO 93.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

**Tabla 63.** Espesores de las capas de pavimento flexible.

<b>CBR (%)</b>		<b>Mr</b>	<b>ESPEORES (cm)</b>		
		<b>(PSI)</b>	<i>Capa asfáltica</i>	<i>Base Granular</i>	<i>Sub - Base</i>
Laboratorio	11	14257	5	15	20
Correlación	12.4	15412	5	15	20

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

**Análisis:** Al implementar los valores de resistencia del suelo CBR obtenidos en laboratorio y el calculado mediante correlación en el diseño, se observa que los espesores por capa de la estructura son los mismos. Comprobando la eficacia de los métodos por análisis de correlación.

### **3.3. Verificación de hipótesis**

Finalizado el proceso de investigación con valores de las muestras de la parroquia Ulba y Río Verde se han determinado 24 correlaciones que van en un rango de coeficiente de determinación  $R^2$  igual a 54% a 94.4%.

#### **Hipótesis Nula**

No existe correlación entre el CBR (Capacidad de Soporte de California), DCP (Penetrómetro Dinámico de Cono) y las propiedades índice y mecánicas en los suelos de las parroquias: Ulba y Río verde del cantón Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua.

#### **Hipótesis Alternativa**

Si existe correlación entre el CBR (Capacidad de Soporte de California), DCP (Penetrómetro Dinámico de Cono) y las propiedades índice y mecánicas en los suelos de las parroquias: Ulba y Río verde del cantón Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua.

Todas las ecuaciones de correlación establecidas superan el 50% de valor de coeficiente de determinación por cuanto se da por aceptada la hipótesis, si existe correlación entre las propiedades de los suelos de la parroquia Ulba y Río Verde del cantón Baños.



## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones

- Se realizó el muestreo aleatorio de suelo natural propio de las cuatro vías pertenecientes a las parroquias Ulba y Río Verde del cantón Baños de Agua Santa, siendo extraídas a un costado de la carretera, tomando tres muestras de suelo por tramo de vía.
- Se determinó las propiedades índices de las 12 muestras extraídas de las parroquias Ulba y Río Verde del cantón Baños de Agua Santa, estableciendo una clasificación de suelos areno limosos (SM) en su mayoría, un suelo areno arcilloso (SC) y dos de estos presentan valores plásticos altos, por cuanto se los clasifica como Limos de Alta plasticidad (MH) de acuerdo a la carta de plasticidad SUCS. En base a la clasificación AASHTO el 83% de los suelos están dentro del grupo A-2 con subgrupos A-2-4 y A-2-5 considerados como Gravas y Arenas Limosas o Arcillosas de buena calidad, a su vez dos suelos encajan con las características propias del grupo A-5 que corresponden a suelos limosos. Comprobando la similitud de estas dos clasificaciones de suelo.
- Se realizó el ensayo de análisis granulométrico de todas las muestras obteniendo valores en porcentaje de Grava que varían de (0.07 % a 38.30%), Arena de (41.17 % a 70.06%) y Fino de (16.92 % a 51.62%). Se concluye que las muestras de suelo se componen en su mayoría por partículas de arena con poca grava y con presencia de finos.
- Se analizó los valores de Límites de Atterberg obtenidos en los ensayos de Límite Líquido que están dentro de un rango del (24.5 % a 74.7%) y con índices de plasticidad menores a 6.17 %. Dentro de este muestreo se indica que el 75% de los suelos son de baja plasticidad y el 25 % corresponden a suelos con una plasticidad alta propios de los suelos de partículas finas.

- Se determinó las propiedades mecánicas de los suelos descritas en la tabla N°44. Mostrando valores de resistencia del suelo obtenidos con el ensayo de campo (DCP) arrojando índices de penetración que varían en un rango de (3.95 - 56.69) mm/golpe, bajo condiciones propias de la zona de estudio. Se puede concluir que los suelos analizados poseen una consistencia densa o medianamente densa propio de los suelos arenosos.
- Se analizó los valores obtenidos en el ensayo de compactación con el equipo Próctor Modificado “B”, obteniéndose valores de contenido de humedad óptimo entre (8 a 56.7) % y una densidad seca máxima en un rango de (1.076 – 2.061) gr/cm<sup>3</sup>. Como consecuencia el 25% de las muestras de suelo son considerados como Finos existe esta diferencia notoria de valores. El promedio para la densidad seca máxima de los suelos es 1.76 gr/cm<sup>3</sup> propio de los suelos friccionantes o granulares.
- Se estableció que los valores de CBR calculados oscilan entre los (8 a 25) %. El valor de CBR promedio de las muestras de suelo es del 14% clasificando a estos suelos como un material de Subrasante regular a buena en vista que se encuentra dentro del rango (10-20) según menciona “*Crespo Villalaz en su Libro Mecánica de Suelos y Cimentaciones*”.
- Se calculó un total de 24 ecuaciones de correlación entre las propiedades índice y mecánicas de los suelos del Cantón Baños de Agua Santa. El 60 % de estas ecuaciones están en relación directa entre propiedades índice con un coeficiente de determinación superior al 60 %, y el otro 40% dependen de los valores de las propiedades mecánicas del suelo como es el índice de penetración (DN) y el valor de CBR.
- La ecuación que mayor valor de correlación presenta es aquella expresada en función del Limite Liquido y Limite Plástico con un coeficiente de determinación  $R^2 = 99.06\%$  con el total de muestras analizadas. En su mayoría las correlaciones han sido planteadas con la utilización de 10 muestras de suelo

a causa de que 2 de estos suelos cuentan con valores atípicos por no pertenecer a la misma clasificación que la mayoría.

- La mayor cantidad de correlaciones obtenidas en este trabajo experimental han sido calculadas con regresión múltiple de tres variables de diferentes tipos, tanto lineal, logarítmica, potencial y exponencial. Escogiendo de entre todas la de mayor valor de coeficiente de determinación y que cumpla con el parámetro establecido superior al 50% para ser aceptada como válida.
- Todas las ecuaciones de correlación calculadas en el presente trabajo podrán ser utilizadas y aplicadas para suelos que se encuentren dentro de la provincia de Tungurahua y oscilen entre los valores establecidos por cada ensayo de campo y laboratorio descritos en este documento.
- De entre las cuatro ecuaciones de correlación determinadas para hallar el CBR “MAYOR” que cumplen con la valoración mayor al 50% de  $R^2$ , se escoge la ecuación N°22 para ser utilizada en el diseño del pavimento flexible, por ser la que mayor porcentaje de correlación entre propiedades presenta.
- Se aplicó el valor de CBR “MAYOR” obtenido en laboratorio y aquel dato calculado mediante una ecuación de correlación para el diseño de pavimento flexible de la vía rural que conecta las poblaciones de “Ulba – El Palacio” denominada como vía “La Hacienda”. Siendo el  $CBR_{lab}$  igual a 11% y el  $CBR_{correlación}$  igual a 12.4%, entre los dos valores la diferencia es mínima, es por esto que el espesor del pavimento diseñado para ambos casos es el mismo. Concluyendo que la estructura del pavimento cuenta con una capa asfáltica de espesor 5cm, una base granular de espesor 15 cm y una sub – base granular de 20 cm de espesor.
- Se ubicó cada una de las muestras de suelo en estudio dentro de las parroquias Ulba y Río Verde pertenecientes al Cantón Baños de Agua Santa con nomenclatura correspondiente a su clasificación “SUCS – AASHTO” como se muestra en las Fig. 29 y Fig. 30.

## 4.2. Recomendaciones

- Para obtener valores lo más reales posibles de las propiedades de los suelos con la utilización de las correlaciones descritas en el documento es ineludible una evaluación previa a fin de establecer si se trata del mismo tipo de suelo, con las mismas características y propiedades.
- Se recomienda ampliar la zona de estudio a nivel nacional con el fin de obtener valores actuales de las propiedades de los suelos que son comúnmente aplicados en el campo de la Construcción.
- Para el diseño del pavimento se recomienda utilizar la ecuación con mayor valor de coeficiente de determinación, puesto que de esta manera el valor que se obtenga será el más acertado.
- De ser necesario para aumentar el % de  $R^2$  se puede simplificar los datos de los suelos que se encuentren muy por fuera del rango de las propiedades que se estén analizando.
- Cada uno de los ensayos de campo o laboratorio deben realizarse de acuerdo a lo establecido en las normativas, a fin de obtener valores que se ajusten a los valores teóricos de los diferentes tipos de suelos.
- Las muestras de suelo extraídas deben ser transportadas y almacenadas en sobres herméticos para evitar alteración en los ensayos posteriores en especial en la determinación del contenido de humedad natural.
- Se recomienda verificar la apreciación y exactitud del dispositivo GPS a utilizar antes de tomar los puntos de georreferencia en campo.

- Programar la ejecución de los ensayos de campo en base a las predicciones ambientales y/o climáticas. Para evitar contratiempos y posibles variaciones en los resultados.
- Una vez se haya realizado en ensayo de compactación “Próctor” de la muestra suelo y obtenidos los resultados finales. Se recomienda realizar simultáneamente en ensayo CBR para evitar variaciones en el contenido de humedad por factores climáticos.
- Los puntos designados para el estudio deben ser seleccionados aleatoriamente y encontrarse a una elevación (msnm) semejantes. Para obtener excelentes resultados de correlación.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. A. Patel, H. S. Patel, y G. Dadhich, «Prediction of Subgrade Strength Parameters from Dynamic Cone Penetrometer Index, Modified Liquid Limit and Moisture Content», *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 104, pp. 245-254, dic. 2013, doi: 10.1016/j.sbspro.2013.11.117.
- [2] S. Muthu Lakshmi, S. Geetha, y M. Selvakumar, «Predicting soaked CBR of SC subgrade from dry density for light and heavy compaction», *Materials Today: Proceedings*, vol. 45, pp. 1664-1670, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2020.08.558.
- [3] L. F. Macea-Mercado, L. Morales, y L. G. Márquez-Díaz, «Un sistema de gestión de pavimentos basado en nuevas tecnologías para países en vía de desarrollo», *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, vol. 17, n.º 2, pp. 223-236, abr. 2016, doi: 10.1016/j.riit.2016.06.007.
- [4] E. Juárez Badillo, *Mecánica de Suelos*, vol. 1. México: Limusa, 2005.
- [5] Crespo Villalaz, *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*, 5.ª ed. México: Limusa, 2004.
- [6] ASTM, «Método de ensayo estándar para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono en estructuras de Pavimento». 2003.
- [7] A. S. A. Andres y I. C. Pontón, «Determinación del CBR de laboratorio y natural en suelos finos y su correlación con el DCP para la determinación de la capacidad portante de la sub-rasante, en el diseño de pavimentos flexibles de la ciudad de Quito.», p. 212.
- [8] Universidad Católica de Valparaíso, «Determinación de la capacidad de soporte CBR del suelo.»
- [9] «TRABAJO UMPIERREZ y otros SOBRE USO DCP - octubre2003 - 4oConVialidadUruguay.pdf».
- [10] C. Lee, K.-S. Kim, W. Woo, y W. Lee, «Soil Stiffness Gauge (SSG) and Dynamic Cone Penetrometer (DCP) tests for estimating engineering properties of weathered sandy soils in Korea», *Engineering Geology*, vol. 169, pp. 91-99, feb. 2014, doi: 10.1016/j.enggeo.2013.11.010.
- [11] B. M. Das, *Fundamentals of geotechnical engineering*, 4th ed. Stamford, CT: Cengage Learning, 2013.
- [12] L. B. Blázquez, José F. Beviá García, *Manual de Carreteras*, vol. 2. 2000.

- [13] L. Flores, «Manual de laboratorio de física de suelos». 2010.
- [14] J. E. Bowles, *Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil*. Bogota: McGraw-Hill, 1990.
- [15] C. Chávez-Negrete, J. de J. Espinosa-Arreola, J. Alarcón-Ibarra, y J. E. Arreygue-Rocha, «Colapso por humedecimiento en los terraplenes de la autopista Páztcuaro-Uruapan», *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, vol. 17, n.º 2, pp. 201-210, abr. 2016, doi: 10.1016/j.riit.2016.06.005.
- [16] AASHTO, «Método de Ensayo para las Relaciones de Humedad-Densidad de Suelos - Próctor Estándar, T-99.» 2015.
- [17] AASHTO, «Método de Ensayo para las Relaciones de Humedad-Densidad de Suelos - Próctor Modificado, T-180.» 2015.
- [18] Alfonso Montejo Fonseca, *Ingeniería de Pavimentos*, 2.<sup>a</sup> ed., vol. 2. Colombia: Agora, 2002.
- [19] A. Montejo Fonseca, *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Santafé de Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 1998.
- [20] ASTM, «Método de Ensayo de Relación de Soporte de California». 2005.
- [21] AASHTO, «Método de ensayo de Relación de Soporte de California CBR». 2013.
- [22] F. V. Agreda, «El cono dinámico de penetración y su aplicación en la evaluación de suelos.», p. 16.
- [23] T. Al-Refeai y A. Al-Suhaibani, «Prediction of CBR Using Dynamic Cone Penetrometer», *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, vol. 9, n.º 2, pp. 191-203, 1997, doi: 10.1016/S1018-3639(18)30676-7.
- [24] W. Araujo, «Ecuaciones de correlación del CBR con propiedades índice de suelos para la ciudad de Piura.», Universidad de Piura, Piura-Perú, 2014.
- [25] A. Vila, «Correlación lineal y análisis de regresión.», p. 21.
- [26] R. Valle, *Carreteras, Calles y Aeropistas*, Cuarta. Caracas: El Ateneo, 1963.
- [27] A. Rico, R. Téllez, y P. Garnica, «Pavimentos flexibles. Problemática, metodologías de diseño y tendencias.» Secretaria de Comunicaciones y Transporte, 1998. [En línea]. Disponible en: <https://www.imt.mx/archivos/publicaciones/publicaciontecnicapt104.pdf>

- [28] G. Corredor, «Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO». Universidad Nacional de Ingeniería. [En línea]. Disponible en: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/aashto-931.pdf>
- [29] I. B. C. Gonzales, *Ministerio de Transporte y obras Públicas*, NEVI-12-MTOP., vol. 3. QUITO, 2013.
- [30] J. Ricaldoni, «Tablas y ábacos.» Instituto de Estructuras y Transporte, 2008.
- [31] GAD Baños de Agua Santa, «Diagnóstico del cantón Baños de Agua Santa.», p. 221, nov. 2014, [En línea]. Disponible en: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/1860000480001\\_Diagn%C3%B3stico%20GADBAS%20VF\\_16-03-2015\\_03-31-23.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1860000480001_Diagn%C3%B3stico%20GADBAS%20VF_16-03-2015_03-31-23.pdf)
- [32] A. R. G. Morales, «Diseño de pavimento asfáltico por el método AASHTO-93 empleando el software DISAASHTO-93.», p. 22.
- [33] M. G. Castro-Vásquez y L. A. Castro-Vásquez, «Aplicación práctica del método AASHTO-93 para el diseño de pavimento rígido Practical application of the AASHTO-93 method for rigid floor design Aplicação prática do método AASHTO-93 para o projeto de pavimento rígido», vol. 5, n.º 09, p. 24, 2020.





**ANEXOS**

# **ANEXO A**



# **ENSAYOS**

Tabla 64. Ensayo Muestra 1 – Contenido de Humedad.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU</b>			
<b>PROYECTO</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	RÍO BLANCO	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.7
<b>MUESTRA:</b>	1	<b>COORDENADAS:</b>	794931.67   9846933.839
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: AASHTO T 265 2015; ASTM: S2216-71 ; ASTM parte N° 19</b>			
<b>RECIPIENTE N°</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>DF</b>	<b>W1</b>
PESO MUESTRA HÚMEDA + RECIPIENTE (gr)	WM	183.49	185.83
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	WS	158.12	160.09
PESO RECIPIENTE (gr)	Wrec	46.43	46.48
PESO AGUA (gr)	W $\omega$	25.37	25.74
PESO SÓLIDOS (gr)	Ws	111.69	113.61
$\omega$ %		22.71	22.66
PROMEDIO $\omega$ %		22.69	



*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

Tabla 65. Ensayo Muestra 1 – Gravedad Específica.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> 				
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>				
<b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA</b>				
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2	
<b>VÍA:</b>	RÍO BLANCO	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.7	
<b>MUESTRA:</b>	1	<b>COORDENADAS</b>	794931.67	9846933.839
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías	
<b>NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58; INEN</b>				
<b>Picnómetro N°</b>			ISO 06-14	
<b>Temperatura del agua + suelo</b>			25	
<b>Recipiente N°</b>			#5	
<b>Peso del recipiente + suelo seco</b>			125.98	
<b>Peso del recipiente (Wr)</b>			76.12	
<b>Peso del suelo seco (Ws)</b>			49.86	
<b>Peso picnómetro + agua (Wbw)</b>			345.56	
<b>Ws+Wbw</b>			395.42	
<b>Peso picnómetro + agua + suelo (Wbws)</b>			376.13	
<b>Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws</b>			19.29	
<b>Factor de correlación por temperatura K</b>			0.9971	
<b>Gravedad específica (Gs)</b>			2.58	

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.



Tabla 66. Ensayo Muestra 1 – Método cono y arena.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>MÉTODO CONO Y ARENA</b>			
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	RÍO BLANCO	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.7
<b>MUESTRA:</b>	1	<b>COORDENADAS:</b>	794931.67   9846933.839
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: I.N.V.E - 161 - 07</b>			
<b>1) DETERMINACIÓN DEL PESO SUELO EXTRAIDO</b>			
Peso suelo + recipiente (gr)		1150.60	
Peso recipiente (Funda)(gr)		7.35	
Peso del suelo ( <b>W<sub>m</sub></b> ) (gr)		1143.25	
<b>2) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO</b>			
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)		3607.20	
Lectura final frasco + cono + arena (gr)		1026.60	
Peso arena en el cono (gr)		1606.20	
Peso arena en el hueco (gr)		974.40	
Calibración de la arena de Ottawa (gr/cm <sup>3</sup> )		1.489	
Volumen del hueco <b>V<sub>m</sub></b> (cm <sup>3</sup> )		654.40	
<b>3) DETERMINACIÓN DEL <math>\omega\%</math></b>			
Recipiente N°	S-1	J-1	
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)	351.20	352.60	
Peso muestra seca + recipiente (gr)	295.30	296.70	
Peso recipiente (gr)	50.20	48.20	
Peso agua <b>W<math>\omega</math></b> (gr)	55.90	55.90	
Peso sólidos <b>W<sub>s</sub></b> (gr)	245.10	248.50	
$\omega\%$	22.81	22.49	
PROMEDIO $\omega\%$	22.65		
<b>4) CALIBRACIÓN DEL CONO</b>			
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)		1606.20	
<b>5) CALIBRACIÓN DE LA ARENA DE OTTAWA</b>			
Densidad sand (gr/cm <sup>3</sup> )		1.489	
<b>6) DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO</b>			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos		V <sub>v</sub> =	77.82
V <sub>a</sub> =		W <sub>a</sub> =	21.92
V <sub>w</sub> =		W <sub>w</sub> =	55.9
V <sub>s</sub> =		W <sub>s</sub> =	96.42
V <sub>m</sub> =		W <sub>m</sub> =	174.24
			304.40

<b>7) DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICES DEL SUELO</b>		
Peso Volumétrico del suelo ( $\gamma_m$ ) (densidad húmeda)	1.75	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca ( $\gamma_d$ )	1.42	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad $\omega\%$	22.65	%
Relación de vacíos $e = V_v / V_s$	0.8071	natural
Porosidad $n\% = V_v / V_m * 100$	44.6622	%
Grado de Saturación de agua $G\omega\% = V_w / V_v * 100$	71.8332	%
Grado de Saturación de aire $G_a\% = V_a / V_v * 100$	28.1668	%

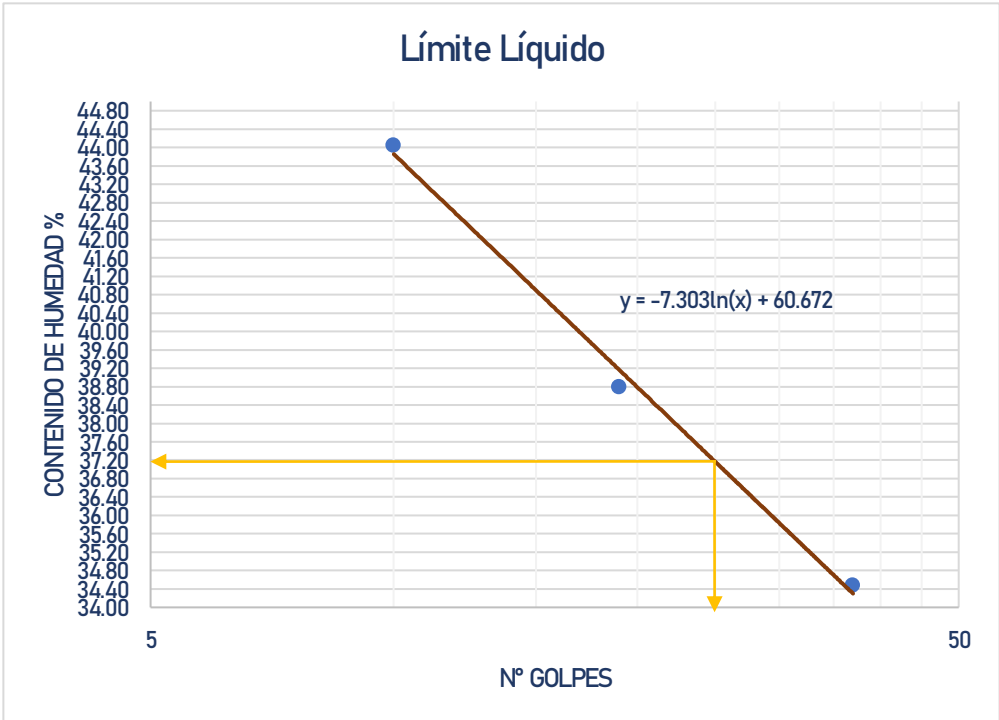
*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

Tabla 67. Ensayo Muestra 1 – Límites de Atterberg.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 						
<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>						
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA		<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2		
<b>VÍA:</b>	RÍO BLANCO		<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.7		
<b>MUESTRA:</b>	1		<b>COORDENADAS:</b>	794931.67	9846933.84	
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez		<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías		
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>						
<b>NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691</b>						
Recipiente N°	12-F	13-C	6-T	13-T	X-3	X-5
Peso del recipiente $W_r$	11.60	11.27	11.55	11.60	6.00	5.83
Peso S.H + Peso rec ( $W_m + W_r$ )	23.60	21.46	23.29	20.03	16.70	17.99
Peso S.S + Peso rec ( $W_s + W_r$ )	20.52	18.85	20.07	17.63	13.43	14.27
Peso de Agua ( $W_w$ )	3.08	2.61	3.22	2.40	3.27	3.72
Peso muestra seca ( $W_s$ )	8.92	7.58	8.52	6.03	7.43	8.44
Contenido Humedad ( $\omega\%$ )	34.53	34.43	37.79	39.80	44.01	44.08
Promedio ( $\omega\%$ )	34.48		38.80		44.04	
N° de golpes	<b>37</b>		<b>19</b>		<b>10</b>	
<b>Límite Líquido LL%</b>	<b>37.2</b>					



### Límite Líquido



<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>			
<b>NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-59-74; INEN 691</b>			
<b>Recipiente N°</b>	<b>E-2</b>	<b>A5</b>	<b>P5</b>
Peso del recipiente $W_r$	4.38	4.36	4.27
Peso suelo humedo + P. Recipiente ( $W_m + W_r$ )	6.07	6.01	5.34
Peso suelo seco + P. Recipiente ( $W_s + W_r$ )	5.63	5.60	5.08
Peso de Agua ( $W_w$ )	0.44	0.41	0.26
Peso muestra seca $W_s$	1.25	1.24	0.81
Contenido de humedad $w\% = 100 W_w/W_s$	35.20	33.06	32.10
<b>Promedio <math>W\%</math> (LP)</b>	<b>33.45</b>		
<b>ÍNDICE PLÁSTICO</b>			
<b>NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691</b>			
<b>IP = LL - LP</b>	<b>3.75</b>		

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

Tabla 68. Ensayo Muestra 1 – Análisis Granulométrico.

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b>			
PARROQUIA:	ULBA	CAPA VEGETAL:	02		
VÍA:	RIOBLANCO	PROFUNDIDAD:	0.7		
MUESTRA:	1	COORDENADAS:	794931.67	9846933.839	
REALIZADO POR:	Silvia Sánchez	REVISADO POR:	Ing. Alex Frías		
<b>NORMA: AASHIOT-87-70YT-88-70; ASIMD-421-58YD422-63</b>					
<b>1. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS</b>					
TAMIZ	mm	PESORET.	PESORET/ACUM	%RETIENDO	%QUEPASA
			0.00	0.00	100.00
Nº4	4.76	117.00	117.00	26.85	73.15
Nº8	2.38	37.00	154.00	35.34	64.66
Nº10	2.00	8.60	162.60	37.31	62.69
Nº16	1.19	29.20	191.80	44.01	55.99
Nº30	0.595	31.000	222.80	51.12	48.88
Nº40	0.420	19.600	242.40	55.62	44.38
Nº50	0.297	10.200	252.60	57.96	42.04
Nº60	0.250	6.200	258.80	59.38	40.62
Nº100	0.149	32.600	291.40	66.86	33.14
Nº200	0.074	25.800	317.20	72.78	27.22
FUENIE		116.21	433.41	99.45	0.55
TOTAL		317.20			
PESO CUARIEO ANTES DEL LAVADO:				534.8	
PESO SECO:				435.81	
<b>2. CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU</b>					
PESOREC + S.H		183.49		PESO TOTAL MUESTRA S.H	534.8
PESOREC + S.S		158.12		PESO TOTAL MUESTRA S.S	435.81
PESOREC		46.43			
PESO AGUA		25.37			
PESO SUELO		111.69			
w%		22.71			
<b>3. GRÁFICA - DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA</b>					
<b>4. COEFICIENTES DEL SUELO</b>					
	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>c</sub>
	0.015	0.110	1.7	113.33	0.47
<b>5. LÍMITES DE ATTERBERG / CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>					
Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plástico	Índice de Grupo	CLASIFICACIÓN SUELO	
LL	LP	IP	IG	SISTEMAS	
37.2	33.45	3.75	0.00	AASHIO	SUCS
				A-2.4	SM

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.



**Tabla 69.** Ensayo Muestra 1 – DCP.

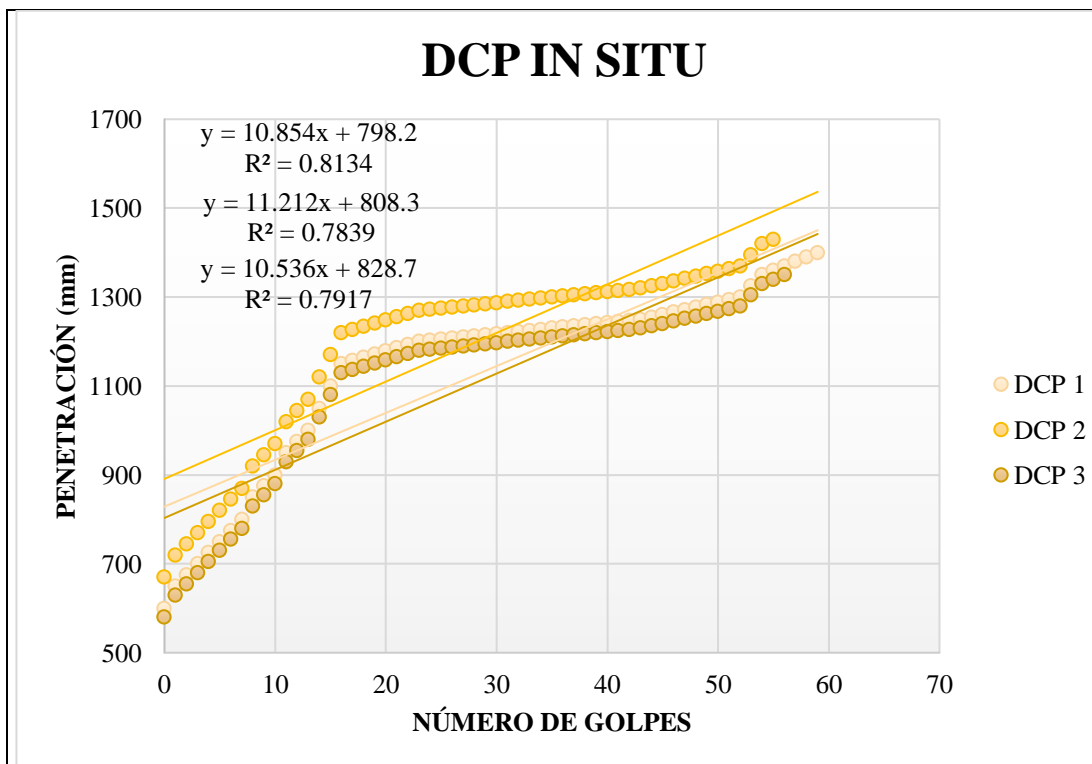
	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>		
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>		
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>		
	<b>DCP</b>		
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	RÍO BLANCO	<b>PROFUNDIDAD:</b>	1
<b>MUESTRA:</b>	1	<b>COORDENADAS:</b>	794931.67   9846933.839
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMAS: ASTM D - 6951 - 03</b>			

Nº GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
0	600	670	580
1	650	720	630
2	675	745	655
3	700	770	680
4	725	795	705
5	750	820	730
6	775	845	755
7	800	870	780
8	850	920	830
9	875	945	855
10	900	970	880
11	950	1020	930
12	975	1045	955
13	1000	1070	980
14	1050	1120	1030
15	1100	1170	1080
16	1150	1220	1130
17	1157	1227	1137
18	1164	1234	1144
19	1171	1241	1151
20	1179	1249	1159
21	1186	1256	1166

22	1193	1263	1173
23	1200	1270	1180
24	1203	1273	1183
25	1205	1275	1185
26	1208	1278	1188
27	1210	1280	1190
28	1213	1283	1193
29	1215	1285	1195
30	1218	1288	1198
31	1220	1290	1200
32	1223	1293	1203
33	1225	1295	1205
34	1228	1298	1208
35	1230	1300	1210
36	1233	1303	1213
37	1235	1305	1215
38	1238	1308	1218
39	1240	1310	1220
40	1243	1313	1223
41	1245	1315	1225
42	1248	1318	1228
43	1250	1320	1230
44	1255	1325	1235
45	1261	1331	1241
46	1266	1336	1246
47	1272	1342	1252
48	1277	1347	1257

49	1283	1353	1263
50	1288	1358	1268
51	1294	1364	1274
52	1300	1370	1280
53	1325	1395	1305
54	1350	1420	1330



55	1360	1430	1340
56	1370		1350
57	1380		
58	1390		
59	1400		



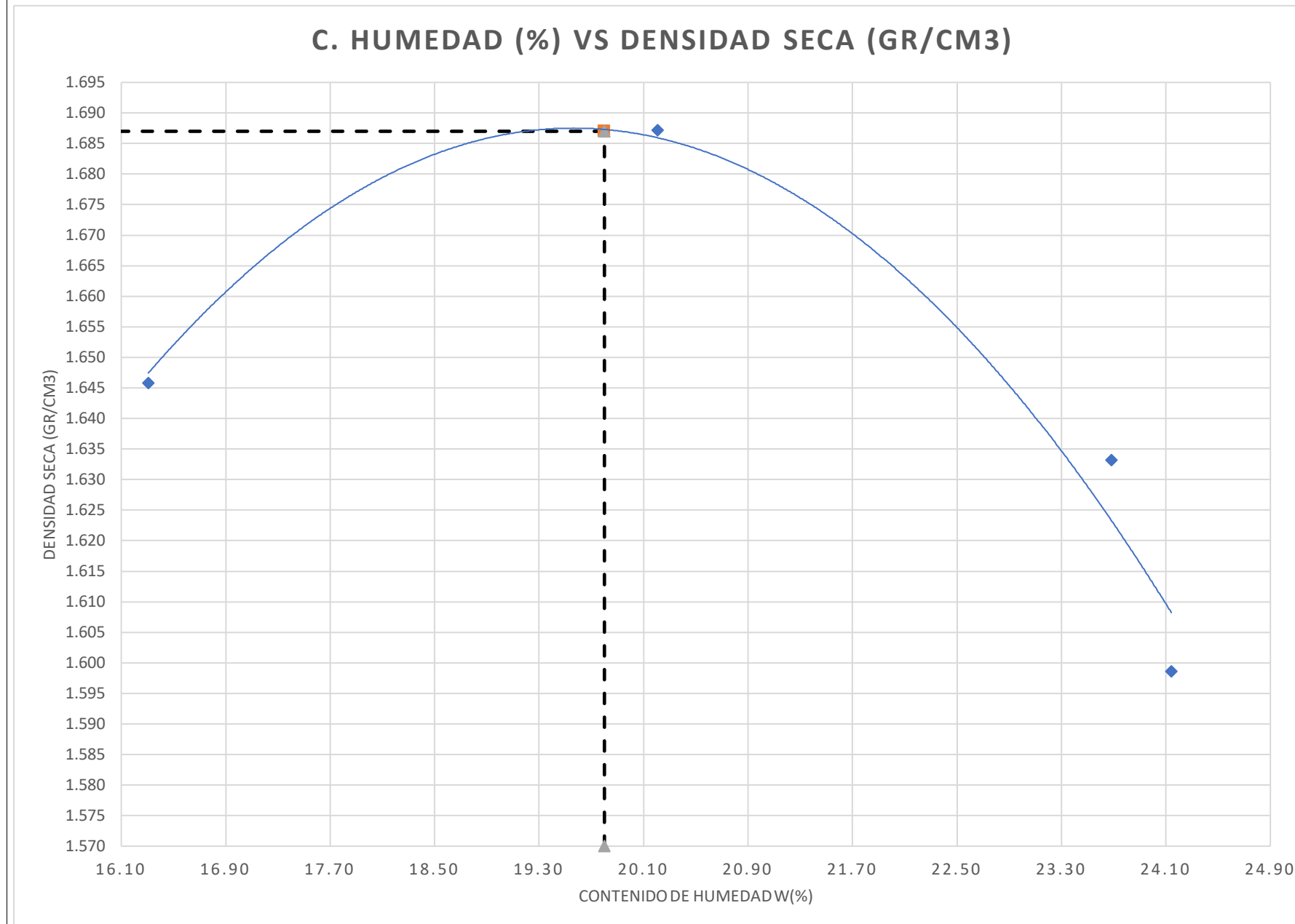
		DN (mm/golpe)	DN (Prom)
1		10.854	10.867
2		10.536	
3		11.212	

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

Tabla 70. Ensayo Muestra 1 – Compactación - Próctor.

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>							
		<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN 'PROCTOR MODIFICADO B'</b>							
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.								
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	02						
<b>VÍA:</b>	RIOBLANCO	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.7						
<b>MUESTRA:</b>	1	<b>COORDENADAS:</b>	794931.67		9846933.84				
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías						
<b>NORMAS: AASHIOT-180; ASIMDI557; INEN 860</b>									
<b>ESPECIFICACIONES</b>									
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde (gr)	5440				
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2114				
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHIO	T-180	ASIM	DI557	INEN	860	
Peso Inicial Deseado	5000		5000		5000		5000		
<b>1. PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>									
Ensayo Número	1		2		3		4		
Humedad inicial Añadida en%	0		1.6		3.2		4.8		
Humedad inicial Añadida en%	0		80		160		240		
P. molde + suelo húmedo (gr)	9486.6		9727.4		9710.2		9635.2		
Peso suelo húmedo W <sub>m</sub> (gr)	4046.6		4287.4		4270.2		4195.2		
Peso unitario húmedo γ <sub>m</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	1.914		2.028		2.020		1.984		
<b>2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>									
Recipiente Número	C-6	S-3	D-8	C-2	M-1	T-2	S-1	W-2	
Peso del Recipiente W <sub>r</sub>	42.49	42.83	47.05	47.39	93.65	93.99	73.94	74.28	
Recipiente + suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	153.28	159.56	162.36	168.67	219.67	226.29	210.4	217.16	
Recipiente + suelo seco W <sub>s</sub> +W <sub>m</sub>	137.77	143.17	142.93	148.33	195.45	201.05	183.82	189.42	
Peso sólidos W <sub>s</sub>	95.28	100.34	95.88	100.94	101.80	107.06	109.88	115.14	
Peso del agua W <sub>w</sub>	15.51	16.39	19.43	20.34	24.22	25.24	26.58	27.74	
Contenido de Humedad w%	16.28	16.33	20.26	20.15	23.79	23.58	24.19	24.09	
Promedio Contenido de Humedad w%	16.31		20.21		23.68		24.14		
Peso Volumétrico Seco γ <sub>d</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	1.646		1.687		1.633		1.599		

### 3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA



DENSIDAD SECA MÁX  
(gr/cm<sup>3</sup>)=  
G<sub>c</sub> (%)=



**1.687**  
**84.433**

HUMEDAD  
ÓPTIMA % =

**20.0**

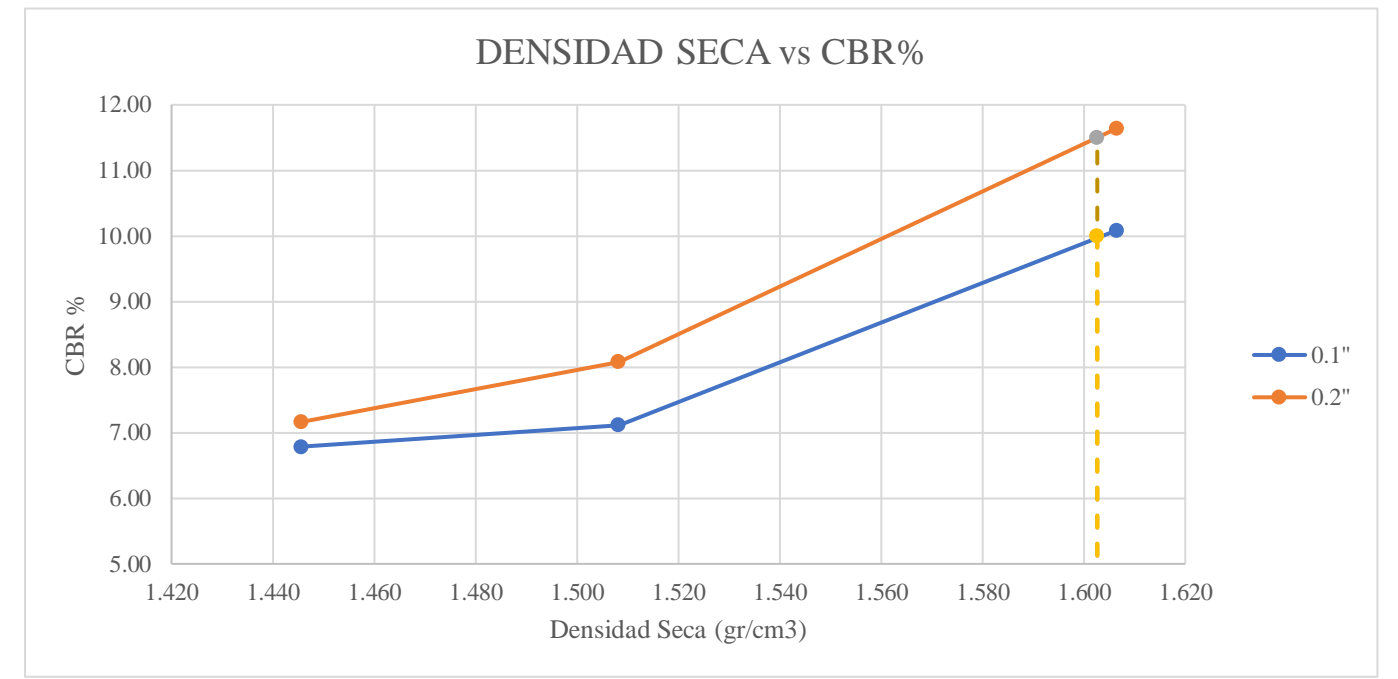
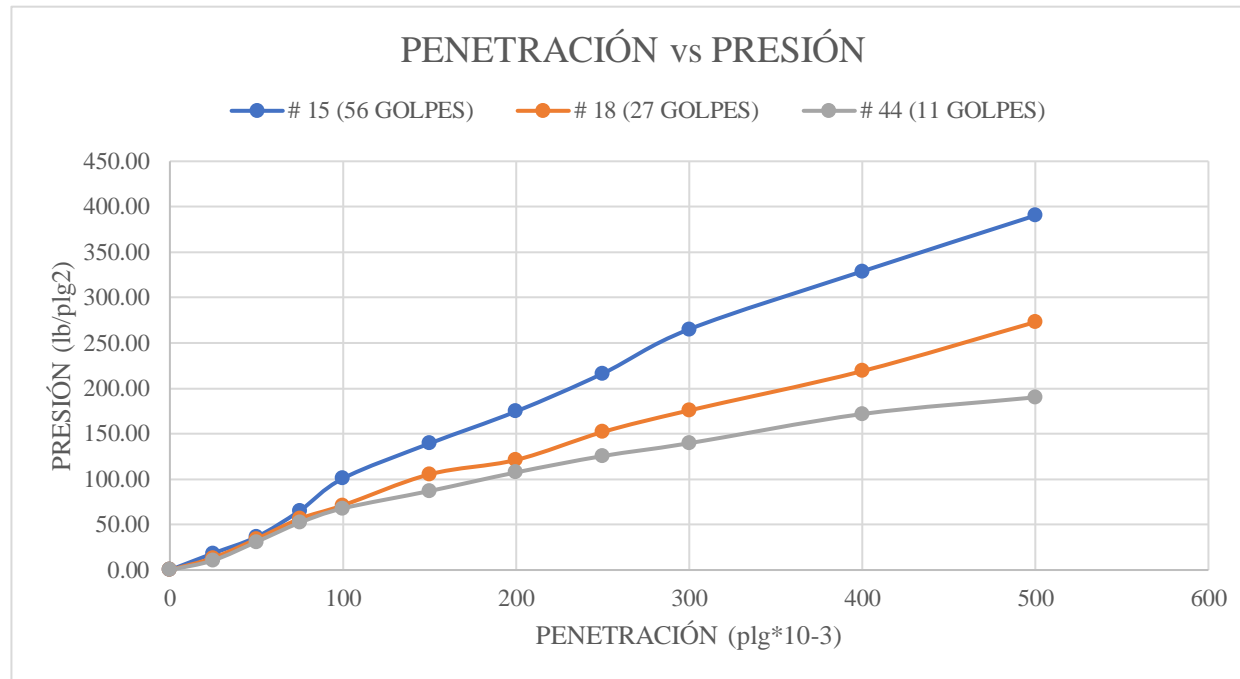
*Autor:* Silvia Paulina Sánchez Ch.

**Tabla 71. Ensayo Muestra 1 – Compactación CBR.**

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>						
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>						
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>						
	<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR"</b>						
<b>NORMAS: AASHTO T-183; ASTM D1883-99;</b>							
<b>ESPECIFICACIONES</b>							
<b>MOLDE N° 15</b>							
<i>N° de golpes</i>	56	<i>Altura de caída (plg)</i>	18	<i>Peso del molde</i>	5795.8	gr	
<i>N° de capas</i>	5	<i>Peso del Martillo (lb)</i>	10	<i>Volumen del molde</i>	2118	cm3	
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft3</b>	<b>50437.13</b>						
<b>MOLDE N° 18</b>							
<i>N° de golpes</i>	27	<i>Altura de caída (plg)</i>	18	<i>Peso del molde</i>	5907.6	gr	
<i>N° de capas</i>	5	<i>Peso del Martillo (lb)</i>	10	<i>Volumen del molde</i>	2118	cm3	
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft3</b>	<b>24317.9</b>						
<b>MOLDE N° 44</b>							
<i>N° de golpes</i>	11	<i>Altura de caída (plg)</i>	18	<i>Peso del molde</i>	5717.6	gr	
<i>N° de capas</i>	5	<i>Peso del Martillo (lb)</i>	10	<i>Volumen del molde</i>	2118	cm3	
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft3</b>	<b>9907.29</b>						
Contenido de Humedad óptimo ( w% ÓPTIMO)	<b>20.2</b>	Densidad seca máxima (gr/cm3)			<b>1.687</b>		
<b>PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO</b>							
N° MOLDE	#15		#18		#44		
N° DE CAPAS	5		5		5		
N° DE GOLPES POR CAPA	56		27		11		
<b>CONDICIONES DEL ENSAYO</b>	<b>ANTES DEL REMOJO</b>	<b>DESPUÉS DEL REMOJO</b>	<b>ANTES DEL REMOJO</b>	<b>DESPUÉS DEL REMOJO</b>	<b>ANTES DEL REMOJO</b>	<b>DESPUÉS DEL REMOJO</b>	
<b>Wm+Molde (gr)</b>	10040.40	10104.80	10024.80	10059.40	9604.80	9762.20	
<b>PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)</b>	4244.60	4309.00	4117.20	4151.80	3887.20	4044.60	
<b>DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm3)</b>	2.004	2.034	1.944	1.960	1.835	1.910	
<b>DENSIDAD SECA (gr/cm3)</b>	1.603	1.610	1.524	1.493	1.455	1.437	
<b>DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm3)</b>	<b>1.607</b>		<b>1.508</b>		<b>1.446</b>		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>							
N° RECIPIENTE	<b>C-8</b>	<b>H-2</b>	<b>D-7</b>	<b>W-2</b>	<b>Y-1</b>	<b>W-3</b>	
<b>PESO HÚMEDO+RECIP Wm+rec (gr)</b>	145.68	176.37	166.21	160.55	210.74	164.58	
<b>PESO SECO+RECIP Ws+rec (gr)</b>	125.06	150.81	140.34	131.4	178.76	137.03	
<b>PESO RECIP rec (gr)</b>	42.74	53.74	46.52	38.32	56.58	53.31	
<b>PESO DEL AGUA Ww (gr)</b>	20.62	25.56	25.87	29.15	31.98	27.55	
<b>PESO SÓLIDOS Ws (gr)</b>	82.32	97.07	93.82	93.08	122.18	83.72	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD %</b>	<b>25.05</b>	26.33	<b>27.57</b>	31.32	<b>26.17</b>	32.91	
<b>AGUA ABSORBIDA %</b>	1.28		3.74		6.73		

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*







DENSIDADES			RESISIENCIAS			DENSIDADSECA MAX		95%DEDM		CBR '0.1'		CBR '0.2'	
			0,1"	in	0,2"			100					
56GOLPES	1.607	gr/cm <sup>3</sup>	10.09	%	11.64		1.687	gr/cm <sup>3</sup>					
27GOLPES	1.508	gr/cm <sup>4</sup>	7.12	%	8.08		1.603	gr/cm <sup>3</sup>					
11GOLPES	1.446	gr/cm <sup>5</sup>	6.79	%	7.17								
						CBRMAYOR		11.50%					

*Autor:* Silvia Paulina Sánchez Ch.




**Tabla 73.** Ensayo Muestra 2 – Contenido de humedad In- Situ.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	RÍO BLANCO	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	2	<b>COORDENADAS:</b>	795093.632   9846473.387
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: AASHTO T 265 2015; ASTM: S2216-71 ; ASTM parte N° 19</b>			
<b>RECIPIENTE N°</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>C-8</b>	<b>W1</b>
PESO MUESTRA HÚMEDA + RECIPIENTE (gr)	WM	189.1	199.5
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	WS	164.15	173.55
PESO RECIPIENTE (gr)	Wrec	43	44.3
PESO AGUA (gr)	W $\omega$	24.95	25.95
PESO SÓLIDOS (gr)	Ws	121.15	129.25
$\omega$ %		20.59	20.08
PROMEDIO $\omega$ %		20.34	

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*





Tabla 74. Ensayo Muestra 2 – Gravedad Específica.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	RÍO BLANCO	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	2	<b>COORDENADAS:</b>	795093.632   9846473.387
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58; INEN</b>			
<b>Picnómetro N°</b>			ISO 06-14
<b>Temperatura del agua + suelo</b>			29.9
<b>Recipiente N°</b>			#5
<b>Peso del recipiente + suelo seco</b>			157.65
<b>Peso del recipiente (Wr)</b>			108.24
<b>Peso del suelo seco (Ws)</b>			49.41
<b>Peso picnómetro + agua (Wbw)</b>			345.56
<b>Ws+Wbw</b>			394.97
<b>Peso picnómetro + agua + suelo (Wbws)</b>			376.37
<b>Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws</b>			18.6
<b>Factor de correlación por temperatura K</b>			0.99573
<b>Gravedad específica (Gs)</b>			2.65



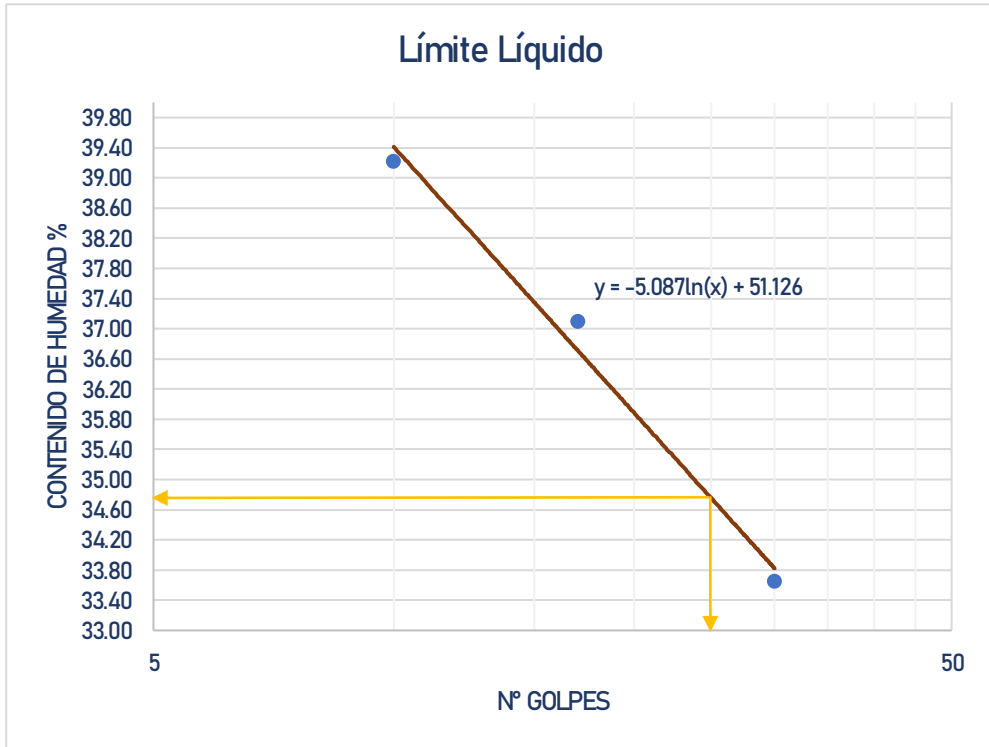
Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 75. Ensayo Muestra 2 – Método cono y arena.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>MÉTODO CONO Y ARENA</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RIO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	02
<b>VÍA:</b>	RIO BLANCO	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	2	<b>COORDENADAS:</b>	795093.632   9846473.387
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: INVE-161-07</b>			
<b>1) DETERMINACION DEL PESO SUELO EXTRAÍDO</b>			
Peso suelo + recipiente (gr)		982.70	
Peso recipiente (Funda) (gr)		735	
Peso del suelo ( <b>W<sub>m</sub></b> ) (gr)		975.35	
<b>2) DETERMINACION DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO</b>			
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)		3665.20	
Lectura final frasco + cono + arena (gr)		1215.40	
Peso arena en el cono (gr)		1606.20	
Peso arena en el hueco (gr)		843.60	
Calibración de la arena de Ottawa (gr/cm <sup>3</sup> )		1.489	
Volumen del hueco <b>V<sub>m</sub></b> (cm <sup>3</sup> )		566.55	
<b>3) DETERMINACION DEL ω%</b>			
Recipiente N°		S-1	S-3
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)		427.30	408.00
Peso muestra seca + recipiente (gr)		368.90	352.80
Peso recipiente (gr)		77.10	75.80
Peso agua <b>W<sub>ω</sub></b> (gr)		58.40	55.20
Pesos sólidos <b>W<sub>s</sub></b> (gr)		291.80	277.00
ω%		20.01	19.93
PROMEDIO ω%		19.97	
<b>4) CALIBRACION DEL CONO</b>			
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)		1606.20	
<b>5) CALIBRACION DE LA ARENA DE OTTAWA</b>			
Densidad sand (gr/cm <sup>3</sup> )		1.489	
<b>6) DETERMINACION DE LAS FASES DEL SUELO</b>			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos		V <sub>v</sub> =	88.24
V <sub>a</sub> =		W <sub>a</sub> =	33.04
V <sub>w</sub> =		W <sub>w</sub> =	55.2
V <sub>s</sub> =		W <sub>s</sub> =	104.72
V <sub>m</sub> =		W <sub>m</sub> =	192.97
<b>7) DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES INDICES DEL SUELO</b>			
Peso Volumétrico del suelo (γ <sub>m</sub> ) (densidad húmeda)		1.72	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca (γ <sub>d</sub> )		1.43	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad ω%		19.97	%
Relación de vacíos e = V <sub>v</sub> /V <sub>s</sub>		0.8427	natural
Porosidad r% = V <sub>v</sub> /V <sub>m</sub> *100		45.7306	%
Grado de Saturación de agua G <sub>ω</sub> % = V <sub>w</sub> /V <sub>v</sub> *100		62.5535	%
Grado de Saturación de aire G <sub>a</sub> % = V <sub>a</sub> /V <sub>v</sub> *100		37.4465	%



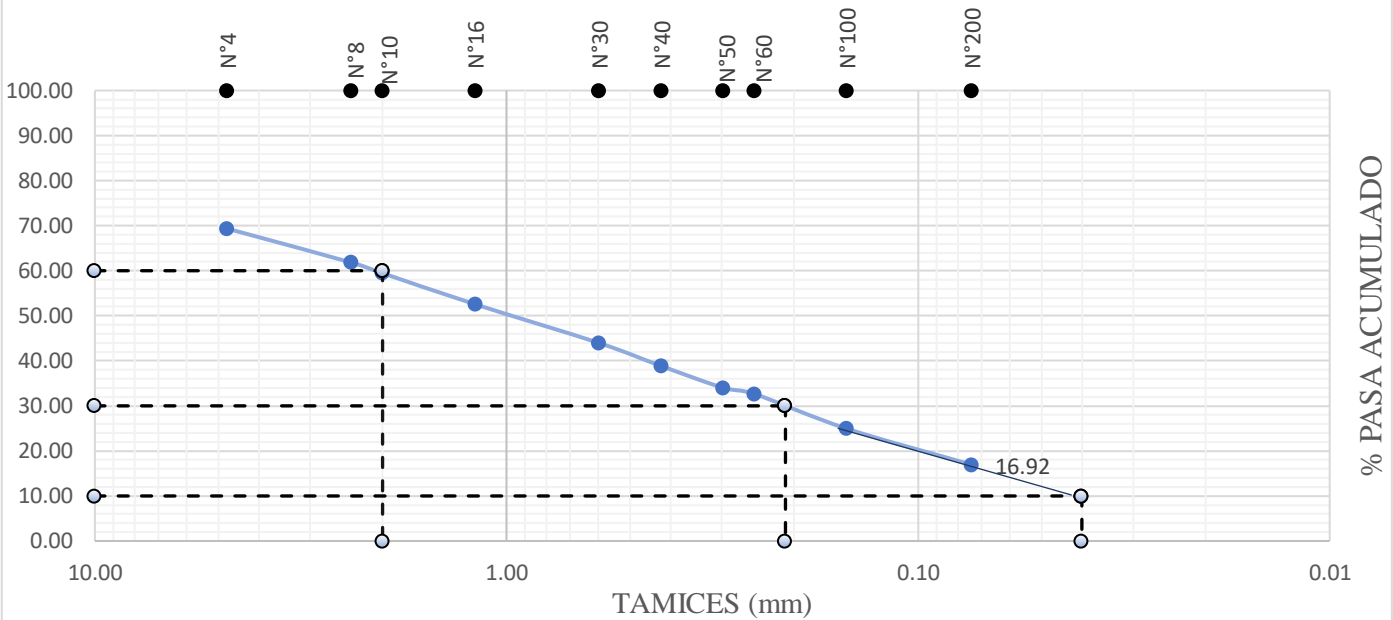
Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 76. Ensayo Muestra 2 – Límites de Atterberg.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RIO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0,2
<b>VIA:</b>	RIOBLANCO	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0,6
<b>MUESTRA:</b>	2	<b>COORDENADAS:</b>	795093.632   9846473.39
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>			
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-71; INEN 691</b>			
Recipiente N°	8-T	M-3	A-3
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	11.44	5.51	4.31
Peso S.H.+Peso rec (W <sub>m</sub> +W <sub>r</sub> )	24.82	14.56	15.55
Peso S.S.+Peso rec (W <sub>s</sub> +W <sub>r</sub> )	21.44	12.29	12.54
Peso de Agua (W <sub>w</sub> )	3.38	2.27	3.01
Peso muestra seca (W <sub>s</sub> )	10.00	6.78	8.23
Contenido Humedad (ω%)	33.80	33.48	36.57
Promedio (ω%)	33.64	37.09	39.22
N° de golpes	30	17	10
Límite Líquido LL%	<b>34.75</b>		
			
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>			
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-59-74; INEN 691</b>			
Recipiente N°	D-1	X-7	A-7
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	4.33	4.37	4.35
Peso suelo húmedo + P. Recipiente (W <sub>m</sub> +W <sub>r</sub> )	5.38	5.37	5.84
Peso suelo seco + P. Recipiente (W <sub>s</sub> +W <sub>r</sub> )	5.12	5.12	5.48
Peso de Agua (W <sub>w</sub> )	0.26	0.25	0.36
Peso muestra seca W <sub>s</sub>	0.79	0.75	1.13
Contenido de humedad w% = 100W <sub>w</sub> /W <sub>s</sub>	32.91	33.33	31.86
Promedio W% (LP)	<b>32.70</b>		
<b>ÍNDICE PLÁSTICO</b>			
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-71; INEN 691</b>			
IP = LL - LP	<b>2.05</b>		

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 77. Ensayo Muestra 2 – Análisis Granulométrico.

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RIO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.				
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2		
<b>VÍA:</b>	RIO BLANCO	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6		
<b>MUESTRA:</b>	2	<b>COORDENADAS:</b>	795093.632	9846473.387	
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías		
<b>NORMA: AASHIOT-87-70 Y T-88-70; ASIMD-421-58 Y D-422-63</b>					
<b>1. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS</b>					
<b>TAMIZ</b>	<b>mm</b>	<b>PESO RET.</b>	<b>PESO RET./ACUM</b>	<b>% RETENIDO</b>	<b>% QUE PASA</b>
			<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>100.00</b>
Nº4	4.76	135.60	135.60	30.68	69.32
Nº8	2.38	33.20	168.80	38.19	61.81
Nº10	2.00	10.40	179.20	40.55	59.45
Nº16	1.19	30.60	209.80	47.47	52.53
Nº30	0.60	38.00	247.80	56.07	43.93
Nº40	0.42	22.60	270.40	61.18	38.82
Nº50	0.30	21.40	291.80	66.02	33.98
Nº60	0.25	5.80	297.60	67.33	32.67
Nº100	0.15	34.20	331.80	75.07	24.93
Nº200	0.07	35.40	367.20	83.08	16.92
FUENIE	0.03	71.98	439.18	99.37	0.63
<b>TOTAL</b>		<b>367.20</b>	<b>441.98</b>		
<b>PESO CUARTEO ANTES DEL LAVADO:</b>				533	
<b>PESO SECO:</b>				441.98	
<b>2. CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU</b>					
<b>PESO REC + S. H</b>		189.1	<b>PESO TOTAL MUESTRA S.H</b>	<b>533</b>	
<b>PESO REC + S. S</b>		164.15	<b>PESO TOTAL MUESTRA S.S</b>	<b>441.98</b>	
<b>PESO REC</b>		43			
<b>PESO AGUA</b>		24.95			
<b>PESO SUELO</b>		121.15			
<b>w%</b>		20.59			
<b>3. GRÁFICA - DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA</b>					
					
<b>4. COEFICIENTES DEL SUELO</b>					
	<b>D<sub>10</sub></b>	<b>D<sub>30</sub></b>	<b>D<sub>60</sub></b>	<b>C<sub>u</sub></b>	<b>C<sub>c</sub></b>
	0.040	0.210	2	50.00	0.55
<b>5. LÍMITES DE ATTERBERG / CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>					
<b>Límite Líquido</b>	<b>Límite Plástico</b>	<b>Índice Plástico</b>	<b>Índice Plástico</b>	<b>CLASIFICACIÓN SUELO</b>	
<b>LL</b>	<b>LP</b>	<b>IP</b>	<b>IG</b>	<b>SISTEMAS</b>	
34.75	32.70	2.05	0.00	<b>AASHIO</b>	<b>SUCS</b>
				<b>A-24</b>	<b>SM</b>

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 78. Ensayo Muestra 2 – DCP.

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>		
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>		
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>		
	<b>DCP</b>		
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	RÍO BLANCO	<b>PROFUNDIDAD:</b>	1
<b>MUESTRA:</b>	2	<b>COORDENADAS:</b>	795093.632 9846473.387
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMAS: ASTM D - 6951 - 03</b>			

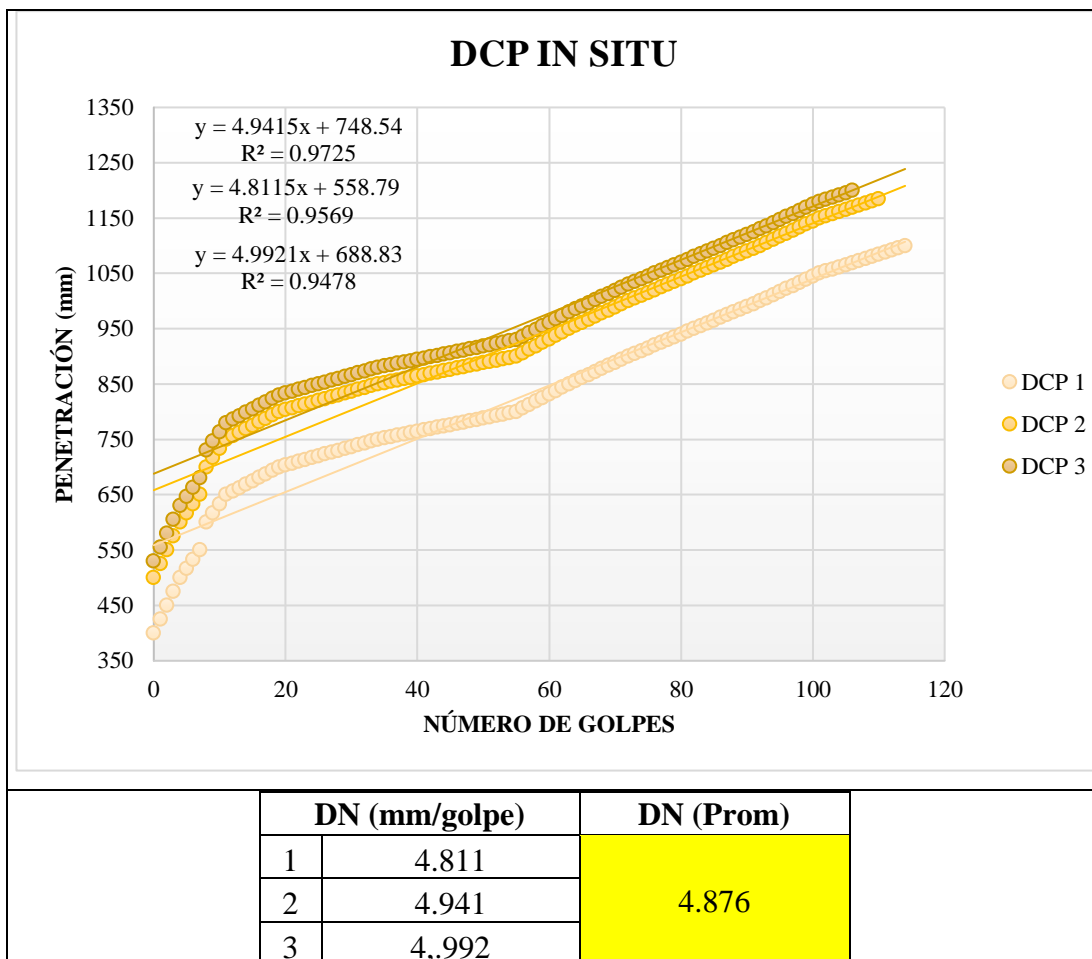
Nº GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
0	400	500	530
1	425	525	555
2	450	550	580
3	475	575	605
4	500	600	630
5	517	617	647
6	533	633	663
7	550	650	680
8	600	700	730
9	617	717	747
10	633	733	763
11	650	750	780
12	656	756	786
13	663	763	793
14	669	769	799
15	675	775	805
16	681	781	811
17	688	788	818
18	694	794	824
19	700	800	830
20	703	803	833

21	707	807	837
22	710	810	840
23	713	813	843
24	717	817	847
25	720	820	850
26	723	823	853
27	727	827	857
28	730	830	860
29	733	833	863
30	737	837	867
31	740	840	870
32	743	843	873
33	747	847	877
34	750	850	880
35	752	852	882
36	755	855	885
37	757	857	887
38	760	860	890
39	762	862	892
40	764	864	894
41	767	867	897
42	769	869	899
43	771	871	901
44	774	874	904
45	776	876	906
46	779	879	909

47	781	881	911
48	783	883	913
49	786	886	916
50	788	888	918
51	790	890	920
52	793	893	923
53	795	895	925
54	798	898	928
55	800	900	930
56	806	906	936
57	813	913	943
58	819	919	949
59	825	925	955
60	831	931	961
61	838	938	968
62	844	944	974
63	850	950	980
64	856	956	986
65	861	961	991
66	867	967	997
67	872	972	1002
68	878	978	1008
69	883	983	1013
70	889	989	1019
71	894	994	1024
72	900	1000	1030
73	905	1005	1035
74	910	1010	1040
75	915	1015	1045
76	920	1020	1050
77	925	1025	1055
78	930	1030	1060
79	935	1035	1065
80	940	1040	1070



81	945	1045	1075
82	950	1050	1080
83	955	1055	1085
84	960	1060	1090
85	965	1065	1095
86	970	1070	1100
87	975	1075	1105
88	980	1080	1110
89	985	1085	1115
90	990	1090	1120
91	995	1095	1125
92	1000	1100	1130
93	1006	1106	1136
94	1011	1111	1141
95	1017	1117	1147
96	1022	1122	1152
97	1028	1128	1158
98	1033	1133	1163
99	1039	1139	1169
100	1044	1144	1174
101	1050	1150	1180
102	1054	1154	1184
103	1058	1158	1188
104	1062	1162	1192
105	1065	1165	1195
106	1069	1169	1200
107	1073	1173	
108	1077	1177	
109	1081	1181	
110	1085	1185	
111	1088		
112	1092		
113	1096		
114	1100		





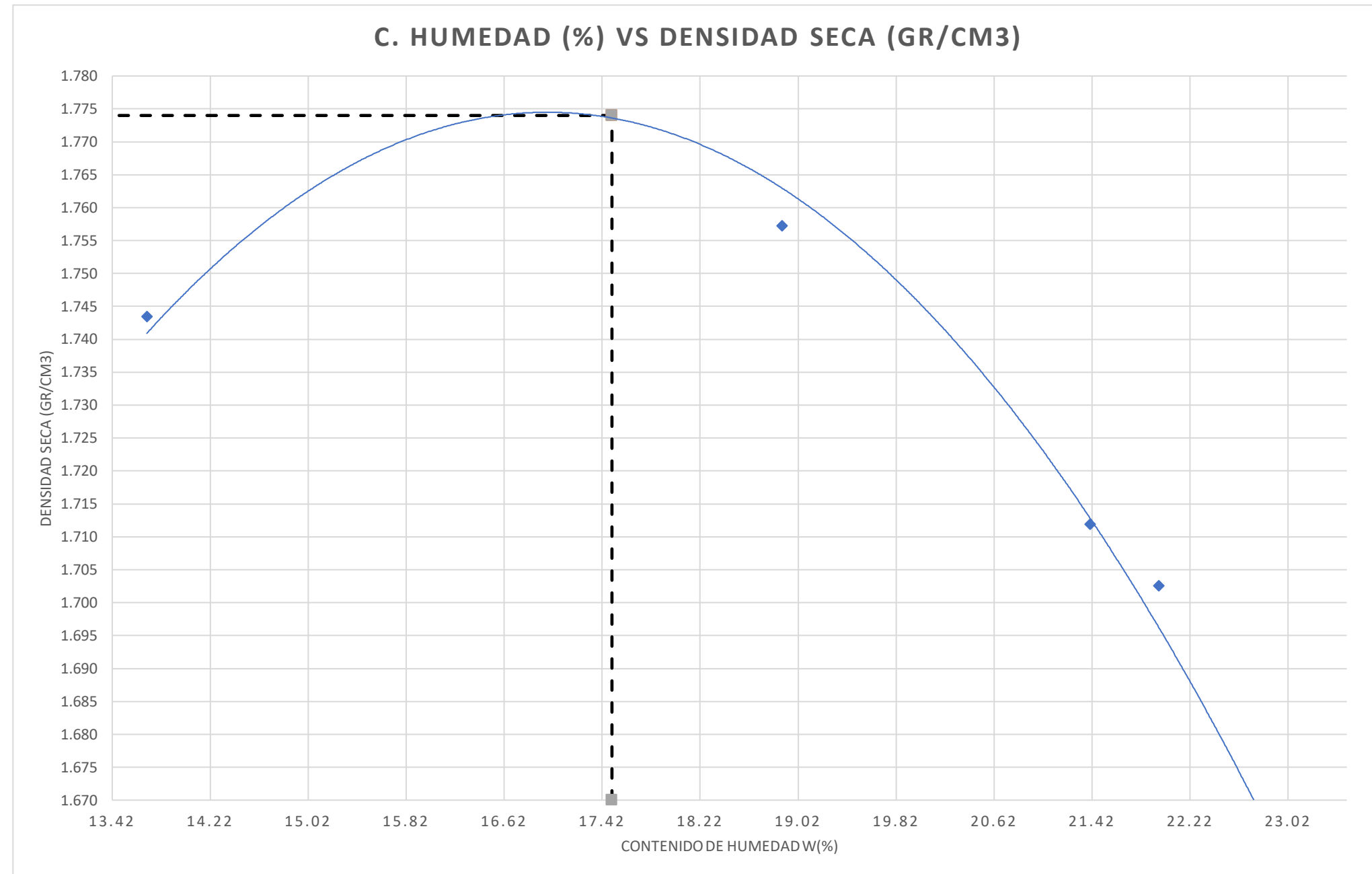
*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

Tabla 79. Ensayo Muestra 2 – Compactación - Próctor.

 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  <b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN 'PRÓCTOR MODIFICADO B'</b> </div> 										
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RIO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.									
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA			<b>CAPA VEGETAL:</b>	02					
<b>VÍA:</b>	RIOBLANCO			<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6					
<b>MUESTRA:</b>	2			<b>COORDENADAS:</b>	795093.632				9846473.39	
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez			<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías					
<b>NORMAS: AASHIOT-180; ASIMDI557; INEN 860</b>										
<b>ESPECIFICACIONES</b>										
Número de Golpes	56	Altura de Caída			18"	Peso del Molde (gr)		5440		
Número de Capas	5	Peso del Martillo			10 lb	Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )		2114		
Energía de Compactación	55986	Normas:			AASHIOT-180	ASIM	DI557	INEN	860	
Peso Inicial Deseado	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	
<b>1. PROCESO DE COMPACTACION</b>										
Ensayo Número	1	2	3	4	5					
Humedad inicial Añadida en%	0	0	1	2	3					
Humedad inicial Añadida en%	0	0	50	100	150					
P. molde + suelo húmedo (gr)	9630.6	9856.6	9833.6	9829.8	9737.8					
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4190.6	4416.6	4393.6	4389.8	4297.8					
Peso unitario húmedo γm (gr/cm <sup>3</sup> )	1.982	2.089	2.078	2.077	2.033					
<b>2. DETERMINACION DE CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>										
Recipiente Número	C-5	W-2	B-8	D-5	W-1	T-2	W-3	P-4	Y-1	M-1
Peso del Recipiente Wr	46.24	45.94	42.11	41.81	53.78	53.48	53.34	53.04	56.54	56.24
Recipiente + suelo húmedo Wr+Wm	151.43	161.43	199.62	209.62	177.23	187.23	204.6	214.90	201.46	211.86
Recipiente + suelo seco Ws+Wm	139.07	147.67	175.75	184.35	157.03	165.63	179.06	187.66	175.93	184.53
Peso sólidos Ws	92.83	101.73	133.64	142.54	103.25	112.15	125.72	134.62	119.39	128.29
Peso del agua Ww	12.36	13.76	23.87	25.27	20.20	21.60	25.54	27.24	25.53	27.33
Contenido de Humedad w%	13.31	13.53	17.86	17.73	19.56	19.26	20.31	20.23	21.38	21.30
Promedio Contenido de Humedad w%	13.42	17.79	19.41	20.27	21.34					
Peso Volumétrico Seco γd (gr/cm <sup>3</sup> )	1.748	1.774	1.740	1.726	1.675					





### 3.DETERMINACION GRAFICA DE LA DENSIDAD MAXIMA Y HUMEDAD OPTIMA



DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm³)=	<b>1.774</b>	HUMEDAD ÓPTIMA%=	<b>17.5</b>
Gc(%)=	<b>80.889</b>		

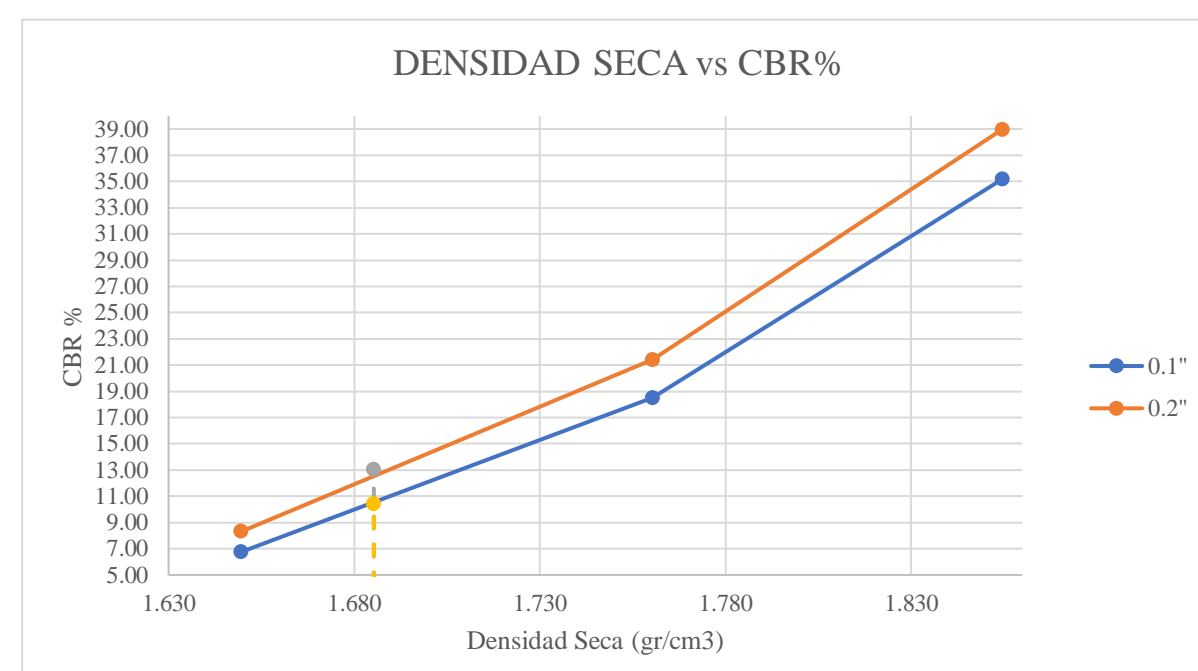
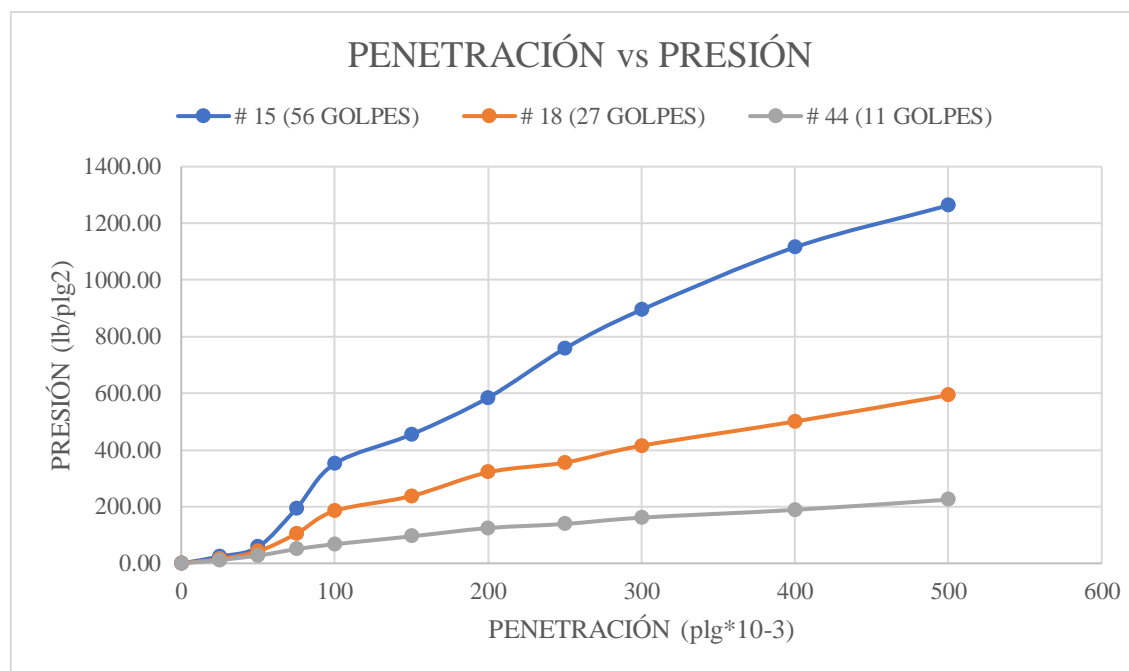
*Autor:* Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 80. Ensayo Muestra 2 – Compactación CBR.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR" NORMAS: AASHIOT-183; ASIMDI883-99; ESPECIFICACIONES						
<b>MOLDEN° 15</b>								
N° de golpes	56	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	5795.8	gr		
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2118	cm <sup>3</sup>		
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>50437.13</b>							
<b>MOLDEN° 18</b>								
N° de golpes	27	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	5907.6	gr		
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2118	cm <sup>3</sup>		
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>24317.9</b>							
<b>MOLDEN° 44</b>								
N° de golpes	11	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	5717.6	gr		
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2118	cm <sup>3</sup>		
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>9907.29</b>							
Contenido de Humedad óptimo (w% OPTIMO)	<b>175</b>	Densidad seca máxima (gr/cm <sup>3</sup> )				<b>1.774</b>		
<b>PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO</b>								
N° MOLDE	#15			#18	#44			
N° DE CAPAS	5			5	5			
N° DE GOLPES POR CAPA	56			27	11			
CONDICIONES DEL ENSAYO	<b>ANTES DEL REMOJO</b>	<b>DESPUÉS DEL REMOJO</b>	<b>ANTES DEL REMOJO</b>	<b>DESPUÉS DEL REMOJO</b>	<b>ANTES DEL REMOJO</b>	<b>DESPUÉS DEL REMOJO</b>	<b>DESPUÉS DEL REMOJO</b>	
Wm+Molde (gr)	10314.40	10403.40	10154.40	10322.80	9701.40	9988.40		
PESO MUESTRA HUMEDA (gr)	4518.60	4607.60	4246.80	4415.20	3983.80	4270.80		
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.133	2.175	2.005	2.085	1.881	2.016		
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.879	1.830	1.768	1.753	1.650	1.649		
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1.855</b>		<b>1.760</b>		<b>1.649</b>			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>								
N° RECIPIENTE	<b>D5</b>	<b>W1</b>	<b>HA</b>	<b>D5</b>	<b>D</b>	<b>M1</b>		
PESO HUMEDO+RECIP Wm+rec (gr)	194.26	199.07	186.39	240.69	196.09	224.75		
PESO SECO+RECIP Ws+rec (gr)	178.91	176.02	169.88	212.84	176.1	200.83		
PESO RECIP rec (gr)	65.68	53.74	46.76	65.67	33.05	93.6		
PESO DEL AGUA Ww (gr)	15.35	23.05	16.51	27.85	19.99	23.92		
PESOS SÓLIDOS Ws (gr)	113.23	122.28	123.12	147.17	143.05	107.23		
CONTENIDO DE HUMEDAD %	<b>13.56</b>	<b>18.85</b>	<b>13.41</b>	<b>18.92</b>	<b>13.97</b>	<b>22.31</b>		
AGUA ABSORBIDA %	5.29		5.51		8.33			

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.







DENSIDADES			RESISTENCIAS			DENSIDADMAX		1.74		gr/cm <sup>3</sup>
			0.1"	in	0.2"					
56 GOLFES	1.855	gr/cm <sup>3</sup>	35.17	%	38.97	95%DEDM		1.685		gr/cm <sup>3</sup>
27 GOLFES	1.760	gr/cm <sup>4</sup>	18.50	%	21.41	CBR'0.1"	104	CBR'0.2"	130	
11 GOLFES	1.649	gr/cm <sup>5</sup>	6.74	%	8.30	CBRPUNIAL		13.00%		



*Autor:* Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 82. Ensayo Muestra 3 – Contenido de humedad In-Situ.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	RÍO BLANCO	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	3	<b>COORDENADAS:</b>	794918.709   9845932.151
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: AASHTO T 265 2015; ASTM: S2216-71 ; ASTM parte N° 19</b>			
<b>RECIPIENTE N°</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>C-8</b>	<b>T-1</b>
PESO MUESTRA HÚMEDA + RECIPIENTE (gr)	WM	254.57	265.47
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	WS	230.13	239.53
PESO RECIPIENTE (gr)	Wrec	94.34	95.64
PESO AGUA (gr)	W $\omega$	24.44	25.94
PESO SÓLIDOS (gr)	Ws	135.79	143.89
$\omega$ %		18.00	18.03
PROMEDIO $\omega$ %		18.01	

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



Tabla 83. Ensayo Muestra 3 – Gravedad Específica.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> 			
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	RÍO BLANCO	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	3	<b>COORDENADAS:</b>	794918.709   9845932.151
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58; INEN</b>			
<b>Picnómetro N°</b>			ISO 06-14
<b>Temperatura del agua + suelo</b>			24.4
<b>Recipiente N°</b>			#5
<b>Peso del recipiente + suelo seco</b>			157.58
<b>Peso del recipiente (Wr)</b>			107.66
<b>Peso del suelo seco (Ws)</b>			49.92
<b>Peso picnómetro + agua (Wbw)</b>			345.56
<b>Ws+Wbw</b>			395.48
<b>Peso picnómetro + agua + suelo (Wbws)</b>			376.76
<b>Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws</b>			18.72
<b>Factor de correlación por temperatura K</b>			0.99722
<b>Gravedad específica (Gs)</b>			2.66

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.



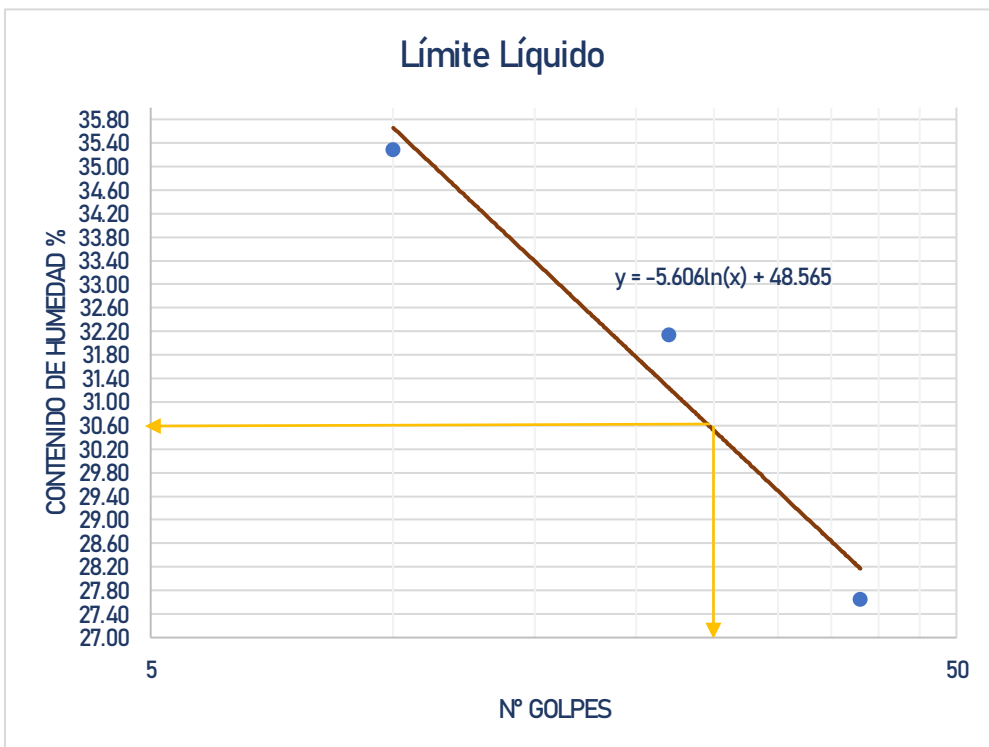


Tabla 84. Ensayo Muestra 3 – Método cono y arena.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>MÉTODO CONO Y ARENA</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECANICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RIO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VIA:</b>	RIOBLANCO	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	3	<b>COORDENADAS:</b>	794918.709   9845932.151
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: IN.VE-161-07</b>			
<b>1) DETERMINACION DEL PESO SUELO EXTRAIDO</b>			
Peso suelo + recipiente (gr)	1300.70		
Peso recipiente (Funda) (gr)	7.35		
Peso del suelo ( <b>W<sub>m</sub></b> ) (gr)	1293.35		
<b>2) DETERMINACION DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO</b>			
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)	3508.20		
Lectura final frasco + cono + arena (gr)	848.00		
Peso arena en el cono (gr)	1606.20		
Peso arena en el hueco (gr)	1054.00		
Calibración de la arena de Ottawa (gr/cm <sup>3</sup> )	1.489		
Volumen del hueco <b>V<sub>m</sub></b> (cm <sup>3</sup> )	707.86		
<b>3) DETERMINACION DEL ω%</b>			
Recipiente N°	S-1	5	
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)	412.90	393.60	
Peso muestra seca + recipiente (gr)	361.00	344.90	
Peso recipiente (gr)	77.50	76.20	
Peso agua <b>W<sub>ω</sub></b> (gr)	51.90	48.70	
Pesos sólidos <b>W<sub>s</sub></b> (gr)	283.50	268.70	
ω%	18.31	18.12	
PROMEDIO ω%	18.22		
<b>4) CALIBRACION DEL CONO</b>			
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)	1606.20		
<b>5) CALIBRACION DE LA ARENA DE OTTAWA</b>			
Densidad sand (gr/cm <sup>3</sup> )	1.489		
<b>6) DETERMINACION DE LAS FASES DEL SUELO</b>			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos	V <sub>v</sub> =	72.67	-
V <sub>a</sub> =	W <sub>a</sub> =	23.97	0.00
V <sub>w</sub> =	W <sub>w</sub> =	48.7	48.70
V <sub>s</sub> =	W <sub>s</sub> =	101.04	268.70
V <sub>m</sub> =	W <sub>m</sub> =	173.71	317.40
<b>7) DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES INDICES DEL SUELO</b>			
Peso Volumétrico del suelo (γ <sub>m</sub> ) (densidad húmeda)	1.83		gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca (γ <sub>d</sub> )	1.55		gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad ω%	18.22		%
Relación de vacíos e = V <sub>v</sub> /V <sub>s</sub>	0.7192		natural
Porosidad n% = V <sub>v</sub> /V <sub>m</sub> *100	41.83		%
Grado de Saturación de agua G <sub>ω</sub> % = V <sub>w</sub> /V <sub>v</sub> *100	67.01		%
Grado de Saturación de aire G <sub>a</sub> % = V <sub>a</sub> /V <sub>v</sub> *100	32.99		%

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.



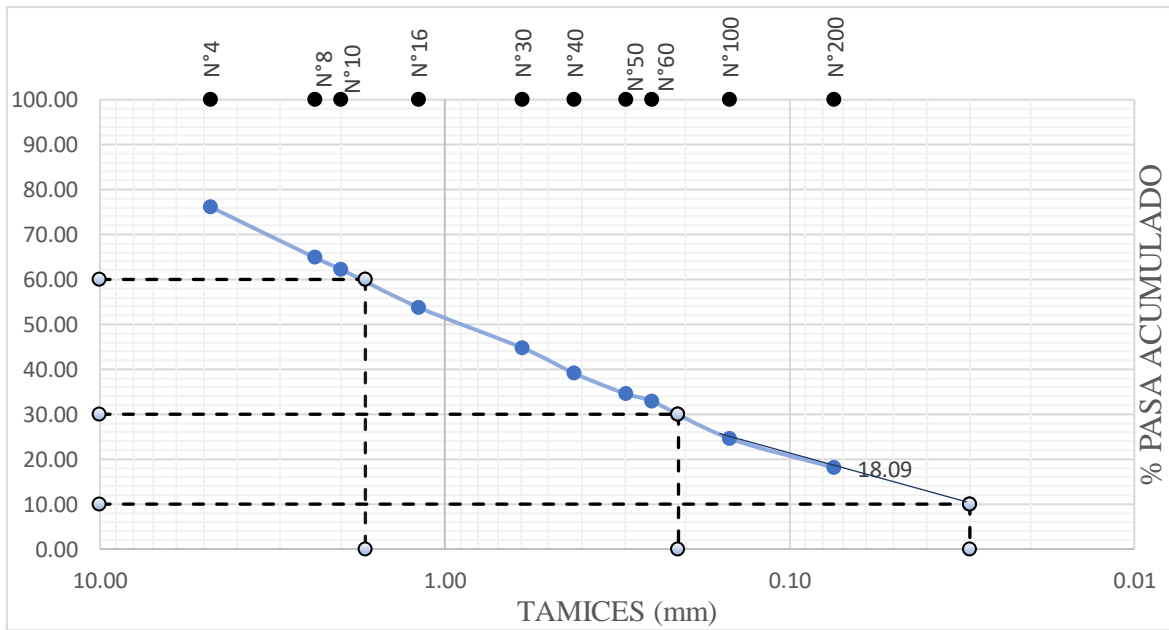
Tabla 85. Ensayo Muestra 3 – Límites de Atterberg.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>						
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES INDICE Y MECANICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RIO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	02			
<b>VÍA:</b>	RIOBLANCO	<b>PROFUNDIDAD:</b>	06			
<b>MUESTRA:</b>	3	<b>COORDENADAS:</b>	794918.709	9845932.15		
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías			
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>						
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-71; INEN 691</b>						
Recipiente N°	13-T	6-T	13-C	12-F	5-Z	X-5
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	11.58	11.54	11.27	11.59	5.98	5.82
Peso S.H.+Peso rec (W <sub>m</sub> +W <sub>r</sub> )	24.44	20.53	21.23	21.86	15.36	16.57
Peso S.S.+Peso rec (W <sub>s</sub> +W <sub>r</sub> )	21.66	18.58	18.81	19.36	12.91	13.77
Peso de Agua (W <sub>w</sub> )	2.78	1.95	2.42	2.50	2.45	2.80
Peso muestra seca (W <sub>s</sub> )	10.08	7.04	7.54	7.77	6.93	7.95
Contenido Humedad (ω%)	27.58	27.70	32.10	32.18	35.35	35.22
Promedio (ω%)	27.64		32.14		35.29	
N° de golpes	<b>38</b>		<b>22</b>		<b>10</b>	
<b>Límite Líquido LL%</b>	<b>30.6</b>					
						
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>						
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-59-74; INEN 691</b>						
Recipiente N°	E-1	A-2	D-3			
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	4.26	4.35	4.30			
Peso suelo húmedo + P. Recipiente (W <sub>m</sub> +W <sub>r</sub> )	5.64	5.32	5.20			
Peso suelo seco + P. Recipiente (W <sub>s</sub> +W <sub>r</sub> )	5.33	5.11	4.99			
Peso de Agua (W <sub>w</sub> )	0.31	0.21	0.21			
Peso muestra seca W <sub>s</sub>	1.07	0.76	0.69			
Contenido de humedad w% = 100W <sub>w</sub> /W <sub>s</sub>	28.97	27.63	30.43			
<b>Promedio W<sub>w</sub>% (LP)</b>	<b>29.01</b>					
<b>ÍNDICE PLÁSTICO</b>						
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-71; INEN 691</b>						
<b>IP = LL - LP</b>	<b>1.59</b>					

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.





Tabla 86. Ensayo Muestra 3 – Análisis Granulométrico.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b> 					
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RIO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.				
<b>NORMA: AASHIOT-87-70 Y T-88-70; ASIMD-421-58 Y D-422-63</b>					
<b>1. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS</b>					
<b>TAMIZ</b>	<b>mm</b>	<b>PESO RET.</b>	<b>PESO RET./ACUM</b>	<b>% RETENIDO</b>	<b>% QUE PASA</b>
			<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>100.00</b>
Nº4	4.76	108.20	108.20	23.95	76.05
Nº8	2.38	50.60	158.80	35.16	64.84
Nº10	2.00	11.80	170.60	37.77	62.23
Nº16	1.19	38.20	208.80	46.23	53.77
Nº30	0.60	40.80	249.60	55.26	44.74
Nº40	0.42	25.60	275.20	60.93	39.07
Nº50	0.30	20.80	296.00	65.53	34.47
Nº60	0.25	7.40	303.40	67.17	32.83
Nº100	0.15	37.20	340.60	75.40	24.60
Nº200	0.07	29.40	370.00	81.91	18.09
FUENIE	0.03	80.90	450.90	99.82	0.18
<b>TOTAL</b>		<b>370.00</b>			
<b>PESO CUARTEO ANTES DEL LAVADO:</b>				<b>533</b>	
<b>PESO SECO:</b>				<b>451.70</b>	
<b>2. CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU</b>					
<i>PESOREC + S. H</i>		254.57		<i>PESO TOTAL MUESTRA S.H</i>	<b>533</b>
<i>PESOREC + S. S</i>		230.13		<i>PESO TOTAL MUESTRA S.S</i>	<b>451.70</b>
<i>PESOREC</i>		94.34			
<i>PESO AGUA</i>		24.44			
<i>PESO SUELO</i>		135.79			
<i>w%</i>		18.00			
<b>3. GRÁFICA - DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA</b>					
					
<b>4. COEFICIENTES DEL SUELO</b>					
	<b>D<sub>10</sub></b>	<b>D<sub>30</sub></b>	<b>D<sub>60</sub></b>	<b>C<sub>u</sub></b>	<b>C<sub>c</sub></b>
	0.030	0.210	1.7	56.67	0.86
<b>5. LÍMITES DE ATTERBERG / CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>					
<i>Límite Líquido</i>	<i>Límite Plástico</i>	<i>Índice Plástico</i>	<i>Índice de Grupo</i>	<b>CLASIFICACIÓN SUELO</b>	
<b>LL</b>	<b>LP</b>	<b>IP</b>	<b>IG</b>	<b>SISTEMAS</b>	
30.6	29.01	1.59	0.00	<b>AASHIO</b>	<b>SUCS</b>
				<b>A-2-4</b>	<b>SM</b>

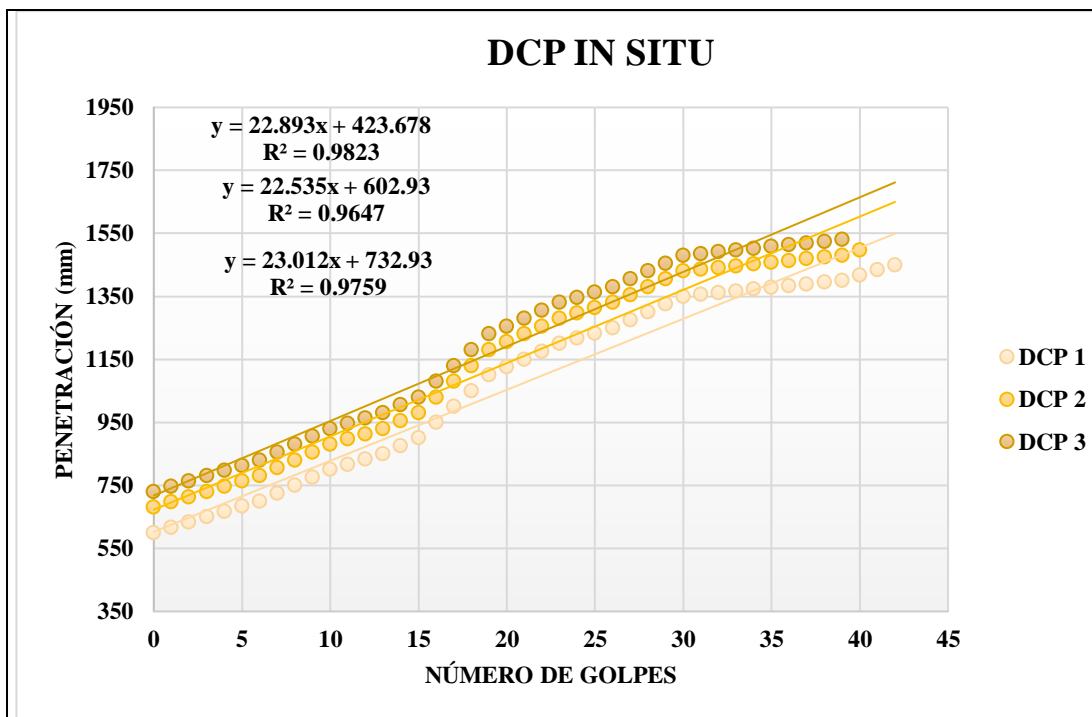
Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

**Tabla 87.** Ensayo Muestra 3 – DCP.

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>		
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>		
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>		
	<b>DCP</b>		
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	RÍO BLANCO	<b>PROFUNDIDAD:</b>	1
<b>MUESTRA:</b>	3	<b>COORDENADAS:</b>	794918.709 9845932.1 51
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMAS: ASTM D - 6951 - 03</b>			

N° GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
0	600	680	730
1	617	697	747
2	633	713	763
3	650	730	780
4	667	747	797
5	683	763	813
6	700	780	830
7	725	805	855
8	750	830	880
9	775	855	905
10	800	880	930
11	817	897	947
12	833	913	963
13	850	930	980
14	875	955	1005
15	900	980	1030
16	950	1030	1080
17	1000	1080	1130
18	1050	1130	1180
19	1100	1180	1230



20	1125	1205	1255
21	1150	1230	1280
22	1175	1255	1305
23	1200	1280	1330
24	1217	1297	1347
25	1233	1313	1363
26	1250	1330	1380
27	1275	1355	1405
28	1300	1380	1430
29	1325	1405	1455
30	1350	1430	1480
31	1356	1436	1486
32	1361	1441	1491
33	1367	1447	1497
34	1372	1452	1502
35	1378	1458	1508
36	1383	1463	1513
37	1389	1469	1519
38	1394	1474	1524
39	1400	1480	1530
40	1417	1497	
41	1433		
42	1450		



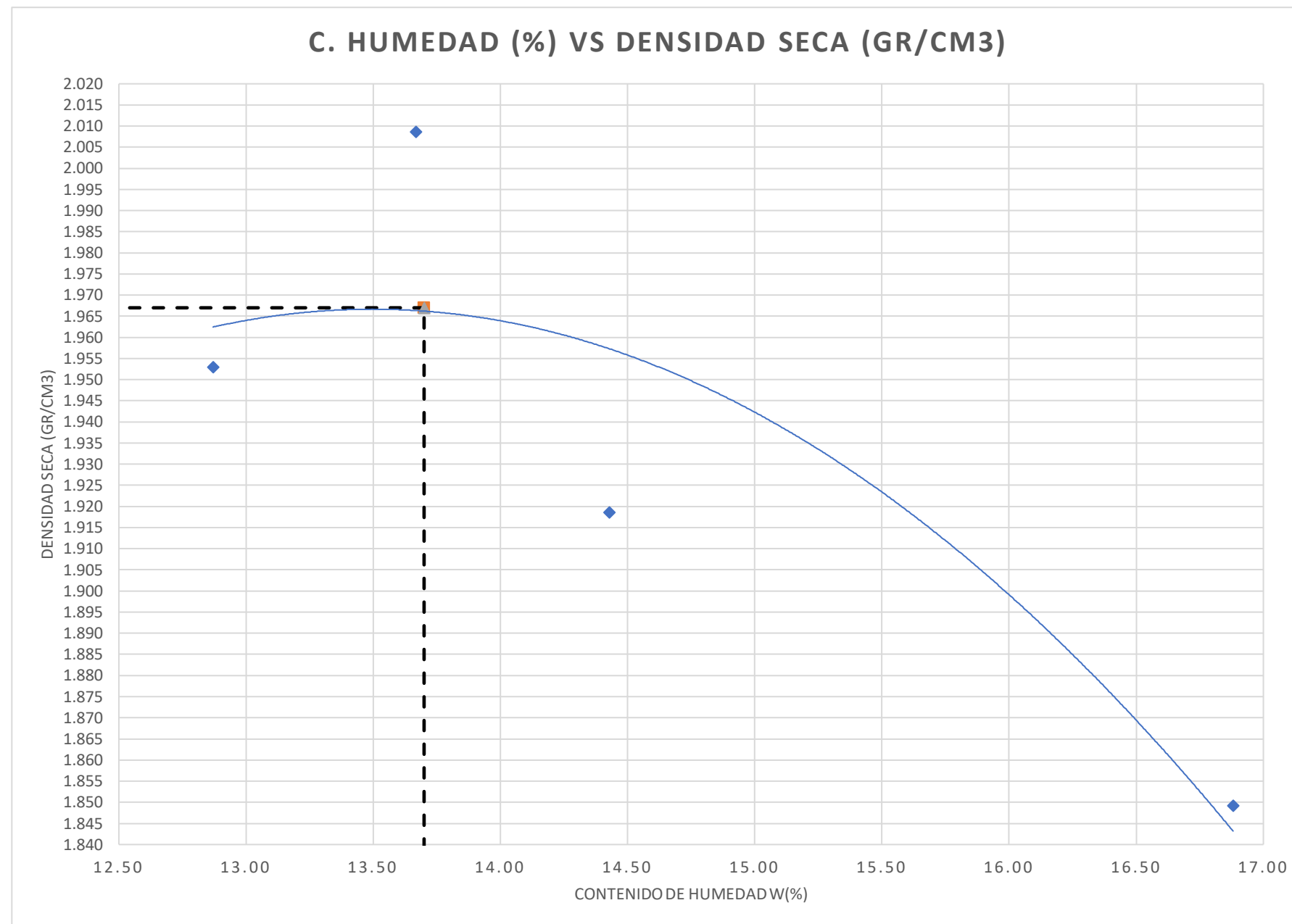
		DN (mm/golpe)	DN (Prom)
1		22.535	22.813
2		23.012	
3		22.893	

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

Tabla 88. Ensayo Muestra 3 – Compactación - Próctor.

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>								
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>								
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>								
	<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN 'PRÓCTOR MODIFICADO B'</b>								
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.								
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA			<b>CAPA VEGETAL:</b>	02				
<b>VÍA:</b>	RIOBLANCO			<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6				
<b>MUESTRA:</b>	3			<b>COORDENADAS:</b>	794918.709			9845932.15	
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez			<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías				
<b>NORMAS: AASHIOT-180; ASIMDI557; INEN 860</b>									
<b>ESPECIFICACIONES</b>									
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde (gr)	5440				
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2114				
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHIOT-180	ASIMDI557	INEN	860			
Peso Inicial Deseado	5000		5000		5000	5000			
<b>1. PROCESO DE COMPACTACION</b>									
Ensayo Número	1		2		3	4			
Humedad inicial Añadida en%	0		1		2	3			
Humedad inicial Añadida en%	0		50		100	150			
P. molde + suelo húmedo (gr)	9993		10166.6		10081.2	10009.2			
Peso suelo húmedo W <sub>m</sub> (gr)	4553		4726.6		4641.2	4569.2			
Peso unitario húmedo γ <sub>m</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	2.154		2.236		2.195	2.161			
<b>2. DETERMINACION DE CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>									
Recipiente Número	2-F	5-P	R-5	W-1	C-8	1-T	C-6	C-4	
Peso del Recipiente W <sub>r</sub>	47.24	46.94	43.15	42.85	42.73	42.43	41.90	41.60	
Recipiente + suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	150.75	160.55	162.38	172.38	167.07	177.07	200.44	210.44	
Recipiente + suelo seco W <sub>s</sub> +W <sub>m</sub>	138.97	147.57	148.12	156.72	151.44	160.04	177.50	186.10	
Peso sólidos W <sub>s</sub>	91.73	100.63	104.97	113.87	108.71	117.61	135.60	144.50	
Peso del agua W <sub>w</sub>	11.78	12.98	14.26	15.66	15.63	17.03	22.94	24.34	
Contenido de Humedad w%	12.84	12.90	13.58	13.75	14.38	14.48	16.92	16.84	
Promedio Contenido de Humedad w%	12.87		13.67		14.43		16.88		
Peso Volumétrico Seco γ <sub>d</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	1.908		1.967		1.919		1.849		



### 3. DETERMINACION GRAFICA DE LA DENSIDAD MAXIMA Y HUMEDAD OPTIMA



DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm <sup>3</sup> )=	<b>1.967</b>	HUMEDAD ÓPTIMA % =	<b>13.7</b>
G <sub>c</sub> (%)=	<b>78.576</b>		

*Autor:* Silvia Paulina Sánchez Ch.



Tabla 89. Ensayo Muestra 3 – Compactación CBR.

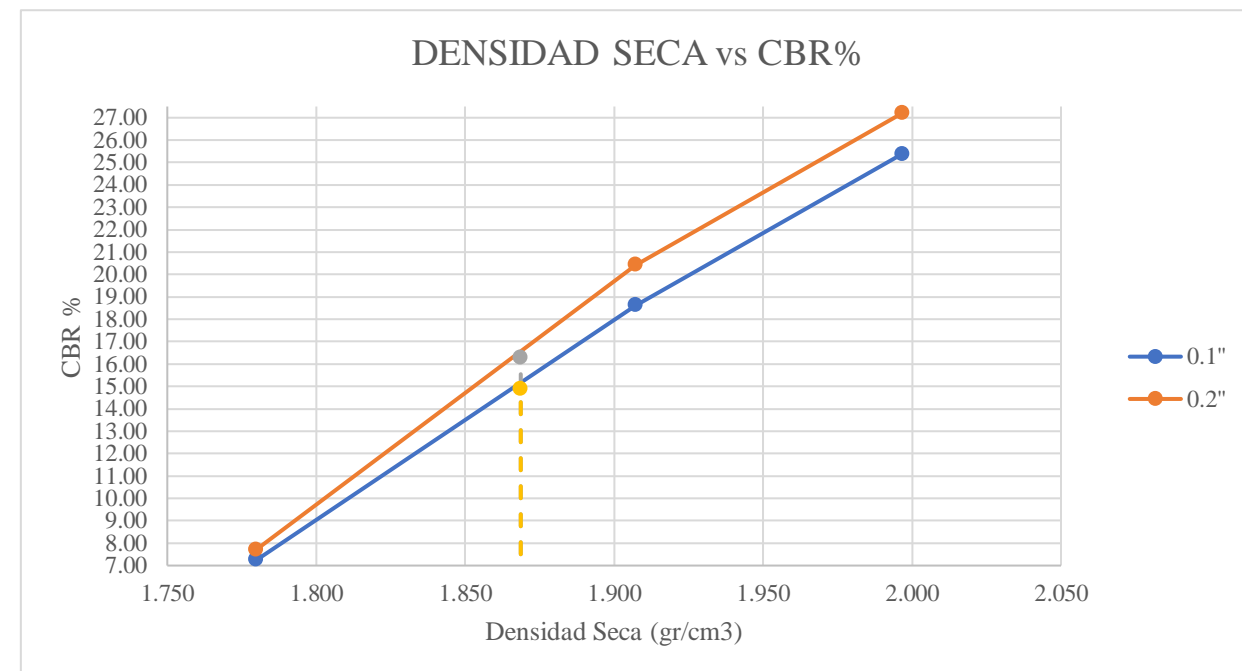
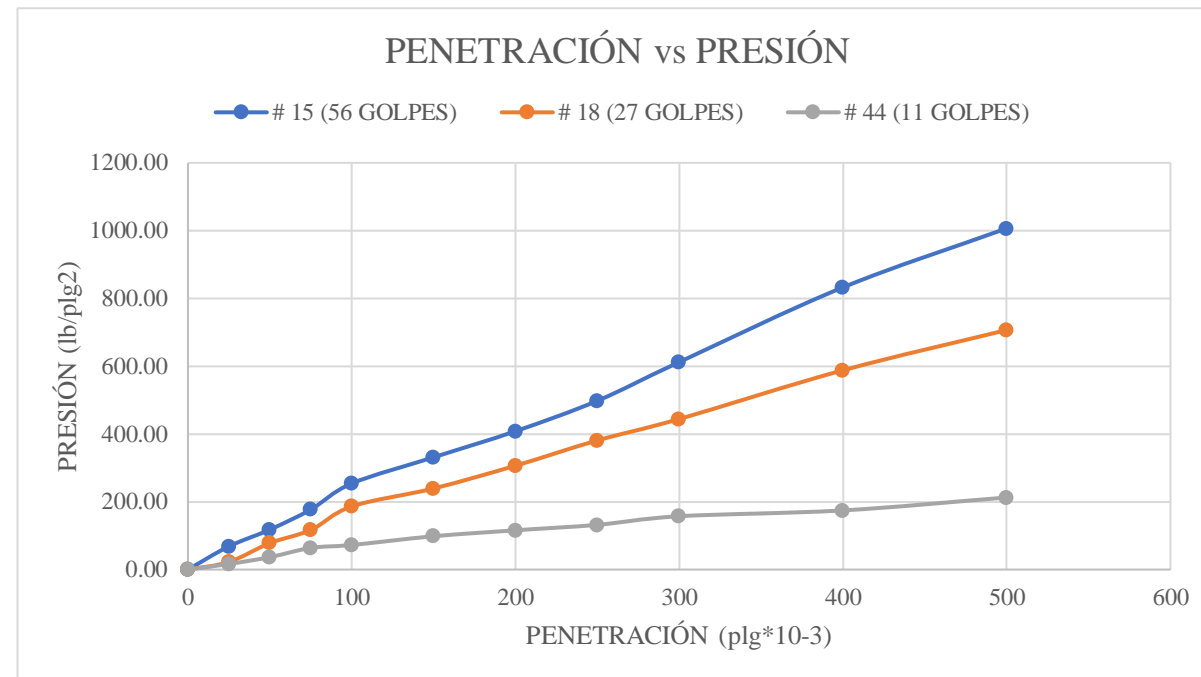
		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR"</b>						
		<b>NORMAS: AASHIOT-183; ASIMDI883-99;</b>						
<b>ESPECIFICACIONES</b>								
<b>MOLDEN° 12</b>								
N° de golpes	56	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	6458.4	gr		
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2091.09	cm <sup>3</sup>		
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>50437.13</b>							
<b>MOLDEN° 11</b>								
N° de golpes	27	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	6431	gr		
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2091.09	cm <sup>3</sup>		
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>24317.9</b>							
<b>MOLDEN° 10</b>								
N° de golpes	11	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	6419.6	gr		
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2091.09	cm <sup>3</sup>		
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>9907.29</b>							
Contenido de Humedad óptimo (w% OPTIMO)	<b>13.7</b>	Densidad seca máxima (gr/cm <sup>3</sup> )				<b>1.967</b>		
<b>PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO</b>								
N° MOLDE	#12		#11		#10			
N° DE CAPAS	5		5		5			
N° DE GOLPES POR CAPA	56		27		11			
CONDICIONES DEL ENSAYO	<i>ANIES DEL REMOJO</i>	<i>DESPUÉS DEL REMOJO</i>	<i>ANIES DEL REMOJO</i>	<i>DESPUÉS DEL REMOJO</i>	<i>ANIES DEL REMOJO</i>	<i>DESPUÉS DEL REMOJO</i>		
<b>Wm+Molde (gr)</b>	11160.00	11208.20	10981.40	11075.60	10647.60	10843.20		
<b>PESO MUESTRA HUMEDA (gr)</b>	4701.60	4749.80	4550.40	4644.60	4228.00	4423.60		
<b>DENSIDAD HUMEDA (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.248	2.271	2.176	2.221	2.022	2.115		
<b>DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.002	1.991	1.916	1.899	1.793	1.767		
<b>DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.997</b>		<b>1.907</b>		<b>1.780</b>			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>								
N° RECIPIENTE	<b>S-1</b>	<b>M-2</b>	<b>D-3</b>	<b>6-A</b>	<b>P-4</b>	<b>D-7</b>		
<b>PESO HUMEDO + RECIP Wm+rec (gr)</b>	279.64	249.31	206.12	171.45	254.69	164.46		
<b>PESO SECO + RECIP Ws+rec (gr)</b>	257.13	230.69	184.74	152.14	231.37	145.07		
<b>PESO RECIP rec (gr)</b>	73.84	98.42	27.49	38.28	49.13	46.59		
<b>PESO DEL AGUA Ww (gr)</b>	22.51	18.62	21.38	19.31	23.32	19.39		
<b>PESO SÓLIDOS Ws (gr)</b>	183.29	132.27	157.25	113.86	182.24	98.48		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD %</b>	<b>12.28</b>	14.08	<b>13.60</b>	16.96	<b>12.80</b>	19.69		
<b>AGUA ABSORBIDA %</b>	1.80		3.36		6.89			

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.



Tabla 90. Ensayo Muestra 3 – Compactación CBR Puntual.

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>															
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>															
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>															
	<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR"</b>															
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.															
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA			<b>CAPA VEGETAL:</b>				02								
<b>VIA:</b>	ROBLANCO			<b>PROFUNDIDAD:</b>				0.6								
<b>MUESTRA:</b>	3			<b>COORDENADAS:</b>				794918.709			9845932.151					
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez			<b>REVISADO POR:</b>				Ing. Alex Frías								
<b>NORMAS: ASIMD-1883</b>																
<b>ESPONIAMIENTO Y PENEIRACION</b>																
<b>ESPONIAMIENTO (LECTURADIAL en Pgs*10-2)</b>																
<b>MOLE NUMERO</b>		<b>12</b>					<b>11</b>					<b>10</b>				
<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>		<b>LECTDIAL</b>	<b>h</b>	<b>ESPONJ</b>		<b>LECTDIAL</b>	<b>h</b>	<b>ESPONJ</b>		<b>LECTDIAL</b>	<b>h</b>	<b>ESPONJ</b>			
<b>DÍA Y MES</b>	<b>HORA</b>	<b>DIAS</b>	<b>Pgs.</b>	<b>Mies Pgs.</b>	<b>Pgs.*10-2</b>	<b>%</b>	<b>Pgs.</b>	<b>Mies Pgs.</b>	<b>Pgs.*10-2</b>	<b>%</b>	<b>Pgs.</b>	<b>Mies Pgs.</b>	<b>Pgs.*10-2</b>	<b>%</b>		
12/3/2021	18:10	0	0.08	5	0	0	0.06	5	0	0	0.05	5	0	0		
13/3/2021	18:00	1	0.08		0.39	0.08	0.06		0.75	0.15	0.06		0.87	0.17		
14/3/2021	7:35	2	0.08		0.83	0.17	0.07		1.54	0.31	0.07		1.73	0.35		
<b>ENSAYO DE CARGA PENEIRACION (CONSTANTE DE CELDA 2.204 LB AREA DEL PISTON: 3p2)</b>																
<b>MOLE NUMERO</b>		<b>12</b>					<b>11</b>					<b>10</b>				
<b>TIEMPO</b>		<b>PENET.</b>		<b>QLECT</b>	<b>PRESIONES</b>		<b>CBR</b>	<b>QLECT</b>	<b>PRESIONES</b>		<b>CBR</b>	<b>QLECT</b>	<b>PRESIONES</b>		<b>CBR</b>	
<b>MIN</b>	<b>SEG</b>	<b>"10-3</b>	<b>DIAL</b>	<b>LEIDA</b>	<b>CORG</b>	<b>lb/plg2</b>		<b>DIAL</b>	<b>LEIDA</b>	<b>CORG</b>		<b>lb/plg2</b>	<b>DIAL</b>	<b>LEIDA</b>		<b>CORG</b>
		0	0.00	0.00			0	0			0	0				
0	30	25	93.00	68.32			30.4	22.33387			22.3	16.38307				
1	0	50	160.30	117.77			106.3	78.09507			49.8	36.5864				
1	30	75	241.00	177.05			158.9	116.7385			86.9	63.84253				
2	0	100	345.60	253.90	253.90	25.39008	253.6	186.3115	186.31	18.63115	98.7	72.5116	72.51	7.25116		
3	0	150	450.90	331.26			325.6	239.2075			133.8	98.2984				
4	0	200	555.60	408.18	408.18	27.21205	417.1	306.4295	306.43	20.42863	157.7	115.8569	115.86	7.723796		
5	0	250	677.80	497.96			518.6	380.9981			179.6	131.9461				
6	0	300	833.10	612.05			604.6	444.1795			214.1	157.2921				
8	0	400	1133.30	832.60			800.3	587.9537			237.6	174.5568				
10	0	500	1370.20	1006.64			962	706.7493			289.4	212.6125				
CBR corregido						25.39008							18.63115			7.25116





DENSIDADES			RESISTENCIAS			DENSIDAD MÁX		1967		gr/cm <sup>3</sup>
			0.1"	in	0.2"					
56 GOLPES	1.997	gr/cm <sup>3</sup>	25.39	%	27.21	95% DEDM		1869		gr/cm <sup>3</sup>
27 GOLPES	1.907	gr/cm <sup>4</sup>	18.63	%	20.43	CBR '0.1"	149	CBR '0.2"	1630	
11 GOLPES	1.780	gr/cm <sup>5</sup>	7.25	%	7.72	CBR PUNIAL		1630%		

*Autor:* Silvia Paulina Sánchez Ch.




Tabla 91. Ensayo Muestra 4 – Contenido de Humedad.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	EL CORAZÓN	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	1	<b>COORDENADAS:</b>	796679.475   9844849.534
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: AASHTO T 265 2015; ASTM: S2216-71 ; ASTM parte N° 19</b>			
<b>RECIPIENTE N°</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Y-1</b>	<b>T-1</b>
PESO MUESTRA HÚMEDA + RECIPIENTE (gr)	WM	270.26	281.16
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	WS	229.91	239.31
PESO RECIPIENTE (gr)	Wrec	56.55	57.85
PESO AGUA (gr)	W $\omega$	40.35	41.85
PESO SÓLIDOS (gr)	Ws	173.36	181.46
$\omega$ %		23.28	23.06
PROMEDIO $\omega$ %		23.17	



*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

Tabla 92. Ensayo Muestra 4 – Gravedad Específica.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> 				
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA</b>				
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2	
<b>VÍA:</b>	EL CORAZÓN	<b>PROFUNDIDAD :</b>	0.6	
<b>MUESTRA:</b>	1	<b>COORDENADAS :</b>	796679.47 5	9844849.53 4
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías	
<b>NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58; INEN</b>				
<b>Picnómetro N°</b>			ISO 06-14	
<b>Temperatura del agua + suelo</b>			28.8	
<b>Recipiente N°</b>			# S-10	
<b>Peso del recipiente + suelo seco</b>			155.45	
<b>Peso del recipiente (Wr)</b>			105.8	
<b>Peso del suelo seco (Ws)</b>			49.65	
<b>Peso picnómetro + agua (Wbw)</b>			345.56	
<b>Ws+Wbw</b>			395.21	
<b>Peso picnómetro + agua + suelo (Wbws)</b>			376.04	
<b>Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws</b>			19.17	
<b>Factor de correlación por temperatura K</b>			0.99606	
<b>Gravedad específica (Gs)</b>			2.58	



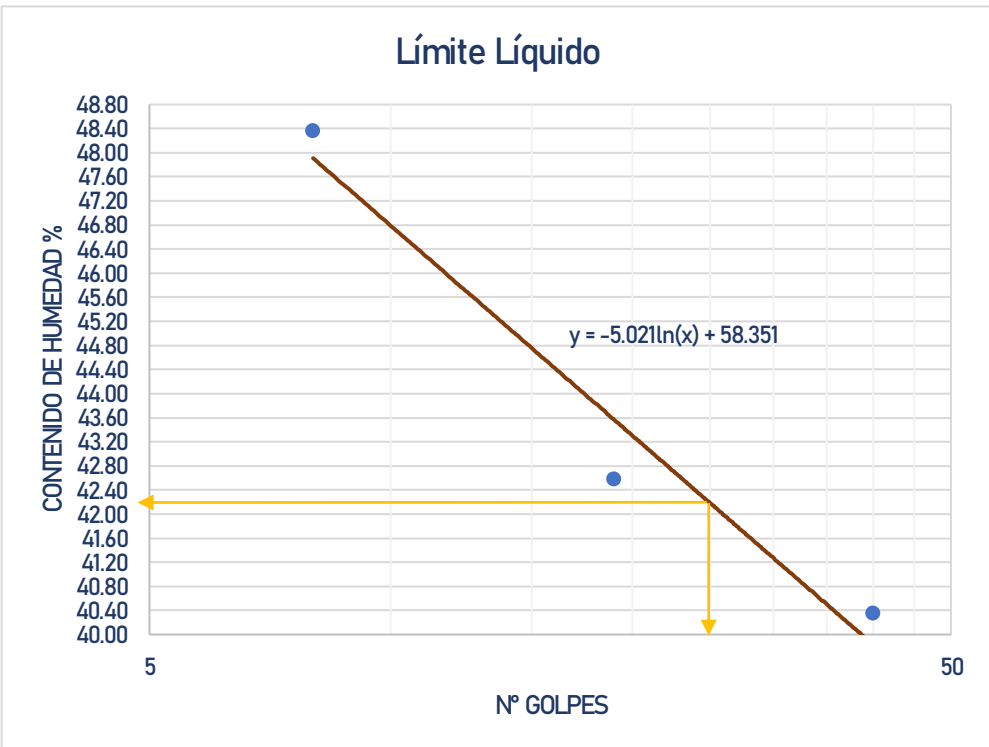
Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 93. Ensayo Muestra 4 – Método cono y arena.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>MÉTODO CONO Y ARENA</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	02
<b>VIA:</b>	EL CORAZÓN	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	1	<b>COORDENADAS:</b>	796679.475   9844849.534
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: INVE - 161 - 07</b>			
<b>1) DETERMINACION DEL PESO SUELO EXTRAÍDO</b>			
Peso suelo + recipiente (gr)		1279.70	
Peso recipiente (Funda) (gr)		735	
Peso del suelo ( <b>W<sub>m</sub></b> ) (gr)		1272.35	
<b>2) DETERMINACION DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO</b>			
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)		3652.00	
Lectura final frasco + cono + arena (gr)		1002.40	
Peso arena en el cono (gr)		1606.20	
Peso arena en el hueco (gr)		1043.40	
Calibración de la arena de Ottawa (gr/cm <sup>3</sup> )		1.489	
Volumen del hueco <b>V<sub>m</sub></b> (cm <sup>3</sup> )		700.74	
<b>3) DETERMINACION DEL ω%</b>			
Recipiente N°		S-1	S-10
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)		339.70	320.40
Peso muestra seca + recipiente (gr)		295.90	279.80
Peso recipiente (gr)		106.90	105.60
Peso agua <b>W<sub>ω</sub></b> (gr)		43.80	40.60
Pesos sólidos <b>W<sub>s</sub></b> (gr)		189.00	174.20
ω%		23.17	23.31
PROMEDIO ω%		23.24	
<b>4) CALIBRACION DEL CONO</b>			
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)		1606.20	
<b>5) CALIBRACION DE LA ARENA DE OTTAWA</b>			
Densidad sand (gr/cm <sup>3</sup> )		1.489	
<b>6) DETERMINACION DE LAS FASES DEL SUELO</b>			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos	V <sub>v</sub> =	50.77	-
V <sub>a</sub> =	W <sub>a</sub> =	10.17	0.00
V <sub>w</sub> =	W <sub>w</sub> =	40.6	40.60
V <sub>s</sub> =	W <sub>s</sub> =	67.53	174.20
V <sub>m</sub> =	W <sub>m</sub> =	118.30	214.80
<b>7) DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES INDICES DEL SUELO</b>			
Peso Volumétrico del suelo (γ <sub>m</sub> ) (densidad húmeda)		1.82	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca (γ <sub>d</sub> )		1.47	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad ω%		23.24	%
Relación de vacíos e = V <sub>v</sub> /V <sub>s</sub>		0.75	natural
Porosidad n% = V <sub>v</sub> /V <sub>m</sub> *100		42.92	%
Grado de Saturación de agua G <sub>ω</sub> % = V <sub>w</sub> /V <sub>v</sub> *100		79.96	%
Grado de Saturación de aire G <sub>a</sub> % = V <sub>a</sub> /V <sub>v</sub> *100		20.04	%

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 94. Ensayo Muestra 4 – Límites de Atterberg.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>LÍMITES DE ATTERBERG</b> 						
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES INDICE Y MECANICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RIO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2			
<b>VÍA:</b>	EL CORAZÓN	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6			
<b>MUESTRA:</b>	1	<b>COORDENADAS:</b>	796679.475	9844849.53		
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías			
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>						
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-71; INEN 691</b>						
Recipiente N°	13-C	12-T	8-T	5-Z	13-T	6-T
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	11.26	11.58	11.43	5.99	11.58	11.53
Peso S.H.+Peso rec (W <sub>m</sub> +W <sub>r</sub> )	24.07	22.59	22.29	16.66	24.32	24.13
Peso S.S.+Peso rec (W <sub>s</sub> +W <sub>r</sub> )	20.38	19.43	19.03	13.49	20.09	20.10
Peso de Agua (W <sub>w</sub> )	3.69	3.16	3.26	3.17	4.23	4.03
Peso muestra seca (W <sub>s</sub> )	9.12	7.85	7.60	7.50	8.51	8.57
Contenido Humedad (ω%)	40.46	40.25	42.89	42.27	49.71	47.02
Promedio (ω%)	40.36		42.58		48.37	
N° de golpes	<b>40</b>		<b>19</b>		<b>8</b>	
<b>Límite Líquido LL%</b>	<b>42.2</b>					
						
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>						
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-59-74; INEN 691</b>						
<b>Recipiente N°</b>	<b>D3</b>		<b>A8</b>		<b>P6</b>	
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	4.30		4.35		4.25	
Peso suelo húmedo + P. Recipiente (W <sub>m</sub> +W <sub>r</sub> )	5.06		6.30		5.34	
Peso suelo seco + P. Recipiente (W <sub>s</sub> +W <sub>r</sub> )	4.86		5.78		5.05	
Peso de Agua (W <sub>w</sub> )	0.20		0.52		0.29	
Peso muestra seca W <sub>s</sub>	0.56		1.43		0.80	
Contenido de humedad w% = 100W <sub>w</sub> /W <sub>s</sub>	35.71		36.36		36.25	
<b>Promedio W<sub>w</sub>% (LP)</b>	<b>36.11</b>					
<b>ÍNDICE PLÁSTICO</b>						
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-71; INEN 691</b>						
<b>IP = LL - LP</b>	<b>6.09</b>					

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.


Tabla 95. Ensayo Muestra 4 – Análisis Granulométrico.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		NORMA: AASHIOT-87-70 Y T-88-70; ASIMD-421-58 Y D-422-63			
<b>1. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS</b>					
TAMIZ	mm	PESO RET.	PESO RET./ACUM	% RETENIDO	% QUE PASA
			0.00	0.00	100.00
Nº4	4.76	36.80	36.80	8.51	91.49
Nº8	2.38	30.80	67.60	15.63	84.37
Nº10	2.00	11.60	79.20	18.32	81.68
Nº16	1.19	39.60	118.80	27.48	72.52
Nº30	0.60	46.80	165.60	38.30	61.70
Nº40	0.42	24.40	190.00	43.94	56.06
Nº50	0.30	20.60	210.60	48.71	51.29
Nº60	0.25	5.00	215.60	49.87	50.13
Nº100	0.15	36.40	252.00	58.28	41.72
Nº200	0.07	37.80	289.80	67.03	32.97
FUENTE	0.03	139.57	429.37	99.31	0.69
TOTAL		289.80			
PESO CUARIBO ANTES DEL LAVADO:				533	
PESO SECO:				432.37	
<b>2. CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU</b>					
PESOREC + S.H		270.26		PESO TOTAL MUESTRA S.H	533
PESOREC + S.S		229.91		PESO TOTAL MUESTRA S.S	432.37
PESOREC		56.55			
PESO AGUA		40.35			
PESO SUELO		173.36			
w%		23.28			
<b>3. GRÁFICA - DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA</b>					
<b>4. COEFICIENTES DEL SUELO</b>					
	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>c</sub>
	0.014	0.060	0.54	38.57	0.48
<b>5. LÍMITES DE ATTERBERG / CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>					
Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plástico	Índice de Grupo	CLASIFICACIÓN SUELO	
LL	LP	IP	IG	SISTEMAS	
42.2	36.11	6.09	0.00	AASHIO	SUCS
				A-2-5	SC

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.



Tabla 96. Ensayo Muestra 4 – DCP.

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>			
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
	<b>DCP</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
<b>PARROQUIA :</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2	
<b>VÍA:</b>	EL CORAZÓN	<b>PROFUNDIDAD:</b>	1	
<b>MUESTRA:</b>	1	<b>COORDENADAS:</b>	796679.475	9844849.534
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías	
<b>NORMAS: ASTM D - 6951 - 03</b>				

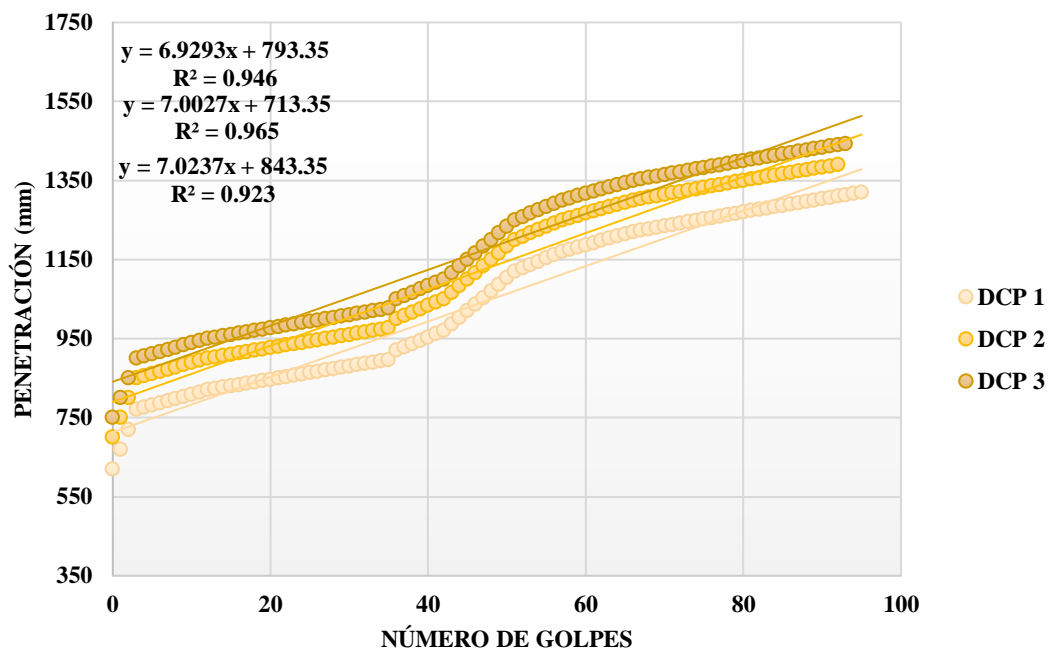
N° GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
0	620	700	750
1	670	750	800
2	720	800	850
3	770	850	900
4	776	856	906
5	781	861	911
6	787	867	917
7	792	872	922
8	798	878	928
9	803	883	933
10	809	889	939
11	814	894	944
12	820	900	950
13	823	903	953
14	827	907	957
15	830	910	960
16	833	913	963
17	837	917	967
18	840	920	970
19	843	923	973

20	847	927	977
21	850	930	980
22	853	933	983
23	857	937	987
24	860	940	990
25	863	943	993
26	867	947	997
27	870	950	1000
28	873	953	1003
29	877	957	1007
30	880	960	1010
31	883	963	1013
32	887	967	1017
33	890	970	1020
34	893	973	1023
35	897	977	1027
36	920	1000	1050
37	928	1008	1058
38	937	1017	1067
39	945	1025	1075
40	953	1033	1083
41	962	1042	1092
42	970	1050	1100
43	987	1067	1117

44	1003	1083	1133
45	1020	1100	1150
46	1037	1117	1167
47	1053	1133	1183
48	1070	1150	1200
49	1087	1167	1217
50	1103	1183	1233
51	1120	1200	1250
52	1128	1208	1258
53	1137	1217	1267
54	1145	1225	1275
55	1153	1233	1283
56	1162	1242	1292
57	1170	1250	1300
58	1176	1256	1306
59	1181	1261	1311
60	1187	1267	1317
61	1192	1272	1322
62	1198	1278	1328
63	1203	1283	1333
64	1209	1289	1339
65	1214	1294	1344
66	1220	1300	1350
67	1224	1304	1354
68	1227	1307	1357
69	1231	1311	1361

70	1234	1314	1364
71	1238	1318	1368
72	1241	1321	1371
73	1245	1325	1375
74	1249	1329	1379
75	1252	1332	1382
76	1256	1336	1386
77	1259	1339	1389
78	1263	1343	1393
79	1266	1346	1396
80	1270	1350	1400
81	1273	1353	1403
82	1277	1357	1407
83	1280	1360	1410
84	1283	1363	1413
85	1287	1367	1417
86	1290	1370	1420
87	1293	1373	1423
88	1297	1377	1427
89	1300	1380	1430
90	1303	1383	1433
91	1307	1387	1437
92	1310	1390	1440
93	1313		1443
94	1317		
95	1320		

### DCP IN SITU





	DN (mm/golpe)	DN (Prom)
1	6.929	6.985
2	7.003	
3	7.023	

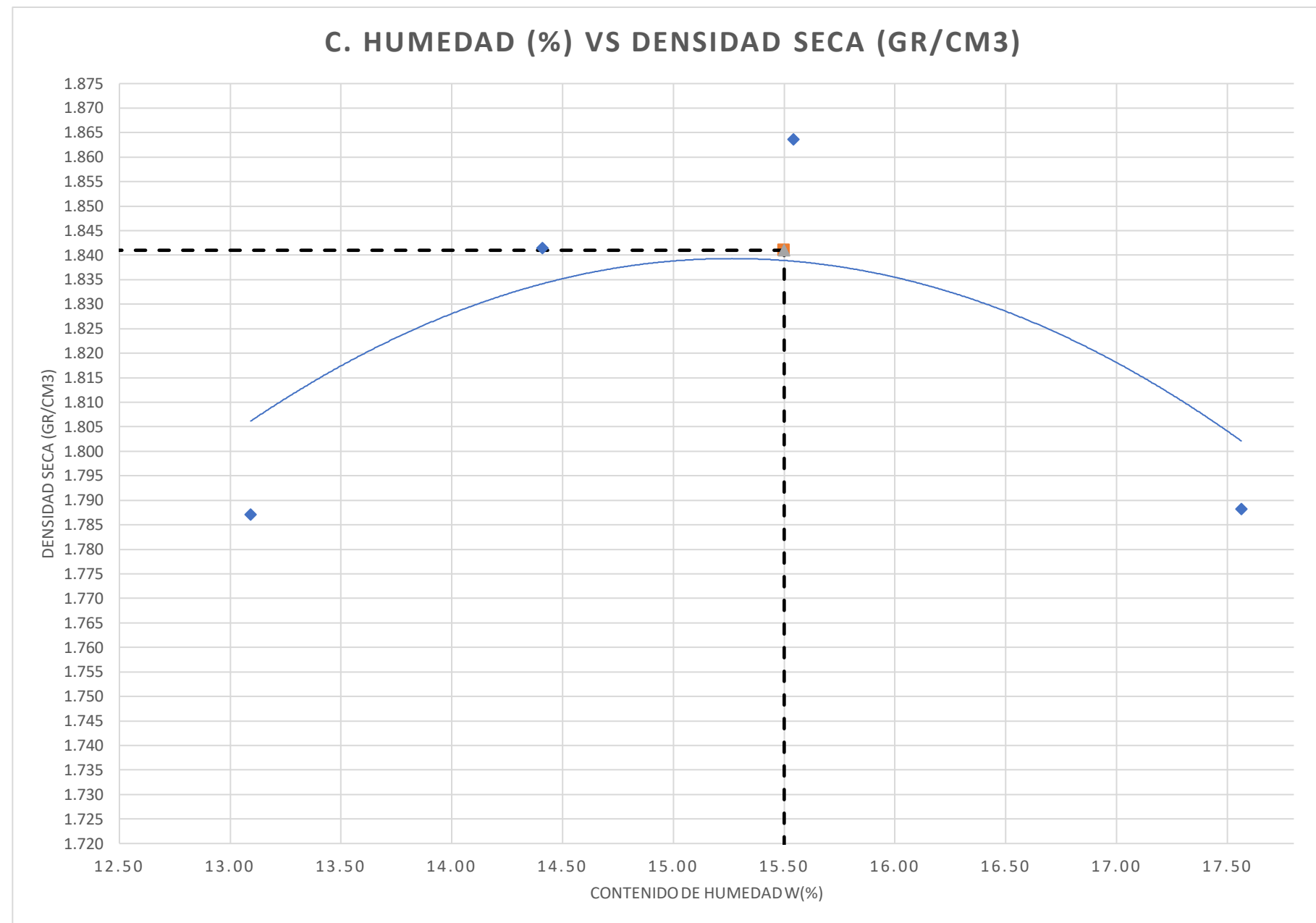
*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



Tabla 97. Ensayo Muestra 4 – Compactación - Próctor.

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>								
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>								
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>								
	<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN 'PRÓCTOR MODIFICADO B'</b>								
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.								
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA			<b>CAPA VEGETAL:</b>	02				
<b>VÍA:</b>	EL CORAZÓN			<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6				
<b>MUESTRA:</b>	1			<b>COORDENADAS:</b>	796679.475		9844849.53		
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez			<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías				
<b>NORMAS: AASHIOT-180; ASIMDI 557; INEN 860</b>									
<b>ESPECIFICACIONES</b>									
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde (gr)	5440				
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2114				
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHIO T-180	ASTIM DI 557	INEN	860			
Peso Inicial Deseado	5000	5000	5000	5000	5000				
<b>1. PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>									
Ensayo Número	1	2	3	4					
Humedad inicial Añadida en%	0	1.6	3.2	4.8					
Humedad inicial Añadida en%	0	80	160	240					
P. molde + suelo húmedo (gr)	9572.6	9763.8	9942	9884.4					
Peso suelo húmedo W <sub>m</sub> (gr)	4132.6	4323.8	4502	4444.4					
Peso unitario húmedo γ <sub>m</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	1.955	2.045	2.130	2.102					
<b>2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>									
Recipiente Número	C-6	C-8	R-5	B-8	2F	F-5	C-5	C-4	
Peso del Recipiente W <sub>r</sub>	41.88	41.58	43.14	42.84	47.24	46.94	46.05	45.75	
Recipiente + suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	141.43	151.23	159.11	169.11	187.47	197.47	228.00	238.00	
Recipiente + suelo seco W <sub>s</sub> +W <sub>m</sub>	129.92	138.52	144.05	152.65	168.48	177.08	201.05	209.65	
Peso sólidos W <sub>s</sub>	88.04	96.94	100.91	109.81	121.24	130.14	155.00	163.90	
Peso del agua W <sub>w</sub>	11.51	12.71	15.06	16.46	18.99	20.39	26.95	28.35	
Contenido de Humedad w%	13.07	13.11	14.92	14.99	15.66	15.67	17.39	17.30	
Promedio Contenido de Humedad w%	13.09		14.96		15.67		17.34		
Peso Volumétrico Seco γ <sub>d</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	1.729		1.779		1.841		1.792		



### 3. DETERMINACION GRAFICA DE LA DENSIDAD MAXIMA Y HUMEDAD OPTIMA



DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm <sup>3</sup> )=	<b>1.841</b>	HUMEDAD ÓPTIMA % =	<b>15.5</b>
Gc (%)=	<b>80.028</b>		



*Autor:* Silvia Paulina Sánchez Ch.

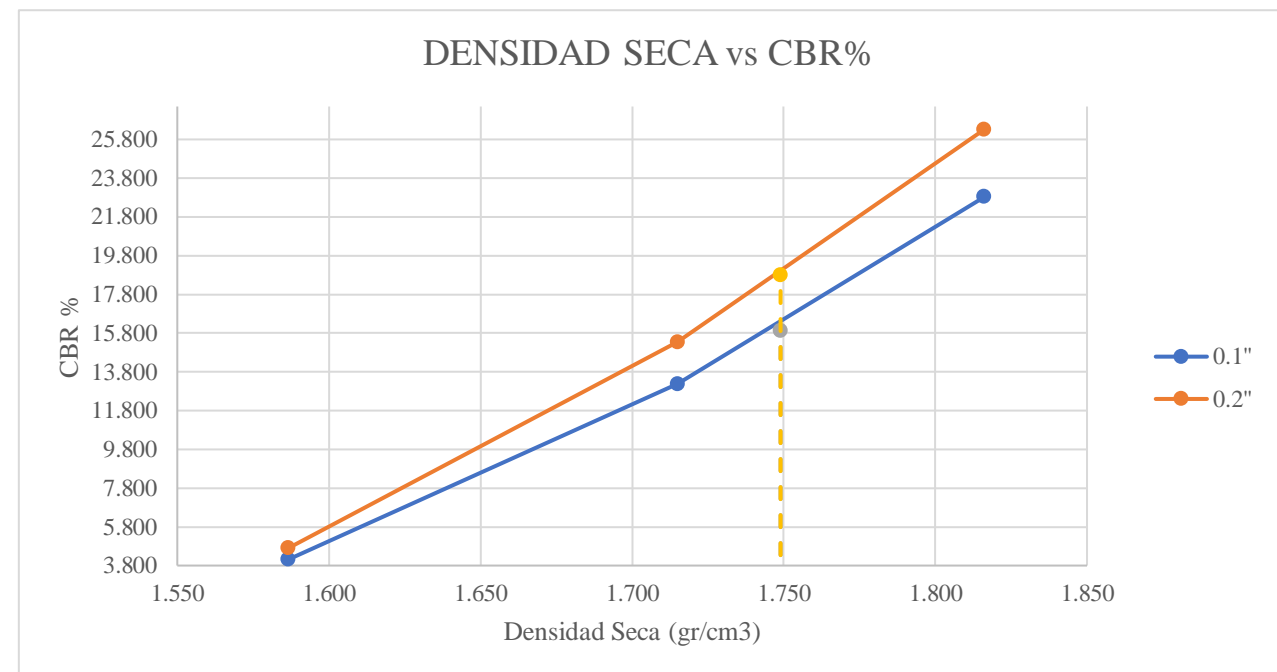
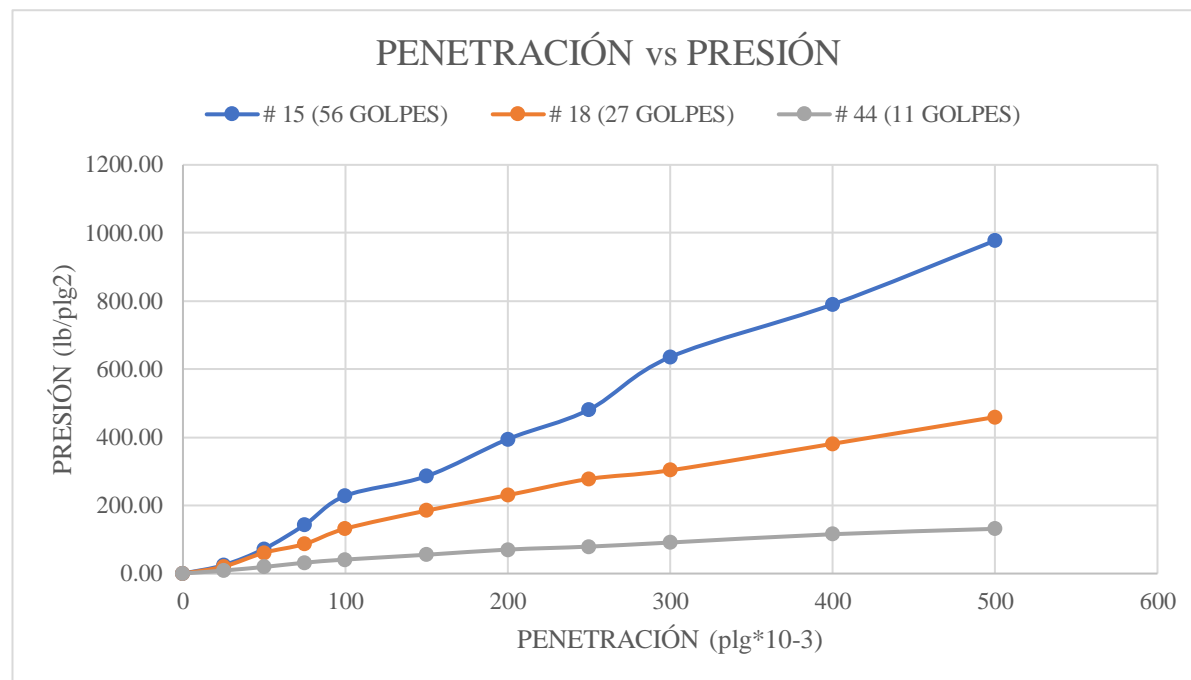
Tabla 98. Ensayo Muestra 4 – Compactación CBR.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR"						
NORMAS: AASHIOT-183; ASIMDI883-99;								
ESPECIFICACIONES								
MOLDEN° 15								
N° de golpes	56	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	5795.8	gr		
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2118	cm <sup>3</sup>		
<b>Energía de Compactación Lbt/ft<sup>3</sup></b>	<b>50437.13</b>							
MOLDEN° 18								
N° de golpes	27	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	5907.6	gr		
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2118	cm <sup>3</sup>		
<b>Energía de Compactación Lbt/ft<sup>3</sup></b>	<b>24317.9</b>							
MOLDEN° 44								
N° de golpes	11	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	5717.6	gr		
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2118	cm <sup>3</sup>		
<b>Energía de Compactación Lbt/ft<sup>3</sup></b>	<b>9907.29</b>							
Contenido de Humedad óptimo (w% OPTIMO)	<b>15.7</b>	Densidad seca máxima (gr/cm <sup>3</sup> )				<b>1.841</b>		
PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO								
N° MOLDE	#15	#18		#44				
N° DE CAPAS	5	5		5				
N° DE GOLPES POR CAPA	56	27		11				
CONDICIONES DEL ENSAYO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO		
Wm+Molde (gr)	10258.20	10337.40	10163.80	10317.20	9614.60	9904.20		
PESO MUESTRA HUMEDA (gr)	4462.40	4541.60	4256.20	4409.60	3897.00	4186.60		
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.107	2.144	2.010	2.082	1.840	1.977		
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.827	1.806	1.739	1.691	1.603	1.570		
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm <sup>3</sup> )	1.816		1.715		1.587			
CONTENIDO DE HUMEDAD								
N° RECIPIENTE	F5	P4	C5	C8	C6	B8		
PESO HUMEDO + RECIP Wm+rec (gr)	280.19	221.78	174.33	221.53	200.28	195.65		
PESO SECO + RECIP Ws+rec (gr)	250.08	194.49	157.04	187.95	179.85	164.08		
PESO RECIP rec (gr)	53.79	49.05	45.95	42.71	41.88	42.04		
PESO DEL AGUA Ww (gr)	30.11	27.29	17.29	33.58	20.43	31.57		
PESO SÓLIDOS Ws (gr)	196.29	145.44	111.09	145.24	137.97	122.04		
CONTENIDO DE HUMEDAD %	15.34	18.76	15.56	23.12	14.81	25.87		
AGUA ABSORBIDA %	3.42		7.56		11.06			

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 99. Ensayo Muestra 4 – Compactación CBR Puntual.



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR"																			
		PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.																			
		PARROQUIA:		ULBA		CAPA VEGETAL:		02													
		VÍA:		EL CORAZÓN		PROFUNDIDAD:		06													
MUESTRA:		1		COORDENADAS:		796679.475		9844849.534													
REALIZADO POR:		Silvia Sánchez		REVISADO POR:		Ing. Alex Frías															
<b>NORMAS: ASIMD-1883</b> <b>ESPONIAMIENTO Y PENETRACION</b> <b>ESPONIAMIENTO (LECTURADIAL en Pgs*10-2)</b>																					
MOLDE NUMERO		15					18					44									
FECHA		TIEMPO		LECTDIAL		h		ESPONJ		LECTDIAL		h		ESPONJ		LECTDIAL		h		ESPONJ	
DÍA Y MES		HORA DIAS		Pgs.		Mies Pgs		Pgs. *10-2 %		Pgs.		Mies Pgs		Pgs. *10-2 %		Pgs.		Mies Pgs		Pgs. *10-2 %	
14/3/2021		18:10 0		0.05		5		0 0		0.09		5		0 0		0.04		5		0 0	
15/3/2021		18:00 1		0.06				0.39 0.08		0.09				0.79 0.16		0.05				0.98 0.20	
16/3/2021		7:35 2		0.06				0.83 0.17		0.10				1.61 0.32		0.06				2.09 0.42	
<b>ENSAYO DE CARGA PENETRACION (CONSTANTE DE CELDA 2.204 LB AREA DEL PISTON: 3p2)</b>																					
MOLDE NUMERO		15					18					44									
TIEMPO		PENET.		QLECT		PRESIONES		CBR		QLECT		PRESIONES		CBR		QLECT		PRESIONES		CBR	
MIN		SEG		"10-3 DIAL		LEIDA CORG		%		DIAL		LEIDA CORG		%		DIAL		LEIDA CORG		%	
				0.00		0.00				0		0				0		0			
0		30		25		33.50		24.61		27.9		20.4972				12.2		8.962933			
1		0		50		98.70		72.51		83.3		61.19773				26.3		19.32173			
1		30		75		195.20		143.41		118.2		86.8376				43.5		31.958			
2		0		100		310.70		228.26		179.4		131.7992		131.80		13.17992		55.9		41.06787	
3		0		150		389.20		285.93		251.5		184.7687				75.1		55.17347			
4		0		200		537.20		394.66		313.3		230.1711		230.17		15.34474		95.8		70.38107	
5		0		250		655.00		481.21		378.1		277.7775				107.6		79.05013			
6		0		300		865.20		635.63		412.6		303.1235				124		91.09867			
8		0		400		1075.60		790.21		518.6		380.9981				157.2		115.4896			
10		0		500		1330.60		977.55		625.3		459.3871				178.6		131.2115			
CBR corregido								22.82609						13.17992						4.106787	



DENSIDADES			RESISTENCIAS			DENSIDAD MÁX		95% DEDM		CBR PUNIAL	
			0.1"	in	0.2"						
56 GOLPES	1.816	gr/cm³	22.826	%	26.311	1841		1.749		159	1880
27 GOLPES	1.715	gr/cm⁴	13.180	%	15.345						
11 GOLPES	1.587	gr/cm⁵	4.107	%	4.692						
						CBR '0.1"		CBR '0.2"		1880%	

*Autor:* Silvia Paulina Sánchez Ch.



**Tabla 100.** Ensayo Muestra 5 – Contenido de humedad In- Situ.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	EL CORAZÓN	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	2	<b>COORDENADAS:</b>	796862.061   9845285.027
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: AASHTO T 265 2015; ASTM: S2216-71 ; ASTM parte N° 19</b>			
<b>RECIPIENTE N°</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>W-2</b>	<b>T-1</b>
PESO MUESTRA HÚMEDA + RECIPIENTE (gr)	WM	233.2	244.1
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	WS	213.05	222.45
PESO RECIPIENTE (gr)	Wrec	53.35	54.65
PESO AGUA (gr)	W $\omega$	20.15	21.65
PESO SÓLIDOS (gr)	Ws	159.7	167.8
$\omega$ %		12.62	12.90
PROMEDIO $\omega$ %		12.76	

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



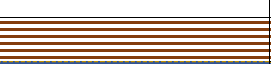



Tabla 101. Ensayo Muestra 5 – Gravedad Específica.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	EL CORAZÓN	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	2	<b>COORDENADAS:</b>	796862.061   9845285.027
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58; INEN</b>			
<b>Picnómetro N°</b>			ISO 06-14
<b>Temperatura del agua + suelo</b>			28.3
<b>Recipiente N°</b>			# 21
<b>Peso del recipiente + suelo seco</b>			157.15
<b>Peso del recipiente (Wr)</b>			107.6
<b>Peso del suelo seco (Ws)</b>			49.55
<b>Peso picnómetro + agua (Wbw)</b>			345.56
<b>Ws+Wbw</b>			395.11
<b>Peso picnómetro + agua + suelo (Wbws)</b>			376.78
<b>Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws</b>			18.33
<b>Factor de correlación por temperatura K</b>			0.99621
<b>Gravedad específica (Gs)</b>			2.69

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.



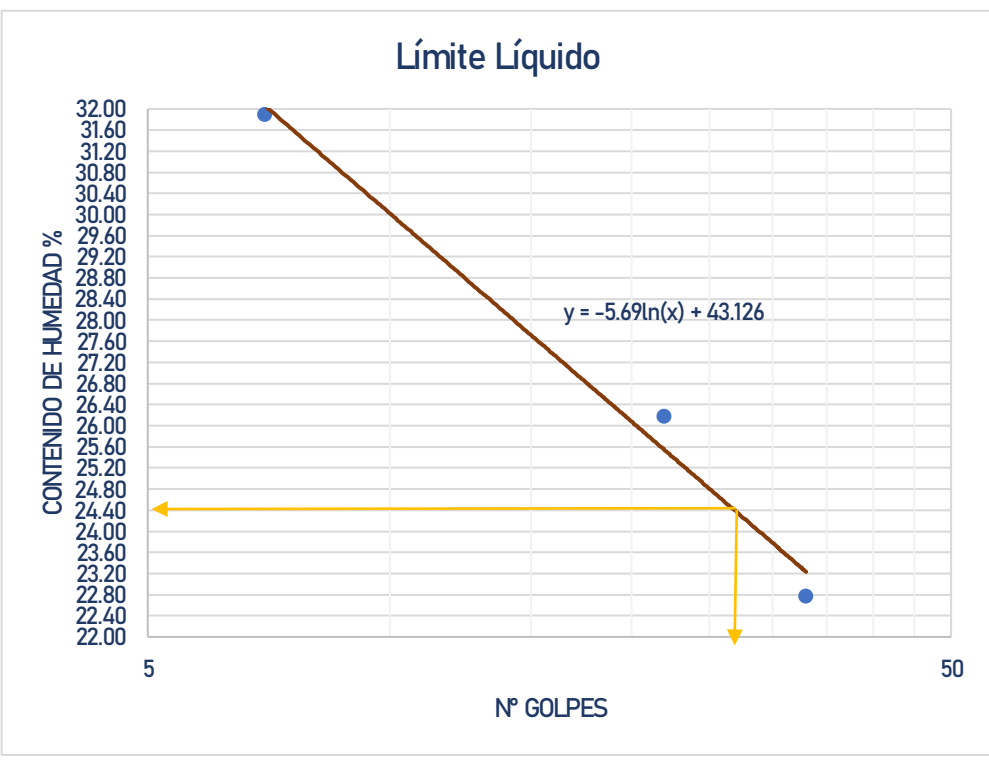
Tabla 102. Ensayo Muestra 5 – Método cono y arena.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>					
<b>METODO CONO Y ARENA</b>					
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RIO VERDE, CANTÓN BANCOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.				
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	02		
<b>VIA:</b>	EL CORAZÓN	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6		
<b>MUESTRA:</b>	2	<b>COORDENADAS:</b>	796862.061	9845285.027	
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías		
<b>NORMA: IN.VE-161-07</b>					
<b>1) DETERMINACION DEL PESO SUELO EXTRAÍDO</b>					
Peso suelo + recipiente (gr)		1449.70			
Peso recipiente (Funda) (gr)		7.35			
Peso del suelo ( <b>W<sub>m</sub></b> ) (gr)		1442.35			
<b>2) DETERMINACION DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO</b>					
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)		3519.80			
Lectura final frasco + cono + arena (gr)		761.80			
Peso arena en el cono (gr)		1606.20			
Peso arena en el hueco (gr)		1151.80			
Calibración de la arena de Ottawa (gr/cm <sup>3</sup> )		1.489			
Volumen del hueco <b>V<sub>m</sub></b> (cm <sup>3</sup> )		773.54			
<b>3) DETERMINACION DEL ω%</b>					
Recipiente N°		S-1	#20		
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)		429.10	409.80		
Peso muestra seca + recipiente (gr)		389.10	373.00		
Peso recipiente (gr)		81.50	80.20		
Peso agua <b>W<sub>o</sub></b> (gr)		40.00	36.80		
Pesos sólidos <b>W<sub>s</sub></b> (gr)		307.60	292.80		
ω%		13.00	12.57		
PROMEDIO ω%			12.79		
<b>4) CALIBRACION DEL CONO</b>					
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)		1606.20			
<b>5) CALIBRACION DE LA ARENA DE OTTAWA</b>					
Densidad sand (gr/cm <sup>3</sup> )		1.489			
<b>6) DETERMINACION DE LAS FASES DEL SUELO</b>					
			Volúmenes	Pesos	
Volumen de vacíos		V <sub>v</sub> =	68.04	-	
V <sub>a</sub> =		W <sub>a</sub> =	31.24	0.00	
V <sub>w</sub> =		W <sub>w</sub> =	36.8	36.80	
V <sub>s</sub> =		W <sub>s</sub> =	108.73	292.80	
V <sub>m</sub> =		W <sub>m</sub> =	176.77	329.60	
<b>7) DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES INDICES DEL SUELO</b>					
Peso Volumétrico del suelo (γ <sub>m</sub> ) (densidad húmeda)			1.86	gr/cm <sup>3</sup>	
Densidad seca (γ <sub>d</sub> )			1.65	gr/cm <sup>3</sup>	
Contenido de humedad ω%			12.79	%	
Relación de vacíos e = V <sub>v</sub> /V <sub>s</sub>			0.63	natural	
Porosidad r% = V <sub>v</sub> /V <sub>m</sub> *100			38.49	%	
Grado de Saturación de agua G <sub>o</sub> % = V <sub>w</sub> /V <sub>v</sub> *100			54.09	%	
Grado de Saturación de aire G <sub>a</sub> % = V <sub>a</sub> /V <sub>v</sub> *100			45.91	%	

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.



Tabla 103. Ensayo Muestra 5 – Límites de Atterberg.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>LÍMITES DE ATTERBERG</b> 	
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RIO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA <b>CAPA VEGETAL:</b> 0.2
<b>VÍA:</b>	EL CORAZÓN <b>PROFUNDIDAD:</b> 0.6
<b>MUESTRA:</b>	2 <b>COORDENADAS:</b> 796862.061   9845285.03
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez <b>REVISADO POR:</b> Ing. Alex Frías
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-71; INEN 691</b>	
Recipiente N°	A-5    A-3    E-1    A-7    D-1    P-5
Peso del recipiente $W_r$	4.35    4.31    4.27    4.35    4.36    4.37
Peso S.H.+Peso rec ( $W_m+W_r$ )	16.44    17.13    18.99    13.57    18.29    15.23
Peso S.S.+Peso rec ( $W_s+W_r$ )	14.20    14.75    15.95    11.65    14.94    12.59
Peso de Agua ( $W_w$ )	2.24    2.38    3.04    1.92    3.35    2.64
Peso muestra seca ( $W_s$ )	9.85    10.44    11.68    7.30    10.58    8.22
Contenido Humedad ( $\omega\%$ )	22.74    22.80    26.03    26.30    31.66    32.12
Promedio ( $\omega\%$ )	22.77    26.16    31.89
N° de golpes	33    22    7
<b>Límite Líquido LL%</b>	<b>245</b>
	
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-59-74; INEN 691</b>	
Recipiente N°	A-2    X-7    E-2
Peso del recipiente $W_r$	4.34    4.30    4.38
Peso suelo húmedo + P. Recipiente ( $W_m+W_r$ )	6.69    6.78    6.08
Peso suelo seco + P. Recipiente ( $W_s+W_r$ )	6.27    6.34    5.78
Peso de Agua ( $W_w$ )	0.42    0.44    0.30
Peso muestra seca $W_s$	1.93    2.04    1.40
Contenido de humedad $w\% = 100W_w/W_s$	21.76    21.57    21.43
<b>Promedio <math>W\%</math> (LP)</b>	<b>21.59</b>
<b>ÍNDICE PLÁSTICO</b>	
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-71; INEN 691</b>	
<b>IP = LL - LP</b>	<b>291</b>



Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 104. Ensayo Muestra 5 – Análisis Granulométrico.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		NORMA: AASHTO T-87-70 Y T-88-70; ASIM D-421-58 Y D-422-63			
<b>1. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS</b>					
TAMIZ	mm	PESO RET.	PESO RET./ACUM	% RETENIDO	% QUE PASA
			0.00	0.00	100.00
Nº4	4.76	41.40	41.40	8.75	91.25
Nº8	2.38	58.80	100.20	21.17	78.83
Nº10	2.00	19.80	120.00	25.35	74.65
Nº16	1.19	60.40	180.40	38.12	61.88
Nº30	0.60	55.40	235.80	49.82	50.18
Nº40	0.42	26.60	262.40	55.44	44.56
Nº50	0.30	21.20	283.60	59.92	40.08
Nº60	0.25	13.80	297.40	62.84	37.16
Nº100	0.15	58.80	356.20	75.26	24.74
Nº200	0.07	16.80	373.00	78.81	21.19
FUENTE	0.03	99.08	472.08	99.75	0.25
TOTAL		373.00			
PESO CUARTERO ANTES DEL LAVADO:				533	
PESO SECO:				473.28	
<b>2. CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU</b>					
PESOREC + S.H		233.2		PESO TOTAL MUESTRA S.H	533
PESOREC + S.S		213.05		PESO TOTAL MUESTRA S.S	473.28
PESOREC		53.35			
PESO AGUA		20.15			
PESO SUELO		159.7			
w%		12.62			
<b>3. GRÁFICA - DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA</b>					
<b>4. COEFICIENTES DEL SUELO</b>					
	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>c</sub>
	0.014	0.190	1.08	77.14	2.39
<b>5. LÍMITES DE ATTERBERG / CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>					
Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plástico	Índice de Grupo	CLASIFICACIÓN SUELO	
LL	LP	IP	IG	SISTEMAS	
245	21.59	2.91	0.00	AASHIO	SUCS
				A-24	SM

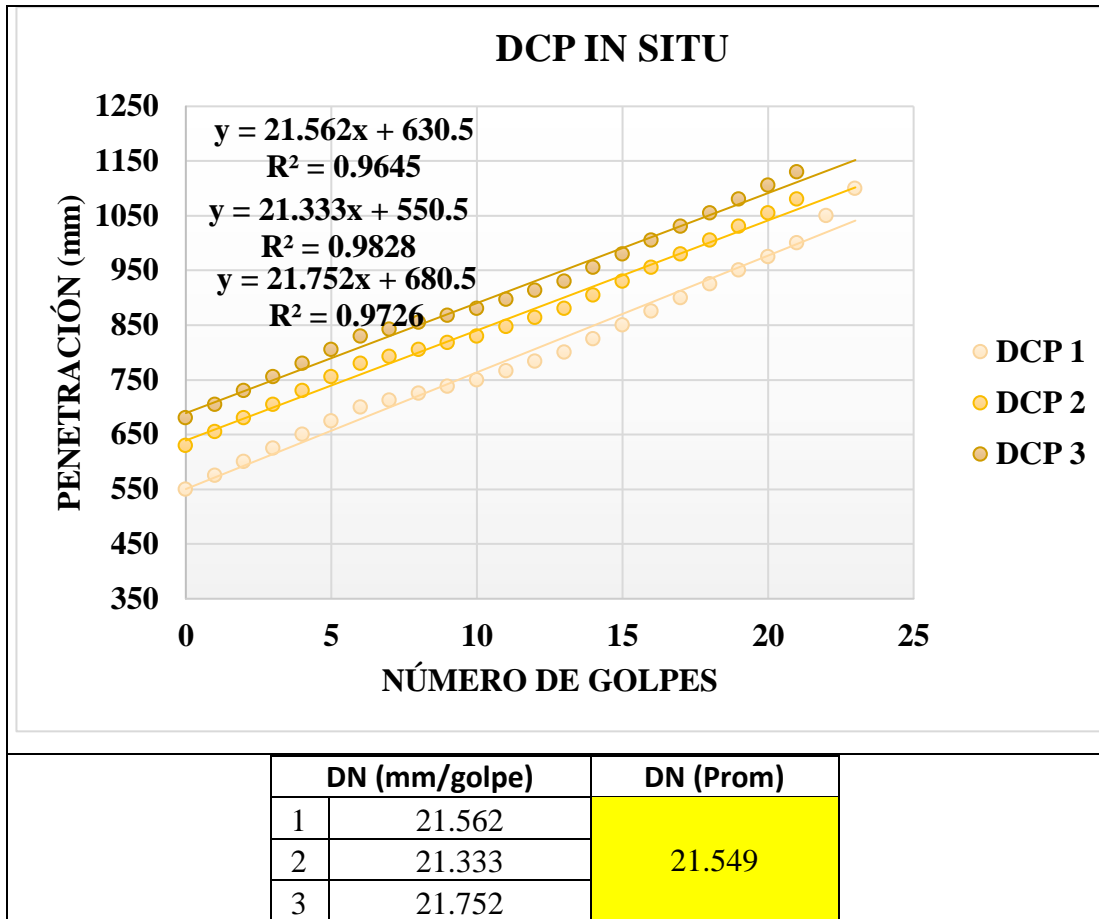
Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 105. Ensayo Muestra 5 – DCP.

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>			
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
	<b>DCP</b>			
<b>PROYECTO :</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2	
<b>VÍA:</b>	EL CORAZÓN	<b>PROFUNDIDAD:</b>	1	
<b>MUESTRA:</b>	2	<b>COORDENADAS:</b>	796862.061	9845285.0 27
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías	
<b>NORMAS: ASTM D - 6951 - 03</b>				



N° GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
0	550	630	680
1	575	655	705
2	600	680	730
3	625	705	755
4	650	730	780
5	675	755	805
6	700	780	830
7	713	793	843
8	725	805	855

9	738	818	868
10	750	830	880
11	767	847	897
12	783	863	913
13	800	880	930
14	825	905	955
15	850	930	980
16	875	955	1005
17	900	980	1030
18	925	1005	1055
19	950	1030	1080
20	975	1055	1105
21	1000	1080	1130
22	1050		
23	1100		

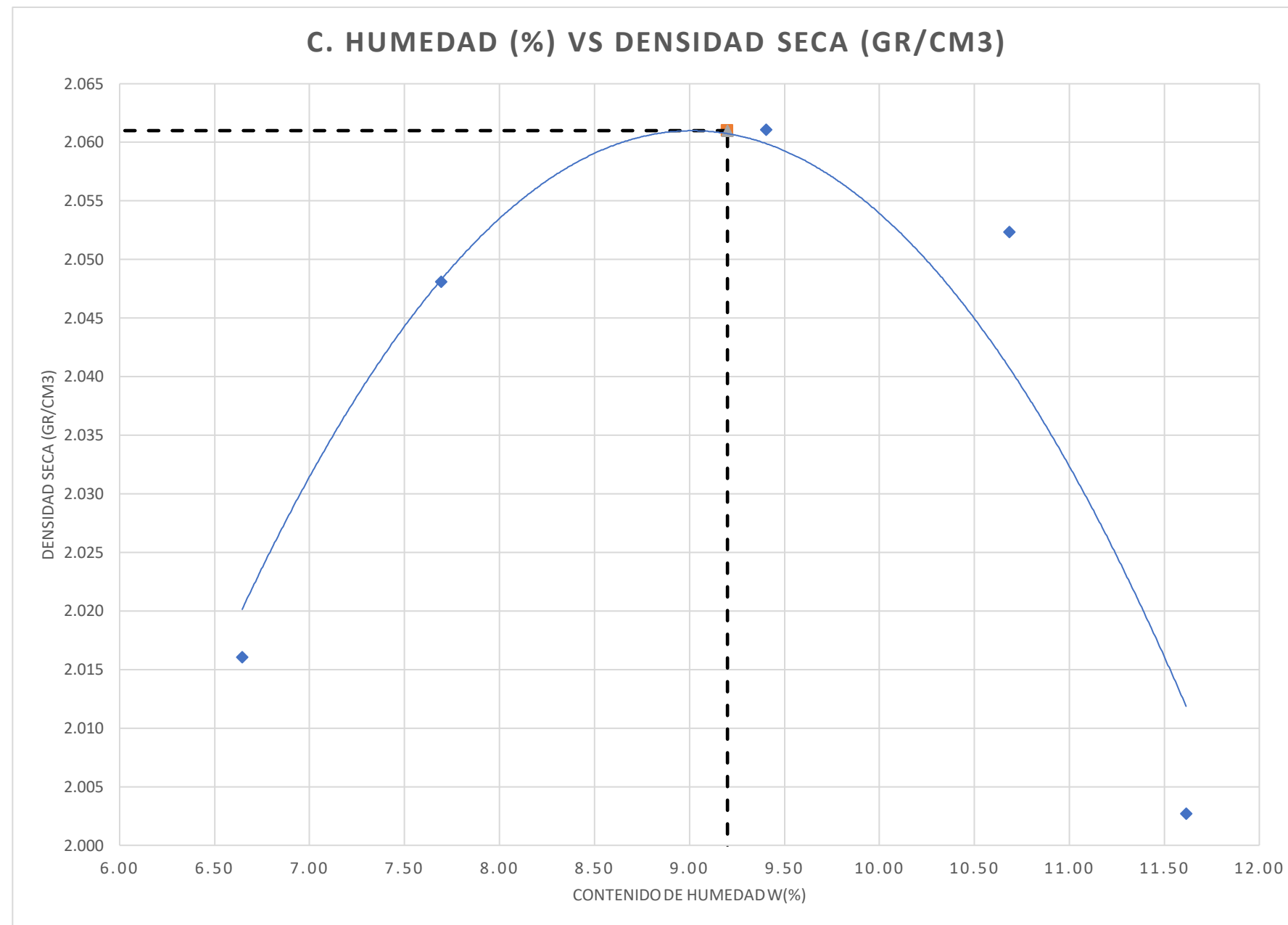


*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

Tabla 106. Ensayo Muestra 5 – Compactación - Próctor.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PROCTOR MODIFICADO B"</b> 										
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RIO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.									
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA			<b>CAPA VEGETAL:</b>	02					
<b>VÍA:</b>	EL CORAZÓN			<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6					
<b>MUESTRA:</b>	2			<b>COORDENADAS:</b>	796862.061				9845285.03	
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez			<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías					
<b>NORMAS: AASHIOT-180; ASIMDI557; INEN 860</b>										
<b>ESPECIFICACIONES</b>										
Número de Golpes	56	Altura de Caída		18"	Peso del Molde (gr)		5440			
Número de Capas	5	Peso del Martillo		10 lb	Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )		2114			
Energía de Compactación	55986	Normas:		AASHIOT-180	T-180	ASIM	DI557	INEN	860	
Peso Inicial Deseado	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	
<b>1. PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>										
Ensayo Número	1	2	3	4	5					
Humedad inicial Añadida en%	0	1.6	3.2	4.8	6.4					
Humedad inicial Añadida en%	0	80	160	240	320					
P. molde + suelo húmedo (gr)	9985.2	10102.8	10206.8	10242.2	10165.4					
Peso suelo húmedo W <sub>m</sub> (gr)	4545.2	4662.8	4766.8	4802.2	4725.4					
Peso unitario húmedo γ <sub>m</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	2.150	2.206	2.255	2.272	2.235					
<b>2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>										
Recipiente Número	W-1	C-8	W-2	T-1	D-8	T-2	M-1	F-2	6-A	C-4
Peso del Recipiente W <sub>r</sub>	53.80	53.50	53.41	53.11	46.99	46.69	93.57	93.27	38.37	38.07
Recipiente + suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	177.77	187.57	184.59	194.39	202.13	211.53	268.94	278.94	212.79	222.79
Recipiente + suelo seco W <sub>s</sub> +W <sub>m</sub>	170.32	178.92	175.45	184.05	188.78	197.38	252.21	260.81	194.80	203.40
Peso sólidos W <sub>s</sub>	116.52	125.42	122.04	130.94	141.79	150.69	158.64	167.54	156.43	165.33
Peso del agua W <sub>w</sub>	7.45	8.65	9.14	10.34	13.35	14.15	16.73	18.13	17.99	19.39
Contenido de Humedad w%	6.39	6.90	7.49	7.90	9.42	9.39	10.55	10.82	11.50	11.73
Promedio Contenido de Humedad w%	6.65		7.69		9.40		10.68		11.61	
Peso Volumétrico Seco γ <sub>d</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	2.016		2.048		2.061		2.052		2.003	

### 3. DETERMINACION GRAFICA DE LA DENSIDAD MAXIMA Y HUMEDAD OPTIMA



DENSIDAD SECA MÁX  
(gr/cm<sup>3</sup>)=  
G<sub>c</sub> (%)=

**2.061**

**80.215**



HUMEDAD  
ÓPTIMA % =

**9.2**

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*





Tabla 107. Ensayo Muestra 5 – Compactación CBR.

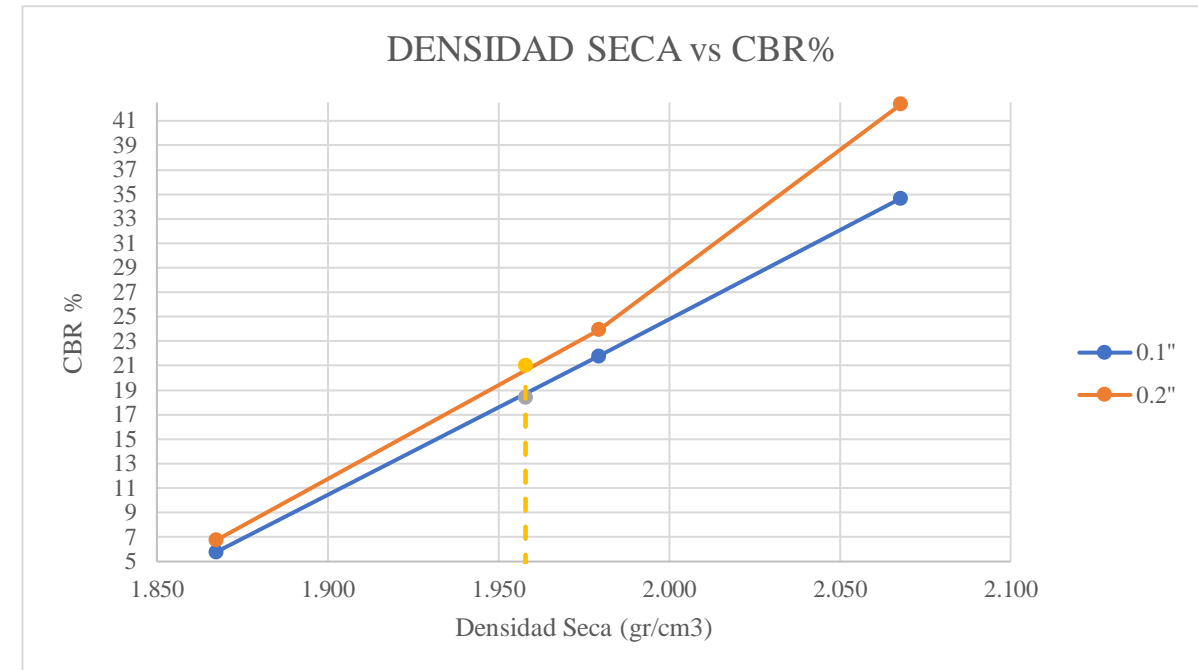
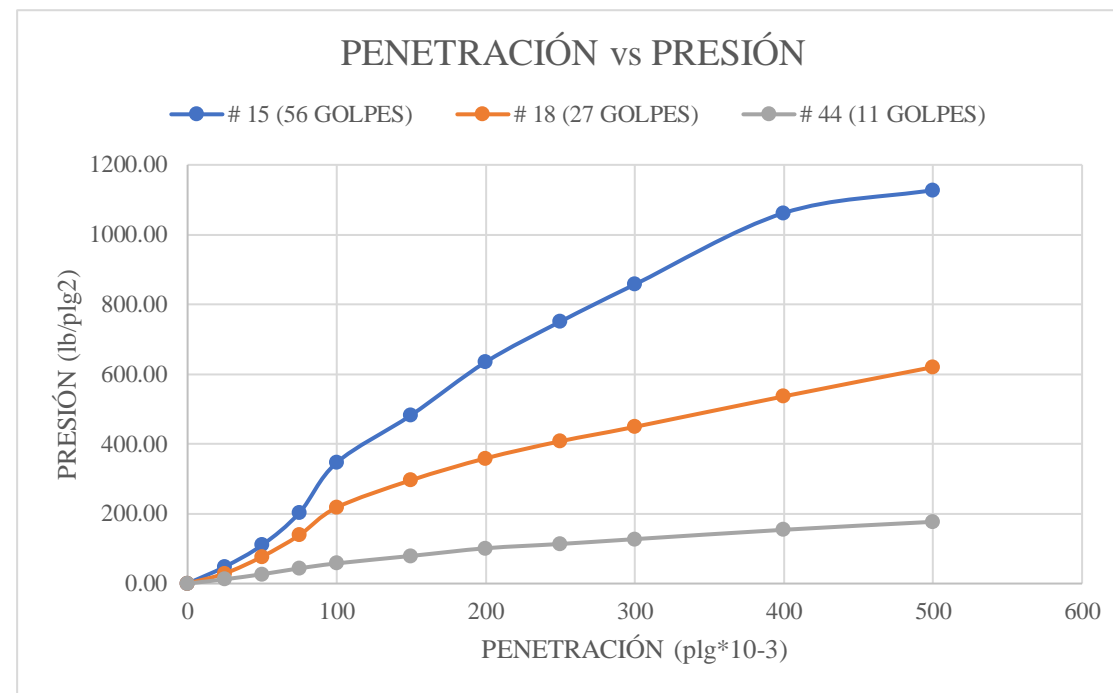
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN 'CBR' NORMAS: AASHIOT-183; ASIMDI883-99;					
		ESPECIFICACIONES MOLDE N° 15					
N° de golpes	56	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	5795.8	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2118	cm <sup>3</sup>	
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>50437.13</b>						
MOLDE N° 18							
N° de golpes	27	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	5907.6	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2118	cm <sup>3</sup>	
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>24317.9</b>						
MOLDE N° 44							
N° de golpes	11	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	5717.6	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2118	cm <sup>3</sup>	
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>9907.29</b>						
Contenido de Humedad óptimo (w% OPTIMO)	<b>95</b>	Densidad seca máxima (gr/cm <sup>3</sup> )			<b>2.061</b>		
PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO							
N° MOLDE	#15	#18	#44				
N° DE CAPAS	5	5	5				
N° DE GOLPES POR CAPA	56	27	11				
CONDICIONES DEL ENSAYO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	
W <sub>m</sub> +V <sub>molde</sub> (gr)	10575.80	10673.60	10499.20	10659.20	10037.80	10283.40	
PESO MUESTRA HUMEDA (gr)	4780.00	4877.80	4591.60	4751.60	4320.20	4565.80	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.257	2.303	2.168	2.243	2.040	2.156	
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.071	2.064	1.982	1.976	1.866	1.869	
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm <sup>3</sup> )	2.068		1.979		1.867		
CONTENIDO DE HUMEDAD							
N° RECIPIENTE	H-1	C-7	4A	P-4	F-5	2-R	
PESO HUMEDO + RECIP W <sub>m+rec</sub> (gr)	227.86	203.73	176.44	235.36	275.25	180.68	
PESO SECO + RECIP W <sub>s+rec</sub> (gr)	212.69	186.96	165.33	213.16	256.43	162.39	
PESO RECIP rec (gr)	43.32	41.96	46.59	49.03	53.97	43.39	
PESO DEL AGUA W <sub>w</sub> (gr)	15.17	16.77	11.11	22.2	18.82	18.29	
PESO SÓLIDOS W <sub>s</sub> (gr)	169.37	145	118.74	164.13	202.46	119	
CONTENIDO DE HUMEDAD %	<b>8.96</b>	11.57	<b>9.36</b>	13.53	<b>9.30</b>	15.37	
AGUA ABSORBIDA %	2.61		4.17		6.07		

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 108. Ensayo Muestra 5 – Compactación CBR Puntual.

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR"</b>														
		<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.														
		<b>PARROQUIA:</b>		ULBA		<b>CAPA VEGETAL:</b>		0.2								
		<b>VIA:</b>		EL CORAZÓN		<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.6								
<b>MUESTRA:</b>		2		<b>COORDENADAS:</b>		796862.061		9845285.027								
<b>REALIZADO POR:</b>		Silvia Sánchez		<b>REVISADO POR:</b>		Ing. Alex Frías										
<b>NORMAS: ASIMD-1883</b> <b>ESPOÑAMIENTO Y PENEIRACIÓN</b>																
<b>ESPOÑAMIENTO (LECTURA DIAL en Pgs*10-2)</b>																
<b>MOLDE NUMERO</b>		<b>15</b>					<b>18</b>					<b>44</b>				
<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>LECT DIAL</b>	<b>h</b>	<b>ESPOÑ</b>		<b>LECT DIAL</b>	<b>h</b>	<b>ESPOÑ</b>		<b>LECT DIAL</b>	<b>h</b>	<b>ESPOÑ</b>				
<b>DIY MES</b>	<b>HORA</b>	<b>DIAS</b>	<b>Pgs.</b>	<b>Mus Pgs.</b>	<b>Pgs. *10-2</b>	<b>%</b>	<b>Pgs.</b>	<b>Mus Pgs.</b>	<b>Pgs. *10-2</b>	<b>%</b>	<b>Pgs.</b>	<b>Mus Pgs.</b>	<b>Pgs. *10-2</b>	<b>%</b>		
16/3/2021	18:10	0	0.10	5	0	0	0.04	5	0	0	0.01	5	0	0		
17/3/2021	18:00	1	0.11		0.12	0.02	0.04		0.55	0.11	0.02		0.63	0.13		
18/3/2021	7:35	2	0.11		0.24	0.05	0.05		1.15	0.23	0.03		1.38	0.28		
<b>ENSAYO DE CARGA PENEIRACIÓN (CONSTANTE DE CELDA 2.204 LB AREA DEL PISTÓN: 3p2)</b>																
<b>MOLDE NUMERO</b>		<b>15</b>					<b>18</b>					<b>44</b>				
<b>TIEMPO</b>		<b>QLECT</b>	<b>PRESIONES</b>		<b>CBR</b>	<b>QLECT</b>	<b>PRESIONES</b>		<b>CBR</b>	<b>QLECT</b>	<b>PRESIONES</b>		<b>CBR</b>			
<b>MIN</b>	<b>SEG</b>	<b>'10-3</b>	<b>DIAL</b>	<b>LEIDA</b>		<b>CORG</b>	<b>DIAL</b>	<b>LEIDA</b>		<b>CORG</b>	<b>DIAL</b>	<b>LEIDA</b>		<b>CORG</b>		
				<b>lb/plg2</b>		<b>%</b>		<b>lb/plg2</b>		<b>%</b>		<b>lb/plg2</b>		<b>%</b>		
		0	0.00	0.00			0	0			0	0				
0	30	25	65.80	48.34			39.5	29.01933			16.7	12.26893				
1	0	50	150.10	110.27			105.1	77.21347			36.4	26.74187				
1	30	75	276.00	202.77			189	138.852			59.4	43.6392				
2	0	100	471.80	346.62	346.62	34.66157	296.5	217.8287	217.83	21.78287	78.7	57.81827	57.82	5.781827		
3	0	150	657.20	482.82			403.3	296.2911			107.8	79.19707				
4	0	200	864.30	634.97	634.97	42.33149	488.5	358.8847	358.88	23.92564	137.7	101.1636	101.16	6.74424		
5	0	250	1021.60	750.54			555	407.74			154.4	113.4325				
6	0	300	1166.80	857.21			611.2	449.0283			173.2	127.2443				
8	0	400	1445.60	1062.03			730.4	536.6005			209.8	154.1331				
10	0	500	1534.80	1127.57			844.2	620.2056			240.8	176.9077				
CBR corregido						34.66157						21.78287				5.781827







DENSIDADES			RESISTENCIAS			DENSIDAD MÁX				
			0.1"	in	0.2"		gr/cm <sup>3</sup>			
56 GOLFES	2.068	gr/cm <sup>3</sup>	34.6615733	%	42.33149		2.061	gr/cm <sup>3</sup>		
27 GOLFES	1.979	gr/cm <sup>4</sup>	21.7828667	%	23.92564		1.958	gr/cm <sup>3</sup>		
11 GOLFES	1.867	gr/cm <sup>5</sup>	5.78182667	%	6.74424		CBR '0.1"	184	CBR '0.2"	21.00
							CBR PUNIAL	21.00%		



*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

**Tabla 109.** Ensayo Muestra 6 – Contenido de humedad In-Situ.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	EL CORAZÓN	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	3	<b>COORDENADAS:</b>	797044.065   9845071.572
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: AASHTO T 265 2015; ASTM: S2216-71 ; ASTM parte N° 19</b>			
<b>RECIPIENTE N°</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>D-5</b>	<b>W-2</b>
PESO MUESTRA HÚMEDA + RECIPIENTE (gr)	WM	220.33	231.23
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	WS	202.65	212.05
PESO RECIPIENTE (gr)	Wrec	65.69	66.99
PESO AGUA (gr)	W $\omega$	17.68	19.18
PESO SÓLIDOS (gr)	Ws	136.96	145.06
$\omega$ %		12.91	13.22
PROMEDIO $\omega$ %		13.07	



*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

Tabla 110. Ensayo Muestra 6 – Gravedad Específica.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	EL CORAZÓN	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	3	<b>COORDENADAS:</b>	797044.065   9845071.572
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58; INEN</b>			
<b>Picnómetro N°</b>			ISO 06-14
<b>Temperatura del agua + suelo</b>			29
<b>Recipiente N°</b>			# S-2
<b>Peso del recipiente + suelo seco</b>			124.54
<b>Peso del recipiente (Wr)</b>			74.7
<b>Peso del suelo seco (Ws)</b>			49.84
<b>Peso picnómetro + agua (Wbw)</b>			345.56
<b>Ws+Wbw</b>			395.4
<b>Peso picnómetro + agua + suelo (Wbws)</b>			376.6
<b>Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws</b>			18.8
<b>Factor de correlación por temperatura K</b>			0.996
<b>Gravedad específica (Gs)</b>			2.64



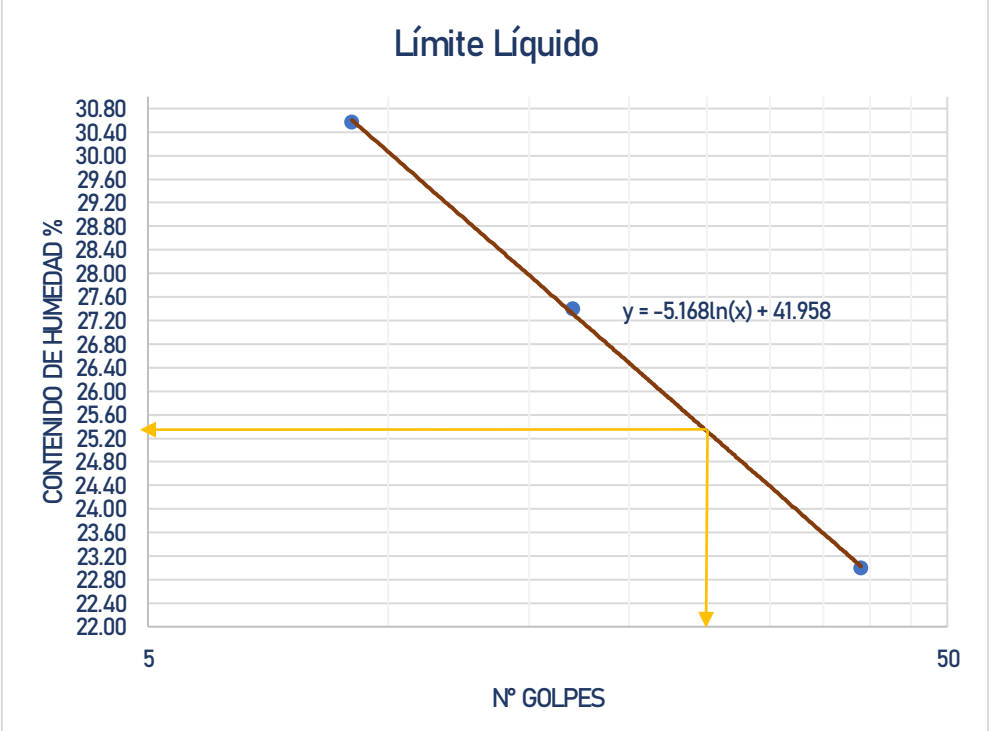
Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 111. Ensayo Muestra 6 – Método cono y arena.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>METODO CONO Y ARENA</b> 			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RIO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	EL CORAZÓN	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	3	<b>COORDENADAS:</b>	797044.065   9845071.572
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: IN.VE-161-07</b>			
<b>1) DETERMINACIÓN DEL PESO SUELO EXTRAÍDO</b>			
Peso suelo + recipiente (gr)	1475.70		
Peso recipiente (Funda) (gr)	7.35		
Peso del suelo ( <b>W<sub>m</sub></b> ) (gr)	1468.35		
<b>2) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO</b>			
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)	3566.80		
Lectura final frasco + cono + arena (gr)	772.60		
Peso arena en el cono (gr)	1606.20		
Peso arena en el hueco (gr)	1188.00		
Calibración de la arena de Ottawa (gr/cm <sup>3</sup> )	1.489		
Volumen del hueco <b>V<sub>m</sub></b> (cm <sup>3</sup> )	797.85		
<b>3) DETERMINACIÓN DEL <math>\omega</math>%</b>			
Recipiente N°	S-10	S-1	
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)	444.90	425.60	
Peso muestra seca + recipiente (gr)	400.90	384.80	
Peso recipiente (gr)	74.90	73.60	
Peso agua <b>W<sub>o</sub></b> (gr)	44.00	40.80	
Pesos sólidos <b>W<sub>s</sub></b> (gr)	326.00	311.20	
$\omega$ %	13.50	13.11	
PROMEDIO $\omega$ %	13.30		
<b>4) CALIBRACIÓN DEL CONO</b>			
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)	1606.20		
<b>5) CALIBRACIÓN DE LA ARENA DE OTTAWA</b>			
Densidad sand (gr/cm <sup>3</sup> )	1.489		
<b>6) DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO</b>			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos	V <sub>v</sub> =	73.41	-
V <sub>a</sub> =	W <sub>a</sub> =	32.61	0.00
V <sub>w</sub> =	W <sub>w</sub> =	40.8	40.80
V <sub>s</sub> =	W <sub>s</sub> =	117.86	311.20
V <sub>m</sub> =	W <sub>m</sub> =	191.26	352.00
<b>7) DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES INDICES DEL SUELO</b>			
Peso Volumétrico del suelo ( $\gamma_m$ ) (densidad húmeda)	1.84		gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca ( $\gamma_d$ )	1.62		gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad $\omega$ %	13.30		%
Relación de vacíos $e = V_v/V_s$	0.62		natural
Porosidad $n\% = V_v/V_m * 100$	38.38		%
Grado de Saturación de agua $G_a\% = V_w/V_v * 100$	55.58		%
Grado de Saturación de aire $G_a\% = V_a/V_v * 100$	44.42		%

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 112. Ensayo Muestra 6 – Límites de Atterberg.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES INDICE Y MECANICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RIO VERDE, CANTON BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	02
<b>VÍA:</b>	EL CORAZÓN	<b>PROFUNDIDAD:</b>	06
<b>MUESTRA:</b>	3	<b>COORDENADAS:</b>	797044.065   9845071.57
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>			
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-71; INEN 691</b>			
Recipiente N°	D-3	A-8	6-T
Peso del recipiente Wr	4.30	4.35	11.53
Peso SH + Peso rec (Wm + Wr)	15.00	13.58	24.18
Peso SS + Peso rec (Ws + Wr)	13.04	11.82	21.46
Peso de Agua (Ww)	1.96	1.76	2.72
Peso muestra seca (Ws)	8.74	7.47	9.93
Contenido Humedad (ω%)	22.43	23.56	27.39
Promedio (ω%)	22.99		27.39
N° de golpes	39		17
<b>Límite Líquido LL%</b>	<b>253</b>		
			
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>			
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-59-74; INEN 691</b>			
Recipiente N°	8-T	5-Z	13-C
Peso del recipiente Wr	11.43	5.90	11.08
Peso suelo húmedo + P. Recipiente (Wm + Wr)	13.70	7.19	13.56
Peso suelo seco + P. Recipiente (Ws + Wr)	13.25	6.94	13.07
Peso de Agua (Ww)	0.45	0.25	0.49
Peso muestra seca Ws	1.82	1.04	1.99
Contenido de humedad w% = 100Ww/Ws	24.73	24.04	24.62
<b>Promedio W% (LP)</b>	<b>24.46</b>		
<b>ÍNDICE PLÁSTICO</b>			
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-71; INEN 691</b>			
<b>IP = LL - LP</b>	<b>084</b>		

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.



Tabla 113. Ensayo Muestra 6 – Análisis Granulométrico.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBAIO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		NORMA: AASHTO T-87-70 Y T-88-70; ASTM D-421-58 Y D 422- 63		1. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS	
TAMIZ	mm	PESO RET.	PESO RET/ACUM	%RETENIDO	% QUE PASA
			0.00	0.00	100.00
N°4	4.76	76.20	76.20	16.14	83.86
N°8	2.38	55.40	131.60	27.88	72.12
N°10	2.00	15.40	147.00	31.14	68.86
N°16	1.19	42.40	189.40	40.12	59.88
N°30	0.60	47.40	236.80	50.16	49.84
N°40	0.42	30.60	267.40	56.65	43.35
N°50	0.30	39.80	307.20	65.08	34.92
N°60	0.25	3.40	310.60	65.80	34.20
N°100	0.15	30.00	340.60	72.15	27.85
N°200	0.07	26.40	367.00	77.74	22.26
FUENTE		101.46	468.46	99.24	0.76
TOTAL		367.00			
PESO CUARTEO ANTES DEL LAVADO:				533	
PESO SECO:				472.06	
2. CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU					
PESO REC + S . H	220.33		PESO TOTAL MUESTRA S.H		533
PESO REC + S . S	202.65		PESO TOTAL MUESTRA S.S		472.06
PESO REC	65.69				
PESO AGUA	17.68				
PESO SUELO	136.96				
$\omega\%$	12.91				
3. GRÁFICA - DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA					
4. COEFICIENTES DEL SUELO					
	D10	D30	D60	Cu	Cc
	0.015	0.180	1.2	80.00	1.80
5. LÍMITES DE ATTERBERG / CLASIFICACIÓN DE SUELOS					
Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plástico	Índice de Grupo	CLASIFICACION SUELO	
L.L	L.P	I.P	I.G	SISTEMAS	
25.3	24.46	0.84	0.00	AASHTO	SUCS
				A-2-4	SM

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

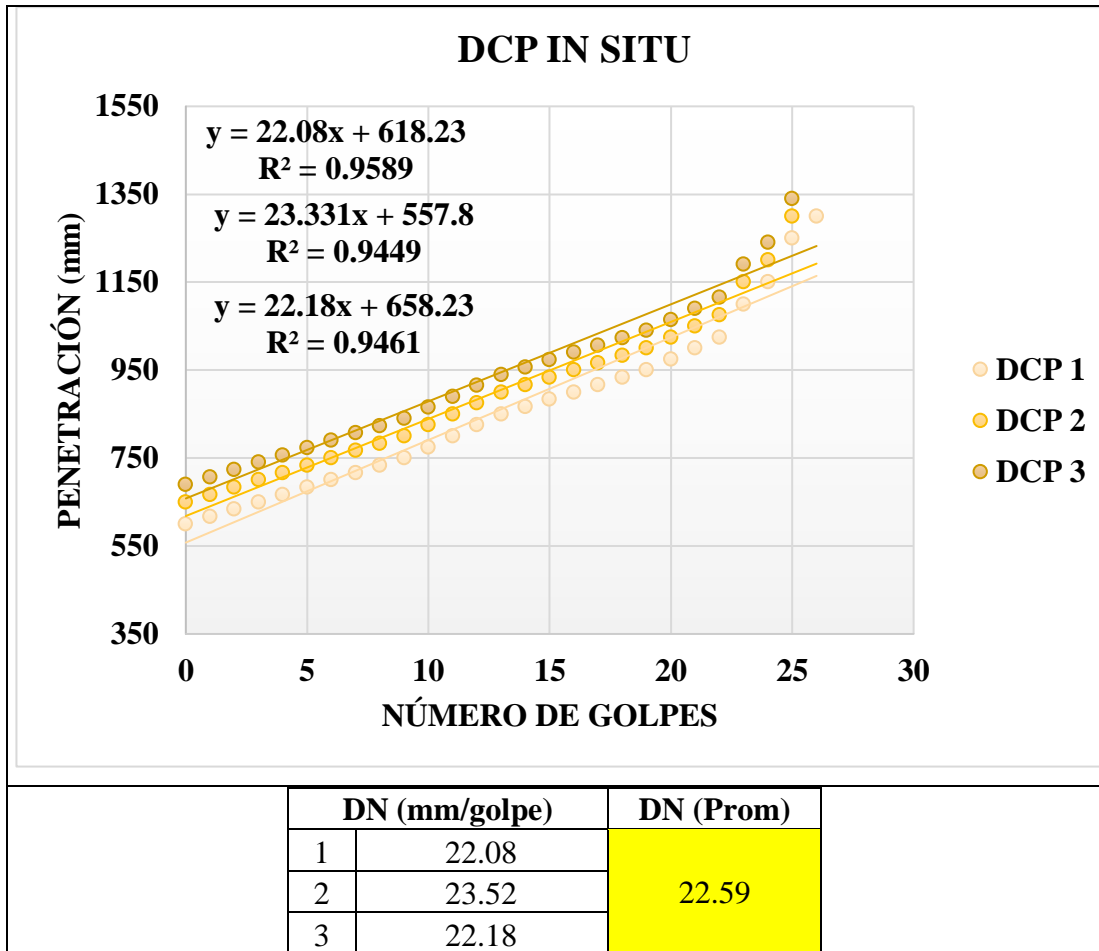


**Tabla 114.** Ensayo Muestra 6 – Análisis DCP.

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>			
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
	<b>DCP</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2	
<b>VÍA:</b>	EL CORAZÓN	<b>PROFUNDIDAD:</b>	1	
<b>MUESTRA:</b>	3	<b>COORDENADAS</b>	797044.06	9845071.57
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	5	2
<b>NORMAS: ASTM D - 6951 - 03</b>				

N° GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
0	600	650	690
1	617	667	707
2	633	683	723
3	650	700	740
4	667	717	757
5	683	733	773
6	700	750	790
7	717	767	807
8	733	783	823
9	750	800	840
10	775	825	865
11	800	850	890



12	825	875	915
13	850	900	940
14	867	917	957
15	883	933	973
16	900	950	990
17	917	967	1007
18	933	983	1023
19	950	1000	1040
20	975	1025	1065
21	1000	1050	1090
22	1025	1075	1115
23	1100	1150	1190
24	1150	1200	1240
25	1250	1300	1340
26	1300		



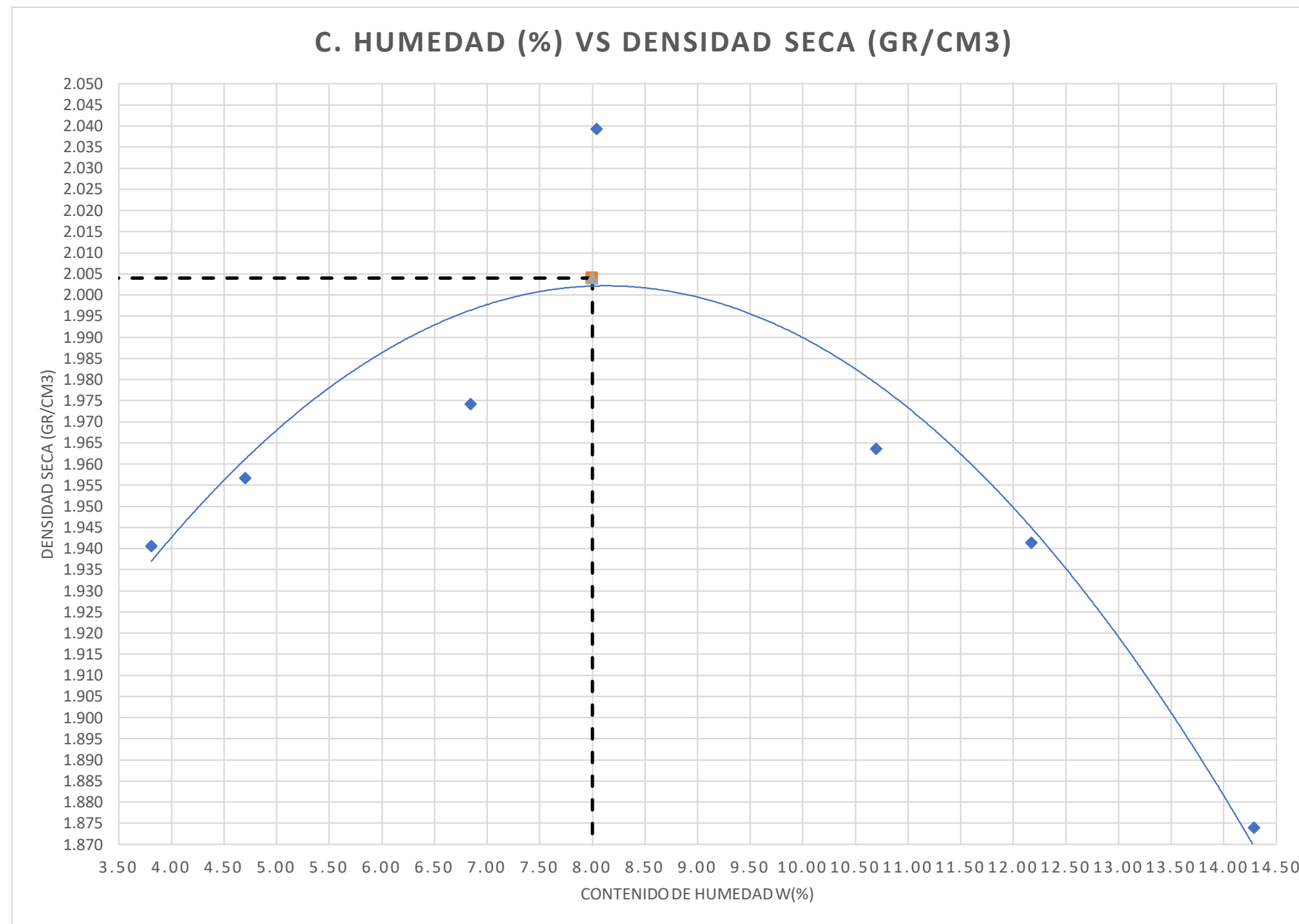
*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



Tabla 115. Ensayo Muestra 6 – Compactación - Próctor.

 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  <b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PROCTOR MODIFICADO B"</b> </div> 														
<b>PROYECTO:</b>		CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.												
<b>PARROQUIA:</b>		ULBA				<b>CAPA VEGETAL:</b>		0.2						
<b>VÍA:</b>		EL CORAZÓN				<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.6						
<b>MUESTRA:</b>		3				<b>COORDENADAS:</b>		797044.065				9845071.57		
<b>REALIZADO POR:</b>		Silvia Sánchez				<b>REVISADO POR:</b>		Ing. Alex Frías						
<b>NORMAS: AASHIOT-180; ASIMDI557; INEN 860</b>														
<b>ESPECIFICACIONES</b>														
Número de Golpes	56	Altura de Caída				18"		Peso del Molde (gr)		5440				
Número de Capas	5	Peso del Martillo				10 lb		Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )		2114				
Energía de Compactación	55986	Normas:				AASHIOT-180		ASTIM		DI557		INEN 860		
Peso Inicial Deseado	5000	5000	5000	5000	5000	5000		5000		5000				
<b>1. PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>														
Ensayo Número	1	2	3	4	5	6		7						
Humedad inicial Añadida en%	0	2	4	6	8	10		12						
Humedad inicial Añadida en%	0	100	200	300	400	500		600						
P. molde + suelo húmedo (gr)	9698.8	9771	9899	10017.8	10035.2	10043.8		9967.8						
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4258.8	4331	4459	4577.8	4595.2	4603.8		4527.8						
Peso unitario húmedo γm (gr/cm <sup>3</sup> )	2.015	2.049	2.109	2.165	2.174	2.178		2.142						
<b>2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>														
Recipiente Número	C-8	W-1	Y-1	W-1	D-7	W-1	R-5	T-1	C-6	T-2	2F	F-2	C-5	C-4
Peso del Recipiente Wr	42.75	42.45	56.48	56.18	46.46	46.16	43.18	42.88	41.92	41.62	47.23	46.93	46.02	45.72
Recipiente + suelo húmedo Wr+Wm	178.43	187.83	204.8	214.70	177.95	187.55	136.96	146.76	155.44	165.04	127.12	137.12	149.30	159.30
Recipiente + suelo seco Ws+Wm	173.57	182.37	198.45	207.25	169.61	178.41	130.05	138.95	144.49	153.09	118.49	127.29	136.44	145.04
Peso sólidos Ws	130.82	139.92	141.97	151.07	123.15	132.25	86.87	96.07	102.57	111.47	71.26	80.36	90.42	99.32
Peso del agua Ww	4.86	5.46	6.35	7.45	8.34	9.14	6.91	7.81	10.95	11.95	8.63	9.83	12.86	14.26
Contenido de Humedad w%	3.72	3.90	4.47	4.93	6.77	6.91	7.95	8.13	10.68	10.72	12.11	12.23	14.22	14.36
Promedio Contenido de Humedad w%	3.81	4.70	6.84	8.04	10.70	12.17	14.29							
Peso Volumétrico Seco γd (gr/cm <sup>3</sup> )	1.941	1.957	1.974	2.004	1.964	1.941	1.874							

### 3. DETERMINACION GRAFICA DE LA DENSIDAD MAXIMA Y HUMEDAD OPTIMA



DENSIDAD SECA MÁX  
(gr/cm<sup>3</sup>)=  
G<sub>c</sub> (%)=

**2.004**



**81.052**

HUMEDAD  
ÓPTIMA % =

**8.0**



*Autor:* Silvia Paulina Sánchez Ch.

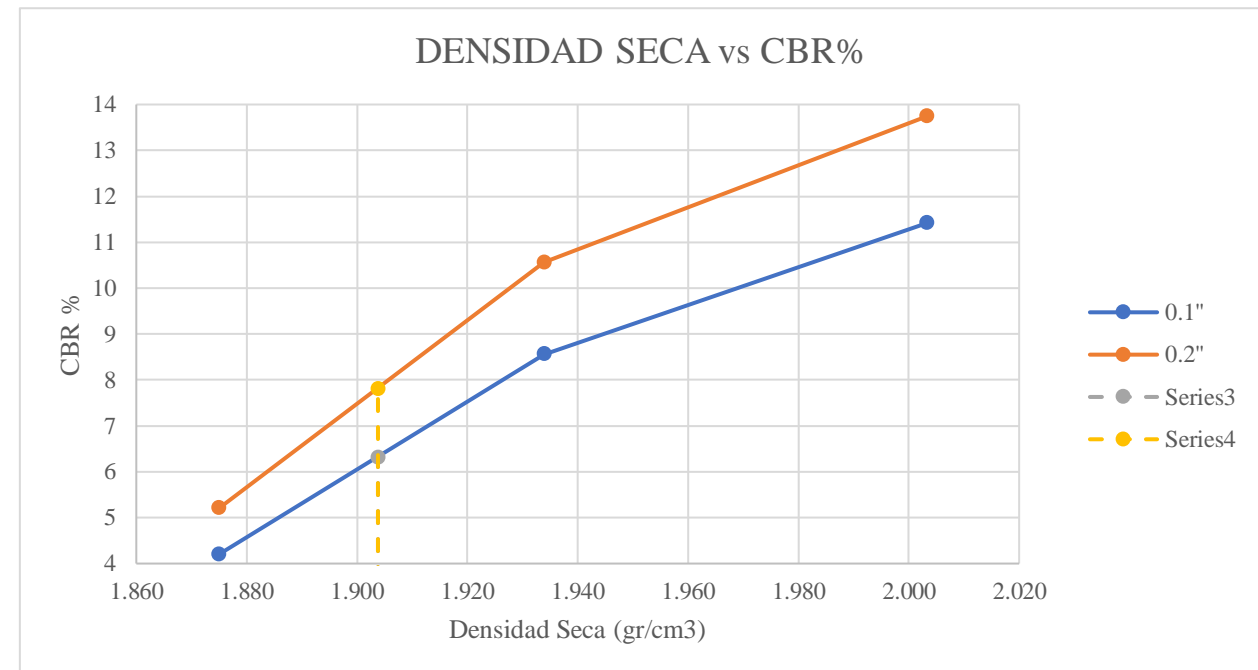
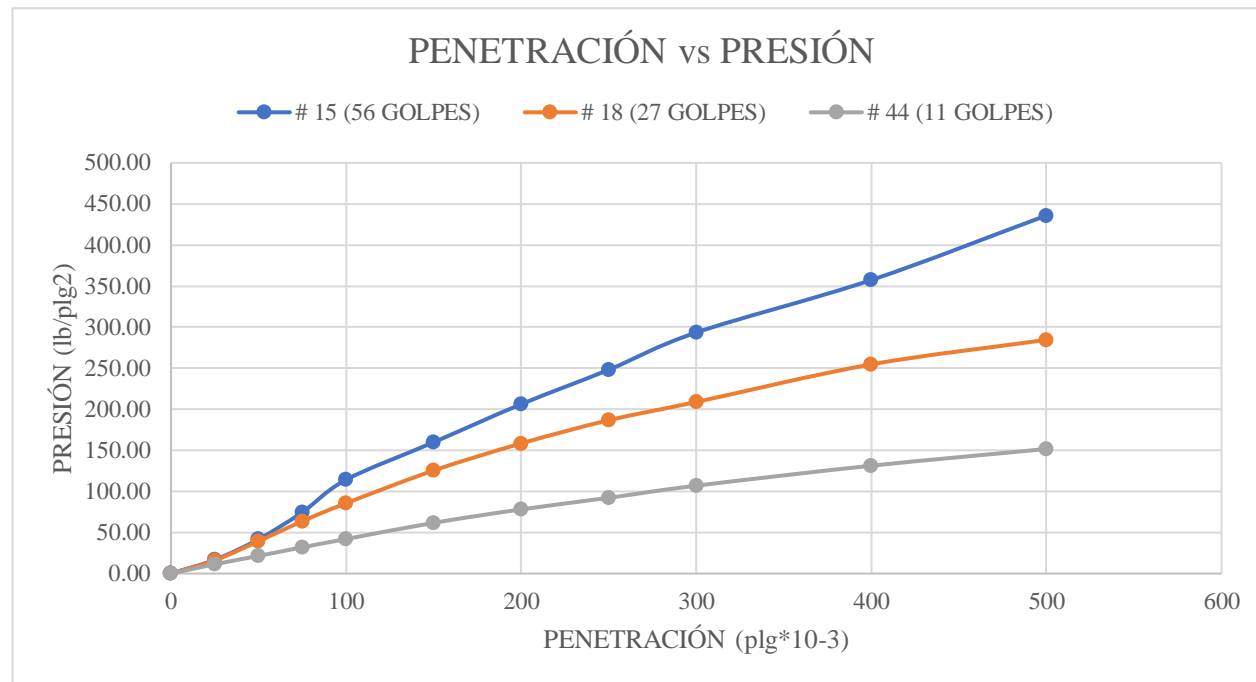
Tabla 116. Ensayo Muestra 6 – Compactación CBR.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR"					
NORMAS: AASHIOT-183; ASIMDI883-99;							
ESPECIFICACIONES							
MOLDEN° 12							
N° de golpes	56	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	6458.4	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2091.09	cm <sup>3</sup>	
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>50437.13</b>						
MOLDEN° 11							
N° de golpes	27	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	6431	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2091.09	cm <sup>3</sup>	
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>24317.9</b>						
MOLDEN° 10							
N° de golpes	11	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	6419.6	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2091.09	cm <sup>3</sup>	
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>9907.29</b>						
Contenido de Humedad óptimo (w% OPTIMO)	<b>8</b>	Densidad seca máxima (gr/cm <sup>3</sup> )			<b>2.004</b>		
PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO							
N° MOLDE	#12	#11	#10				
N° DE CAPAS	5	5	5				
N° DE GOLPES POR CAPA	56	27	11				
CONDICIONES DEL ENSAYO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	
Wm+Molde (gr)	10955.40	11225.60	10769.40	11046.00	10623.00	10948.20	
PESO MUESTRA HUMEDA (gr)	4497.00	4767.20	4338.40	4615.00	4203.40	4528.60	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.151	2.280	2.075	2.207	2.010	2.166	
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.026	1.981	1.953	1.915	1.882	1.868	
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm <sup>3</sup> )	2.003		1.934		1.875		
CONTENIDO DE HUMEDAD							
N° RECIPIENTE	D8	4A	C6	2R	W1	P5	
PESO HUMEDO + RECIP Wm+rec (gr)	231.91	181.38	262.58	172.77	250.11	182.95	
PESO SECO + RECIP Ws+rec (gr)	221.18	163.7	249.58	155.67	237.55	163.29	
PESO RECIP rec (gr)	46.89	46.58	41.83	43.36	53.75	39.71	
PESO DEL AGUA Ww (gr)	10.73	17.68	13	17.1	12.56	19.66	
PESO SÓLIDOS Ws (gr)	174.29	117.12	207.75	112.31	183.8	123.58	
CONTENIDO DE HUMEDAD %	6.16	15.10	6.26	15.23	6.83	15.91	
AGUA ABSORBIDA %	8.94		8.97		9.08		

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 117. Ensayo Muestra 6 – Compactación CBR Puntual.



 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  <b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR"</b> </div> 														
<b>PROYECTO:</b>		CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.												
<b>PARROQUIA:</b>		ULBA				<b>CAPA VEGETAL:</b>				02				
<b>VÍA:</b>		EL CORAZÓN				<b>PROFUNDIDAD:</b>				0.6				
<b>MUESTRA:</b>		3				<b>COORDENADAS:</b>				797044.065		9845071.572		
<b>REALIZADO POR:</b>		Silvia Sánchez				<b>REVISADO POR:</b>				Ing. Alex Frías				
<b>NORMAS: ASIMD-1883</b>														
<b>ESPOÑAMIENTO Y PENETRACION</b>														
<b>ESPOÑAMIENTO (LECTURA DIAL en Pgs*10-2)</b>														
<b>MOLDE NUMERO</b>			<b>12</b>				<b>11</b>				<b>10</b>			
<b>FECHA</b>		<b>TIEMPO</b>	<b>LECT DIAL</b>	<b>h</b>	<b>ESPOÑ</b>		<b>LECT DIAL</b>	<b>h</b>	<b>ESPOÑ</b>		<b>LECT DIAL</b>	<b>h</b>	<b>ESPOÑ</b>	
<b>DÍA Y MES</b>	<b>HORA</b>	<b>DIAS</b>	<b>Pgs.</b>	<b>Mues Pgs.</b>	<b>Pgs. *10-2</b>	<b>%</b>	<b>Pgs.</b>	<b>Mues Pgs.</b>	<b>Pgs. *10-2</b>	<b>%</b>	<b>Pgs.</b>	<b>Mues Pgs.</b>	<b>Pgs. *10-2</b>	<b>%</b>
18/3/2021	18:10	0	0.09	5	0	0	0.06	5	0	0	0.08	5	0	0
19/3/2021	18:00	1	0.10		1.57	0.31	0.07		1.57	0.31	0.09		1.97	0.39
20/3/2021	7:35	2	0.12		3.39	0.68	0.09		3.66	0.73	0.11		3.98	0.80
<b>ENSAYO DE CARGA PENETRACION (CONSTANTE DE CELDA 2.204 LB AREA DEL PISTON: 3p2)</b>														
<b>MOLDE NUMERO</b>			<b>12</b>				<b>11</b>				<b>10</b>			
<b>TIEMPO</b>		<b>PENET.</b>	<b>QLECT</b>	<b>PRESIONES</b>		<b>CBR</b>	<b>QLECT</b>	<b>PRESIONES</b>		<b>CBR</b>	<b>QLECT</b>	<b>PRESIONES</b>		<b>CBR</b>
<b>MIN</b>	<b>SEG</b>	<b>"10-3</b>	<b>DIAL</b>	<b>LEIDA</b>	<b>CORG</b>	<b>%</b>	<b>DIAL</b>	<b>LEIDA</b>	<b>CORG</b>	<b>%</b>	<b>DIAL</b>	<b>LEIDA</b>	<b>CORG</b>	<b>%</b>
		0	0.00	0.00			0	0			0	0		
0	30	25	22.80	16.75			21.9	16.0892			15.4	11.31387		
1	0	50	56.80	41.73			53.5	39.30467			29.2	21.45227		
1	30	75	101.50	74.57			86.7	63.6956			43.5	31.958		
2	0	100	155.40	114.17	114.17	11.41672	116.5	85.58867	85.59	8.558867	57.2	42.02293	42.02	4.202293
3	0	150	217.50	159.79			170.7	125.4076			84	61.712		
4	0	200	280.60	206.15	206.15	13.74316	215.6	158.3941	158.39	10.55961	106.3	78.09507	78.10	5.206338
5	0	250	337.70	248.10			254	186.6053			125.5	92.20067		
6	0	300	399.40	293.43			284.3	208.8657			145.6	106.9675		
8	0	400	486.40	357.34			346.6	254.6355			178.7	131.2849		
10	0	500	593.30	435.88			387.3	284.5364			206.4	151.6352		
CBR corregido						11.41672					8.558867			



DENSIDADES			RESISTENCIAS			DENSIDAD MÁX	2.004	gr/cm <sup>3</sup>
			0.1"	in	0.2"			
56 GOLFES	2.003	gr/cm <sup>3</sup>	11.41672	%	13.74316	95% DEDM	1.904	gr/cm <sup>3</sup>
27 GOLFES	1.934	gr/cm <sup>4</sup>	8.558866667	%	10.55961	CBR '0.1'	63	CBR '0.2'
11 GOLFES	1.875	gr/cm <sup>5</sup>	4.202293333	%	5.206338	CBR PUNIAL	780%	

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



Tabla 118. Ensayo Muestra 7 – Contenido de Humedad.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	LA HACIENDA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	1	<b>COORDENADAS:</b>	795079.656   9845542.914
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: AASHTO T 265 2015; ASTM: S2216-71 ; ASTM parte N° 19</b>			
<b>RECIPIENTE N°</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>D-5</b>	<b>W-3</b>
PESO MUESTRA HÚMEDA + RECIPIENTE (gr)	WM	228.47	239.37
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	WS	207.08	216.48
PESO RECIPIENTE (gr)	Wrec	65.79	67.09
PESO AGUA (gr)	$W_{\omega}$	21.39	22.89
PESO SÓLIDOS (gr)	$W_s$	141.29	149.39
$\omega$ %		15.14	15.32
PROMEDIO $\omega$ %		15.23	

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



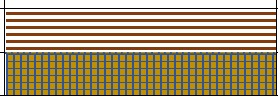



Tabla 119. Ensayo Muestra 7 – Gravedad Específica.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	LA HACIENDA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	1	<b>COORDENADAS:</b>	795079.656   9845542.914
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58; INEN</b>			
<b>Picnómetro N°</b>			ISO 06-14
<b>Temperatura del agua + suelo</b>			23.2
<b>Recipiente N°</b>			# 11
<b>Peso del recipiente + suelo seco</b>			173.98
<b>Peso del recipiente (Wr)</b>			124.11
<b>Peso del suelo seco (Ws)</b>			49.87
<b>Peso picnómetro + agua (Wbw)</b>			345.56
<b>Ws+Wbw</b>			395.43
<b>Peso picnómetro + agua + suelo (Wbws)</b>			377.19
<b>Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws</b>			18.24
<b>Factor de correlación por temperatura K</b>			0.99754
<b>Gravedad específica (Gs)</b>			2.73

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.



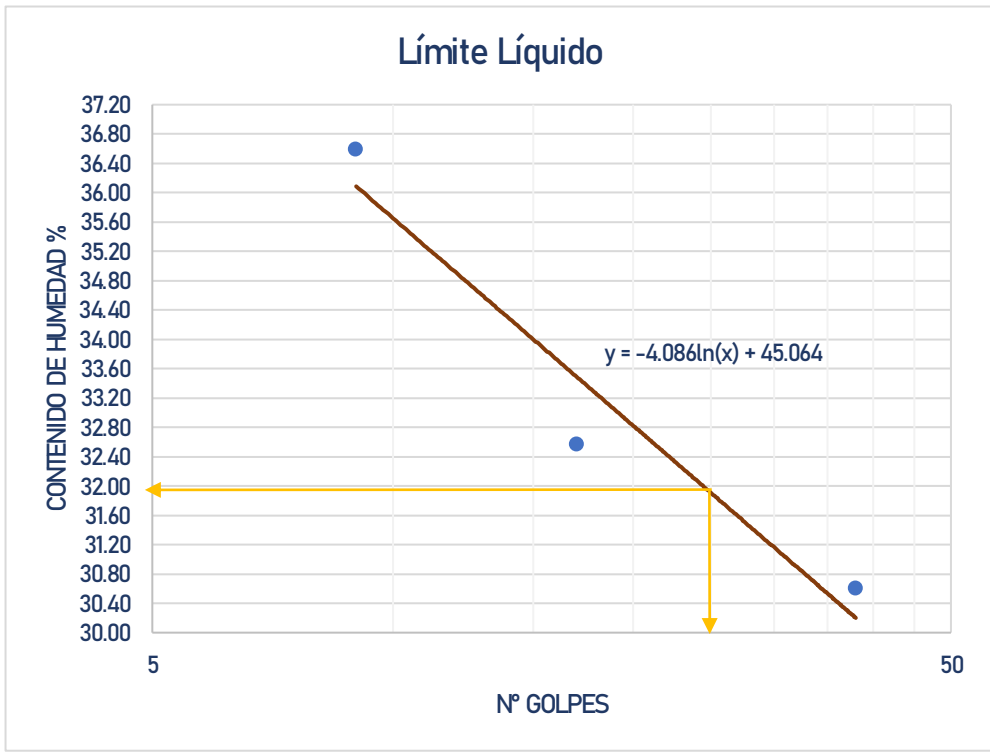
Tabla 120. Ensayo Muestra 7 – Método cono y arena.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>MÉTODO CONO Y ARENA</b> 			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RIO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	LA HACIENDA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	1	<b>COORDENADAS:</b>	795079.656   9845542.914
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: INVE - 161 - 07</b>			
<b>1) DETERMINACION DEL PESO SUELO EXTRAÍDO</b>			
Peso suelo + recipiente (gr)		1511.68	
Peso recipiente (Funda) (gr)		7.35	
Peso del suelo ( $W_m$ ) (gr)		1504.33	
<b>2) DETERMINACION DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO</b>			
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)		3863.40	
Lectura final frasco + cono + arena (gr)		1006.20	
Peso arena en el cono (gr)		1606.20	
Peso arena en el hueco (gr)		1251.00	
Calibración de la arena de ottawa (gr/cm <sup>3</sup> )		1.489	
Volumen del hueco $V_m$ (cm <sup>3</sup> )		840.16	
<b>3) DETERMINACION DEL <math>\omega\%</math></b>			
Recipiente N°		S-5	S-2
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)		424.30	405.00
Peso muestra seca + recipiente (gr)		377.70	361.60
Peso recipiente (gr)		75.90	74.60
Peso agua $W_w$ (gr)		46.60	43.40
Pesos sólidos $W_s$ (gr)		301.80	287.00
$\omega\%$		15.44	15.12
PROMEDIO $\omega\%$		15.28	
<b>4) CALIBRACION DEL CONO</b>			
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)		1606.20	
<b>5) CALIBRACION DE LA ARENA DE OTTAWA</b>			
Densidad sand (gr/cm <sup>3</sup> )		1.489	
<b>6) DETERMINACION DE LAS FASES DEL SUELO</b>			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos		$V_v =$	79.30
$V_a =$		$W_a =$	35.90
$V_w =$		$W_w =$	43.4
$V_s =$		$W_s =$	105.23
$V_m =$		$W_m =$	184.53
<b>7) DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES INDICES DEL SUELO</b>			
Peso Volumétrico del suelo ( $\gamma_m$ ) (densidad húmeda)		1.79	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca ( $\gamma_d$ )		1.55	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad $\omega\%$		15.28	%
Relación de vacíos $e = V_v/V_s$		0.75	natural
Porosidad $n\% = V_v/V_m * 100$		42.97	%
Grado de Saturación de agua $G_w\% = V_w/V_v * 100$		54.73	%
Grado de Saturación de aire $G_a\% = V_a/V_v * 100$		45.27	%

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.



Tabla 121. Ensayo Muestra 7 – Límites de Atterberg.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>						
<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>						
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES INDICE Y MECANICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RIO VERDE, CANTON BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	02			
<b>VÍA:</b>	LA HACIENDA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6			
<b>MUESTRA:</b>	1	<b>COORDENADAS:</b>	795079.656    9845542.91			
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías			
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>						
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-71; INEN 691</b>						
Recipiente N°	133-T	8-T	6-T	12-F	13-C	11-F
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	11.58	11.42	11.53	11.59	11.27	11.23
Peso S.H + Peso rec (W <sub>m</sub> + W <sub>r</sub> )	23.41	23.70	26.45	23.78	21.32	22.79
Peso S.S + Peso rec (W <sub>s</sub> + W <sub>r</sub> )	20.65	20.81	22.79	20.78	18.63	19.69
Peso de Agua (W <sub>w</sub> )	2.76	2.89	3.66	3.00	2.69	3.10
Peso muestra seca (W <sub>s</sub> )	9.07	9.39	11.26	9.19	7.36	8.46
Contenido Humedad (ω%)	30.43	30.78	32.50	32.64	36.55	36.64
Promedio (ω%)	30.60		32.57		36.60	
N° de golpes	38		17		9	
<b>Límite Líquido LL%</b>					<b>32</b>	
						
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>						
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-59-74; INEN 691</b>						
Recipiente N°	A-3		A-5		E-2	
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	4.28		4.30		4.37	
Peso suelo húmedo + P. Recipiente (W <sub>m</sub> + W <sub>r</sub> )	7.25		5.90		6.18	
Peso suelo seco + P. Recipiente (W <sub>s</sub> + W <sub>r</sub> )	6.54		5.52		5.75	
Peso de Agua (W <sub>w</sub> )	0.71		0.38		0.43	
Peso muestra seca W <sub>s</sub>	2.26		1.22		1.38	
Contenido de humedad w% = 100W <sub>w</sub> /W <sub>s</sub>	31.42		31.15		31.16	
<b>Promedio W<sub>w</sub>% (LP)</b>					<b>31.24</b>	
<b>ÍNDICE PLÁSTICO</b>						
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-71; INEN 691</b>						
<b>IP = LL - LP</b>					<b>0.76</b>	



Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 122. Ensayo Muestra 7 – Análisis Granulométrico.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBAIO		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA		CARRERA DE INGENIERIA CIVIL	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		NORMA: AASHTO T-87-70 Y T-88-70; ASIMD-421-58 Y D-422-63			
<b>1. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS</b>					
TAMIZ	mm	PESORET.	PESORET/ACUM	%RETIENDO	%QUEPASA
			0.00	0.00	100.00
Nº4	4.76	104.20	104.20	22.51	77.49
Nº8	2.38	49.80	154.00	33.27	66.73
Nº10	2.00	13.80	167.80	36.25	63.75
Nº16	1.19	42.20	210.00	45.36	54.64
Nº30	0.60	49.80	259.80	56.12	43.88
Nº40	0.42	25.80	285.60	61.70	38.30
Nº50	0.30	23.40	309.00	66.75	33.25
Nº60	0.25	7.80	316.80	68.44	31.56
Nº100	0.15	41.40	358.20	77.38	22.62
Nº200	0.07	24.20	382.40	82.61	17.39
FUENIE	0.03	79.52	461.92	99.78	0.22
TOTAL		382.40			
PESO CUARITEO ANTES DEL LAVADO:				533	
PESO SECO:				462.92	
<b>2. CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU</b>					
PESO REC + S. H		228.47		PESO TOTAL MUESTRA S.H	533
PESO REC + S. S		207.08		PESO TOTAL MUESTRA S.S	462.92
PESO REC		65.79			
PESO AGUA		21.39			
PESO SUELO		141.29			
$\omega\%$		15.14			
<b>3. GRAFICA - DISTRIBUCION GRANULOMETRICA</b>					
<b>4. COEFICIENTES DEL SUELO</b>					
	D10	D80	D60	Cu	Cc
	0.030	0.230	1.6	53.33	1.10
<b>5. LÍMITES DE ATTERBERG / CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>					
Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plástico	Índice de Grupo	CLASIFICACIÓN SUELO	
LL	LP	IP	IG	SISTEMAS	
32	31.24	0.76	0.00	AASHIO	SUCS
				A-24	SM

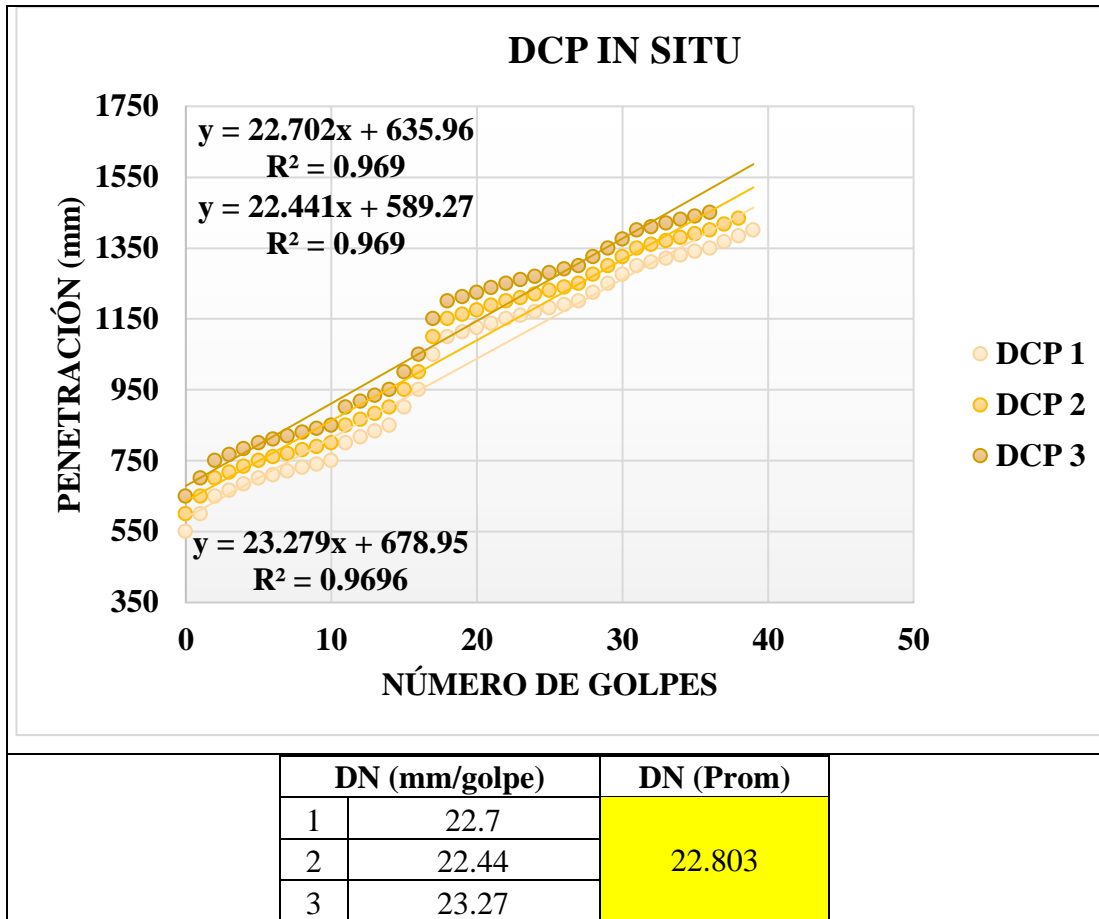
Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch

Tabla 123. Ensayo Muestra 7 – DCP.

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>			
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
	<b>DCP</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
<b>PARROQUIA :</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2	
<b>VÍA:</b>	LA HACIENDA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	1	
<b>MUESTRA:</b>	1	<b>COORDENADAS:</b>	795079.656	9845542.914
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías	
<b>NORMAS: ASTM D - 6951 - 03</b>				



N° GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
0	550	600	650
1	600	650	700
2	650	700	750
3	667	717	767
4	683	733	783
5	700	750	800
6	710	760	810
7	720	770	820
8	730	780	830
9	740	790	840
10	750	800	850
11	800	850	900
12	817	867	917
13	833	883	933
14	850	900	950
15	900	950	1000
16	950	1000	1050
17	1050	1100	1150

18	1100	1150	1200
19	1113	1163	1213
20	1125	1175	1225
21	1138	1188	1238
22	1150	1200	1250
23	1160	1210	1260
24	1170	1220	1270
25	1180	1230	1280
26	1190	1240	1290
27	1200	1250	1300
28	1225	1275	1325
29	1250	1300	1350
30	1275	1325	1375
31	1300	1350	1400
32	1310	1360	1410
33	1320	1370	1420
34	1330	1380	1430
35	1340	1390	1440
36	1350	1400	1450
37	1367	1417	
38	1383	1433	
39	1400		

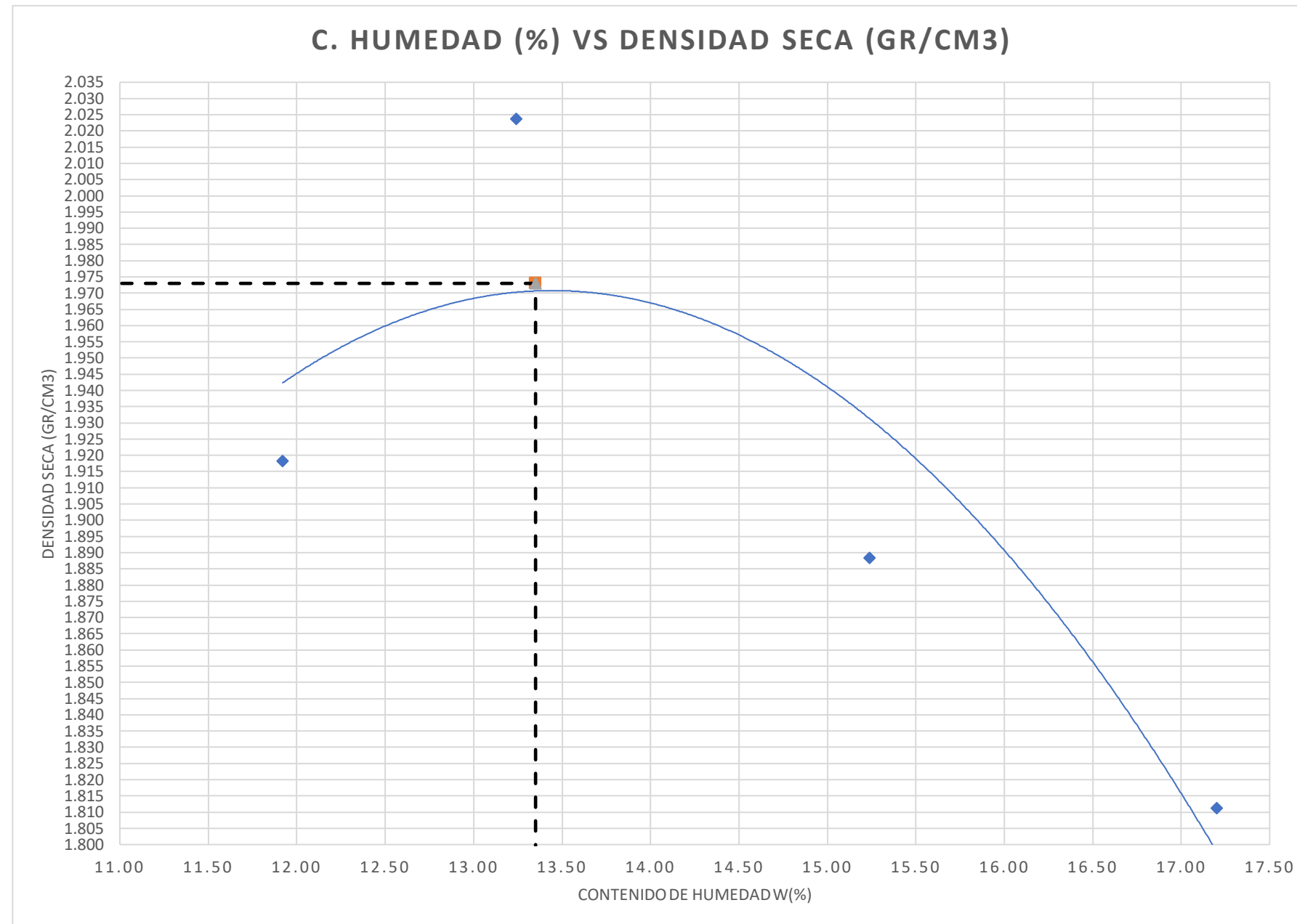


*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

Tabla 124. Ensayo Muestra 7 – Compactación - Próctor.

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>								
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>								
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>								
	<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PROCTOR MODIFICADO B"</b>								
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.								
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA			<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2				
<b>VÍA:</b>	LA HACIENDA			<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6				
<b>MUESTRA:</b>	1			<b>COORDENADAS:</b>	795079.656			9845542.91	
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez			<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías				
<b>NORMAS: AASHIOT-180; ASIMDI 557; INEN 860</b>									
<b>ESPECIFICACIONES</b>									
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde (gr)	5440				
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2114				
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHIOT-180	ASIMDI 557	INEN	860			
Peso Inicial Deseado	5000		5000		5000	5000			
<b>1. PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>									
Ensayo Número	1		2		3	4			
Humedad inicial Añadida en%	0		2		4	6			
Humedad inicial Añadida en%	0		100		200	300			
P. molde + suelo húmedo (gr)	9938.4		10164.6		10040.4	9927.8			
Peso suelo húmedo W <sub>m</sub> (gr)	4498.4		4724.6		4600.4	4487.8			
Peso unitario húmedo γ <sub>m</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	2.128		2.235		2.176	2.123			
<b>2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>									
Recipiente Número	B-8	C-3	Y-1	M-3	R-5	T-2	D-7	C-1	
Peso del Recipiente W <sub>r</sub>	42.06	41.76	56.47	56.17	43.09	42.79	46.39	46.09	
Recipiente + suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	173.67	183.47	223.12	233.12	190.40	200.40	202.60	212.60	
Recipiente + suelo seco W <sub>s</sub> +W <sub>m</sub>	159.50	168.10	203.73	212.33	170.94	179.54	179.62	188.22	
Pesos sólidos W <sub>s</sub>	117.44	126.34	147.26	156.16	127.85	136.75	133.23	142.13	
Peso del agua W <sub>w</sub>	14.17	15.37	19.39	20.79	19.46	20.86	22.98	24.38	
Contenido de Humedad w%	12.07	12.17	13.17	13.31	15.22	15.25	17.25	17.15	
Promedio Contenido de Humedad w%	12.12		13.24		15.24			17.20	
Peso Volumétrico Seco γ <sub>d</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	1.898		1.974		1.888			1.811	

### 3. DETERMINACION GRAFICA DE LA DENSIDAD MAXIMA Y HUMEDAD OPTIMA





DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm <sup>3</sup> ) =	<b>1.973</b>	HUMEDAD ÓPTIMA % =	<b>13.4</b>
G <sub>c</sub> (%) =	<b>78.722</b>		

*Autor:* Silvia Paulina Sánchez Ch.





Tabla 125. Ensayo Muestra 7 – Compactación CBR.

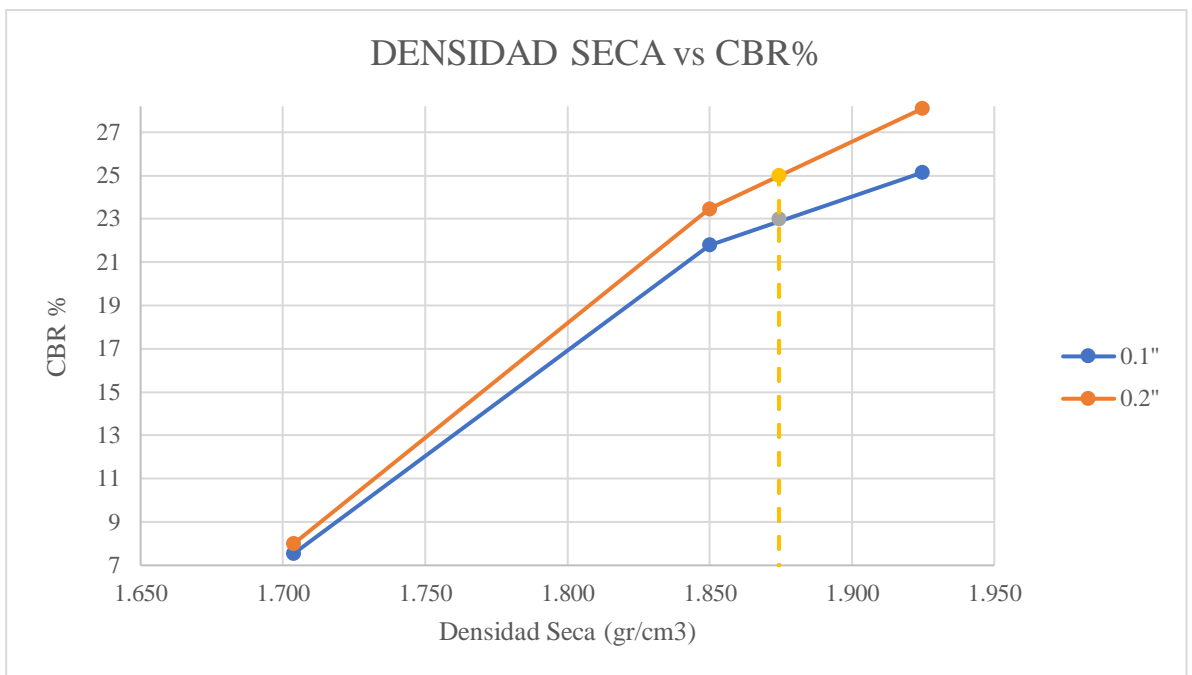
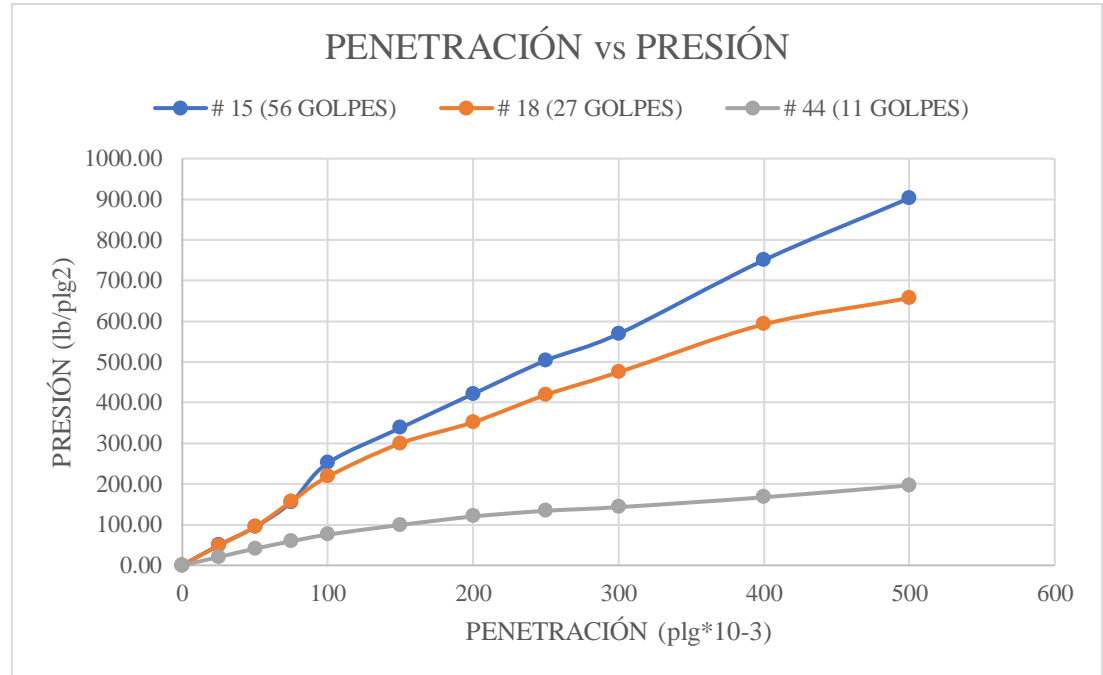
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR" NORMAS: AASHIOT-183; ASIMDI883-99;							
		<b>ESPECIFICACIONES</b>							
		<b>MOLDEN° 15</b>							
		N° de golpes	56	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde		5795.8	gr
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2118	cm <sup>3</sup>			
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>50437.13</b>								
<b>MOLDEN° 18</b>									
N° de golpes	27	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	5907.6	gr			
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2118	cm <sup>3</sup>			
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>24317.9</b>								
<b>MOLDEN° 44</b>									
N° de golpes	11	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	5717.6	gr			
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2118	cm <sup>3</sup>			
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>9907.29</b>								
Contenido de Humedad óptimo (w% OPTIMO)	<b>13.35</b>	Densidad seca máxima (gr/cm <sup>3</sup> )			<b>1.973</b>				
<b>PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO</b>									
N° MOLDE	#15	#18	#44						
N° DE CAPAS	5	5	5						
N° DE GOLPES POR CAPA	56	27	11						
CONDICIONES DEL ENSAYO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO			
Wm+Vbde (gr)	10433.60	10484.00	10384.60	10490.80	9844.80	10070.60			
PESO MUESTRA HUMEDA (gr)	4637.80	4688.20	4477.00	4583.20	4127.20	4353.00			
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.190	2.214	2.114	2.164	1.949	2.055			
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.933	1.916	1.847	1.852	1.695	1.712			
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm <sup>3</sup> )	1.925		1.850		1.704				
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>									
N° RECIPIENTE	D1	B8	P5	H1	R5	F5			
PESO HUMEDO+RECIP Wm+rec (gr)	204.4	183.45	199.3	195.09	221.44	221.24			
PESO SECO+RECIP Ws+rec (gr)	185.6	164.45	179.19	173.24	198.26	193.32			
PESO RECIPI rec (gr)	43.82	42.01	39.74	43.3	43.1	53.9			
PESO DEL AGUA Ww (gr)	18.8	19	20.11	21.85	23.18	27.92			
PESO SÓLIDOS Ws (gr)	141.78	122.44	139.45	129.94	155.16	139.42			
CONTENIDO DE HUMEDAD %	13.26	15.52	14.42	16.82	14.94	20.03			
AGUA ABSORBIDA %	2.26		2.39		5.09				

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 126. Ensayo Muestra 7 – Compactación CBR Puntual.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR"														
		CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.														
<b>PROYECTO:</b>		CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.														
<b>PARROQUIA:</b>		ULBA				<b>CAPA VEGETAL:</b>				02						
<b>VÍA:</b>		LA HACIENDA				<b>PROFUNDIDAD:</b>				0.6						
<b>MUESTRA:</b>		1				<b>COORDENADAS:</b>				795079.656		9845542.914				
<b>REALIZADO POR:</b>		Silvia Sánchez				<b>REVISADO POR:</b>				Ing. Alex Frías						
<b>NORMAS: ASIM D-1883</b>																
<b>ESPOÑAMIENTO Y PENEIRACIÓN</b>																
<b>ESPOÑAMIENTO (LECTURADIAL en Pgs*10-2)</b>																
<b>MOLDE NUMERO</b>		<b>15</b>					<b>18</b>					<b>44</b>				
<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>LECTDIAL</b>	<b>h</b>	<b>ESPOÑ</b>		<b>LECTDIAL</b>	<b>h</b>	<b>ESPOÑ</b>		<b>LECTDIAL</b>	<b>h</b>	<b>ESPOÑ</b>				
<b>DÍA Y MES</b>	<b>HORA</b>	<b>DIAS</b>	<b>Pgs.</b>	<b>Mus Pgs.</b>	<b>Pgs. *10-2</b>	<b>%</b>	<b>Pgs.</b>	<b>Mus Pgs.</b>	<b>Pgs. *10-2</b>	<b>%</b>	<b>Pgs.</b>	<b>Mus Pgs.</b>	<b>Pgs. *10-2</b>	<b>%</b>		
18/3/2021	18:10	0	0.06	5	0	0	0.05	5	0	0	0.02	5	0	0		
19/3/2021	18:00	1	0.06		0.20	0.04	0.06		0.51	0.10	0.03		0.98	0.20		
20/3/2021	7:35	2	0.07		0.47	0.09	0.06		1.06	0.21	0.04		1.77	0.35		
<b>ENSAYO DE CARGA PENEIRACIÓN (CONSTANTE DE CELDA 2.204 LB AREA DEL PISTON: 3p2)</b>																
<b>MOLDE NUMERO</b>		<b>15</b>					<b>18</b>					<b>44</b>				
<b>TIEMPO</b>	<b>PENET.</b>	<b>QLECT</b>	<b>PRESIONES</b>		<b>CBR</b>	<b>QLECT</b>	<b>PRESIONES</b>		<b>CBR</b>	<b>QLECT</b>	<b>PRESIONES</b>		<b>CBR</b>			
<b>MIN</b>	<b>SEG</b>	<b>'10-3</b>	<b>DIAL</b>	<b>LEIDA</b>		<b>CORG</b>	<b>DIAL</b>	<b>LEIDA</b>		<b>CORG</b>	<b>DIAL</b>	<b>LEIDA</b>		<b>CORG</b>		
				<b>lb/plg2</b>		<b>%</b>		<b>lb/plg2</b>		<b>%</b>		<b>lb/plg2</b>		<b>%</b>		
		0	0.00	0.00			0	0			0	0				
0	30	25	67.20	49.37			66.2	48.63493			27.7	20.35027				
1	0	50	128.40	94.33			128.6	94.47813			55.7	40.92093				
1	30	75	211.40	155.31			213.6	156.9248			80.6	59.21413				
2	0	100	342.20	251.40	251.40	25.14029	296.7	217.9756	217.98	21.79756	102.7	75.45027	75.45	75.45027		
3	0	150	459.80	337.80			408	299.744			135.1	99.25347				
4	0	200	573.60	421.40	421.40	28.09365	478.9	351.8319	351.83	23.45546	163.4	120.0445	120.04	8.002969		
5	0	250	685.60	503.69			570.6	419.2008			182.4	134.0032				
6	0	300	774.60	569.07			646.2	474.7416			194.6	142.9661				
8	0	400	1021.40	750.39			806.5	592.5087			227.7	167.2836				
10	0	500	1228.60	902.61			894.4	657.0859			267.5	196.5233				
CBR corregido						25.14029						21.79756				75.45027







DENSIDADES			RESISIENCIAS			DENSIDADMAX		1973		gr/cm3
			0,1"	in	0,2"					
56	1.925	gr/cm3	25.1402933	%	28.09365	95%DEDM		1874		gr/cm3
27	1.850	gr/cm4	21.79756	%	23.45546	CBR'0.1"	23.0	CBR'0.2"	25.00	
11	1.704	gr/cm5	7.54502667	%	8.002969	CBRPUNIAL		25.00%		

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

**Tabla 127.** Ensayo Muestra 8 – Contenido de humedad In- Situ.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> 			
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>			
<b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	LA HACIENDA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	2	<b>COORDENADAS:</b>	795260.372   9845294.079
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: AASHTO T 265 2015; ASTM: S2216-71 ; ASTM parte N° 19</b>			
<b>RECIPIENTE N°</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>M-1</b>	<b>T-2</b>
PESO MUESTRA HÚMEDA + RECIPIENTE (gr)	WM	256.27	267.17
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	WS	223.56	232.96
PESO RECIPIENTE (gr)	Wrec	93.61	94.91
PESO AGUA (gr)	W <sub>ω</sub>	32.71	34.21
PESO SÓLIDOS (gr)	Ws	129.95	138.05
$\omega$ %		25.17	24.78
PROMEDIO $\omega$ %		24.98	



*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

Tabla 128. Ensayo Muestra 8 – Gravedad Específica.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	LA HACIENDA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	2	<b>COORDENADAS:</b>	795260.372   9845294.079
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58; INEN</b>			
<b>Picnómetro N°</b>			ISO 06-14
<b>Temperatura del agua + suelo</b>			27.4
<b>Recipiente N°</b>			# 19
<b>Peso del recipiente + suelo seco</b>			158.03
<b>Peso del recipiente (Wr)</b>			108.03
<b>Peso del suelo seco (Ws)</b>			50
<b>Peso picnómetro + agua (Wbw)</b>			345.56
<b>Ws+Wbw</b>			395.56
<b>Peso picnómetro + agua + suelo (Wbws)</b>			376.49
<b>Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws</b>			19.07
<b>Factor de correlación por temperatura K</b>			0.99642
<b>Gravedad específica (Gs)</b>			2.61



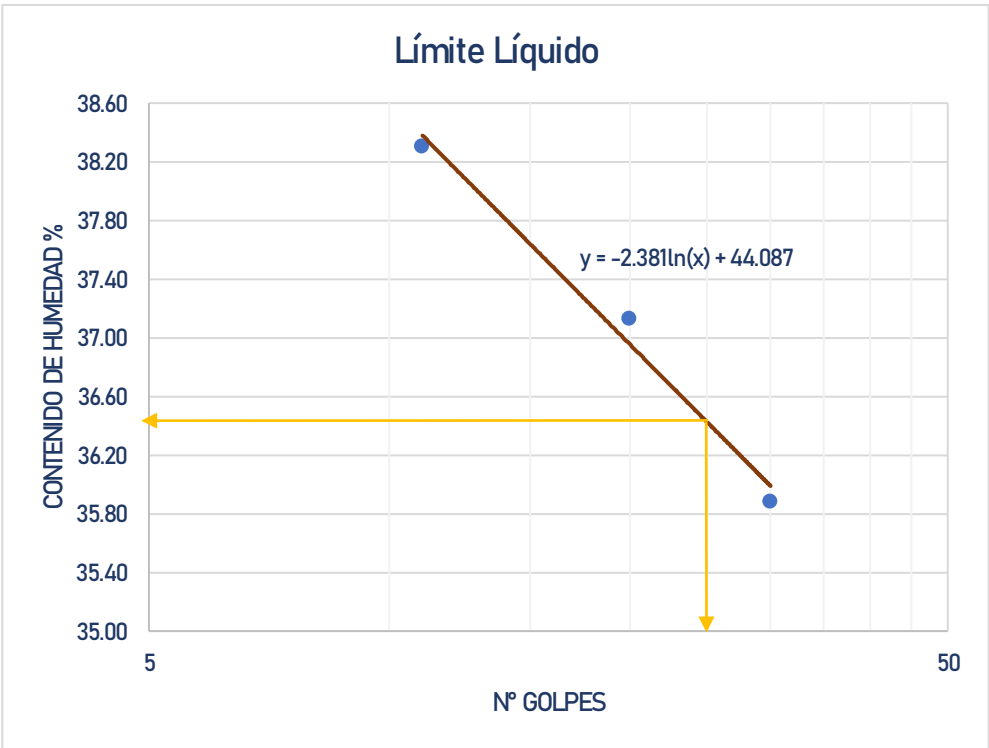
Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 129. Ensayo Muestra 8 – Método cono y arena.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>METODO CONO Y ARENA</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECANICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RIO VERDE, CANTON BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	02
<b>VÍA:</b>	LA HACIENDA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	06
<b>MUESTRA:</b>	2	<b>COORDENADAS:</b>	795260.372   9845294.079
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: INVE - 161 - 07</b>			
<b>1) DETERMINACION DEL PESO SUELO EXTRAIDO</b>			
Peso suelo + recipiente (gr)	1244.53		
Peso recipiente (Funda) (gr)	7.35		
Peso del suelo ( <b>W<sub>m</sub></b> ) (gr)	1237.18		
<b>2) DETERMINACION DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO</b>			
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)	4289.60		
Lectura final frasco + cono + arena (gr)	1636.40		
Peso arena en el cono (gr)	1606.20		
Peso arena en el hueco (gr)	1047.00		
Calibración de la arena de ottawa (gr/cm <sup>3</sup> )	1.489		
Volumen del hueco <b>V<sub>m</sub></b> (cm <sup>3</sup> )	703.16		
<b>3) DETERMINACION DEL ω%</b>			
Recipiente N°	S-2	#10	
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)	456.10	436.80	
Peso muestra seca + recipiente (gr)	380.50	364.40	
Peso recipiente (gr)	73.30	72.00	
Peso agua <b>W<sub>ω</sub></b> (gr)	75.60	72.40	
Pesos sólidos <b>W<sub>s</sub></b> (gr)	307.20	292.40	
ω%	24.61	24.76	
PROMEDIO ω%	24.68		
<b>4) CALIBRACION DEL CONO</b>			
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)	1606.20		
<b>5) CALIBRACION DE LA ARENA DE OTTAWA</b>			
Densidad sand (gr/cm <sup>3</sup> )	1.489		
<b>6) DETERMINACION DE LAS FASES DEL SUELO</b>			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos	V <sub>v</sub> =	95.41	-
V <sub>a</sub> =	W <sub>a</sub> =	23.01	0.00
V <sub>w</sub> =	W <sub>w</sub> =	72.4	72.40
V <sub>s</sub> =	W <sub>s</sub> =	111.92	292.40
V <sub>m</sub> =	W <sub>m</sub> =	207.34	364.80
<b>7) DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES INDICES DEL SUELO</b>			
Peso Volumétrico del suelo (γ <sub>m</sub> ) (densidad húmeda)	1.76		gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca (γ <sub>d</sub> )	1.41		gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad ω%	24.68		%
Relación de vacíos e = V <sub>v</sub> /V <sub>s</sub>	0.85		natural
Porosidad r% = V <sub>v</sub> /V <sub>m</sub> *100	46.02		%
Grado de Saturación de agua G <sub>ω</sub> % = V <sub>w</sub> /V <sub>v</sub> *100	75.88		%
Grado de Saturación de aire G <sub>α</sub> % = V <sub>a</sub> /V <sub>v</sub> *100	24.12		%

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 130. Ensayo Muestra 8 – Límites de Atterberg.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>						
<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>						
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES INDICE Y MECANICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RIO VERDE, CANTON BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	02			
<b>VÍA:</b>	LA HACIENDA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	06			
<b>MUESTRA:</b>	2	<b>COORDENADAS:</b>	795260.372   9845294.08			
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías			
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>						
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-71; INEN 691</b>						
Recipiente N°	12-F	11-F	8-T	133-T	6-T	13-C
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	11.58	11.23	11.43	11.59	11.53	11.26
Peso S.H + Peso rec (W <sub>m</sub> + W <sub>r</sub> )	21.74	18.52	25.94	23.89	19.16	17.78
Peso S.S + Peso rec (W <sub>s</sub> + W <sub>r</sub> )	19.05	16.60	22.01	20.56	17.04	15.98
Peso de Agua (W <sub>w</sub> )	2.69	1.92	3.93	3.33	2.12	1.80
Peso muestra seca (W <sub>s</sub> )	7.47	5.37	10.58	8.97	5.51	4.72
Contenido Humedad (ω%)	36.01	35.75	37.15	37.12	38.48	38.14
Promedio (ω%)	35.88		37.13		38.31	
N° de golpes	30		20		11	
<b>Límite Líquido LL%</b>	<b>364</b>					
						
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>						
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-59-74; INEN 691</b>						
Recipiente N°	E2		D3		D1	
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	4.37		4.30		4.34	
Peso suelo húmedo + P. Recipiente (W <sub>m</sub> + W <sub>r</sub> )	4.81		5.29		5.76	
Peso suelo seco + P. Recipiente (W <sub>s</sub> + W <sub>r</sub> )	4.71		5.07		5.41	
Peso de Agua (W <sub>w</sub> )	0.10		0.22		0.35	
Peso muestra seca W <sub>s</sub>	0.34		0.77		1.07	
Contenido de humedad w% = 100W <sub>w</sub> /W <sub>s</sub>	29.41		28.57		32.71	
<b>Promedio W% (LP)</b>	<b>30.23</b>					
<b>ÍNDICE PLÁSTICO</b>						
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-71; INEN 691</b>						
<b>IP = LL - LP</b>	<b>6.17</b>					

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.


Tabla 131. Ensayo Muestra 8 – Análisis Granulométrico.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		NORMA: AASHIOT-87-70 Y T-88-70; ASIMD-421-58 Y D-422-63			
<b>1. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS</b>					
TAMIZ	mm	PESO RET.	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUE PASA
			0.00	0.00	100.00
Nº4	4.76	74.60	74.60	17.52	82.48
Nº8	2.38	50.80	125.40	29.45	70.55
Nº10	2.00	14.00	139.40	32.74	67.26
Nº16	1.19	30.20	169.60	39.83	60.17
Nº30	0.60	28.40	198.00	46.50	53.50
Nº40	0.42	12.60	210.60	49.46	50.54
Nº50	0.30	12.60	223.20	52.42	47.58
Nº60	0.25	4.60	227.80	53.50	46.50
Nº100	0.15	20.80	248.60	58.38	41.62
Nº200	0.07	32.60	281.20	66.04	33.96
FUENTE		141.42	422.62	99.25	0.75
TOTAL		281.20			
PESO CUARITIBO ANTES DEL LAVADO:				533	
PESO SECO:				425.82	
<b>2. CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU</b>					
PESO REC + S.H		256.27		PESO TOTAL MUESTRA S.H	533
PESO REC + S.S		223.56		PESO TOTAL MUESTRA S.S	425.82
PESO REC		93.61			
PESO AGUA		32.71			
PESO SUELO		129.95			
w%		25.17			
<b>3. GRÁFICA - DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA</b>					
<p>El gráfico muestra la distribución granulométrica de la muestra. El eje horizontal representa el tamaño de los tamices en milímetros (logarítmico), y el eje vertical representa el porcentaje de material que pasa acumulado. Se marcan los puntos de los tamices estándar y se traza una curva suave que los conecta. El punto correspondiente al tamiz Nº200 (0.075 mm) indica que el 33.96% del material pasa a través de él.</p>					
<b>4. COEFICIENTES DEL SUELO</b>					
	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>c</sub>
	0.010	0.055	1.2	120.00	0.25
<b>5. LÍMITES DE ATTERBERG / CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>					
Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plástico	Índice de Grupo	CLASIFICACIÓN SUELO	
LL	LP	IP	IG	SISTEMAS	
36.4	30.23	6.17	0.00	AASHIO	SUCS
				A-24	SM

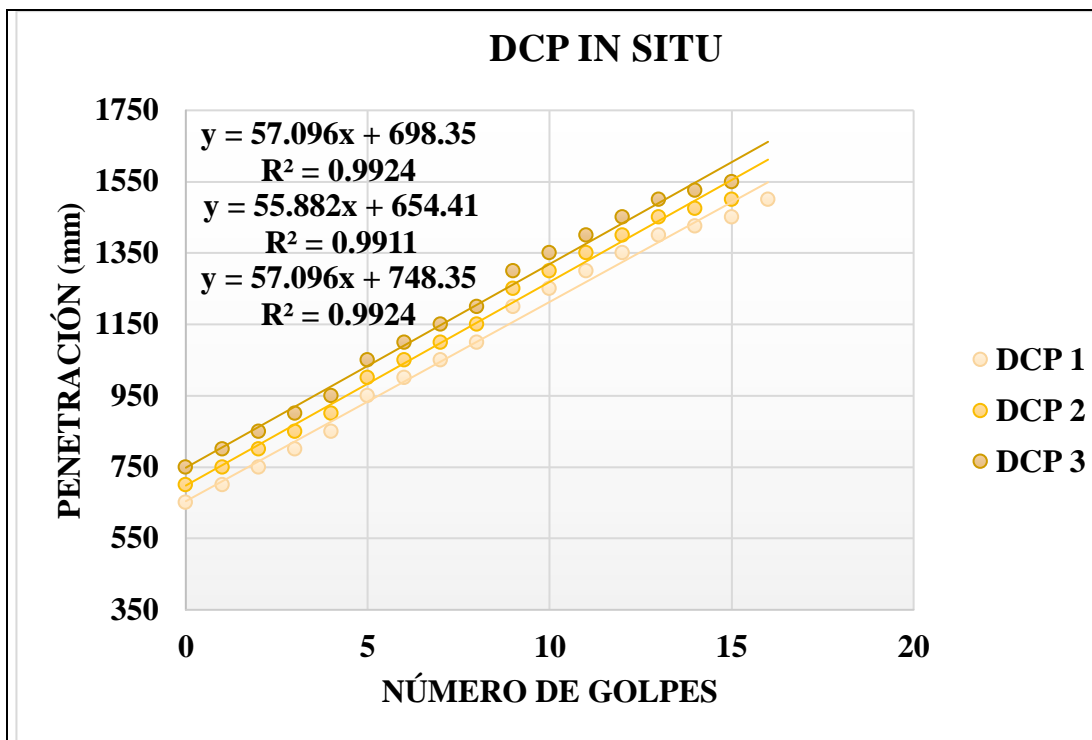
Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.



Tabla 132. Ensayo Muestra 8 – DCP.

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>			
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
	<b>DCP</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2	
<b>VÍA:</b>	LA HACIENDA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	1	
<b>MUESTRA:</b>	2	<b>COORDENADAS:</b>	795260.372	9845294.079
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías	
<b>NORMAS: ASTM D - 6951 - 03</b>				

N° GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
0	650	700	750
1	700	750	800
2	750	800	850
3	800	850	900
4	850	900	950
5	950	1000	1050
6	1000	1050	1100
7	1050	1100	1150
8	1100	1150	1200
9	1200	1250	1300
10	1250	1300	1350
11	1300	1350	1400
12	1350	1400	1450
13	1400	1450	1500
14	1425	1475	1525
15	1450	1500	1550
16	1500		





	DN (mm/golpe)	DN (Prom)
1	57.096	56.69
2	55.88	
3	57.096	

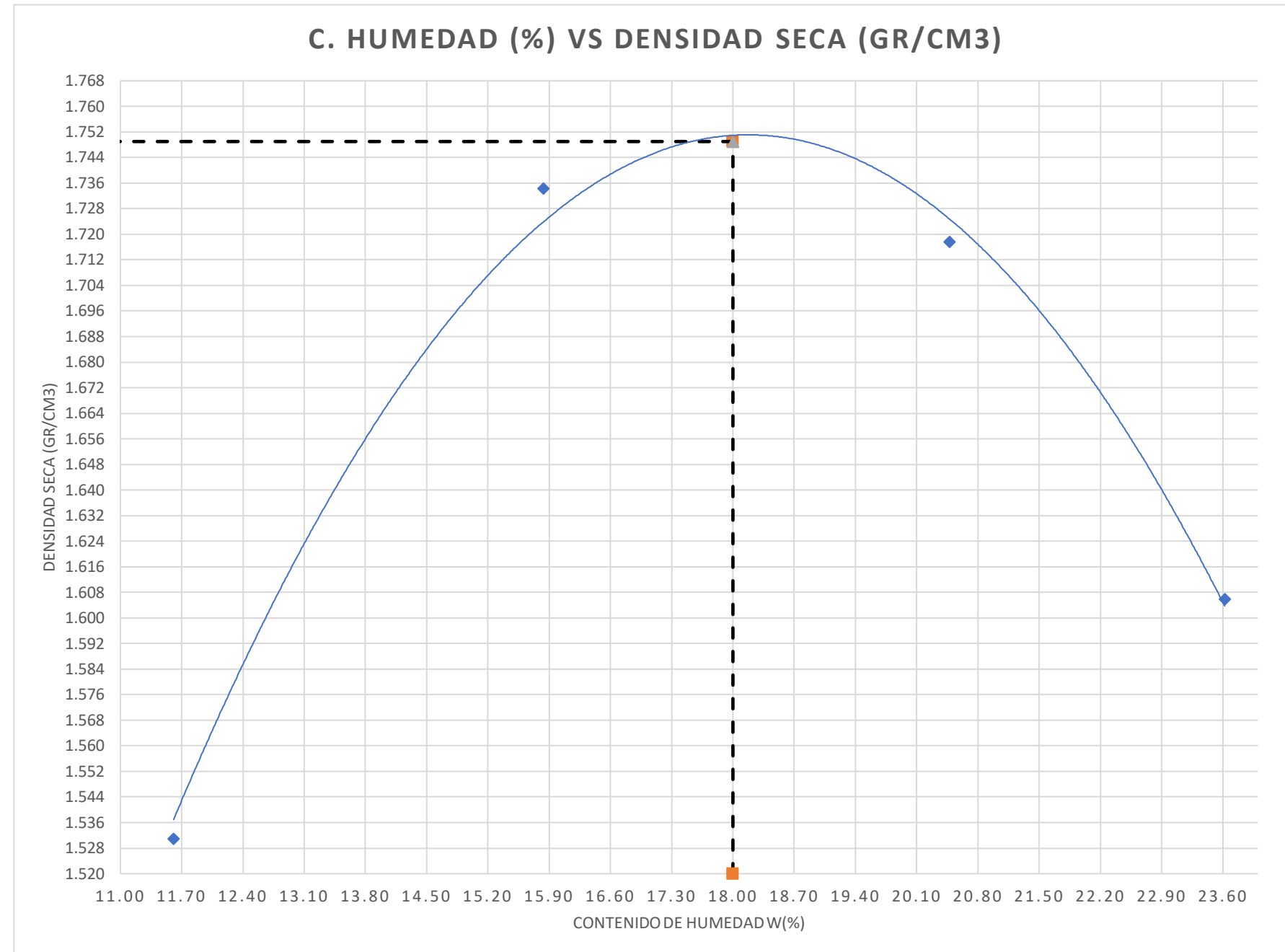
*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



**Tabla 133.** Ensayo Muestra 8 – Compactación - Próctor.

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>							
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA							
		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
		<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PRÓCTOR MODIFICADO-B"</b>							
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.								
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA		<b>CAPA VEGETAL:</b>		0.2				
<b>VÍA:</b>	LA HACIENDA		<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.6				
<b>MUESTRA:</b>	2		<b>COORDENADAS:</b>		795260.372		9845294.079		
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez		<b>REVISADO POR:</b>		Ing. Alex Frías				
<b>NORMAS: AASHTO T-180; ASTM D1557; INEN 860</b>									
<b>ESPECIFICACIONES</b>									
Número de Golpes	56	Altura de Caída		18"	Peso del Molde (gr)		5440		
Número de Capas	5	Peso del Martillo		10 lb	Volumen del Molde (cm3)		2114		
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHTO	T-180	ASTM	D1557	INEN	860	
Peso Inicial Deseado	5000		5000		5000		5000		
<b>1. PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>									
Ensayo Número	1		2		3		4		
Humedad inicial Añadida en %	0		4		8		12		
Humedad inicial Añadida en %	0		200		400		600		
P. molde + suelo húmedo (gr)	9052.2		9686.8		9814.6		9636.6		
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3612.2		4246.8		4374.6		4196.6		
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm3)	1.709		2.009		2.069		1.985		
<b>2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>									
Recipiente Número	6-T	M-1	C-2	T-2	D-1	P-7	P-5	D-3	
Peso del Recipiente W <sub>r</sub>	45.55	45.25	43.42	43.12	43.86	43.56	39.95	39.65	
Recipiente + suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	161.90	171.70	163.89	173.89	223.39	233.39	187.68	197.68	
Recipiente + suelo seco W <sub>s</sub> +W <sub>m</sub>	149.87	158.47	147.42	156.02	192.71	201.31	159.18	167.78	
Peso sólidos W <sub>s</sub>	104.32	113.22	104.00	112.90	148.85	157.75	119.23	128.13	
Peso del agua W <sub>w</sub>	12.03	13.23	16.47	17.87	30.68	32.08	28.50	29.90	
Contenido de Humedad w%	11.53	11.69	15.84	15.83	20.61	20.34	23.90	23.34	
Promedio Contenido de Humedad w%	11.61		15.83		20.47		23.62		
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm3)	1.531		1.734		1.718		1.606		



**3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA**



DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm3)=	<b>1.749</b>	HUMEDAD ÓPTIMA % =	<b>18.0</b>
Gc (%)=	<b>80.682</b>		



*Autor:* Silvia Paulina Sánchez Ch.

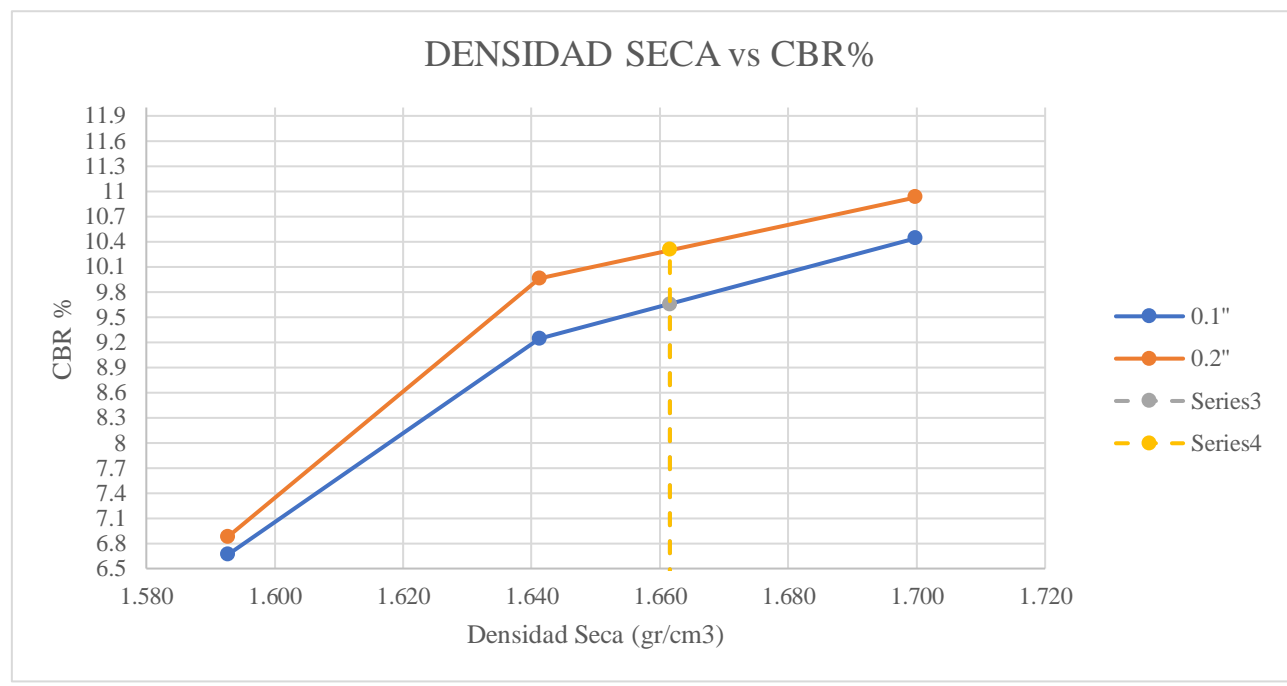
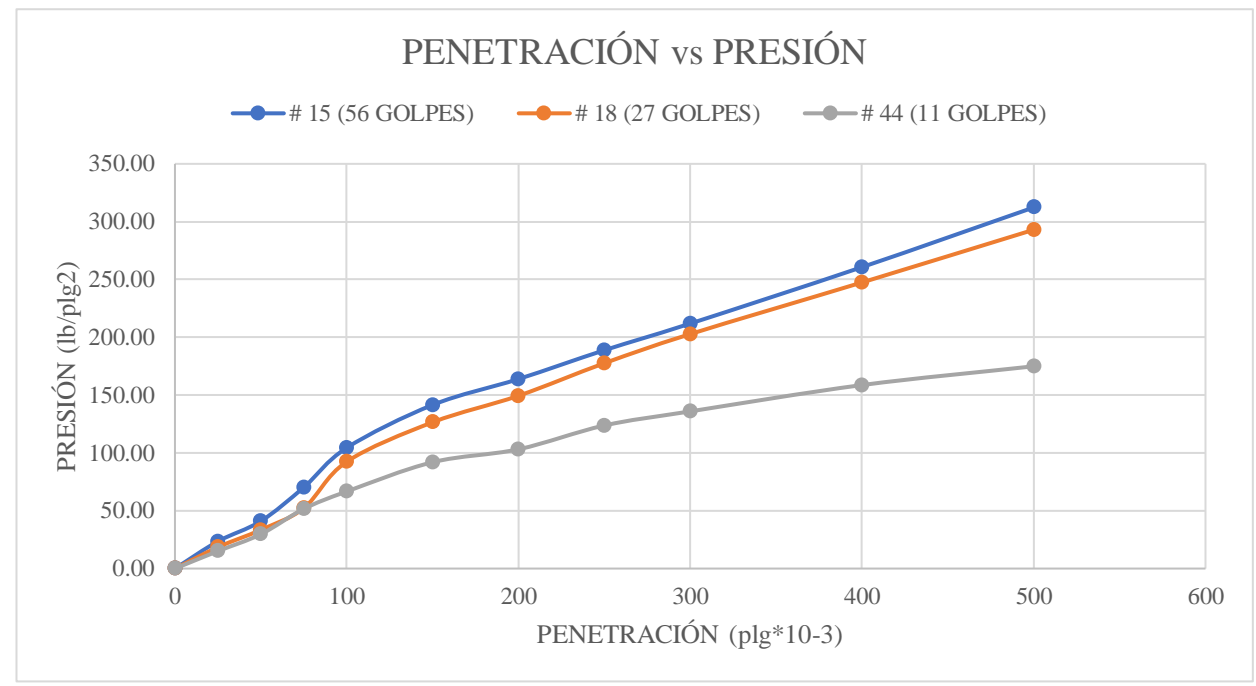
Tabla 134. Ensayo Muestra 8 – Compactación CBR.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR" NORMAS: AASHIOT-183; ASIMDI 883-99;					
		<b>ESPECIFICACIONES</b>					
<b>MOLDEN° 15</b>							
N° de golpes	56	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	5795.8	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2118	cm <sup>3</sup>	
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>50437.13</b>						
<b>MOLDEN° 18</b>							
N° de golpes	27	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	5907.6	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2118	cm <sup>3</sup>	
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>24317.9</b>						
<b>MOLDEN° 44</b>							
N° de golpes	11	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	5717.6	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2118	cm <sup>3</sup>	
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>9907.29</b>						
Contenido de Humedad óptimo (w% OPTIMO)	<b>18</b>		Densidad seca máxima (gr/cm <sup>3</sup> )			<b>1.749</b>	
<b>PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO</b>							
N° MOLDE	#15		#18		#44		
N° DE CAPAS	5		5		5		
N° DE GOLPES POR CAPA	56		27		11		
CONDICIONES DEL ENSAYO	<i>ANTES DEL REMOJO</i>	<i>DESPUÉS DEL REMOJO</i>	<i>ANTES DEL REMOJO</i>	<i>DESPUÉS DEL REMOJO</i>	<i>ANTES DEL REMOJO</i>	<i>DESPUÉS DEL REMOJO</i>	
Wm# Molde (gr)	10142.80	10198.40	10121.20	10189.40	9804.00	9953.20	
PESO MUESTRA HUMEDA (gr)	4347.00	4402.60	4213.60	4281.80	4086.40	4235.60	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.052	2.079	1.989	2.022	1.929	2.000	
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.705	1.694	1.646	1.637	1.587	1.599	
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1.700</b>		<b>1.641</b>		<b>1.593</b>		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>							
N° RECIPIENTE	<b>D-7</b>	<b>C4</b>	<b>M8</b>	<b>W3</b>	<b>D-1</b>	<b>D-7</b>	
PESO HUMEDO + RECIP Wm+rec (gr)	177.83	185.67	327.7	196.22	251.79	160.11	
PESO SECO + RECIP Ws+rec (gr)	155.59	159.08	287.33	169.02	214.83	137.3	
PESO RECIP rec (gr)	46.38	41.8	94.11	53.29	43.81	46.35	
PESO DEL AGUA Ww (gr)	22.24	26.59	40.37	27.2	36.96	22.81	
PESO SÓLIDOS Ws (gr)	109.21	117.28	193.22	115.73	171.02	90.95	
CONTENIDO DE HUMEDAD %	<b>20.36</b>	22.67	<b>20.89</b>	23.50	<b>21.61</b>	25.08	
AGUA ABSORBIDA %	231		261		347		

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 135. Ensayo Muestra 8 – Compactación CBR Puntual.



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR"														
		PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUAS SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.														
		PARROQUIA: ULBA		CAPA VEGETAL: 02												
		VÍA: LA HACIENDA		PROFUNDIDAD: 0.6												
MUESTRA: 2		COORDENADAS: 795260.372		9845294.079												
REALIZADO POR: Silvia Sánchez		REVISADO POR: Ing. Alex Frías														
<b>NORMAS: ASIMD-1883</b> <b>ESPOSIAMIENTO Y PENEIRACIÓN</b> <b>ESPOSIAMIENTO (LECTURA DIAL en Pgs*10-2)</b>																
MOLDE NUMERO		15				18				44						
FECHA		TIEMPO		LECT DIAL		h		ESPONJ		LECT DIAL		h		ESPONJ		
DÍA Y MES	HORA	DÍAS	Pgs.	Mues Pgs.	Pgs. *10-2	%	Pgs.	Mues Pgs.	Pgs. *10-2	%	Pgs.	Mues Pgs.	Pgs. *10-2	%		
20/3/2021	18:10	0	0.09	5	0	0	0.04	5	0	0	0.03	5	0	0		
21/3/2021	18:00	1	0.10		0.24	0.05	0.05		0.75	0.15	0.04		0.98	0.20		
22/3/2021	7:35	2	0.10		0.51	0.10	0.06		1.61	0.32	0.04		1.97	0.39		
<b>ENSAYO DE CARGA PENEIRACIÓN (CONSTANTE DE CELDA 2.204 LB ÁREA DEL PISTÓN: 3pl2)</b>																
MOLDE NUMERO		15				18				44						
TIEMPO		PENET.		QLECT		PRESIONES		QLECT		PRESIONES		QLECT		PRESIONES		
MIN	SEG	'10-3	DIAL	LEIDA	CORG	CBR	LEIDA	CORG	CBR	LEIDA	CORG	CBR	LEIDA	CORG	CBR	
		0	0.00	0.00			0	0		0	0		0	0		
0	30	25	32.00	23.51			25.1	18.44013		20.5	15.06067					
1	0	50	55.80	40.99			45.6	33.5008		40.4	29.68053					
1	30	75	95.60	70.23			71.1	52.2348		70.2	51.5736					
2	0	100	142.10	104.40	104.40	10.43961	125.8	92.42107	92.42	92.42107	90.7	66.63427	66.63	6.663427		
3	0	150	192.60	141.50			172.2	126.5096		125.2	91.98027					
4	0	200	223.10	163.90	163.90	10.92694	203.4	149.4312	149.43	99.6208	140.4	103.1472	103.15	6.87648		
5	0	250	257.00	188.81			241.7	177.5689		168.4	123.7179					
6	0	300	288.40	211.88			276	202.768		185	135.9133					
8	0	400	354.80	260.66			336.8	247.4357		216	158.688					
10	0	500	425.10	312.31			398.8	292.9851		238.1	174.9241					
CBR corregido						10.43961					9.242107					6.663427



DENSIDADES			RESISTENCIAS			DENSIDADMÁX	1.749	gr/cm3	
			0.1"	in	0.2"				
56 GOLFES	1.700	gr/cm3	10.43961333	%	10.92694222				
27 GOLFES	1.641	gr/cm4	9.242106667	%	9.96208				
11 GOLFES	1.593	gr/cm5	6.663426667	%	6.87648				
						95%DEDM	1.662	gr/cm3	
						CBR'0.1"	9.7	CBR'0.2"	10.30
						CBRPUNTUAL	10.30%		



*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

**Tabla 136.** Ensayo Muestra 9 – Contenido de humedad In- Situ.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	LA HACIENDA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	3	<b>COORDENADAS:</b>	795519.733   9845430.096
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: AASHTO T 265 2015; ASTM: S2216-71 ; ASTM parte N° 19</b>			
<b>RECIPIENTE N°</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>C-8</b>	<b>D-5</b>
PESO MUESTRA HÚMEDA + RECIPIENTE (gr)	WM	187.51	198.41
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	WS	164.22	173.62
PESO RECIPIENTE (gr)	Wrec	43.74	45.04
PESO AGUA (gr)	$W_{\omega}$	23.29	24.79
PESO SÓLIDOS (gr)	$W_s$	120.48	128.58
$\omega$ %		19.33	19.28
PROMEDIO $\omega$ %		19.31	

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



Tabla 137. Ensayo Muestra 9 – Gravedad Específica.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	LA HACIENDA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	3	<b>COORDENADAS:</b>	795519.733   9845430.096
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58; INEN</b>			
<b>Picnómetro N°</b>			ISO 06-14
<b>Temperatura del agua + suelo</b>			31.3
<b>Recipiente N°</b>			# 20
<b>Peso del recipiente + suelo seco</b>			130.19
<b>Peso del recipiente (Wr)</b>			80.21
<b>Peso del suelo seco (Ws)</b>			49.98
<b>Peso picnómetro + agua (Wbw)</b>			345.56
<b>Ws+Wbw</b>			395.54
<b>Peso picnómetro + agua + suelo (Wbws)</b>			376.7
<b>Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws</b>			18.84
<b>Factor de correlación por temperatura K</b>			0.99423
<b>Gravedad específica (Gs)</b>			2.64

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.





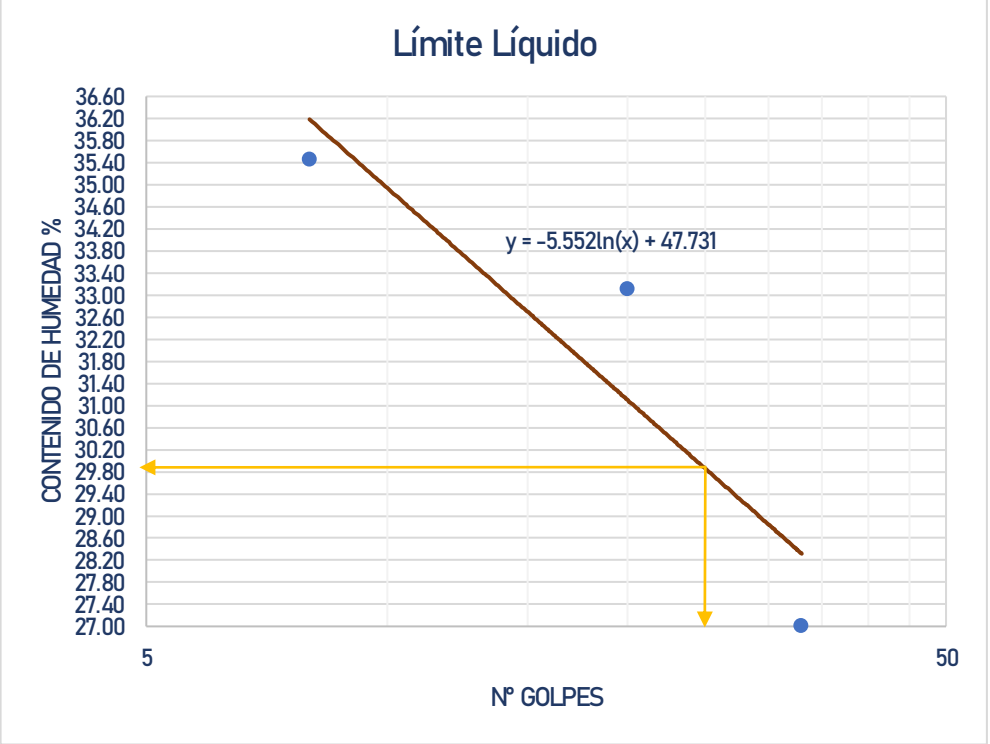
Tabla 138. Ensayo Muestra 9 – Método cono y arena.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>MÉTODO CONO Y ARENA</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RIO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	LA HACIENDA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	3	<b>COORDENADAS:</b>	795519.733   9845430.096
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: INVE - 161 - 07</b>			
<b>1) DETERMINACION DEL PESO SUELO EXTRAÍDO</b>			
Peso suelo + recipiente (gr)		1147.78	
Peso recipiente (Fund.) (gr)		7.35	
Peso del suelo ( <b>W<sub>m</sub></b> ) (gr)		1140.43	
<b>2) DETERMINACION DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO</b>			
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)		3532.80	
Lectura final frasco + cono + arena (gr)		1004.80	
Peso arena en el cono (gr)		1606.20	
Peso arena en el hueco (gr)		921.80	
Calibración de la arena de Ottawa (gr/cm <sup>3</sup> )		1.489	
Volumen del hueco <b>V<sub>m</sub></b> (cm <sup>3</sup> )		619.07	
<b>3) DETERMINACION DEL ω%</b>			
Recipiente N°	S-20	#25	
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)	482.87	463.57	
Peso muestra seca + recipiente (gr)	426.10	410.00	
Peso recipiente (gr)	130.27	128.97	
Peso agua <b>W<sub>ω</sub></b> (gr)	56.77	53.57	
Pesos sólidos <b>W<sub>s</sub></b> (gr)	295.83	281.03	
ω%	19.19	19.06	
PROMEDIO ω%	19.13		
<b>4) CALIBRACION DEL CONO</b>			
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)		1606.20	
<b>5) CALIBRACION DE LA ARENA DE OTTAWA</b>			
Densidad sand (gr/cm <sup>3</sup> )		1.489	
<b>6) DETERMINACION DE LAS FASES DEL SUELO</b>			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos		V <sub>v</sub> =	75.09
V <sub>a</sub> =		W <sub>a</sub> =	21.52
V <sub>w</sub> =		W <sub>w</sub> =	53.57
V <sub>s</sub> =		W <sub>s</sub> =	106.55
V <sub>m</sub> =		W <sub>m</sub> =	181.63
<b>7) DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES INDICES DEL SUELO</b>			
Peso Volumétrico del suelo (γ <sub>m</sub> ) (densidad húmeda)		1.84	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca (γ <sub>d</sub> )		1.55	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad ω%		19.13	%
Relación de vacíos e = V <sub>v</sub> /V <sub>s</sub>		0.70	natural
Porosidad n% = V <sub>v</sub> /V <sub>m</sub> *100		41.34	%
Grado de Saturación de agua G <sub>ω</sub> % = V <sub>w</sub> /V <sub>v</sub> *100		71.35	%
Grado de Saturación de aire G <sub>a</sub> % = V <sub>a</sub> /V <sub>v</sub> *100		28.65	%

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.



Tabla 139. Ensayo Muestra 9 – Límites de Atterberg.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 						
<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>						
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES INDICE Y MECANICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RIO VERDE, CANTON BANCOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	02			
<b>VÍA:</b>	LA HACIENDA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6			
<b>MUESTRA:</b>	3	<b>COORDENADAS:</b>	795519.733	9845430.1		
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías			
<b>LÍMITE LIQUIDO</b>						
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-71; INEN 691</b>						
Recipiente N°	12-F	8-T	6-T	11-F	13-C	4-Z
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	11.58	11.43	11.53	11.22	11.27	5.50
Peso S.H + Peso rec (W <sub>m</sub> + W <sub>r</sub> )	21.83	21.59	21.96	22.09	28.07	23.57
Peso S.S + Peso rec (W <sub>s</sub> + W <sub>r</sub> )	19.59	19.49	19.39	19.36	23.67	18.84
Peso de Agua (W <sub>w</sub> )	2.24	2.10	2.57	2.73	4.40	4.73
Peso muestra seca (W <sub>s</sub> )	8.01	8.06	7.86	8.14	12.40	13.34
Contenido Humedad (ω%)	27.97	26.05	32.70	33.54	35.48	35.46
Promedio (ω%)	27.01		33.12		35.47	
N° de golpes	<b>33</b>		<b>20</b>		<b>8</b>	
<b>Límite Líquido LL%</b>	<b>29.85</b>					
						
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>						
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-59-74; INEN 691</b>						
Recipiente N°	A-3		A-2		A-5	
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	4.31		4.35		4.34	
Peso suelo humedo + P. Recipiente (W <sub>m</sub> + W <sub>r</sub> )	5.53		5.15		5.67	
Peso suelo seco + P. Recipiente (W <sub>s</sub> + W <sub>r</sub> )	5.29		4.99		5.40	
Peso de Agua (W <sub>w</sub> )	0.24		0.16		0.27	
Peso muestra seca W <sub>s</sub>	0.98		0.64		1.06	
Contenido de humedad w% = 100W <sub>w</sub> /W <sub>s</sub>	24.49		25.00		25.47	
<b>Promedio W<sub>p</sub>% (LP)</b>	<b>24.99</b>					
<b>ÍNDICE PLÁSTICO</b>						
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-71; INEN 691</b>						
<b>IP = LL - LP</b>	<b>4.86</b>					



Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 140. Ensayo Muestra 9 – Análisis Granulométrico.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		NORMA: AASHIOT-87-70 Y T-88-70; ASIMD-421-58 Y D-422-63			
<b>1. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS</b>					
TAMIZ	mm	PESO RET.	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUE PASA
			0.00	0.00	100.00
Nº4	4.76	77.20	77.20	17.28	82.72
Nº8	2.38	36.20	113.40	25.39	74.61
Nº10	2.00	11.00	124.40	27.85	72.15
Nº16	1.19	30.20	154.60	34.61	65.39
Nº30	0.60	36.60	191.20	42.81	57.19
Nº40	0.42	17.40	208.60	46.70	53.30
Nº50	0.30	18.20	226.80	50.78	49.22
Nº60	0.25	6.40	233.20	52.21	47.79
Nº100	0.15	31.80	265.00	59.33	40.67
Nº200	0.07	34.80	299.80	67.12	32.88
FUENTE	0.03	142.06	441.86	98.93	1.07
TOTAL		299.80			
PESO CUARTERO ANTES DEL LAVADO:				533	
PESO SECO:				446.66	
<b>2. CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU</b>					
PESO REC + S.H		187.51		PESO TOTAL MUESTRA S.H	533
PESO REC + S.S		164.22		PESO TOTAL MUESTRA S.S	446.66
PESO REC		43.74			
PESO AGUA		23.29			
PESO SUELO		120.48			
w%		19.33			
<b>3. GRÁFICA - DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA</b>					
<b>4. COEFICIENTES DEL SUELO</b>					
	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>c</sub>
	0.013	0.060	0.8	61.54	0.35
<b>5. LÍMITES DE ATTERBERG / CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>					
Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plástico	Índice de Grupo	CLASIFICACIÓN SUELO	
LL	LP	IP	IG	SISTEMAS	
29.85	24.99	4.86	0.00	AASHIO	SUCS
				A-24	SM

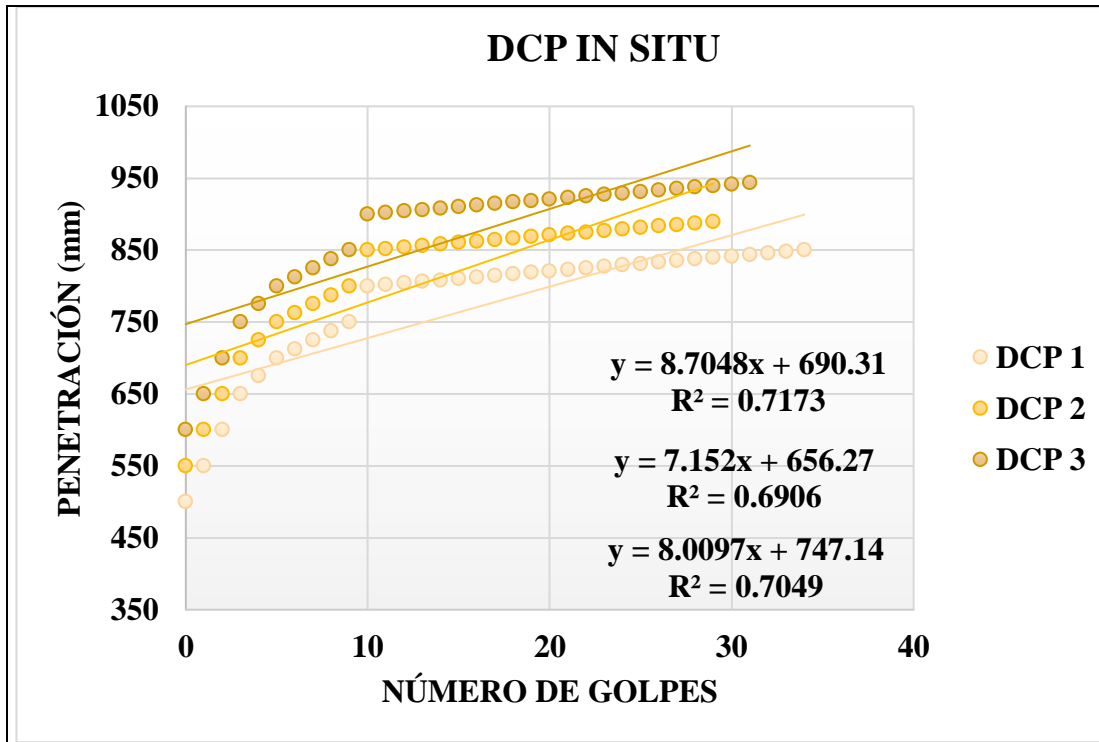
Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 141. Ensayo Muestra 9 – DCP.

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>		
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>		
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>		
	<b>DCP</b>		
<b>PROYECTO :</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	LA HACIENDA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	1
<b>MUESTRA:</b>	3	<b>COORDENADAS:</b>	795519.733 9845430.09 6
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMAS: ASTM D - 6951 - 03</b>			

N° GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
0	500	550	600
1	550	600	650
2	600	650	700
3	650	700	750
4	675	725	775
5	700	750	800
6	713	763	813
7	725	775	825
8	738	788	838
9	750	800	850
10	800	850	900
11	802	852	902
12	804	854	904
13	806	856	906
14	808	858	908



15	810	860	910
16	812	862	912
17	815	865	915
18	817	867	917
19	819	869	919
20	821	871	921
21	823	873	923
22	825	875	925
23	827	877	927
24	829	879	929
25	831	881	931
26	833	883	933
27	835	885	935
28	837	887	937
29	840	890	940
30	842		942
31	844		944
32	846		
33	848		
34	850		



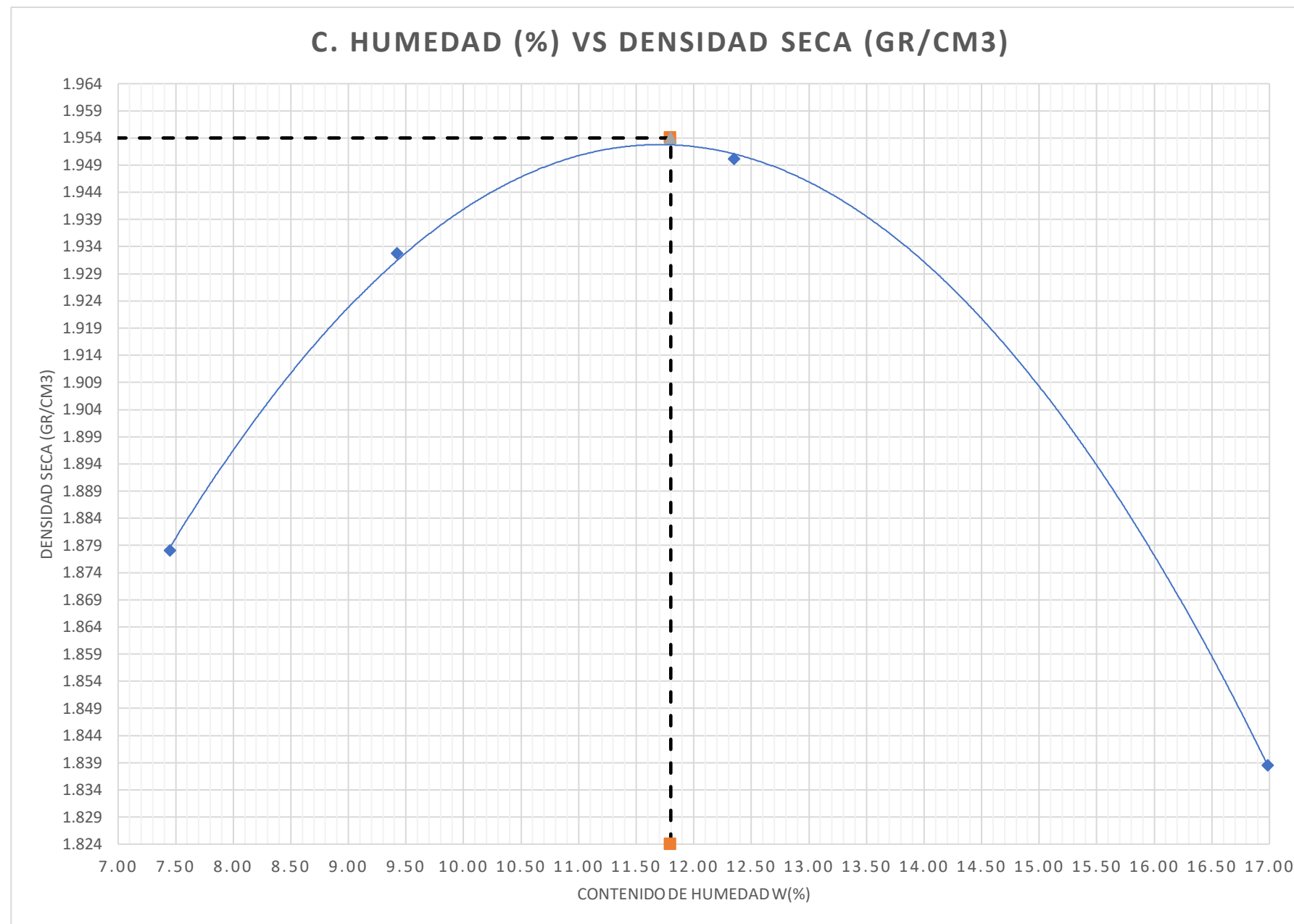
	DN (mm/golpe)	DN (Prom)
1	8.71	7.96
2	7.15	
3	8.01	

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

Tabla 142. Ensayo Muestra 9 – Compactación - Próctor.

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>						
<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PROCTOR MODIFICADO B"</b>								
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.							
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	02					
<b>VÍA:</b>	LA HACIENDA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6					
<b>MUESTRA:</b>	3	<b>COORDENADAS:</b>	795519.733				9845430.1	
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías					
<b>NORMAS: AASHIOT-180; ASIMDI557; INEN 860</b>								
<b>ESPECIFICACIONES</b>								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde (gr)	5440			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2114			
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHIOT-180	ASIMDI557	INEN	860		
Peso Inicial Deseado	5000		5000		5000	5000		
<b>1. PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>								
Ensayo Número	1		2		3	4		
Humedad inicial Añadida en%	0		3		6	8		
Humedad inicial Añadida en%	0		150		300	400		
P. molde + suelo húmedo (gr)	9706.2		9892.8		10071.8	9987		
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4266.2		4452.8		4631.8	4547		
Peso unitario húmedo γm (gr/cm <sup>3</sup> )	2.018		2.106		2.191	2.151		
<b>2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>								
Recipiente Número	C-7	P-5	4-A	D-3	W-3	T-2	D-1	C-2
Peso del Recipiente Wr	41.96	41.66	46.64	46.34	53.36	53.06	43.87	43.57
Recipiente + suelo húmedo Wr+Wm	148.92	158.72	159.37	169.37	208.12	218.12	242.51	252.51
Recipiente + suelo seco Ws+Wm	141.74	150.34	149.91	158.51	191.24	199.84	213.62	222.22
Peso sólidos Ws	99.78	108.68	103.27	112.17	137.88	146.78	169.75	178.65
Peso del agua Ww	7.18	8.38	9.46	10.86	16.88	18.28	28.89	30.29
Contenido de Humedad w%	7.20	7.71	9.16	9.68	12.24	12.45	17.02	16.95
Promedio Contenido de Humedad w%	7.45		9.42		12.35		16.99	
Peso Volumétrico Seco γd (gr/cm <sup>3</sup> )	1.878		1.925		1.950		1.839	

### 3. DETERMINACION GRAFICA DE LA DENSIDAD MAXIMA Y HUMEDAD OPTIMA





DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm <sup>3</sup> )=	<b>1.954</b>	HUMEDAD ÓPTIMA % =	<b>11.8</b>
Gc (%)=	<b>79.140</b>		

*Autor:* Silvia Paulina Sánchez Ch.





Tabla 143. Ensayo Muestra 9 – Compactación CBR.

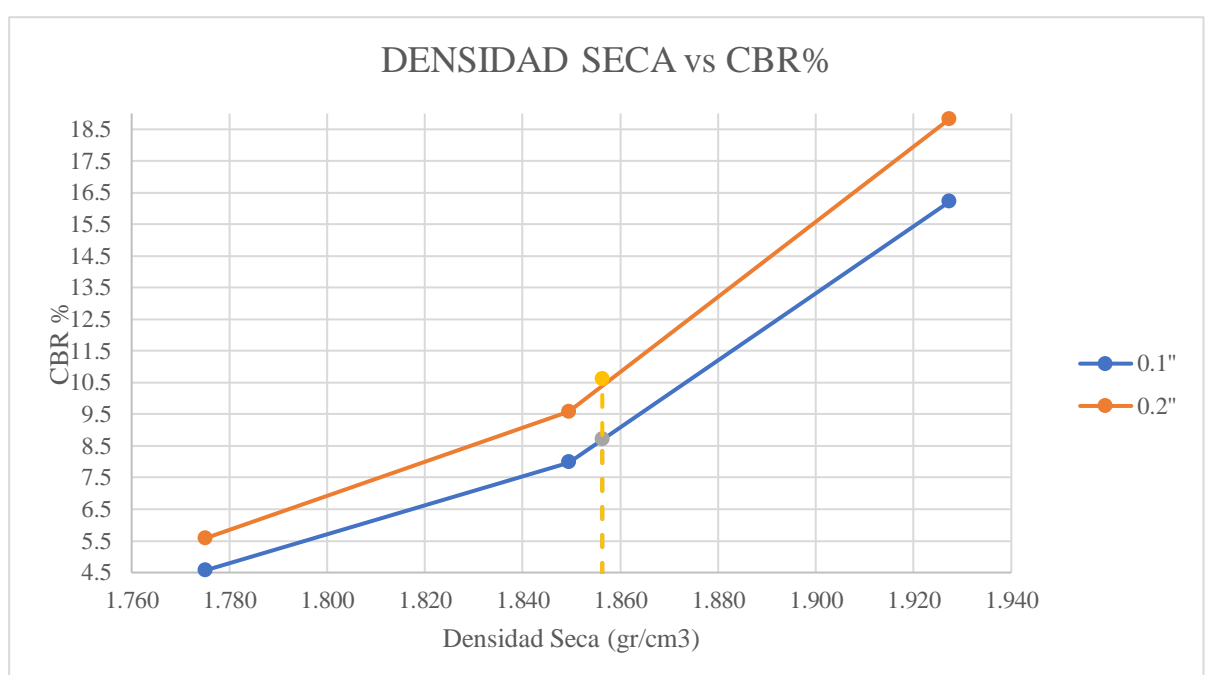
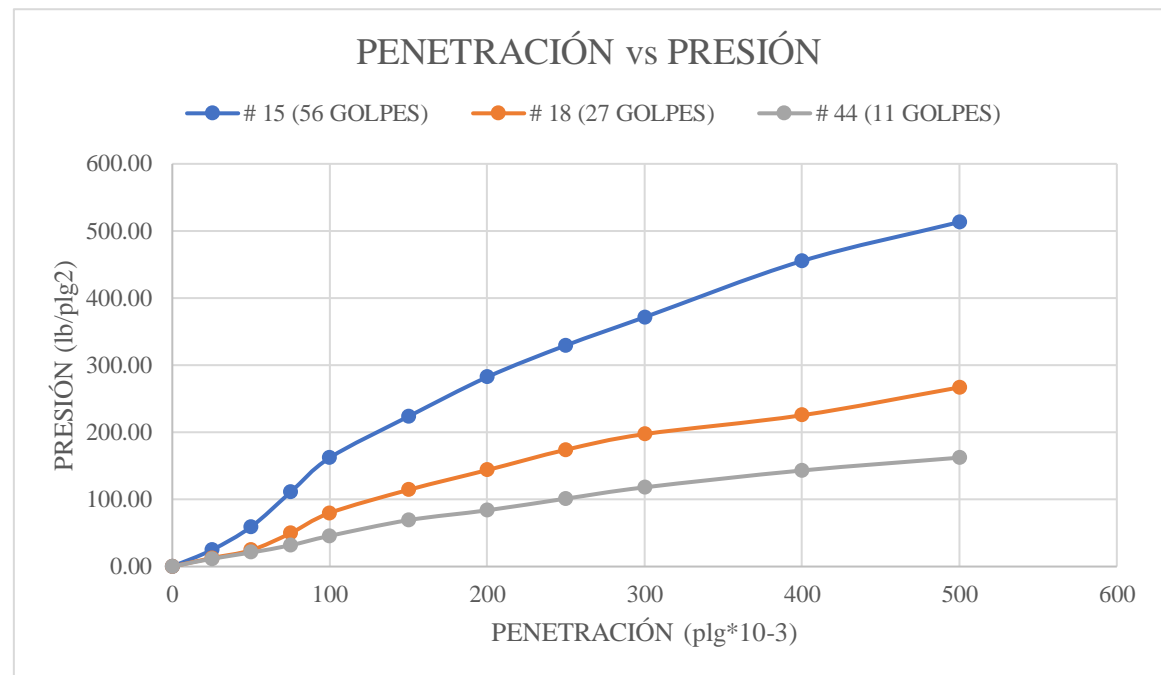
		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR"</b>						
<b>NORMAS: AASHIOT-183; ASIMDI883-99;</b>								
<b>ESPECIFICACIONES</b>								
<b>MOLDEN° 12</b>								
N° de golpes	56	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	6458.4	gr		
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2091.09	cm <sup>3</sup>		
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>50437.13</b>							
<b>MOLDEN° 11</b>								
N° de golpes	27	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	6431	gr		
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2091.09	cm <sup>3</sup>		
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>24317.9</b>							
<b>MOLDEN° 10</b>								
N° de golpes	11	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	6419.6	gr		
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2091.09	cm <sup>3</sup>		
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>9907.29</b>							
Contenido de Humedad óptimo (w% OPTIMO)	<b>11.8</b>	Densidad seca máxima (gr/cm <sup>3</sup> )				<b>1.954</b>		
<b>PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO</b>								
N° MOLDE		#12		#11		#10		
N° DE CAPAS		5		5		5		
N° DE GOLPES POR CAPA		56		27		11		
CONDICIONES DEL ENSAYO		<b>ANTES DEL REMOJO</b>	<b>DESPUÉS DEL REMOJO</b>	<b>ANTES DEL REMOJO</b>	<b>DESPUÉS DEL REMOJO</b>	<b>ANTES DEL REMOJO</b>	<b>DESPUÉS DEL REMOJO</b>	
<b>W<sub>m</sub>+Molde (gr)</b>		11046.80	11170.80	10866.00	11031.80	10661.60	10895.20	
<b>PESO MUESTRA HUMEDA (gr)</b>		4588.40	4712.40	4435.00	4600.80	4242.00	4475.60	
<b>DENSIDAD HUMEDA (gr/cm<sup>3</sup>)</b>		2.194	2.254	2.121	2.200	2.029	2.140	
<b>DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>)</b>		1.949	1.906	1.873	1.826	1.784	1.767	
<b>DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm<sup>3</sup>)</b>		<b>1.927</b>		<b>1.849</b>		<b>1.775</b>		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>								
N° RECIPIENTE		<b>2F</b>	<b>M2</b>	<b>W3</b>	<b>H1</b>	<b>1P</b>	<b>P5</b>	
<b>PESO HUMEDO + RECIP W<sub>m</sub>+rec (gr)</b>		217.42	279.47	288.1	196.81	326.63	189.97	
<b>PESO SECO + RECIP W<sub>s</sub>+rec (gr)</b>		198.39	251.48	260.61	170.73	293.59	163.73	
<b>PESO RECIP rec (gr)</b>		47.19	98.2	53.3	43.3	53.08	39.69	
<b>PESO DEL AGUA W<sub>w</sub> (gr)</b>		19.03	27.99	27.49	26.08	33.04	26.24	
<b>PESO SÓLIDOS W<sub>s</sub> (gr)</b>		151.2	153.28	207.31	127.43	240.51	124.04	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD %</b>		<b>12.59</b>	18.26	<b>13.26</b>	20.47	<b>13.74</b>	21.15	
<b>AGUA ABSORBIDA %</b>		5.67		7.21		7.42		

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 144. Ensayo Muestra 9 – Compactación CBR Puntual.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR"													
		PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.													
		PARROQUIA: ULBA		CAPA VEGETAL: 02		VÍA: LA HACIENDA		PROFUNDIDAD: 0.6							
		MUESTRA: 3		COORDENADAS: 795519.733		REALIZADO POR: Silvia Sánchez		REVISADO POR: Ing. Alex Frías		9845430.096					
NORMAS: ASIMD-1883 ESPONIAMIENTO Y PENEIRACION ESPONIAMIENTO (LECTURADIAL en Pgs*10-2)															
MOIDE NUMERO			12				11				10				
FECHA	TIEMPO		LECTDIAL	h	ESPONJ		LECTDIAL	h	ESPONJ		LECTDIAL	h	ESPONJ		
DÍA Y MES	HORA	DIAS	Pgs.	Mus Pgs.	Pgs. *10-2	%	Pgs.	Mus Pgs.	Pgs. *10-2	%	Pgs.	Mus Pgs.	Pgs. *10-2	%	
22/3/2021	18:10	0	0.06	5	0	0	0.06	5	0	0	0.11	5	0	0	
23/3/2021	18:00	1	0.09		3.54	0.71	0.10		3.94	0.79	0.15		3.94	0.79	
24/3/2021	7:35	2	0.13		7.13	1.43	0.14		7.80	1.56	0.19		8.39	1.68	
ENSAYO DE CARGA PENEIRACION (CONSTANIE DE CELDA 2.204 LB AREA DEL PISTON: 3p2)															
MOIDE NUMERO			12				11				10				
TIEMPO	PENET.		QLECT	PRESIONES		CBR	QLECT	PRESIONES		CBR	QLECT	PRESIONES		CBR	
MIN	SEG	"10-3	DIAL	LEIDA	CORG		DIAL	LEIDA	CORG		DIAL	LEIDA	CORG		
		0	0.00	0.00			0	0			0	0			
0	30	25	33.50	24.61			17.2	12.63	27		15.7	11.53	27		
1	0	50	80.50	59.14			33.1	24.31	747		28.4	20.86	453		
1	30	75	150.50	110.57			67.4	49.51	653		43.1	31.66	413		
2	0	100	220.60	162.07	162.07	16.20	108.6	79.78	48	79.78	62.2	45.69	627	45.70	
3	0	150	304.30	223.56			155.5	114.24	07		94.1	69.13	213		
4	0	200	384.20	282.26	282.26	18.81	195.6	143.70	08	143.70	114	83.75	83.75	5.58	
5	0	250	448.50	329.50			236.8	173.96	91		137.7	101.16	36		
6	0	300	505.60	371.45			268.6	197.33	15		160.6	117.98	75		
8	0	400	619.60	455.20			306.8	225.39	57		194.8	143.11	31		
10	0	500	698.60	513.24			363.3	266.90	44		220.8	162.21	44		
CBR corregido						16.20					79.78				







DENSIDADES			RESISIENCIAS		
			0,1"	in	0,2"
<b>56 GOLFES</b>	1.927	gr/cm <sup>3</sup>	16.20674667	%	18.81726
<b>27 GOLFES</b>	1.849	gr/cm <sup>4</sup>	7.97848	%	9.580053
<b>11 GOLFES</b>	1.775	gr/cm <sup>5</sup>	4.569626667	%	5.583467

<b>DENSIDADMAX</b>	<b>1954</b>	gr/cm <sup>3</sup>
<b>95%DEDM</b>	<b>1856</b>	gr/cm <sup>3</sup>
<b>CBR'0.1"</b>	<b>8.7</b>	<b>CBR'0.2"</b>
<b>CBRPUNTUAL</b>	<b>10.60%</b>	



*Autor:* Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 145. Ensayo Muestra 10 – Contenido de humedad In- Situ.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	VISCAYA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	1	<b>COORDENADAS:</b>	788508.721   9851053.082
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: AASHTO T 265 2015; ASTM: S2216-71 ; ASTM parte N° 19</b>			
<b>RECIPIENTE N°</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>H-2</b>	<b>T-1</b>
PESO MUESTRA HÚMEDA + RECIPIENTE (gr)	WM	174.44	185.34
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	WS	120.75	130.15
PESO RECIPIENTE (gr)	Wrec	43.42	44.72
PESO AGUA (gr)	W $\omega$	53.69	55.19
PESO SÓLIDOS (gr)	Ws	77.33	85.43
$\omega$ %		69.43	64.60
PROMEDIO $\omega$ %		67.02	



*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

Tabla 146. Ensayo Muestra 10 – Gravedad Específica.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	VISCAYA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	1	<b>COORDENADAS:</b>	788508.721   9851053.082
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58; INEN</b>			
<b>Picnómetro N°</b>			ISO 06-14
<b>Temperatura del agua + suelo</b>			26.8
<b>Recipiente N°</b>			# 5
<b>Peso del recipiente + suelo seco</b>			126.57
<b>Peso del recipiente (Wr)</b>			76.27
<b>Peso del suelo seco (Ws)</b>			50.3
<b>Peso picnómetro + agua (Wbw)</b>			345.56
<b>Ws+Wbw</b>			395.86
<b>Peso picnómetro + agua + suelo (Wbws)</b>			376.16
<b>Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws</b>			19.7
<b>Factor de correlación por temperatura K</b>			0.99656
<b>Gravedad específica (Gs)</b>			2.54



Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

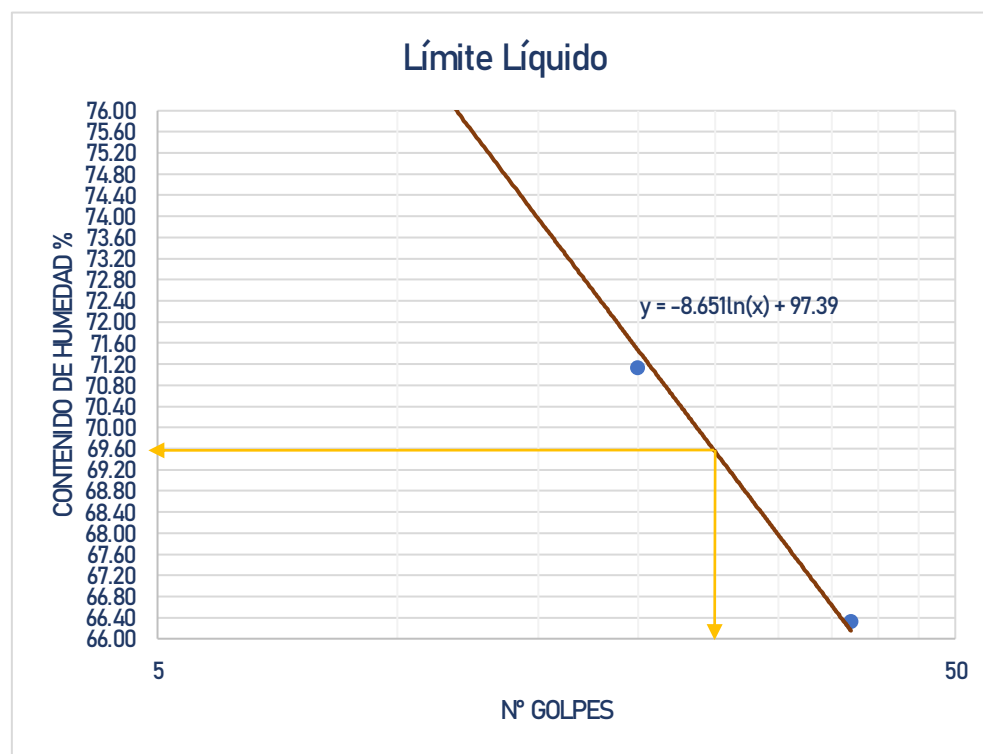
Tabla 147. Ensayo Muestra 10 – Método cono y arena.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>MÉTODO CONO Y ARENA</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RIO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VIA:</b>	VISCAYA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	1	<b>COORDENADAS:</b>	788508.721   9851053.082
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: INVE-161-07</b>			
<b>1) DETERMINACION DEL PESO SUELO EXTRAÍDO</b>			
Peso suelo + recipiente (gr)		1057.78	
Peso recipiente (Funda) (gr)		7.35	
Peso del suelo ( <b>W<sub>m</sub></b> ) (gr)		1050.43	
<b>2) DETERMINACION DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO</b>			
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)		3646.20	
Lectura final frasco + cono + arena (gr)		1027.60	
Peso arena en el cono (gr)		1606.20	
Peso arena en el hueco (gr)		1012.40	
Calibración de la arena de Ottawa (gr/cm <sup>3</sup> )		1.489	
Volumen del hueco <b>V<sub>m</sub></b> (cm <sup>3</sup> )		679.92	
<b>3) DETERMINACION DEL ω%</b>			
Recipiente N°		#5	#11
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)		369.10	349.80
Peso muestra seca + recipiente (gr)		273.50	257.40
Peso recipiente (gr)		125.30	124.00
Peso agua <b>W<sub>ω</sub></b> (gr)		95.60	92.40
Pesos sólidos <b>W<sub>s</sub></b> (gr)		148.20	133.40
ω%		64.51	69.27
PROMEDIO ω%		66.89	
<b>4) CALIBRACION DEL CONO</b>			
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)		1606.20	
<b>5) CALIBRACION DE LA ARENA DE OTTAWA</b>			
Densidad sand (gr/cm <sup>3</sup> )		1.489	
<b>6) DETERMINACION DE LAS FASES DEL SUELO</b>			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos		V <sub>v</sub> =	93.73
V <sub>a</sub> =		W <sub>a</sub> =	1.33
V <sub>w</sub> =		W <sub>w</sub> =	92.4
V <sub>s</sub> =		W <sub>s</sub> =	52.43
V <sub>m</sub> =		W <sub>m</sub> =	146.16
<b>7) DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES INDICES DEL SUELO</b>			
Peso Volumétrico del suelo (γ <sub>m</sub> ) (densidad húmeda)		1.54	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca (γ <sub>d</sub> )		0.93	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad ω%		66.89	%
Relación de vacíos e = V <sub>v</sub> /V <sub>s</sub>		1.79	natural
Porosidad n% = V <sub>v</sub> /V <sub>m</sub> *100		64.13	%
Grado de Saturación de agua G <sub>ω</sub> % = V <sub>w</sub> /V <sub>v</sub> *100		98.58	%
Grado de Saturación de aire G <sub>a</sub> % = V <sub>a</sub> /V <sub>v</sub> *100		1.42	%

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.



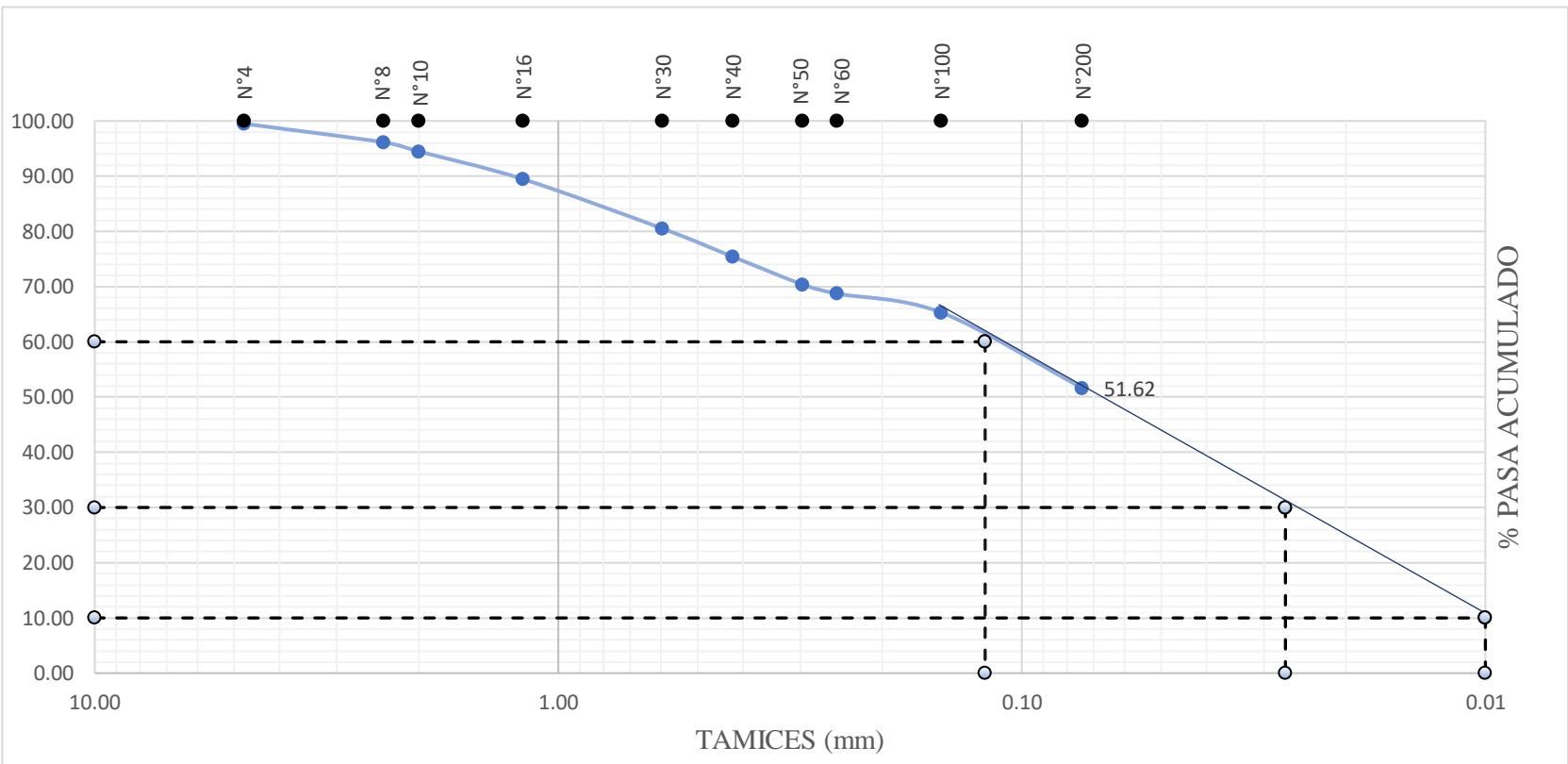
Tabla 148. Ensayo Muestra 10 – Límites de Atterberg.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBAIO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
				<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>		
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES INDICE Y MECANICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RIO VERDE, CANTON BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2			
<b>VÍA:</b>	VISCAYA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6			
<b>MUESTRA:</b>	1	<b>COORDENADAS:</b>	788508.721	9851053.08		
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías			
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>						
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-71; INEN 691</b>						
Recipiente N°	D-3	4B	13-C	A-2	1-T	8-T
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	27.49	31.58	11.27	4.35	30.42	11.43
Peso S.H.+Peso rec (W <sub>m</sub> +W <sub>r</sub> )	41.92	43.67	21.98	17.39	41.22	23.13
Peso S.S.+Peso rec (W <sub>s</sub> +W <sub>r</sub> )	36.06	38.94	17.57	11.92	36.62	17.95
Peso de Agua (W <sub>w</sub> )	5.86	4.73	4.41	5.47	4.60	5.18
Peso muestra seca (W <sub>s</sub> )	8.57	7.36	6.30	7.57	6.20	6.52
Contenido Humedad (ω%)	68.38	64.27	70.00	72.26	74.19	79.45
Promedio (ω%)	66.32		71.13		76.82	
N° de golpes	37		20		11	
<b>Límite Líquido LL%</b>	<b>69.6</b>					
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>						
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-59-74; INEN 691</b>						
Recipiente N°	A-8		A-5		A-3	
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	4.34		4.33		4.30	
Peso suelo húmedo + P. Recipiente (W <sub>m</sub> +W <sub>r</sub> )	5.98		6.86		6.12	
Peso suelo seco + P. Recipiente (W <sub>s</sub> +W <sub>r</sub> )	5.34		5.87		5.40	
Peso de Agua (W <sub>w</sub> )	0.64		0.99		0.72	
Peso muestra seca W <sub>s</sub>	1.00		1.54		1.10	
Contenido de humedad w% = 100W <sub>w</sub> /W <sub>s</sub>	64.00		64.29		65.45	
<b>Promedio W<sub>w</sub>% (LP)</b>	<b>64.58</b>					
<b>ÍNDICE PLÁSTICO</b>						
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-71; INEN 691</b>						
<b>IP = LL - LP</b>	<b>5.02</b>					



Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.


Tabla 149. Ensayo Muestra 10 – Análisis Granulométrico.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
		<b>NORMA: AASHIOT-87-70 Y T-88-70; ASIMD-421-58 Y D-422-63</b>					
<b>1. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS</b>							
TAMIZ	mm	PESORET.	PESORET/ACUM	%RETIENIDO	%QUEPASA		
			0.00	0.00	100.00		
Nº4	4.76	1.60	1.60	0.51	99.49		
Nº8	2.38	10.60	12.20	3.88	96.12		
Nº10	2.00	5.20	17.40	5.53	94.47		
Nº16	1.19	15.80	33.20	10.55	89.45		
Nº30	0.60	28.20	61.40	19.52	80.48		
Nº40	0.42	16.00	77.40	24.60	75.40		
Nº50	0.30	15.80	93.20	29.63	70.37		
Nº60	0.25	5.20	98.40	31.28	68.72		
Nº100	0.15	10.80	109.20	34.71	65.29		
Nº200	0.07	43.00	152.20	48.38	51.62		
FUENTE	0.03	155.38	307.58	97.77	2.23		
TOTAL		152.20					
PESO CUARTERO ANTES DEL LAVADO:				533			
PESO SECO:				314.58			
<b>2. CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU</b>							
PESO REC + S.H		174.44		PESO TOTAL MUESTRA S.H	533		
PESO REC + S.S		120.75		PESO TOTAL MUESTRA S.S	314.58		
PESO REC		43.42					
PESO AGUA		53.69					
PESO SUELO		77.33					
w%		69.43					
<b>3. GRÁFICA - DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA</b>							
							
<b>4. COEFICIENTES DEL SUELO</b>							
	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>c</sub>		
	0.010	0.027	0.12	12.00	0.61		
<b>5. LÍMITES DE ATTERBERG / CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>							
Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plástico	Índice de Grupo	CLASIFICACIÓN SUELO			
LL	LP	IP	IG	SISTEMAS			
69.6	64.58	5.02	5.10	AASHIO	SUCS		
				A-5	MH		

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

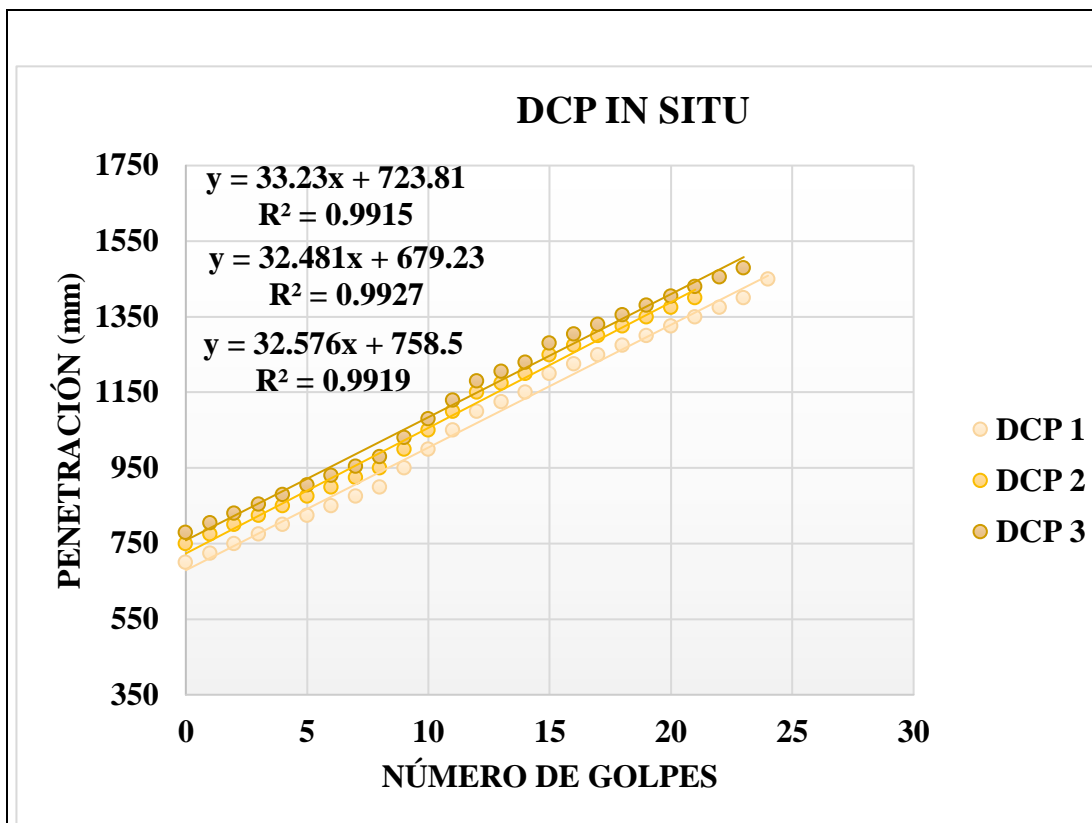


Tabla 150. Ensayo Muestra 10 – DCP.

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>		
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>		
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>		
	<b>DCP</b>		
<b>PROYECTO :</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	VISCAYA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	1
<b>MUESTRA:</b>	1	<b>COORDENADAS:</b>	788508.721 9851053.08 2
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMAS: ASTM D - 6951 - 03</b>			

N° GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
0	700	750	780
1	725	775	805
2	750	800	830
3	775	825	855
4	800	850	880
5	825	875	905
6	850	900	930
7	875	925	955
8	900	950	980
9	950	1000	1030

10	1000	1050	1080
11	1050	1100	1130
12	1100	1150	1180
13	1125	1175	1205
14	1150	1200	1230
15	1200	1250	1280
16	1225	1275	1305
17	1250	1300	1330
18	1275	1325	1355
19	1300	1350	1380
20	1325	1375	1405
21	1350	1400	1430
22	1375		1455
23	1400		1480
24	1450		





DN (mm/golpe)		DN (Prom)
1	33.23	32.76
2	32.48	
3	32.57	

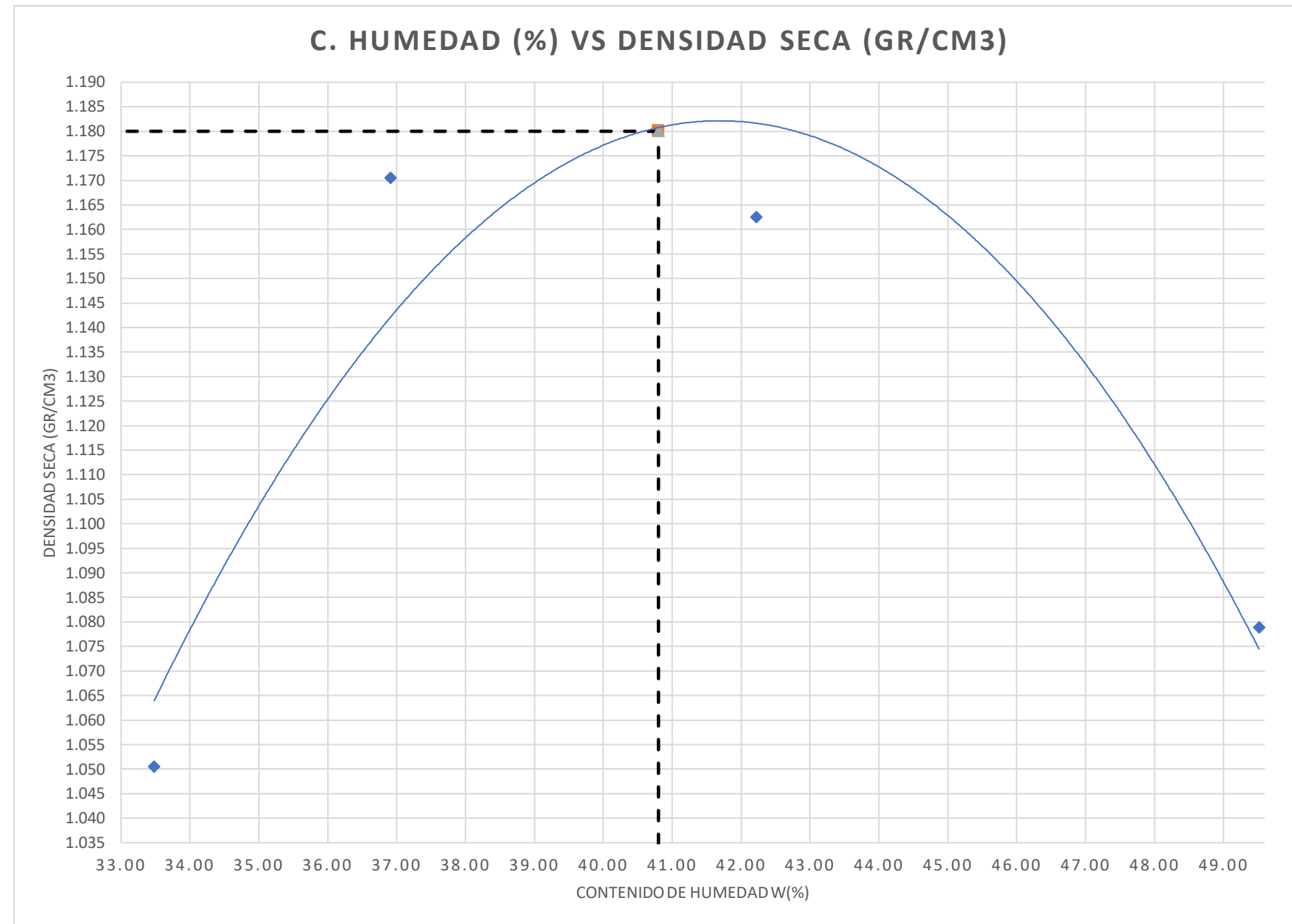
*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



**Tabla 151. Ensayo Muestra 10 – Compactación - Próctor.**

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>							
		<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>							
		<b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>							
		<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PRÓCTOR MODIFICADO-B"</b>							
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.								
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA		<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2					
<b>VÍA:</b>	VISCAYA		<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6					
<b>MUESTRA:</b>	1		<b>COORDENADAS:</b>	788508.721				9851053.082	
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez		<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías					
<b>NORMAS: AASHTO T-180; ASTM D1557; INEN 860</b>									
<b>ESPECIFICACIONES</b>									
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde (gr)		5440			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde (cm3)		2114			
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHTO	T-180	ASTM	D1557	INEN	860	
Peso Inicial Deseado	5000		5000		5000		5000		
<b>1. PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>									
Ensayo Número	1	2	3	4					
Humedad inicial Añadida en %	0	3	6	9					
Humedad inicial Añadida en %	0	150	300	450					
P. molde + suelo húmedo (gr)	8404	8837.8	8964.8	8850					
Peso suelo húmedo Wm (gr)	2964	3397.8	3524.8	3410					
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm3)	1.402	1.607	1.667	1.613					
<b>2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>									
Recipiente Número	D-1	T-1	4-A	D-2	H-2	P-5	C-7	C-1	
Peso del Recipiente $W_r$	43.85	43.55	46.62	46.32	43.46	43.16	41.97	41.67	
Recipiente + suelo húmedo $W_r+W_m$	201.80	213.50	166.09	176.09	153.53	165.93	215.07	227.57	
Recipiente + suelo seco $W_s+W_m$	160.47	169.07	132.86	139.96	120.87	129.47	157.58	166.18	
Peso sólidos $W_s$	116.62	125.52	86.24	93.64	77.41	86.31	115.61	124.51	
Peso del agua $W_w$	41.33	44.43	33.23	36.13	32.66	36.46	57.49	61.39	
Contenido de Humedad w%	35.44	35.40	38.53	38.58	42.19	42.24	49.73	49.31	
Promedio Contenido de Humedad w%	35.42		38.56		42.22		49.52		
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm3)	1.035		1.160		1.172		1.079		



**3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA**



DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm3)=	<b>1.180</b>	HUMEDAD ÓPTIMA % =	<b>40.8</b>
Gc (%)=	<b>78.452</b>		



*Autor:* Silvia Paulina Sánchez Ch.

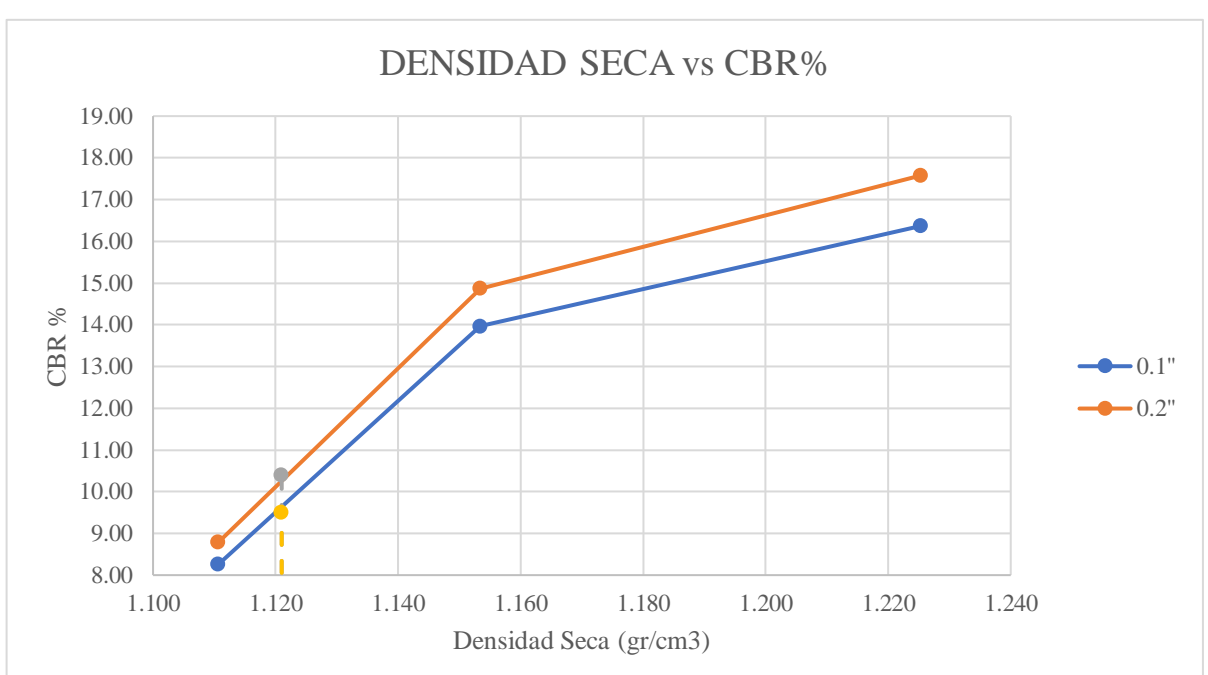
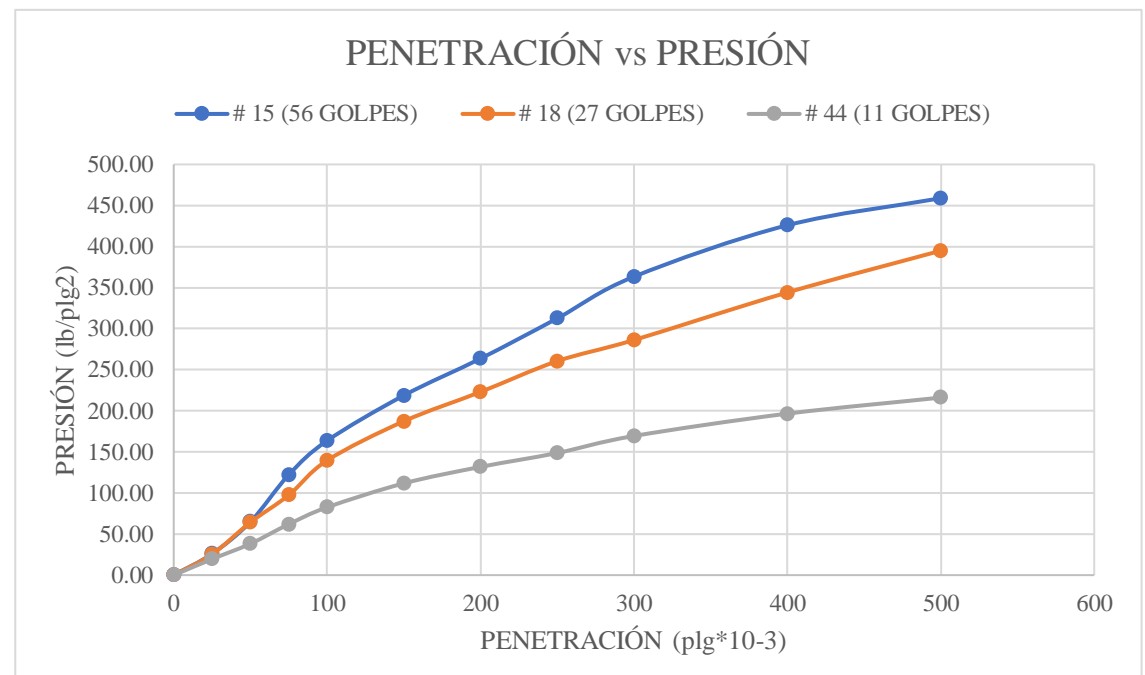
Tabla 152. Ensayo Muestra 10 – Compactación CBR.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR" NORMAS: AASHIOT-183; ASIMDI883-99;						
ESPECIFICACIONES								
MOLDE N° 12								
N° de golpes	56	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	6458.4	gr		
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2091.09	cm <sup>3</sup>		
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>50437.13</b>							
MOLDE N° 11								
N° de golpes	27	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	6431	gr		
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2091.09	cm <sup>3</sup>		
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>24317.9</b>							
MOLDE N° 10								
N° de golpes	11	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	6419.6	gr		
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2091.09	cm <sup>3</sup>		
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>9907.29</b>							
Contenido de Humedad óptimo (w% OPTIMO)	<b>40.8</b>	Densidad seca máxima (gr/cm <sup>3</sup> )				<b>1.18</b>		
PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO								
N° MOLDE	#12	#11	#10					
N° DE CAPAS	5	5	5					
N° DE GOLPES POR CAPA	56	27	11					
CONDICIONES DEL ENSAYO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO		
Wm+Vbde (gr)	10331.20	10474.70	10096.40	10153.60	10016.60	10092.00		
PESO MUESTRA HUMEDA (gr)	3872.80	4016.30	3665.40	3722.60	3597.00	3672.40		
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.852	1.921	1.753	1.780	1.720	1.756		
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.225	1.226	1.169	1.138	1.121	1.100		
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm <sup>3</sup> )	1.225		1.153		1.111			
CONTENIDO DE HUMEDAD								
N° RECIPIENTE	M8	D5	6T	4A	P4	C2		
PESO HUMEDO + RECIP Wm+rec (gr)	297.51	211.65	191.21	150.58	248.58	185.43		
PESO SECO + RECIP Ws+rec (gr)	228.61	158.85	142.68	113.06	179.13	134.34		
PESO RECIP rec (gr)	94.11	65.66	45.5	46.61	49.05	48.72		
PESO DEL AGUA Ww (gr)	68.9	52.8	48.53	37.52	69.45	51.09		
PESO SÓLIDOS Ws (gr)	134.5	93.19	97.18	66.45	130.08	85.62		
CONTENIDO DE HUMEDAD %	51.23	56.66	49.94	56.46	53.39	59.67		
AGUA ABSORBIDA %	5.43		6.53		6.28			

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 153. Ensayo Muestra 10 – Compactación CBR - Puntual.



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR"																	
		PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.																	
		PARROQUIA:		ULBA		CAPA VEGETAL:		0.2		VIA:				VISCAYA		PROFUNDIDAD:		0.6	
		MUESTRA:		1		COORDENADAS:		788508.721		9851053.082				REALIZADO POR:		Silvia Sánchez		REVISADO POR:	
NORMAS: ASIM D-1883 ESPONIAMIENTO Y PENETRACION																			
ESPONIAMIENTO (LECTURADIAL en Pgs*10-2)																			
MOLDE NUMERO			12				11				10								
FECHA	TIEMPO		LECTDIAL	h	ESPONJ		LECTDIAL	h	ESPONJ		LECTDIAL	h	ESPONJ						
DÍA Y MES	HORA	DIAS	Pgs.	Mus Pgs.	Pgs. *10-2	%	Pgs.	Mus Pgs.	Pgs. *10-2	%	Pgs.	Mus Pgs.	Pgs. *10-2	%					
22/3/2021	18:10	0	0.15	5	0	0	0.02	5	0	0	0.06	5	0	0					
23/3/2021	18:00	1	0.17		1.57	0.31	0.03		1.77	0.35	0.08		2.38	0.48					
24/3/2021	7:35	2	0.19		3.54	0.71	0.05		3.70	0.74	0.11		4.76	0.95					
ENSAYO DE CARGA PENETRACION (CONSTANIE DE CELDA 2.204 LB AREA DEL PISTON: 3p2)																			
MOLDE NUMERO			12				11				10								
TIEMPO		PENET.	QLECT	PRESIONES		CBR	QLECT	PRESIONES		CBR	QLECT	PRESIONES		CBR					
MIN	SEG	"10-3	DIAL	LEIDA	CORG		DIAL	LEIDA	CORG		DIAL	LEIDA	CORG						
		0	0.00	0.00			0	0			0	0							
0	30	25	35.30	25.93			34.7	25.49293			26.6	19.54213							
1	0	50	88.30	64.87			87.6	64.3568			52.1	38.27613							
1	30	75	166.30	122.18			132.6	97.4168			84.4	62.00587							
2	0	100	222.80	163.68	163.68	16.36837	190.1	139.6601	139.66	13.96601	112.4	82.57653	82.58	8.257653					
3	0	150	297.80	218.78			255	187.34			152.1	111.7428							
4	0	200	358.90	263.67	263.67	17.57812	303.6	223.0448	223.04	14.86965	179.4	131.7992	131.80	8.786613					
5	0	250	425.50	312.60			354.6	260.5128			202.4	148.6965							
6	0	300	494.60	363.37			389.6	286.2261			230.6	169.4141							
8	0	400	579.80	425.96			468.4	344.1179			267.6	196.5968							
10	0	500	624.60	458.87			537.6	394.9568			294.2	216.1389							
CBR corregido						16.36837					13.96601	8.257653							



DENSIDADES			RESISIENCIAS			DENSIDADMAX		95%DEDM		CBR'0.1'		CBR'0.2'	
			0,1"	in	0,2"								
56 GOLFES	1.225	gr/cm3	16.37	%	17.58			1.18		95		10.40	
27 GOLFES	1.153	gr/cm4	13.97	%	14.87			1.121				10.40	
11 GOLFES	1.111	gr/cm5	8.26	%	8.79							10.40%	



*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

Tabla 154. Ensayo Muestra 11 – Contenido de humedad In- Situ.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> 			
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>			
<b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	VISCAYA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	2	<b>COORDENADAS:</b>	788525.806   9850920.268
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: AASHTO T 265 2015; ASTM: S2216-71 ; ASTM parte N° 19</b>			
<b>RECIPIENTE N°</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>W-2</b>	<b>T-1</b>
PESO MUESTRA HÚMEDA + RECIPIENTE (gr)	WM	192.75	203.65
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	WS	128.46	137.86
PESO RECIPIENTE (gr)	Wrec	53.37	54.67
PESO AGUA (gr)	W $\omega$	64.29	65.79
PESO SÓLIDOS (gr)	Ws	75.09	83.19
$\omega$ %		85.62	79.08
PROMEDIO $\omega$ %		82.35	

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



Tabla 155. Ensayo Muestra 11 – Gravedad Específica.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	VISCAYA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	2	<b>COORDENADAS:</b>	788525.806   9850920.268
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58; INEN</b>			
<b>Picnómetro N°</b>			ISO 06-14
<b>Temperatura del agua + suelo</b>			27.7
<b>Recipiente N°</b>			# 5
<b>Peso del recipiente + suelo seco</b>			124.02
<b>Peso del recipiente (Wr)</b>			76.28
<b>Peso del suelo seco (Ws)</b>			47.74
<b>Peso picnómetro + agua (Wbw)</b>			345.56
<b>Ws+Wbw</b>			393.3
<b>Peso picnómetro + agua + suelo (Wbws)</b>			375.09
<b>Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws</b>			18.21
<b>Factor de correlación por temperatura K</b>			0.99636
<b>Gravedad específica (Gs)</b>			2.61

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.





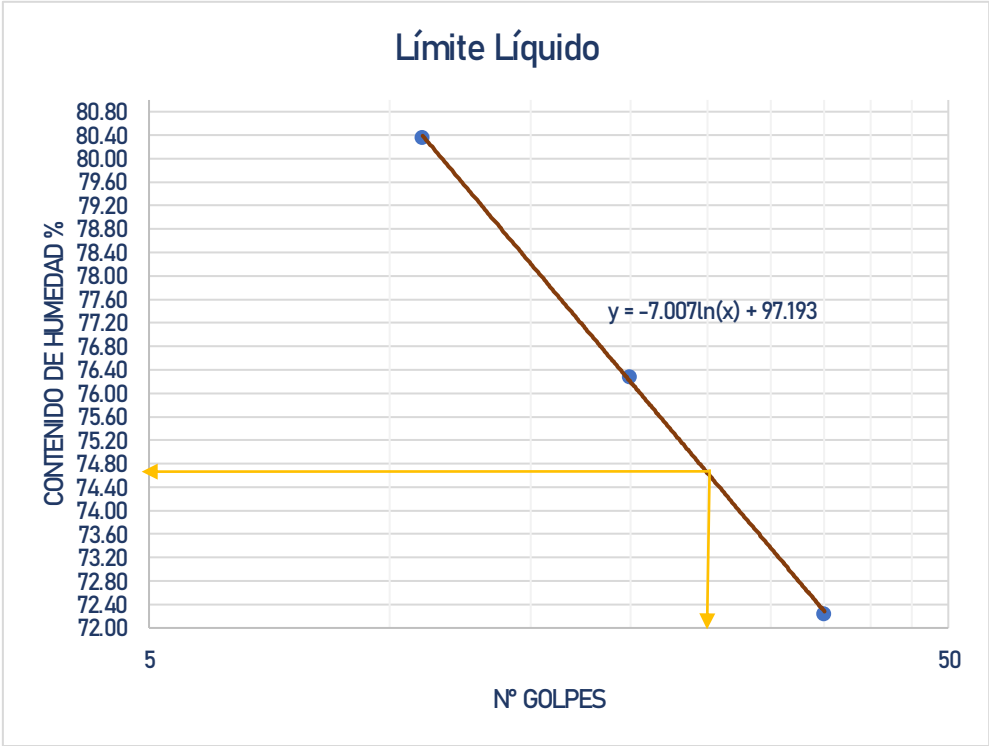
Tabla 156. Ensayo Muestra 11 – Método cono y arena.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>MÉTODO CONO Y ARENA</b> 			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RIO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	VISCAYA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	2	<b>COORDENADAS:</b>	788525.806   9850920.268
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: INVE - 161 - 07</b>			
<b>1) DETERMINACION DEL PESO SUELO EXTRAÍDO</b>			
Peso suelo + recipiente (gr)	950.88		
Peso recipiente (Funda) (gr)	7.35		
Peso del suelo ( <b>W<sub>m</sub></b> ) (gr)	943.53		
<b>2) DETERMINACION DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO</b>			
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)	4416.20		
Lectura final frasco + cono + arena (gr)	1880.00		
Peso arena en el cono (gr)	1606.20		
Peso arena en el hueco (gr)	930.00		
Calibración de la arena de Ottawa (gr/cm <sup>3</sup> )	1.489		
Volumen del hueco <b>V<sub>m</sub></b> (cm <sup>3</sup> )	624.58		
<b>3) DETERMINACION DEL ω%</b>			
Recipiente N°	#20	#4	
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)	476.30	457.00	
Peso muestra seca + recipiente (gr)	321.16	310.06	
Peso recipiente (gr)	133.10	131.80	
Peso agua <b>W<sub>ω</sub></b> (gr)	155.14	146.94	
Pesos sólidos <b>W<sub>s</sub></b> (gr)	188.06	178.26	
ω%	82.49	82.43	
PROMEDIO ω%	82.46		
<b>4) CALIBRACION DEL CONO</b>			
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)	1606.20		
<b>5) CALIBRACION DE LA ARENA DE OTTAWA</b>			
Densidad sand (gr/cm <sup>3</sup> )	1.489		
<b>6) DETERMINACION DE LAS FASES DEL SUELO</b>			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos	V <sub>v</sub> =	147.03	-
V <sub>a</sub> =	W <sub>a</sub> =	0.09	0.00
V <sub>w</sub> =	W <sub>w</sub> =	146.94	146.94
V <sub>s</sub> =	W <sub>s</sub> =	68.24	178.26
V <sub>m</sub> =	W <sub>m</sub> =	215.27	325.20
<b>7) DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES INDICES DEL SUELO</b>			
Peso Volumétrico del suelo (γ <sub>m</sub> ) (densidad húmeda)	1.51		gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca (γ <sub>d</sub> )	0.83		gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad ω%	82.46		%
Relación de vacíos e = V <sub>v</sub> /V <sub>s</sub>	2.15		natural
Porosidad r% = V <sub>v</sub> /V <sub>m</sub> *100	68.30		%
Grado de Saturación de agua G <sub>ω</sub> % = V <sub>w</sub> /V <sub>v</sub> *100	99.94		%
Grado de Saturación de aire G <sub>a</sub> % = V <sub>a</sub> /V <sub>v</sub> *100	0.06		%

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.



Tabla 157. Ensayo Muestra 11 – Límites de Atterberg.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>						
<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>						
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES INDICE Y MECANICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RIO VERDE, CANTON BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	02			
<b>VÍA:</b>	VISCAYA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6			
<b>MUESTRA:</b>	2	<b>COORDENADAS:</b>	788525.806   9850920.27			
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías			
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>						
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-71; INEN 691</b>						
Recipiente N°	M3	M1	4B	11-B	1-T	1-D
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	23.88	23.90	31.59	26.91	30.32	33.04
Peso S.H + Peso rec (W <sub>m</sub> + W <sub>r</sub> )	35.17	34.57	43.37	38.01	40.06	43.57
Peso S.S + Peso rec (W <sub>s</sub> + W <sub>r</sub> )	30.44	30.09	38.28	33.20	35.71	38.89
Peso de Agua (W <sub>w</sub> )	4.73	4.48	5.09	4.81	4.35	4.68
Peso muestra seca (W <sub>s</sub> )	6.56	6.19	6.69	6.29	5.39	5.85
Contenido Humedad (ω%)	72.10	72.37	76.08	76.47	80.71	80.00
Promedio (ω%)	72.24		76.28		80.35	
N° de golpes	<b>35</b>		<b>20</b>		<b>11</b>	
<b>Límite Líquido LL%</b>	<b>74.7</b>					
						
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>						
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-59-74; INEN 691</b>						
Recipiente N°	<b>P-6</b>		<b>M4</b>		<b>E-1</b>	
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	4.26		4.35		4.27	
Peso suelo húmedo + P. Recipiente (W <sub>m</sub> + W <sub>r</sub> )	5.50		5.33		5.40	
Peso suelo seco + P. Recipiente (W <sub>s</sub> + W <sub>r</sub> )	4.99		4.92		4.94	
Peso de Agua (W <sub>w</sub> )	0.51		0.41		0.46	
Peso muestra seca W <sub>s</sub>	0.73		0.57		0.67	
Contenido de humedad w% = 100W <sub>w</sub> /W <sub>s</sub>	69.86		71.93		68.66	
<b>Promedio W<sub>w</sub>% (LP)</b>	<b>70.15</b>					
<b>ÍNDICE PLÁSTICO</b>						
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-71; INEN 691</b>						
<b>IP = LL - LP</b>	<b>455</b>					


Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 158. Ensayo Muestra 11 – Análisis Granulométrico.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		NORMA: AASHIOT-87-70 Y T-88-70; ASIMD-421-58 Y D-422-63			
<b>1. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS</b>					
TAMIZ	mm	PESO RET.	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUE PASA
			0.00	0.00	100.00
Nº4	4.76	0.20	0.20	0.07	99.93
Nº8	2.38	0.40	0.60	0.21	99.79
Nº10	2.00	0.40	1.00	0.35	99.65
Nº16	1.19	2.00	3.00	1.04	98.96
Nº30	0.60	9.60	12.60	4.39	95.61
Nº40	0.42	15.80	28.40	9.89	90.11
Nº50	0.30	28.40	56.80	19.78	80.22
Nº60	0.25	20.20	77.00	26.82	73.18
Nº100	0.15	52.00	129.00	44.92	55.08
Nº200	0.07	32.00	161.00	56.07	43.93
FUENTE	0.03	117.75	278.75	97.07	2.93
TOTAL		161.00			
PESO CUARTERO ANTES DEL LAVADO:				533	
PESO SECO:				287.15	
<b>2. CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU</b>					
PESO REC + S.H		192.75		PESO TOTAL MUESTRA S.H	533
PESO REC + S.S		128.46		PESO TOTAL MUESTRA S.S	287.15
PESO REC		53.37			
PESO AGUA		64.29			
PESO SUELO		75.09			
$\omega\%$		85.62			
<b>3. GRÁFICA - DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA</b>					
<b>4. COEFICIENTES DEL SUELO</b>					
	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>c</sub>
	0.012	0.035	0.18	15.00	0.57
<b>5. LÍMITES DE ATTERBERG / CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>					
Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plástico	Índice de Grupo	CLASIFICACIÓN SUELO	
LL	LP	IP	IG	SISTEMAS	
74.7	70.15	4.55	3.30	AASHIO	SUCS
				A-5	MH

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 159. Ensayo Muestra 11 – DCP.

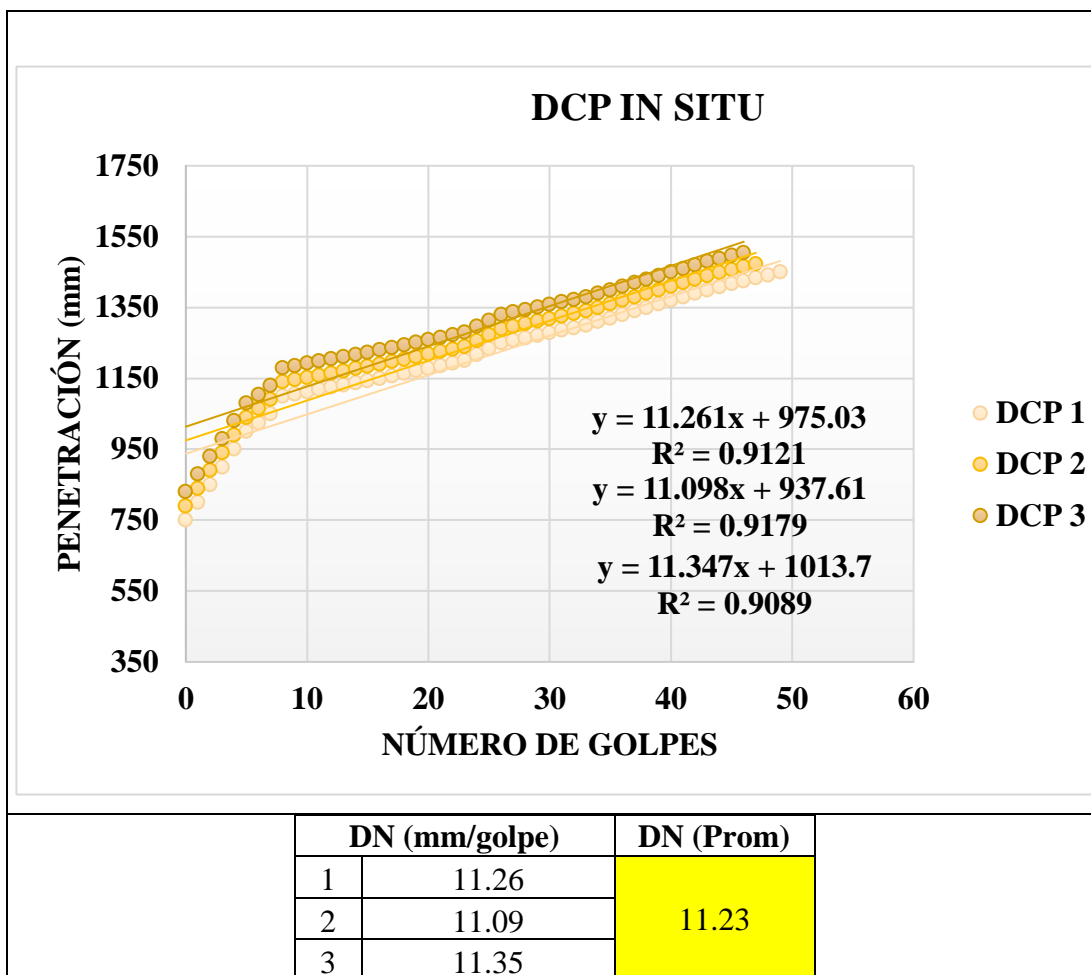
	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>			
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
	<b>DCP</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
<b>PARROQUIA</b> :	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2	
<b>VÍA:</b>	VISCAYA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	1	
<b>MUESTRA:</b>	2	<b>COORDENADAS:</b>	788525.806	9850920.268
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías	
<b>NORMAS: ASTM D - 6951 - 03</b>				

N° GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
0	750	790	830
1	800	840	880
2	850	890	930
3	900	940	980
4	950	990	1030
5	1000	1040	1080
6	1025	1065	1105
7	1050	1090	1130
8	1100	1140	1180
9	1106	1146	1186
10	1113	1153	1193
11	1119	1159	1199
12	1125	1165	1205
13	1131	1171	1211
14	1138	1178	1218
15	1144	1184	1224
16	1150	1190	1230
17	1157	1197	1237

18	1164	1204	1244
19	1171	1211	1251
20	1179	1219	1259
21	1186	1226	1266
22	1193	1233	1273
23	1200	1240	1280
24	1217	1257	1297
25	1233	1273	1313
26	1250	1290	1330
27	1257	1297	1337
28	1264	1304	1344
29	1271	1311	1351
30	1279	1319	1359
31	1286	1326	1366
32	1293	1333	1373
33	1300	1340	1380
34	1310	1350	1390
35	1320	1360	1400
36	1330	1370	1410
37	1340	1380	1420
38	1350	1390	1430
39	1360	1400	1440
40	1370	1410	1450
41	1380	1420	1460



42	1390	1430	1470
43	1400	1440	1480
44	1408	1448	1488
45	1417	1457	1497

46	1425	1465	1505
47	1433	1473	
48	1442		
49	1450		

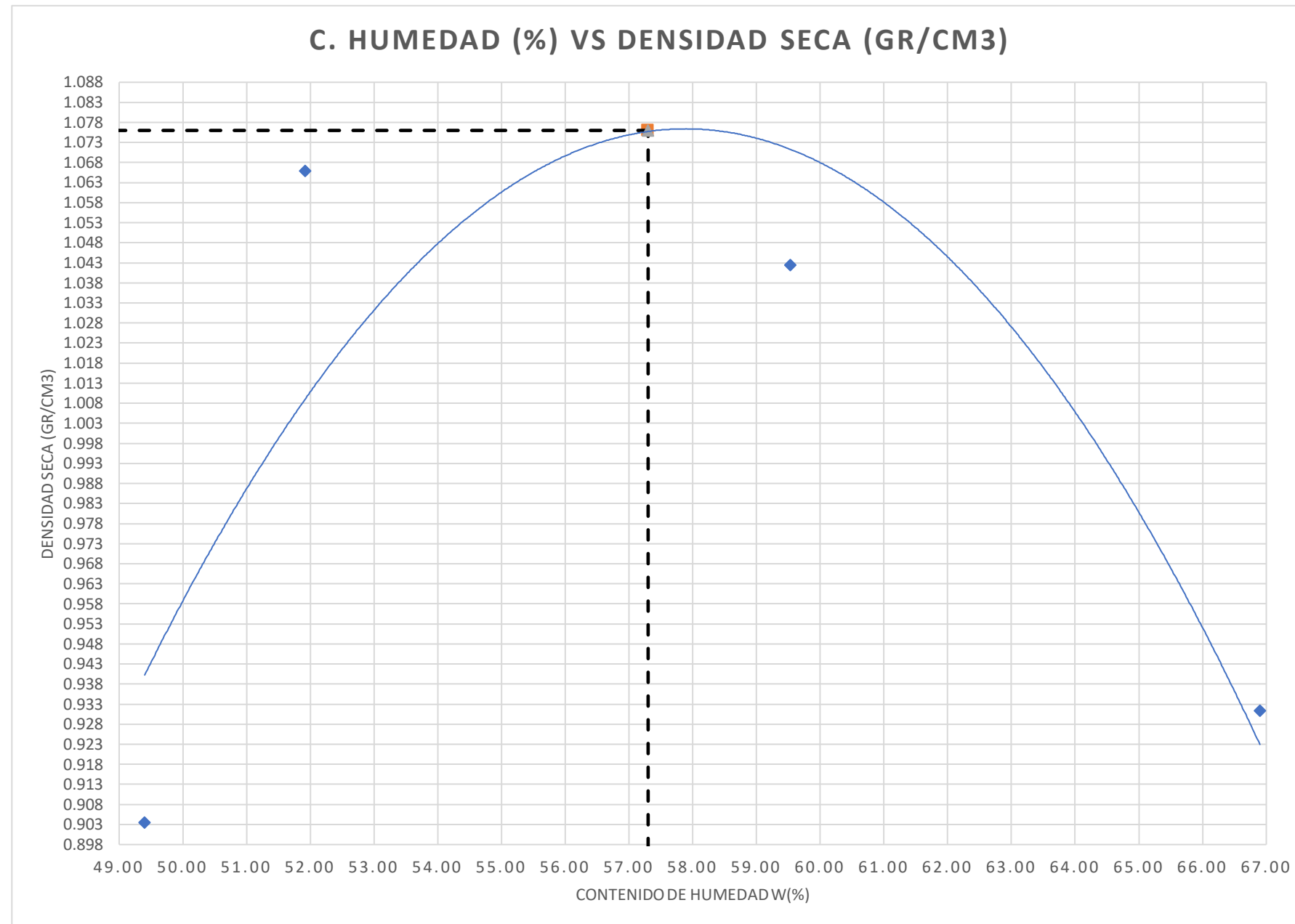


*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

Tabla 160. Ensayo Muestra 11 – Compactación - Próctor.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO							
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA							
		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
		ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PROCTOR MODIFICADO B"							
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.								
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>		0.2					
<b>VÍA:</b>	VISCAYA	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.6					
<b>MUESTRA:</b>	2	<b>COORDENADAS:</b>		788525.806		9850920.27			
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>		Ing. Alex Frías					
<b>NORMAS: AASHIOT-180; ASIMDI557; INEN 860</b>									
<b>ESPECIFICACIONES</b>									
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde (gr)	5440				
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2114				
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHIOT-180	ASIM	DI557	INEN	860		
Peso Inicial Deseado	5000		5000		5000		5000		
<b>1. PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>									
Ensayo Número	1		2		3		4		
Humedad inicial Añadida en%	0		6		12		18		
Humedad inicial Añadida en%	0		300		600		900		
P. molde + suelo húmedo (gr)	8293.4		8953.4		8955.8		8726.3		
Peso suelo húmedo W <sub>m</sub> (gr)	2853.4		3513.4		3515.8		3286.3		
Peso unitario húmedo γ <sub>m</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	1.350		1.662		1.663		1.555		
<b>2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>									
Recipiente Número	C-6	H-1	W-2	1P	H-2	C-1	M-1	P-5	
Peso del Recipiente W <sub>r</sub>	49.86	49.56	60.34	60.04	48.38	48.08	99.63	99.33	
Recipiente + suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	184.42	197.02	184.56	197.36	138.80	152.20	263.92	277.02	
Recipiente + suelo seco W <sub>s</sub> +W <sub>m</sub>	139.80	148.40	140.27	148.87	103.42	112.02	197.65	206.25	
Peso sólidos W <sub>s</sub>	89.94	98.84	79.93	88.83	55.04	63.94	98.02	106.92	
Peso del agua W <sub>w</sub>	44.62	48.62	44.29	48.49	35.38	40.18	66.27	70.77	
Contenido de Humedad w%	49.61	49.19	55.41	54.59	64.28	62.84	67.61	66.19	
Promedio Contenido de Humedad w%	49.40		55.00		63.56		66.90		
Peso Volumétrico Seco γ <sub>d</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	0.903		1.072		1.017		0.931		

### 3. DETERMINACION GRAFICA DE LA DENSIDAD MAXIMA Y HUMEDAD OPTIMA



DENSIDAD SECA MÁX  
(gr/cm<sup>3</sup>)=  
G<sub>c</sub> (%)=

**1.076**  
**76.945**



HUMEDAD  
ÓPTIMA % =

**56.7**

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



Tabla 161. Ensayo Muestra 11 – Compactación CBR.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR" NORMAS: AASHIOT-183; ASIMDI 83-99; ESPECIFICACIONES						
<b>MOLDEN° 15</b>								
N° de golpes	56	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	5795.8	gr		
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2081	cm <sup>3</sup>		
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>50437.13</b>							
<b>MOLDEN° 18</b>								
N° de golpes	27	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	5907.6	gr		
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2081	cm <sup>3</sup>		
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>24317.9</b>							
<b>MOLDEN° 44</b>								
N° de golpes	11	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	5717.6	gr		
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2081	cm <sup>3</sup>		
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>9907.29</b>							
Contenido de Humedad óptimo (w% OPTIMO)	<b>56.7</b>	Densidad seca máxima (gr/cm <sup>3</sup> )				<b>1.076</b>		
<b>PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO</b>								
N° MOLDE	#15	#18	#44					
N° DE CAPAS	5	5	5					
N° DE GOLPES POR CAPA	56	27	11					
CONDICIONES DEL ENSAYO	<b>ANTES DEL REMOJO</b>	<b>DESPUÉS DEL REMOJO</b>	<b>ANTES DEL REMOJO</b>	<b>DESPUÉS DEL REMOJO</b>	<b>ANTES DEL REMOJO</b>	<b>DESPUÉS DEL REMOJO</b>		
<b>Wm+Molde (gr)</b>	9435.20	9505.40	9406.80	9539.60	9094.80	9331.00		
<b>PESO MUESTRA HUMEDA (gr)</b>	3639.40	3709.60	3499.20	3632.00	3377.20	3613.40		
<b>DENSIDAD HUMEDA (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.749	1.783	1.681	1.745	1.623	1.736		
<b>DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.111	1.079	1.060	1.044	1.008	1.017		
<b>DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.095</b>		<b>1.052</b>		<b>1.013</b>			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>								
N° RECIPIENTE	<b>W-2</b>	<b>2-F</b>	<b>M-1</b>	<b>W-1</b>	<b>R-5</b>	<b>R-6</b>		
<b>PESO HUMEDO + RECIP Wm+rec (gr)</b>	228.49	171.2	235.67	233.51	182.66	167.34		
<b>PESO SECO + RECIP Ws+rec (gr)</b>	164.63	122.24	183.16	177.31	129.74	115.86		
<b>PESO RECIP rec (gr)</b>	53.28	47.11	93.6	93.57	43.05	43.02		
<b>PESO DEL AGUA Ww (gr)</b>	63.86	48.96	52.51	56.2	52.92	51.48		
<b>PESO SÓLIDOS Ws (gr)</b>	111.35	75.13	89.56	83.74	86.69	72.84		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD %</b>	<b>57.35</b>	<b>65.17</b>	<b>58.63</b>	<b>67.11</b>	<b>61.05</b>	<b>70.68</b>		
<b>AGUA ABSORBIDA %</b>	7.82		8.48		9.63			

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 162. Ensayo Muestra 11 – Compactación CBR Puntual.





		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR"															
<b>PROYECTO:</b>		CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUAS SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.															
<b>PARROQUIA:</b>		ULBA				<b>CAPA VEGETAL:</b>				02							
<b>VÍA:</b>		VISCAYA				<b>PROFUNDIDAD:</b>				0.6							
<b>MUESTRA:</b>		2				<b>COORDENADAS:</b>				788525.806		9850920.268					
<b>REALIZADO POR:</b>		Silvia Sánchez				<b>REVISADO POR:</b>				Ing. Alex Frías							
<b>NORMAS: ASIMD-1883 ESPONIAMIENTO Y PENEIRACION</b>																	
<b>ESPONIAMIENTO (LECTURA DIAL en Pgs*10-2)</b>																	
<b>MOLDE NUMERO</b>			<b>15</b>				<b>18</b>				<b>44</b>						
<b>FECHA</b>		<b>TIEMPO</b>	<b>LECT DIAL</b>		<b>h</b>		<b>ESPONJ</b>		<b>LECT DIAL</b>		<b>h</b>		<b>ESPONJ</b>				
<b>DÍA Y MES</b>	<b>HORA</b>	<b>DIAS</b>	<b>Pgs.</b>	<b>Mus Pgs</b>	<b>Pgs. *10-2</b>	<b>%</b>	<b>Pgs.</b>	<b>Mus Pgs</b>	<b>Pgs. *10-2</b>	<b>%</b>	<b>Pgs.</b>	<b>Mus Pgs</b>	<b>Pgs. *10-2</b>	<b>%</b>			
24/3/2021	18:10	0	0.11	5	0	0	0.03	5	0	0	0.04	5	0	0			
25/3/2021	18:00	1	0.11		0.31	0.06	0.04		0.28	0.06	0.05		0.79	0.16			
26/3/2021	7:35	2	0.11		0.63	0.13	0.05		1.30	0.26	0.07		2.28	0.46			
<b>ENSAYO DE CARGA PENEIRACION (CONSTANIE DE CELDA 2.204 LB AREA DEL PISTON: 3p2)</b>																	
<b>MOLDE NUMERO</b>			<b>15</b>				<b>18</b>				<b>44</b>						
<b>TIEMPO</b>		<b>PENET.</b>	<b>QLECT</b>		<b>PRESIONES</b>		<b>CBR</b>	<b>QLECT</b>		<b>PRESIONES</b>		<b>CBR</b>	<b>QLECT</b>		<b>PRESIONES</b>		<b>CBR</b>
<b>MIN</b>	<b>SEG</b>	<b>'10-3</b>	<b>DIAL</b>	<b>LEIDA</b>	<b>CORG</b>	<b>lb/plg2</b>	<b>%</b>	<b>DIAL</b>	<b>LEIDA</b>	<b>CORG</b>	<b>lb/plg2</b>	<b>%</b>	<b>DIAL</b>	<b>LEIDA</b>	<b>CORG</b>	<b>lb/plg2</b>	<b>%</b>
		0	0.00	0.00				0	0				0	0			
0	30	25	47.50	34.90				37.6	27.62347				34.9	25.63987			
1	0	50	132.00	96.98				68.2	50.10427				51.2	37.61493			
1	30	75	160.30	117.77				136.2	100.0616				72.3	53.1164			
2	0	100	195.20	143.41	143.41	14.34069		166.9	122.6159	122.62	12.26159		112.4	82.57653	82.58	8.257653	
3	0	150	253.30	186.09				213.6	156.9248				133.6	98.15147			
4	0	200	306.30	225.03	225.03	15.00189		258.8	190.1317	190.13	12.67545		176.6	129.7421	129.74	8.649476	
5	0	250	342.80	251.84				292.7	215.0369				190.8	140.1744			
6	0	300	383.80	281.97				326.6	239.9421				198.8	146.0517			
8	0	400	484.60	356.02				380.6	279.6141				226.2	166.1816			
10	0	500	555.60	408.18				409.8	301.0664				239	175.5853			
CBR corregido						14.34069						12.26159		8.257653			







Tabla 163. Ensayo Muestra 12 – Contenido de humedad In- Situ.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	VISCAYA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	3	<b>COORDENADAS:</b>	788848.73   9850861.26
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: AASHTO T 265 2015; ASTM: S2216-71 ; ASTM parte N° 19</b>			
<b>RECIPIENTE N°</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>4-A</b>	<b>D-1</b>
PESO MUESTRA HÚMEDA + RECIPIENTE (gr)	WM	175.31	186.21
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	WS	156.08	165.48
PESO RECIPIENTE (gr)	Wrec	46.81	48.11
PESO AGUA (gr)	W $\omega$	19.23	20.73
PESO SÓLIDOS (gr)	Ws	109.27	117.37
$\omega$ %		17.60	17.66
PROMEDIO $\omega$ %		17.63	





*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

Tabla 164. Ensayo Muestra 12 – Gravedad Específica.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	VISCAYA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	3	<b>COORDENADAS:</b>	788848.73   9850861.26
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58; INEN</b>			
<b>Picnómetro N°</b>			ISO 06-14
<b>Temperatura del agua + suelo</b>			27.7
<b>Recipiente N°</b>			# 19
<b>Peso del recipiente + suelo seco</b>			157.43
<b>Peso del recipiente (Wr)</b>			107.93
<b>Peso del suelo seco (Ws)</b>			49.5
<b>Peso picnómetro + agua (Wbw)</b>			345.56
<b>Ws+Wbw</b>			395.06
<b>Peso picnómetro + agua + suelo (Wbws)</b>			377.28
<b>Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws</b>			17.78
<b>Factor de correlación por temperatura K</b>			0.99636
<b>Gravedad específica (Gs)</b>			2.77



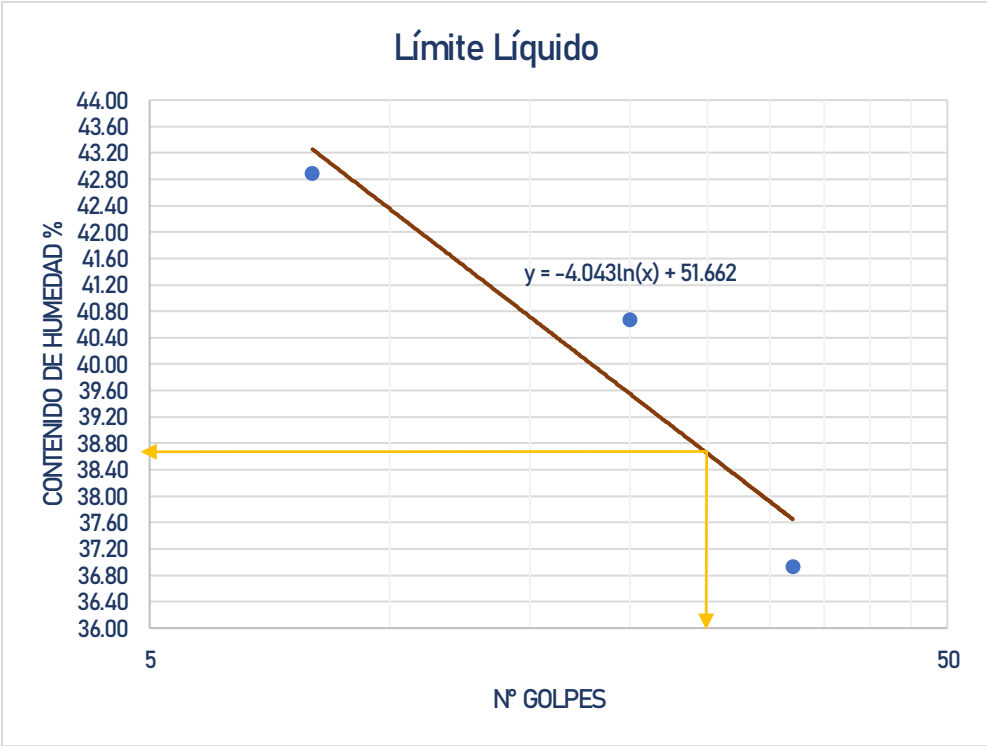
Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 165. Ensayo Muestra 12 – Método cono y arena.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>MÉTODO CONO Y ARENA</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RIO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	02
<b>VÍA:</b>	VISCAYA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6
<b>MUESTRA:</b>	3	<b>COORDENADAS:</b>	788848.73   9850861.26
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMA: INVE - 161 - 07</b>			
<b>1) DETERMINACION DEL PESO SUELO EXTRAÍDO</b>			
Peso suelo + recipiente (gr)		1817.78	
Peso recipiente (Funda)(gr)		7.35	
Peso del suelo ( <b>W<sub>m</sub></b> )(gr)		1810.43	
<b>2) DETERMINACION DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO</b>			
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)		3783.00	
Lectura final frasco + cono + arena (gr)		733.80	
Peso arena en el cono (gr)		1606.20	
Peso arena en el hueco (gr)		1443.00	
Calibración de la arena de ottawa (gr/cm <sup>3</sup> )		1.489	
Volumen del hueco <b>V<sub>m</sub></b> (cm <sup>3</sup> )		969.11	
<b>3) DETERMINACION DEL ω%</b>			
Recipiente N°		#5	#2
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)		611.10	591.80
Peso muestra seca + recipiente (gr)		557.92	541.82
Peso recipiente (gr)		264.10	262.80
Peso agua <b>W<sub>o</sub></b> (gr)		53.18	49.98
Pesos sólidos <b>W<sub>s</sub></b> (gr)		293.82	279.02
ω%		18.10	17.91
PROMEDIO ω%		18.01	
<b>4) CALIBRACION DEL CONO</b>			
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)		1606.20	
<b>5) CALIBRACION DE LA ARENA DE OTTAWA</b>			
Densidad sand (gr/cm <sup>3</sup> )		1.489	
<b>6) DETERMINACION DE LAS FASES DEL SUELO</b>			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos		V <sub>v</sub> =	75.52
V <sub>a</sub> =		W <sub>a</sub> =	25.54
V <sub>w</sub> =		W <sub>w</sub> =	49.98
V <sub>s</sub> =		W <sub>s</sub> =	100.59
V <sub>m</sub> =		W <sub>m</sub> =	176.11
<b>7) DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES INDICES DEL SUELO</b>			
Peso Volumétrico del suelo (γ <sub>m</sub> ) (densidad húmeda)		1.87	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca (γ <sub>d</sub> )		1.58	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad ω%		18.01	%
Relación de vacíos e = V <sub>v</sub> /V <sub>s</sub>		0.75	natural
Porosidad n% = V <sub>v</sub> /V <sub>m</sub> *100		42.88	%
Grado de Saturación de agua G <sub>o</sub> % = V <sub>w</sub> /V <sub>v</sub> *100		66.18	%
Grado de Saturación de aire G <sub>a</sub> % = V <sub>a</sub> /V <sub>v</sub> *100		33.82	%

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 166. Ensayo Muestra 12 – Límites de Atterberg.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 						
<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>						
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES INDICE Y MECANICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RIO VERDE, CANTON BANCOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2			
<b>VÍA:</b>	VISCAYA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6			
<b>MUESTRA:</b>	3	<b>COORDENADAS:</b>	788848.73	9850861.26		
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías			
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>						
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-71; INEN 691</b>						
Recipiente N°	P-5	A-8	A-3	A-4	13-C	M-3
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	4.25	4.34	4.30	4.36	11.27	5.50
Peso S.H + Peso rec (W <sub>m</sub> + W <sub>r</sub> )	16.59	14.93	16.22	15.07	27.07	19.52
Peso S.S + Peso rec (W <sub>s</sub> + W <sub>r</sub> )	13.28	12.06	12.79	11.96	22.32	15.32
Peso de Agua (W <sub>w</sub> )	3.31	2.87	3.43	3.11	4.75	4.20
Peso muestra seca (W <sub>s</sub> )	9.03	7.72	8.49	7.60	11.05	9.82
Contenido Humedad (ω%)	36.66	37.18	40.40	40.92	42.99	42.77
Promedio (ω%)	36.92		40.66		42.88	
N° de golpes	<b>32</b>		<b>20</b>		<b>8</b>	
<b>Límite Líquido LL%</b>	<b>38.7</b>					
						
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>						
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-59-74; INEN 691</b>						
Recipiente N°	A-5		1-A		D-1	
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	4.34		4.21		4.32	
Peso suelo húmedo + P. Recipiente (W <sub>m</sub> + W <sub>r</sub> )	5.47		5.20		5.96	
Peso suelo seco + P. Recipiente (W <sub>s</sub> + W <sub>r</sub> )	5.18		4.96		5.53	
Peso de Agua (W <sub>w</sub> )	0.29		0.24		0.43	
Peso muestra seca W <sub>s</sub>	0.84		0.75		1.21	
Contenido de humedad w% = 100W <sub>w</sub> /W <sub>s</sub>	34.52		32.00		35.54	
<b>Promedio W<sub>p</sub>% (LP)</b>	<b>34.02</b>					
<b>ÍNDICE PLÁSTICO</b>						
<b>NORMA: AASHIOT-90-70; ASIMD-424-71; INEN 691</b>						
<b>IP = LL - LP</b>	<b>4.68</b>					

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 167. Ensayo Muestra 12 – Análisis Granulométrico.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBAIO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		NORMA: AASHIOT-87-70 Y T-88-70; ASIMD-421-58 Y D-422-63			
<b>1. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS</b>					
TAMIZ	mm	PESORET.	PESORET/ACUM	% RETENIDO	% QUE PASA
			0.00	0.00	100.00
Nº4	4.76	173.60	173.60	38.30	61.70
Nº8	2.38	37.60	211.20	46.60	53.40
Nº10	2.00	9.80	221.00	48.76	51.24
Nº16	1.19	24.40	245.40	54.14	45.86
Nº30	0.60	29.60	275.00	60.67	39.33
Nº40	0.42	14.80	289.80	63.94	36.06
Nº50	0.30	16.20	306.00	67.51	32.49
Nº60	0.25	4.60	310.60	68.53	31.47
Nº100	0.15	22.40	333.00	73.47	26.53
Nº200	0.07	27.20	360.20	79.47	20.53
FUENTE	0.03	88.44	448.64	98.99	1.01
TOTAL		360.20			
PESO CUARTERO ANTES DEL LAVADO:				533	
PESO SECO:				453.24	
<b>2. CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU</b>					
PESOREC + S.H		175.31		PESO TOTAL MUESTRA S.H	533
PESOREC + S.S		156.08		PESO TOTAL MUESTRA S.S	453.24
PESOREC		46.81			
PESO AGUA		19.23			
PESO SUELO		109.27			
w%		17.60			
<b>3. GRÁFICA - DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA</b>					
<b>4. COEFICIENTES DEL SUELO</b>					
	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>c</sub>
	0.028	0.210	4	142.86	0.39
<b>5. LÍMITES DE ATTERBERG / CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>					
Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plástico	Índice de Grupo	CLASIFICACIÓN SUELO	
LL	LP	IP	IG	SISTEMAS	
38.7	34.02	4.68	0.00	AASHIO	SUCS
				A-24	SM

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.



Tabla 168. Ensayo Muestra 12 – DCP.

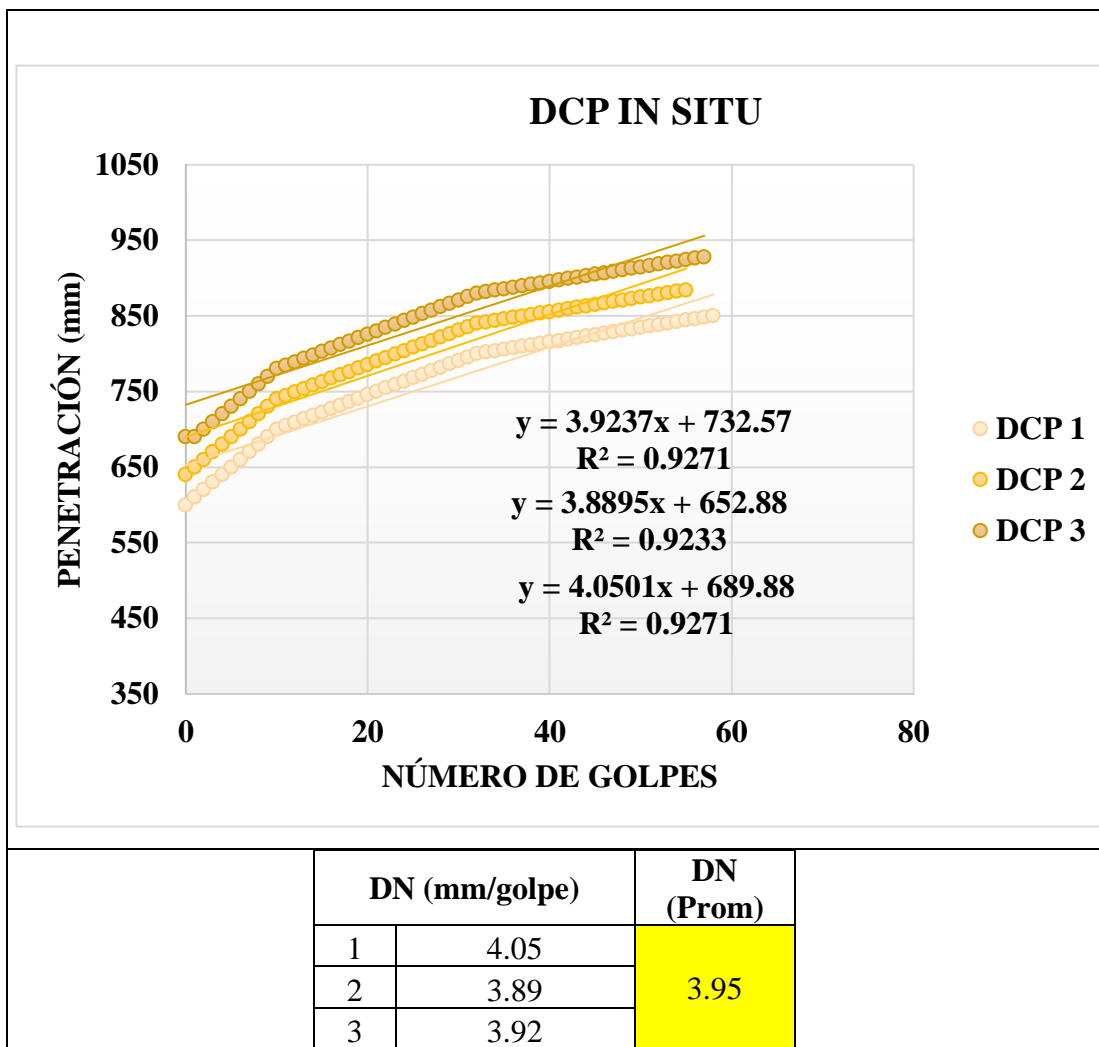
	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>		
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>		
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>		
	<b>DCP</b>		
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
<b>PARROQUIA:</b>	ULBA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.2
<b>VÍA:</b>	VISCAYA	<b>PROFUNDIDAD:</b>	1
<b>MUESTRA:</b>	3	<b>COORDENADAS:</b>	788848.73   9850861.26
<b>REALIZADO POR:</b>	Silvia Sánchez	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Alex Frías
<b>NORMAS: ASTM D - 6951 - 03</b>			

N° GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
0	600	640	690
1	610	650	690
2	620	660	700
3	630	670	710
4	640	680	720
5	650	690	730
6	660	700	740
7	670	710	750
8	680	720	760
9	690	730	770
10	700	740	780
11	705	745	785
12	709	749	789
13	714	754	794
14	718	758	798
15	723	763	803
16	727	767	807
17	732	772	812
18	736	776	816

19	741	781	821
20	745	785	825
21	750	790	830
22	755	795	835
23	759	799	839
24	764	804	844
25	768	808	848
26	773	813	853
27	777	817	857
28	782	822	862
29	786	826	866
30	791	831	871
31	795	835	875
32	800	840	880
33	802	842	882
34	804	844	884
35	806	846	886
36	808	848	888
37	810	850	890
38	812	852	892
39	813	853	893
40	815	855	895
41	817	857	897
42	819	859	899
43	821	861	901

44	823	863	903
45	825	865	905
46	827	867	907
47	829	869	909
48	831	871	911
49	833	873	913
50	835	875	915
51	837	877	917



52	838	878	918
53	840	880	920
54	842	882	922
55	844	884	924
56	846		926
57	848		928
58	850		



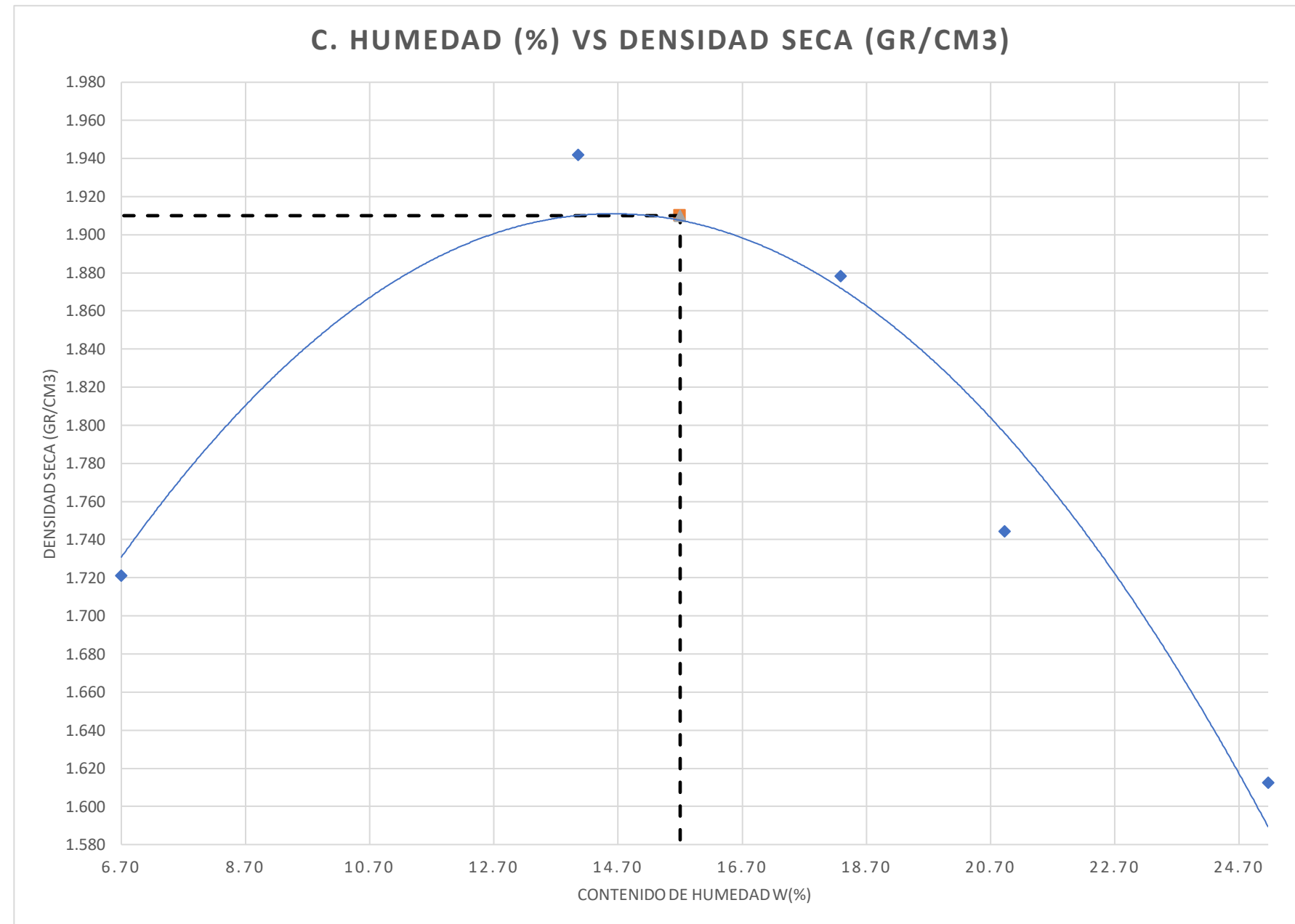
*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



Tabla 169. Ensayo Muestra 12 – Compactación - Próctor.

 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  <b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PROCTOR MODIFICADO B"</b> </div> 										
<b>PROYECTO:</b>		CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RIO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.								
<b>PARROQUIA:</b>		ULBA			<b>CAPA VEGETAL:</b>		0.2			
<b>VÍA:</b>		VISCAYA			<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.6			
<b>MUESTRA:</b>		3			<b>COORDENADAS:</b>		78848.73		9850861.26	
<b>REALIZADO POR:</b>		Silvia Sánchez			<b>REVISADO POR:</b>		Ing. Alex Frías			
<b>NORMAS: AASHIOT-180; ASIMDI557; INEN 860</b>										
<b>ESPECIFICACIONES</b>										
Número de Golpes	56	Altura de Caída			18"	Peso del Molde (gr)		5440		
Número de Capas	5	Peso del Martillo			10 lb	Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )		2114		
Energía de Compactación	55986	Normas:			AASHIOT-180	ASIM	DI557	INEN	860	
Peso Inicial Deseado	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	
<b>1. PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>										
Ensayo Número	1	2	3	4	5					
Humedad inicial Añadida en%	0	0	4	8	12					
Humedad inicial Añadida en%	0	0	200	400	600					
P. molde + suelo húmedo (gr)	9322.4	10022.4	10136.8	9899.4	9706.4					
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3882.4	4582.4	4696.8	4459.4	4266.4					
Peso unitario húmedo γm (gr/cm <sup>3</sup> )	1.837	2.168	2.222	2.109	2.018					
<b>2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>										
Recipiente Número	D-1	T-3	W-1	T-8	W-3	P-5	Y-1	C-3	M-1	Y-2
Peso del Recipiente Wr	42.95	42.65	58.95	58.65	68.3	68.00	56.44	56.14	93.63	93.33
Recipiente + suelo húmedo Wr+Wm	148.63	157.53	153.63	163.23	160.81	170.81	185.43	195.43	250.87	260.87
Recipiente + suelo seco Ws+Wm	141.86	150.46	141.86	150.46	146.42	155.02	162.93	171.53	218.93	227.53
Peso sólidos Ws	98.91	107.81	82.91	91.81	78.12	87.02	106.49	115.39	125.30	134.20
Peso del agua Ww	6.77	7.07	11.77	12.77	14.39	15.79	22.50	23.90	31.94	33.34
Contenido de Humedad w%	6.84	6.56	14.20	13.91	18.42	18.15	21.13	20.71	25.49	24.84
Promedio Contenido de Humedad w%	6.70		14.05		18.28		20.92		25.17	
Peso Volumétrico Seco γd (gr/cm <sup>3</sup> )	1.721		1.901		1.878		1.745		1.612	

### 3.DETERMINACION GRAFICA DE LA DENSIDAD MAXIMA Y HUMEDAD OPTIMA



DENSIDAD SECA MÁX  
(gr/cm³)=  
Gc (%)=



**1.910**  
**82.884**

HUMEDAD  
ÓPTIMA % =

**16.1**



*Autor:* Silvia Paulina Sánchez Ch.

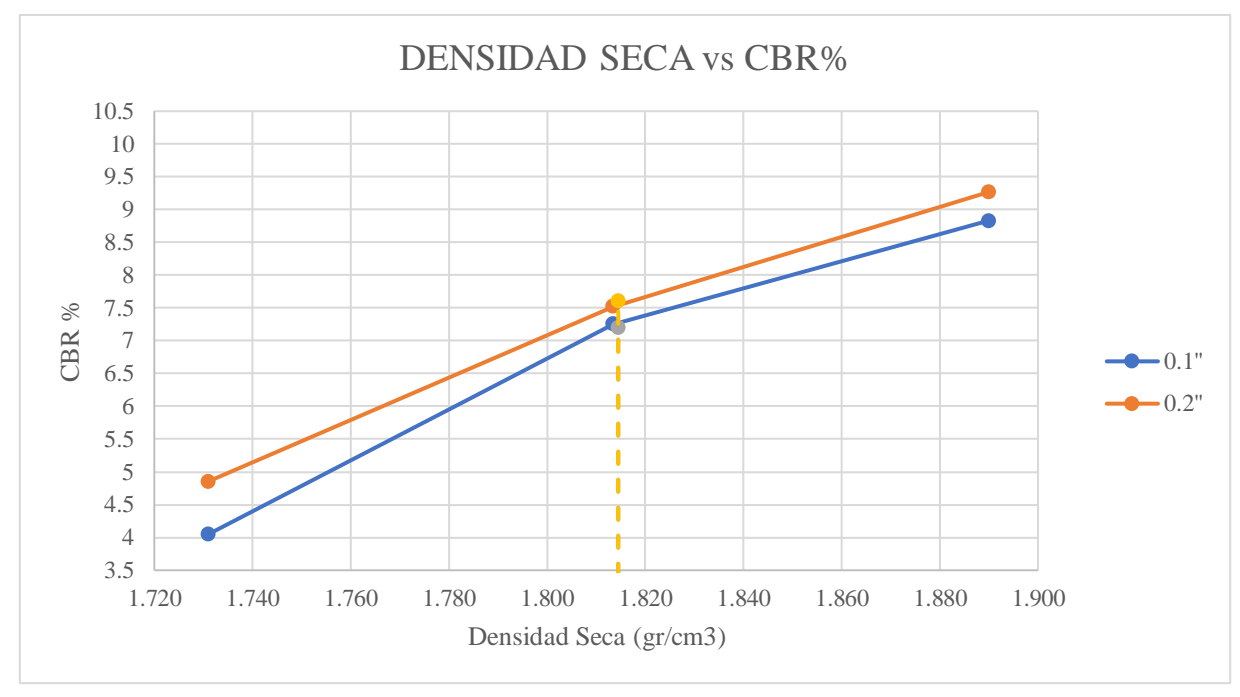
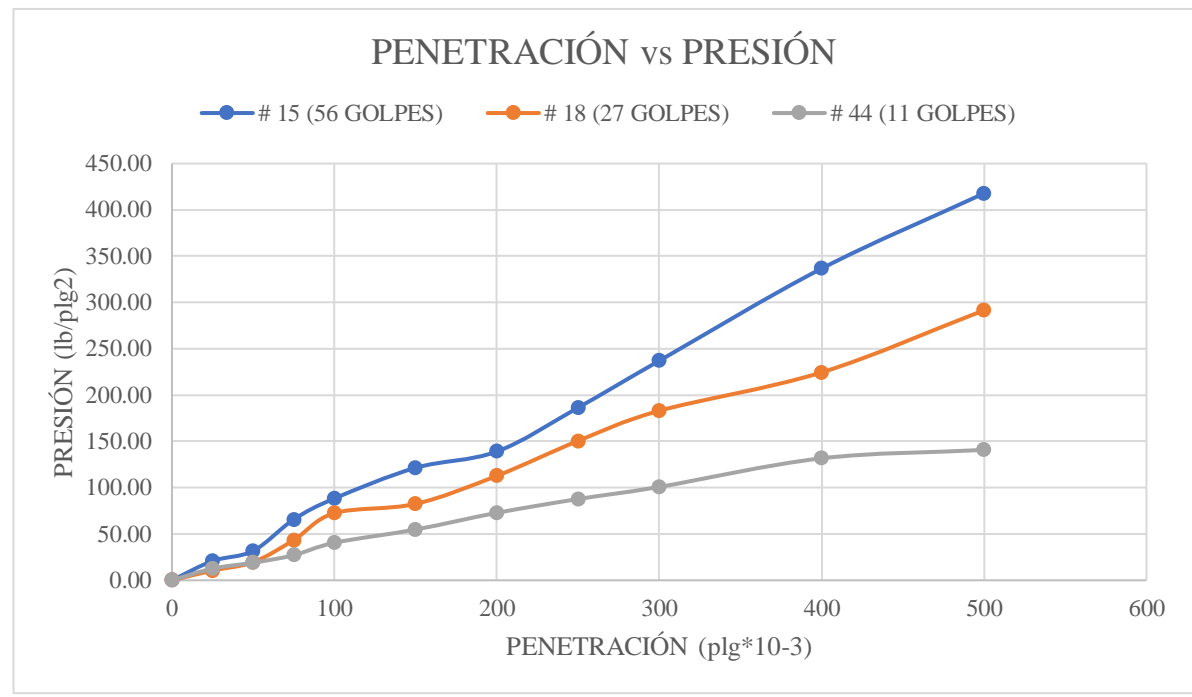
Tabla 170. Ensayo Muestra 12 – Compactación CBR.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR" NORMAS: AASHIOT-183; ASIMDI883-99;					
		ESPECIFICACIONES MOLDE N° 12					
N° de golpes	56	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	6458.4	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2091.09	cm <sup>3</sup>	
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>50437.13</b>						
MOLDE N° 11							
N° de golpes	27	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	6431	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2091.09	cm <sup>3</sup>	
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>24317.9</b>						
MOLDE N° 10							
N° de golpes	11	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	6419.6	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volumen del molde	2091.09	cm <sup>3</sup>	
<b>Energía de Compactación Lb.ft/ft<sup>3</sup></b>	<b>9907.29</b>						
Contenido de Humedad óptimo (w% OPTIMO)	<b>16.1</b>	Densidad seca máxima (gr/cm <sup>3</sup> )			<b>1.91</b>		
PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO							
N° MOLDE	#12	#11	#10				
N° DE CAPAS	5	5	5				
N° DE GOLPES POR CAPA	56	27	11				
CONDICIONES DEL ENSAYO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	
Wm+Molde (gr)	11234.40	11319.70	10984.80	11231.40	10886.80	10963.20	
PESO MUESTRA HUMEDA (gr)	4776.00	4861.30	4553.80	4800.40	4467.20	4543.60	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.284	2.325	2.178	2.296	2.136	2.173	
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.884	1.895	1.795	1.832	1.754	1.708	
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1.890</b>		<b>1.813</b>		<b>1.731</b>		
CONTENIDO DE HUMEDAD							
N° RECIPIENTE	H2	4A	2F	C2	H1	D1	
PESO HUMEDO+RECIP Wm+rec (gr)	266.95	206.12	237.39	296.66	240.24	254.84	
PESO SECO+RECIP Ws+rec (gr)	228.19	176.65	203.93	245.52	204.99	211.01	
PESO RECIP rec (gr)	45.4	46.55	47.16	43.3	43.29	49.96	
PESO DEL AGUA Ww (gr)	38.76	29.47	33.46	51.14	35.25	43.83	
PESO SÓLIDOS Ws (gr)	182.79	130.1	156.77	202.22	161.7	161.05	
CONTENIDO DE HUMEDAD %	<b>21.20</b>	22.65	<b>21.34</b>	25.29	<b>21.80</b>	27.22	
AGUA ABSORBIDA %	1.45		3.95		5.42		

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 171. Ensayo Muestra 12 – Compactación CBR-Puntual.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR"																	
		CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BANOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.																	
		PARROQUIA:		ULBA		CAPA VEGETAL:		02		VÍA:				VISCAYA		PROFUNDIDAD:		0.6	
		MUESTRA:		3		COORDENADAS:		788848.73		9850861.26				REALIZADO POR:		Silvia Sánchez		REVISADO POR:	
NORMAS: ASIM D-1883 ESPONIAMIENTO Y PENEIRACIÓN																			
ESPONIAMIENTO (LECTURA DIAL en Pgs*10-2)																			
MOIDE NUMERO			12				11				10								
FECHA		TIEMPO	LECT DIAL	h	ESPONJ		LECT DIAL	h	ESPONJ		LECT DIAL	h	ESPONJ						
DÍA Y MES	HORA	DIAS	Pgs.	Mes Pgs.	Pgs. *10-2	%	Pgs.	Mes Pgs.	Pgs. *10-2	%	Pgs.	Mes Pgs.	Pgs. *10-2	%					
24/3/2021	18:10	0	0.11	5	0	0	0.08	5	0	0	0.04	5	0	0					
25/3/2021	18:00	1	0.12		0.39	0.08	0.09		0.31	0.06	0.04		0.39	0.08					
26/3/2021	7:35	2	0.12		0.43	0.09	0.09		0.63	0.13	0.05		0.79	0.16					
ENSAYO DE CARGA PENEIRACIÓN (CONSTANTE DE CELDA 2.204 LB AREA DEL PISTON: 3p2)																			
MOIDE NUMERO			12				11				10								
TIEMPO		PENET.	QLECT	PRESIONES		CBR	QLECT	PRESIONES		CBR	QLECT	PRESIONES		CBR					
MIN	SEG	'10-3	DIAL	LEIDA	CORG		DIAL	LEIDA	CORG		DIAL	LEIDA	CORG						
		0	0.00	0.00			0	0			0	0							
0	30	25	28.30	20.79			14.3	10.50573			17.2	12.63627							
1	0	50	43.20	31.74			26.6	19.54213			25.8	18.9544							
1	30	75	89.40	65.68			59.1	43.4188			36.9	27.1092							
2	0	100	120.20	88.31	88.31	8.830693	98.7	72.5116	72.51	7.25116	55.1	40.48013	40.48	4.048013					
3	0	150	165.30	121.44			112.3	82.50307			74.6	54.80613							
4	0	200	189.20	139.00	139.00	9.266596	153.5	112.7713	112.77	7.518089	99.1	72.80547	72.81	4.853698					
5	0	250	253.70	186.38			204.8	150.4597			119.4	87.7192							
6	0	300	322.60	237.00			249.1	183.0055			137.2	100.7963							
8	0	400	458.20	336.62			305.6	224.5141			179.3	131.7257							
10	0	500	568.70	417.80			396.9	291.5892			191.6	140.7621							
CBR corregido						8.830693					7.25116	4.048013							





DENSIDADES			RESISTENCIAS			DENSIDADMAX		95%DEDM		CBR'0.1"		CBR'0.2"	
			0,1"	in	0,2"								
56GOLFES	1.890	gr/cm <sup>3</sup>	8.830693333	%	9.266596			191					
27GOLFES	1.813	gr/cm <sup>4</sup>	7.25116	%	7.518089			1815		72		7.60	
11GOLFES	1.731	gr/cm <sup>5</sup>	4.048013333	%	4.853698							7.60%	

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

# **ANEXO B**

## **TPDA**



Tabla 172. Conteo vehicular – Día 1.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>CONTEO VEHICULAR</b> 										
Fecha:	12/4/2021	Estación:	Puente 2 Km 30	Día:	Lunes					
Ubicación:	Ulba - El Palacio	<i>Diseño pavimento flexible</i>								
Hora	Vehículos Livianos	Buses/Camiones			Transporte de Carga		Total Pesados	Total Acumulados		
		(2ejes)	(más de 2 ejes)	Total Buses	Camiones de 2 ejes	Camiones + 2 ejes				
7:00	7:15	6	2	0	2	0	0	0	8	
7:15	7:30	2	2	0	2	0	0	0	4	
7:30	7:45	7	2	0	2	2	0	2	11	
7:45	8:00	4	2	0	2	0	0	0	6	
8:00	8:15	2	2	0	2	0	1	1	5	
8:15	8:30	6	2	0	2	0	0	0	8	
8:30	8:45	1	2	0	2	2	0	2	5	
8:45	9:00	2	2	0	2	0	2	2	6	
9:00	9:15	2	2	0	2	0	0	0	4	
9:15	9:30	2	2	0	2	0	0	0	4	
9:30	9:45	3	2	0	2	1	0	1	6	
9:45	10:00	2	2	0	2	0	0	0	4	
10:00	10:15	1	2	0	2	0	0	0	3	
10:15	10:30	3	2	0	2	1	0	1	6	
10:30	10:45	5	2	0	2	0	0	0	7	
10:45	11:00	2	2	0	2	0	0	0	4	
11:00	11:15	1	2	0	2	1	0	1	4	
11:15	11:30	3	2	0	2	0	1	1	6	
11:30	11:45	2	2	0	2	0	0	0	4	
11:45	12:00	4	2	0	2	1	0	1	7	
12:00	12:15	2	2	0	2	0	0	0	4	
12:15	12:30	3	2	0	2	0	0	0	5	
12:30	12:45	3	2	0	2	0	0	0	5	
12:45	13:00	4	2	0	2	0	0	0	6	
13:00	13:15	1	2	0	2	2	0	2	5	
13:15	13:30	2	2	0	2	0	0	0	4	
13:30	13:45	2	2	0	2	0	1	1	5	
13:45	14:00	4	2	0	2	0	0	0	6	
14:00	14:15	2	2	0	2	1	0	1	5	
14:15	14:30	2	2	0	2	0	0	0	4	
14:30	14:45	3	2	0	2	0	1	1	6	
14:45	15:00	1	2	0	2	0	0	0	3	
15:00	15:15	3	2	0	2	1	0	1	6	
15:15	15:30	2	2	0	2	0	0	0	4	
15:30	15:45	2	2	0	2	0	1	1	5	
15:45	16:00	1	2	0	2	0	0	0	3	
16:00	16:15	3	2	0	2	0	0	0	5	
16:15	16:30	2	2	0	2	1	0	1	5	
16:30	16:45	3	2	0	2	0	0	0	5	
16:45	17:00	4	2	0	2	0	1	1	7	
17:00	17:15	2	2	0	2	0	0	0	4	
17:15	17:30	4	2	0	2	0	0	0	6	
17:30	17:45	2	2	0	2	1	0	1	5	
17:45	18:00	6	2	0	2	0	0	0	8	
18:00	18:15	1	2	0	2	0	2	2	5	
18:15	18:30	4	2	0	2	0	0	0	6	
18:30	18:45	3	2	0	2	0	0	0	5	
18:45	19:00	2	2	0	2	2	0	2	6	
		133				96			26	255

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.





Tabla 173. Conteo vehicular – Día 2.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>CONTEO VEHICULAR</b> 										
Fecha:		13/4/2021	Estación:		Puente 2 Km 30	Día:		Martes		
Ubicación:		Ulba - El Palacio	<i>Diseño pavimento flexible</i>							
Hora		Vehículos Livianos	Buses/Camiones			Transporte de Carga		Total Pesados	Total Acumulados	
			(2ejes)	(más de 2 ejes)	Total Buses	Camiones de 2 ejes	Camiones + 2 ejes			
7:00	7:15	4	2	0	2	1	0	1	7	
7:15	7:30	4	2	0	2	0	0	0	6	
7:30	7:45	3	2	0	2	2	0	2	7	
7:45	8:00	6	2	0	2	0	0	0	8	
8:00	8:15	1	2	0	2	0	0	0	3	
8:15	8:30	5	2	0	2	0	0	0	7	
8:30	8:45	3	2	0	2	1	0	1	6	
8:45	9:00	1	2	0	2	0	0	0	3	
9:00	9:15	3	2	0	2	0	0	0	5	
9:15	9:30	2	2	0	2	0	1	1	5	
9:30	9:45	6	2	0	2	0	0	0	8	
9:45	10:00	4	2	0	2	0	0	0	6	
10:00	10:15	2	2	0	2	1	0	1	5	
10:15	10:30	1	2	0	2	3	0	3	6	
10:30	10:45	4	2	0	2	0	0	0	6	
10:45	11:00	1	2	0	2	0	1	1	4	
11:00	11:15	2	2	0	2	0	0	0	4	
11:15	11:30	2	2	0	2	1	0	1	5	
11:30	11:45	1	2	0	2	0	0	0	3	
11:45	12:00	5	2	0	2	0	1	1	8	
12:00	12:15	1	2	0	2	0	0	0	3	
12:15	12:30	3	2	0	2	1	0	1	6	
12:30	12:45	2	2	0	2	0	0	0	4	
12:45	13:00	2	2	0	2	0	2	2	6	
13:00	13:15	3	2	0	2	1	0	1	6	
13:15	13:30	1	2	0	2	0	0	0	3	
13:30	13:45	2	2	0	2	0	1	1	5	
13:45	14:00	1	2	0	2	0	0	0	3	
14:00	14:15	5	2	0	2	2	0	2	9	
14:15	14:30	1	2	0	2	0	0	0	3	
14:30	14:45	2	2	0	2	0	3	3	7	
14:45	15:00	3	2	0	2	0	0	0	5	
15:00	15:15	1	2	0	2	1	0	1	4	
15:15	15:30	4	2	0	2	0	0	0	6	
15:30	15:45	1	2	0	2	0	2	2	5	
15:45	16:00	1	2	0	2	0	0	0	3	
16:00	16:15	1	2	0	2	1	0	1	4	
16:15	16:30	4	2	0	2	0	0	0	6	
16:30	16:45	1	2	0	2	0	0	0	3	
16:45	17:00	6	2	0	2	0	1	1	9	
17:00	17:15	1	2	0	2	0	0	0	3	
17:15	17:30	3	2	0	2	1	0	1	6	
17:30	17:45	1	2	0	2	0	0	0	3	
17:45	18:00	5	2	0	2	0	1	1	8	
18:00	18:15	1	2	0	2	0	0	0	3	
18:15	18:30	5	2	0	2	2	0	2	9	
18:30	18:45	2	2	0	2	0	0	0	4	
18:45	19:00	1	2	0	2	0	1	1	4	
		124				96			32	252

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.





Tabla 174. Conteo vehicular – Día 3.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>CONTEO VEHICULAR</b> 									
Fecha:	14/4/2021		Estación:	Puente 2 Km 30		Día:	Miércoles		
Ubicación:	Ulba - El Palacio		<i>Diseño pavimento flexible</i>						
Hora	Vehículos Livianos	Buses/Camiones			Transporte de Carga			Total Acumulados	
		(2ejes)	(más de 2 ejes)	Total Buses	Camiones de 2 ejes	Camiones + 2 ejes	Total Pesados		
7:00	7:15	3	2	0	2	0	0	0	5
7:15	7:30	5	2	0	2	0	0	0	7
7:30	7:45	6	2	0	2	2	0	2	10
7:45	8:00	8	2	0	2	0	0	0	10
8:00	8:15	2	2	0	2	0	1	1	5
8:15	8:30	4	2	0	2	0	0	0	6
8:30	8:45	4	2	0	2	0	0	0	6
8:45	9:00	3	2	0	2	1	0	1	6
9:00	9:15	4	2	0	2	0	0	0	6
9:15	9:30	1	2	0	2	0	0	0	3
9:30	9:45	5	2	0	2	0	0	0	7
9:45	10:00	2	2	0	2	0	0	0	4
10:00	10:15	2	2	0	2	0	2	2	6
10:15	10:30	4	2	0	2	3	0	3	9
10:30	10:45	2	2	0	2	0	0	0	4
10:45	11:00	2	2	0	2	0	0	0	4
11:00	11:15	3	2	0	2	0	0	0	5
11:15	11:30	1	2	0	2	0	0	0	3
11:30	11:45	3	2	0	2	1	0	1	6
11:45	12:00	6	2	0	2	0	0	0	8
12:00	12:15	2	2	0	2	0	0	0	4
12:15	12:30	2	2	0	2	0	0	0	4
12:30	12:45	4	2	0	2	1	0	1	7
12:45	13:00	1	2	0	2	0	0	0	3
13:00	13:15	1	2	0	2	1	0	1	4
13:15	13:30	3	2	0	2	0	0	0	5
13:30	13:45	4	2	0	2	0	1	1	7
13:45	14:00	2	2	0	2	0	0	0	4
14:00	14:15	2	2	0	2	0	0	0	4
14:15	14:30	3	2	0	2	1	0	1	6
14:30	14:45	5	2	0	2	0	0	0	7
14:45	15:00	5	2	0	2	0	0	0	7
15:00	15:15	2	2	0	2	0	0	0	4
15:15	15:30	2	2	0	2	0	0	0	4
15:30	15:45	3	2	0	2	0	2	2	7
15:45	16:00	2	2	0	2	0	0	0	4
16:00	16:15	2	2	0	2	1	0	1	5
16:15	16:30	3	2	0	2	0	0	0	5
16:30	16:45	2	2	0	2	0	1	1	5
16:45	17:00	4	2	0	2	0	0	0	6
17:00	17:15	2	2	0	2	0	0	0	4
17:15	17:30	2	2	0	2	0	0	0	4
17:30	17:45	3	2	0	2	2	0	2	7
17:45	18:00	1	2	0	2	0	0	0	3
18:00	18:15	2	2	0	2	0	1	1	5
18:15	18:30	3	2	0	2	0	0	0	5
18:30	18:45	4	2	0	2	1	0	1	7
18:45	19:00	4	2	0	2	0	0	0	6
		145			96			22	263



Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 175. Conteo vehicular – Día 4.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>CONTEO VEHICULAR</b> 										
Fecha:	15/4/2021		Estación:	Puente 2 Km 30		Día:	Jueves			
Ubicación:	Ulba - El Palacio		<i>Diseño pavimento flexible</i>							
Hora	Vehículos Livianos	Buses/Camiones			Transporte de Carga		Total Pesados	Total Acumulados		
		(2ejes)	(más de 2 ejes)	Total Buses	Camiones de 2 ejes	Camiones + 2 ejes				
7:00	7:15	5	2	0	2	0	0	0	7	
7:15	7:30	7	2	0	2	0	0	0	9	
7:30	7:45	4	2	0	2	1	0	1	7	
7:45	8:00	2	2	0	2	0	0	0	4	
8:00	8:15	5	2	0	2	0	0	0	7	
8:15	8:30	2	2	0	2	0	1	1	5	
8:30	8:45	0	2	0	2	0	0	0	2	
8:45	9:00	4	2	0	2	0	0	0	6	
9:00	9:15	2	2	0	2	1	0	1	5	
9:15	9:30	2	2	0	2	0	0	0	4	
9:30	9:45	3	2	0	2	0	0	0	5	
9:45	10:00	4	2	0	2	0	0	0	6	
10:00	10:15	2	2	0	2	0	0	0	4	
10:15	10:30	4	2	0	2	3	0	3	9	
10:30	10:45	2	2	0	2	0	0	0	4	
10:45	11:00	2	2	0	2	0	0	0	4	
11:00	11:15	3	2	0	2	0	0	0	5	
11:15	11:30	1	2	0	2	0	0	0	3	
11:30	11:45	3	2	0	2	0	0	0	5	
11:45	12:00	6	2	0	2	0	0	0	8	
12:00	12:15	2	2	0	2	1	0	1	5	
12:15	12:30	2	2	0	2	0	0	0	4	
12:30	12:45	4	2	0	2	0	0	0	6	
12:45	13:00	1	2	0	2	0	0	0	3	
13:00	13:15	1	2	0	2	1	0	1	4	
13:15	13:30	3	2	0	2	0	0	0	5	
13:30	13:45	4	2	0	2	0	1	1	7	
13:45	14:00	2	2	0	2	0	0	0	4	
14:00	14:15	2	2	0	2	0	0	0	4	
14:15	14:30	3	2	0	2	0	0	0	5	
14:30	14:45	5	2	0	2	1	0	1	8	
14:45	15:00	5	2	0	2	0	0	0	7	
15:00	15:15	2	2	0	2	0	0	0	4	
15:15	15:30	2	2	0	2	0	0	0	4	
15:30	15:45	3	2	0	2	0	0	0	5	
15:45	16:00	2	2	0	2	0	0	0	4	
16:00	16:15	2	2	0	2	1	0	1	5	
16:15	16:30	3	2	0	2	0	0	0	5	
16:30	16:45	2	2	0	2	0	1	1	5	
16:45	17:00	4	2	0	2	0	0	0	6	
17:00	17:15	2	2	0	2	0	0	0	4	
17:15	17:30	2	2	0	2	0	0	0	4	
17:30	17:45	3	2	0	2	0	0	0	5	
17:45	18:00	1	2	0	2	1	0	1	4	
18:00	18:15	2	2	0	2	0	0	0	4	
18:15	18:30	3	2	0	2	0	0	0	5	
18:30	18:45	4	2	0	2	0	0	0	6	
18:45	19:00	4	2	0	2	0	1	1	7	
		138				96		14		248



Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 176. Conteo vehicular – Día 5.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>CONTEO VEHICULAR</b> 										
Fecha:		16/4/2021	Estación:		Puente 2 Km 30	Día:		Viernes		
Ubicación:		Ulba - El Palacio	Diseño pavimento flexible							
Hora	Vehículos Livianos	Buses/Camiones			Transporte de Carga		Total Pesados	Total Acumulados		
		(2ejes)	(más de 2 ejes)	Total Buses	Camiones de 2 ejes	Camiones + 2 ejes				
7:00	7:15	9	2	0	2	3	0	3	14	
7:15	7:30	8	2	0	2	1	0	1	11	
7:30	7:45	5	2	0	2	0	1	1	8	
7:45	8:00	7	2	0	2	1	0	1	10	
8:00	8:15	5	2	0	2	2	0	2	9	
8:15	8:30	5	2	0	2	0	0	0	7	
8:30	8:45	3	2	0	2	0	0	0	5	
8:45	9:00	7	2	0	2	1	0	1	10	
9:00	9:15	4	2	0	2	0	0	0	6	
9:15	9:30	6	2	0	2	0	0	0	8	
9:30	9:45	3	2	0	2	2	0	2	7	
9:45	10:00	2	2	0	2	0	0	0	4	
10:00	10:15	4	2	0	2	1	0	1	7	
10:15	10:30	5	2	0	2	0	0	0	7	
10:30	10:45	5	2	0	2	1	0	1	8	
10:45	11:00	3	2	0	2	2	0	2	7	
11:00	11:15	7	2	0	2	1	0	1	10	
11:15	11:30	2	1	0	1	0	0	0	3	
11:30	11:45	2	2	0	2	1	0	1	5	
11:45	12:00	2	2	0	2	0	0	0	4	
12:00	12:15	0	2	0	2	0	0	0	2	
12:15	12:30	3	2	0	2	0	0	0	5	
12:30	12:45	2	2	0	2	0	0	0	4	
12:45	13:00	4	2	0	2	1	0	1	7	
13:00	13:15	4	2	0	2	1	0	1	7	
13:15	13:30	3	2	0	2	0	0	0	5	
13:30	13:45	4	2	0	2	0	1	1	7	
13:45	14:00	2	2	0	2	2	0	2	6	
14:00	14:15	5	2	0	2	0	0	0	7	
14:15	14:30	1	2	0	2	3	0	3	6	
14:30	14:45	2	2	0	2	1	0	1	5	
14:45	15:00	3	2	0	2	2	0	2	7	
15:00	15:15	3	2	0	2	1	0	1	6	
15:15	15:30	4	2	0	2	0	0	0	6	
15:30	15:45	3	2	0	2	0	0	0	5	
15:45	16:00	1	2	0	2	0	0	0	3	
16:00	16:15	5	2	0	2	1	0	1	8	
16:15	16:30	2	2	0	2	0	0	0	4	
16:30	16:45	2	2	0	2	0	0	0	4	
16:45	17:00	4	2	0	2	1	0	1	7	
17:00	17:15	1	2	0	2	0	0	0	3	
17:15	17:30	2	2	0	2	0	0	0	4	
17:30	17:45	4	2	0	2	0	0	0	6	
17:45	18:00	5	2	0	2	2	0	2	9	
18:00	18:15	5	2	0	2	0	0	0	7	
18:15	18:30	2	2	0	2	0	0	0	4	
18:30	18:45	1	2	0	2	1	0	1	4	
18:45	19:00	3	2	0	2	0	0	0	5	
		174				95			34	303



Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 177. Conteo vehicular – Día 6.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>CONTEO VEHICULAR</b> 										
Fecha:	17/4/2021	Estación:	Puente 2 Km 30	Día:	Sábado					
Ubicación:	Ulba - El Palacio	<i>Diseño pavimento flexible</i>								
Hora	Vehículos Livianos	Buses/Camiones			Transporte de Carga			Total Pesados	Total Acumulados	
		(2ejes)	(más de 2 ejes)	Total Buses	Camiones de 2 ejes	Camiones + 2 ejes				
7:00	7:15	4	2	0	2	1	0	1	7	
7:15	7:30	7	2	0	2	1	1	2	11	
7:30	7:45	1	2	0	2	0	0	0	3	
7:45	8:00	3	2	0	2	1	0	1	6	
8:00	8:15	1	2	0	2	0	0	0	3	
8:15	8:30	1	2	0	2	0	1	1	4	
8:30	8:45	3	2	0	2	0	0	0	5	
8:45	9:00	5	2	0	2	1	0	1	8	
9:00	9:15	2	2	0	2	0	0	0	4	
9:15	9:30	5	2	0	2	0	1	1	8	
9:30	9:45	4	2	0	2	2	0	2	8	
9:45	10:00	5	2	0	2	0	0	0	7	
10:00	10:15	1	2	0	2	1	0	1	4	
10:15	10:30	2	2	0	2	0	0	0	4	
10:30	10:45	5	2	0	2	1	0	1	8	
10:45	11:00	6	2	0	2	0	1	1	9	
11:00	11:15	2	2	0	2	1	0	1	5	
11:15	11:30	4	1	0	1	0	0	0	5	
11:30	11:45	1	2	0	2	1	0	1	4	
11:45	12:00	3	2	0	2	0	0	0	5	
12:00	12:15	1	2	0	2	0	0	0	3	
12:15	12:30	5	2	0	2	0	1	1	8	
12:30	12:45	1	2	0	2	0	0	0	3	
12:45	13:00	4	2	0	2	1	0	1	7	
13:00	13:15	2	2	0	2	1	0	1	5	
13:15	13:30	6	2	0	2	0	0	0	8	
13:30	13:45	1	2	0	2	0	1	1	4	
13:45	14:00	4	2	0	2	0	0	0	6	
14:00	14:15	3	2	0	2	0	0	0	5	
14:15	14:30	5	2	0	2	1	0	1	8	
14:30	14:45	1	2	0	2	1	0	1	4	
14:45	15:00	2	2	0	2	0	0	0	4	
15:00	15:15	1	2	0	2	0	0	0	3	
15:15	15:30	3	2	0	2	0	1	1	6	
15:30	15:45	4	2	0	2	0	0	0	6	
15:45	16:00	2	2	0	2	0	0	0	4	
16:00	16:15	6	2	0	2	0	0	0	8	
16:15	16:30	3	2	0	2	0	0	0	5	
16:30	16:45	4	2	0	2	0	0	0	6	
16:45	17:00	3	2	0	2	1	0	1	6	
17:00	17:15	5	2	0	2	0	0	0	7	
17:15	17:30	1	2	0	2	1	0	1	4	
17:30	17:45	6	2	0	2	0	0	0	8	
17:45	18:00	3	2	0	2	1	0	1	6	
18:00	18:15	4	2	0	2	0	0	0	6	
18:15	18:30	1	2	0	2	0	1	1	4	
18:30	18:45	4	2	0	2	1	0	1	7	
18:45	19:00	5	2	0	2	0	0	0	7	
		155				95			26	276

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

Tabla 178. Conteo vehicular – Día 7.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTEO VEHICULAR							
Fecha:	18/4/2021	Estación:	Puente 2 Km 30	Día:	Domingo				
Ubicación:	Ulba - El Palacio	<i>Diseño pavimento flexible</i>							
Hora	Vehículos Livianos	Buses/Camiones			Transporte de Carga		Total Pesados	Total Acumulados	
		(2ejes)	(más de 2 ejes)	Total Buses	Camiones de 2 ejes	Camiones + 2 ejes			
7:00	7:15	9	2	0	2	1	0	1	12
7:15	7:30	6	2	0	2	1	1	2	10
7:30	7:45	4	2	0	2	0	0	0	6
7:45	8:00	5	2	0	2	1	0	1	8
8:00	8:15	3	2	0	2	0	0	0	5
8:15	8:30	5	2	0	2	0	1	1	8
8:30	8:45	6	2	0	2	0	0	0	8
8:45	9:00	5	2	0	2	1	0	1	8
9:00	9:15	3	2	0	2	0	0	0	5
9:15	9:30	6	2	0	2	0	1	1	9
9:30	9:45	5	2	0	2	2	0	2	9
9:45	10:00	7	2	0	2	0	0	0	9
10:00	10:15	2	2	0	2	1	0	1	5
10:15	10:30	4	2	0	2	0	0	0	6
10:30	10:45	3	2	0	2	1	0	1	6
10:45	11:00	5	2	0	2	0	1	1	8
11:00	11:15	1	2	0	2	1	0	1	4
11:15	11:30	3	1	0	1	0	0	0	4
11:30	11:45	1	2	0	2	1	0	1	4
11:45	12:00	2	2	0	2	0	0	0	4
12:00	12:15	4	2	0	2	0	0	0	6
12:15	12:30	4	2	0	2	0	1	1	7
12:30	12:45	2	2	0	2	0	0	0	4
12:45	13:00	7	2	0	2	1	0	1	10
13:00	13:15	1	2	0	2	1	0	1	4
13:15	13:30	5	2	0	2	0	0	0	7
13:30	13:45	3	2	0	2	0	1	1	6
13:45	14:00	1	2	0	2	0	0	0	3
14:00	14:15	5	2	0	2	0	0	0	7
14:15	14:30	2	2	0	2	1	0	1	5
14:30	14:45	3	2	0	2	1	0	1	6
14:45	15:00	1	2	0	2	0	0	0	3
15:00	15:15	4	2	0	2	0	0	0	6
15:15	15:30	2	2	0	2	0	1	1	5
15:30	15:45	3	2	0	2	0	0	0	5
15:45	16:00	1	2	0	2	0	0	0	3
16:00	16:15	3	2	0	2	0	0	0	5
16:15	16:30	4	2	0	2	0	0	0	6
16:30	16:45	2	2	0	2	0	0	0	4
16:45	17:00	4	2	0	2	1	0	1	7
17:00	17:15	1	2	0	2	0	0	0	3
17:15	17:30	3	2	0	2	0	0	0	5
17:30	17:45	2	2	0	2	0	0	0	4
17:45	18:00	4	2	0	2	0	0	0	6
18:00	18:15	1	2	0	2	0	0	0	3
18:15	18:30	6	2	0	2	0	0	0	8
18:30	18:45	5	2	0	2	1	0	1	8
18:45	19:00	4	2	0	2	0	0	0	6
		172			95			23	290

Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.

# **ARCHIVO FOTOGRAFICO**

**1. POZO A CIELO CIELO ABIERTO**



**Figura 62.** Excavación de suelo a un costado de la vía.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



**Figura 63.** Pozo a cielo abierto – vía El Corazón – Ulba – Baños de Agua Santa.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



## 2. ENSAYO – CONO DE ARENA



**Figura 64.** Toma de muestra de suelo para posterior análisis.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



**Figura 65.** Ejecución del ensayo cono y arena.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

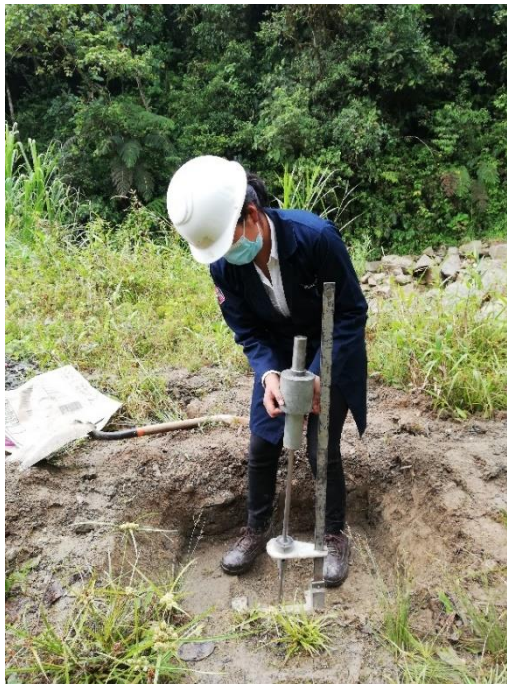


### 3. ENSAYO – DCP



**Figura 66.** Ejecución ensayo DCP- vía Río Blanco.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



**Figura 67.** Extracción Cono de Penetración Dinámico.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

#### 4. PREPARACIÓN DE MUESTRAS.



**Figura 68.** Deseccación de muestras a la luz del sol.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



**Figura 69.** Tamizaje de muestras por el tamiz N°4.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

## 5. ENSAYOS – GRANULOMETRÍA



**Figura 70.** Pesaje de muestra seca.  
*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



**Figura 71.** Puesta de muestra dentro de la serie de tamices.  
*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*





**Figura 72.** Pesaje de muestra retenida en cada uno de los tamices.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

## **6. ENSAYOS – PLASTICIDAD**



**Figura 73.** Ejecución del ensayo Límite Líquido.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



**Figura 74.** Muestras de suelo previo a colocarlas en el horno.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

## **7. ENSAYO – GRAVEDAD ESPECÍFICA**



**Figura 75.** Extracción de burbujas del aire de la muestra.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



**Figura 76.** Toma de la temperatura del suelo en el picnómetro.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*

## **8. ENSAYO – COMPACTACIÓN**



**Figura 77.** Compactación de suelo – última capa.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



**Figura 78.** Enrase del molde previo al pesaje.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



**Figura 79.** Muestras de suelo posterior a desecación en el horno.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



## 9. ENSAYO – CBR – ESPONJAMIENTO



**Figura 80.** Colocación de moldes en remojo.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



**Figura 81.** Toma de lecturas de esponjamiento.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



## 10. ENSAYO CBR – PUNTUAL



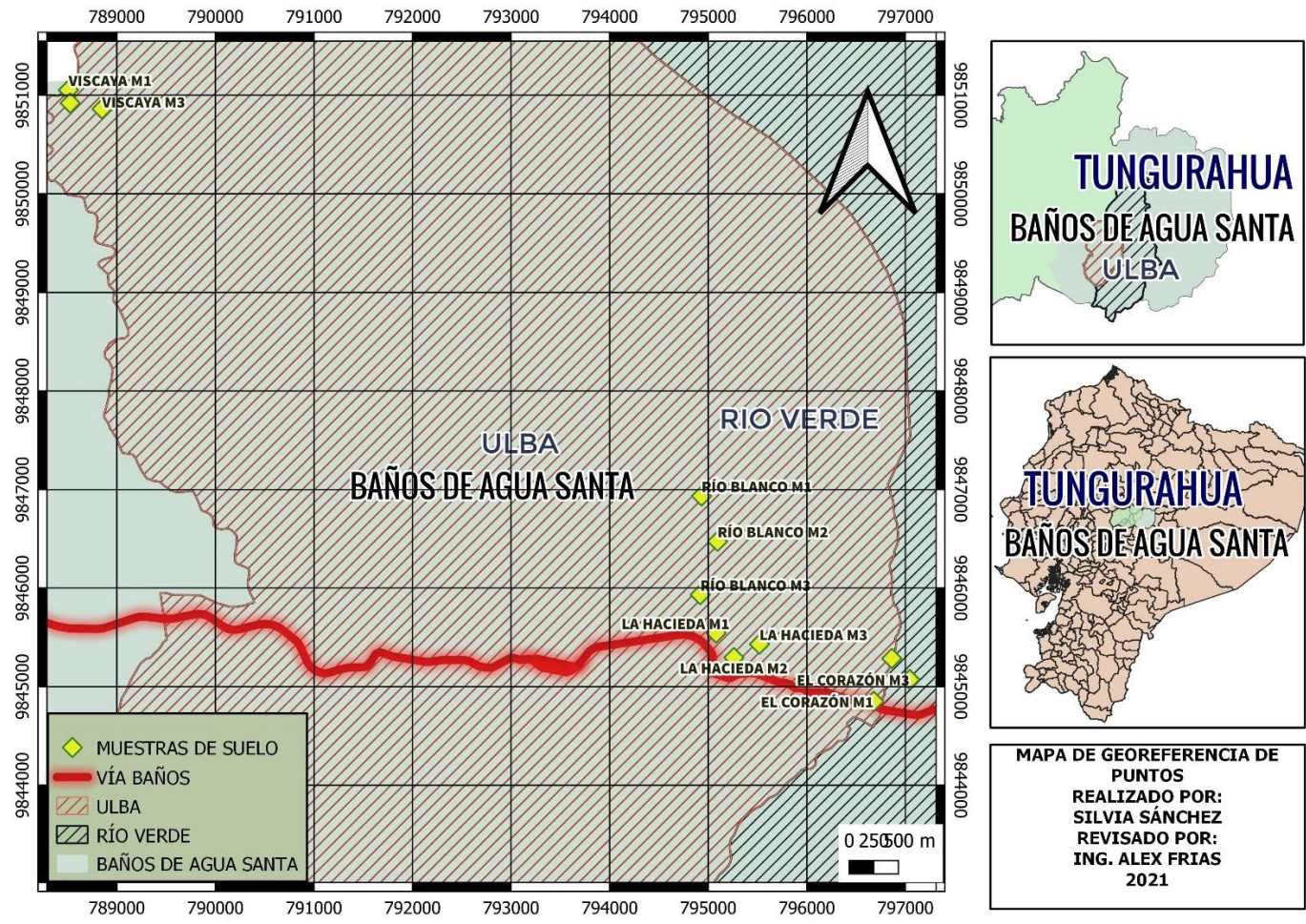
**Figura 82.** Muestras posteriores al remojo.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



**Figura 83.** Ejecución del ensayo CBR - Puntual.

*Autor: Silvia Paulina Sánchez Ch.*



**Figura 84.** Mapa de georreferenciación de muestras.

*Autor:* Silvia Paulina Sánchez Ch.