



**UNIVERSIDAD TÉCNICA 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, LAS PROPIEDADES  
ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO  
VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”**

---

**AUTORA:** Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

**TUTOR:** Ing. Mg. Favio Paul Portilla Yandun

**AMBATO - ECUADOR**

**Agosto – 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, LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”**, elaborado por la **Srta. Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña**, portadora de la cédula de ciudadanía: C.I. 1501145849, 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 autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Agosto 2021

---

**Ing. Mg. Favio Paul Portilla Yandun**  
**TUTOR**

## **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

Yo, **Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña**, con C.I. 1501145849, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente trabajo experimental con el tema: **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL 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 proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Agosto 2021



---

**Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña**

**C.I. 1501145849**

**AUTORA**

## **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 patrimoniales 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, Agosto 2021



**Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña**

**C.I. 1501145849**

**AUTORA**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por la estudiante Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

Ambato, Agosto 2021

Para constancia firman:

---

**Ing. Mg. Galo Wilfrido Nuñez Aldás**  
**Miembro Calificador**

---

**Ing. Mg. Alex Gustavo López Arboleda**  
**Miembro Calificador**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por siempre cuidar de mí y de mi familia.

A mi madre por ser el pilar fundamental en esta etapa de mi vida, que me ayudo de todas las maneras posibles, por cuidar de mi hija, por siempre apoyarme en todos mis proyectos y porque siempre me dio ánimo a continuar diciéndome “Evelyn fuerte tú puedes hacerlo”.

A mis abuelitos maternos por siempre estar presentes de la manera más amorosa posible y ser como mis segundos padres.

A mi hija por haber siempre mantenido su amor por mi aun estando lejos.

A mi padre, mi hermana y mi hermano que siempre cuidaron a mi hija como si fuera de ellos.

*Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña*

## **AGRADECIMIENTO**

Primero a Dios por haberme dado vida y sabiduría para lograr a mi meta y cumplir mi sueño.

A mi madre por su apoyo incondicional y su motivación diaria, por todas sus haladas de orejas y ortigadas de cariño para volver a ponerme en el camino correcto y llegar a cumplir mi meta académica.

A mis abuelitos mis segundos padres que siempre me apoyaron de la mejor manera con sus consejos y su amor.

A mi hija por nunca perder su amor por mí.

Al ingeniero Favio Portilla por compartir sus conocimientos y ayudarme en el desarrollo de este proyecto de trabajo experimental.

A mi esposo y a mi familia por haberme apoyado siempre.

*Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña*

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
CÁPITULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes Investigativos.....	1
1.1.1. Antecedentes .....	1
1.1.2. Justificación.....	3
1.1.3. Fundamentación Teórica.....	4
1.1.4. Hipótesis.....	41
1.2. OBJETIVOS .....	41
1.2.1. Objetivo general.....	41
1.2.2. Objetivos Específicos.....	41
CAPÍTULO II .....	42
METODOLOGÍA .....	42
2.1. NIVELES DE INVESTIGACIÓN.....	42
2.1.1. Investigación Exploratoria .....	42
2.1.2. Investigación Experimental.....	42
2.1.3. Investigación Correlacional .....	42
2.1.4. Investigación Explicativa .....	42
2.2.1. Población.....	42
2.2.2. Muestra.....	43
2.3. Materiales y Equipos.....	46
2.2. Métodos.....	48

2.2.1. Plan de Recolección de Datos .....	48
2.4.3. Plan de Procesamiento y Análisis de Información.....	55
CÁPITULO III .....	56
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	56
3.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	56
3.2. DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE AASHTO 93 ...	85
3.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS .....	102
CAPÍTULO IV .....	103
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	103
4.1. Conclusiones .....	103
4.2. Recomendaciones.....	106
BIBLIOGRAFÍA.....	108
ANEXOS.....	111
A. FOTOGRAFÍAS .....	111
B. TABLAS DE RESULTADOS .....	117
C. CONTEO DE TRÁFICO VEHICULAR .....	201

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Perfil del suelo .....	5
Tabla 2. Definiciones del tamaño de las partículas .....	8
Tabla 3. Sistema AASHTO .....	9
Tabla 4. Símbolos de los suelos granulares .....	12
Tabla 5. Símbolos de los suelos finos .....	12
Tabla 6. Sistema SUCS .....	13
Tabla 7. Rango de Tamices utilizado comúnmente para el análisis del tamaño de las partículas .....	17
Tabla 8. Especificación de ensayo de compactación .....	23
Tabla 9. Especificación de ensayo de compactación .....	24
Tabla 10. Clasificación para el uso del suelo según el CBR.....	24
Tabla 11. Energía de compactación de CBR según el método .....	25
Tabla 12. Factor de crecimiento.....	33
Tabla 13. Factores de distribución por carril .....	34
Tabla 14. Índice de serviciabilidad .....	35
Tabla 15. Niveles de confiabilidad por tipo de vía .....	36
Tabla 16. Valores recomendados para la desviación estándar .....	36
Tabla 17. Capacidad de drenaje .....	39
Tabla 18. Coeficiente de drenaje recomendados.....	39
Tabla 19. Espesores mínimos de Carpeta asfáltica y Base Granular, en función del número de ejes equivalentes.....	41
Tabla 20. Ubicación Georreferenciada de las muestras extraídas.....	43
Tabla 21. Ubicación Georreferenciada de las muestras extraídas.....	44
Tabla 22. Materiales y Equipos necesarios para los ensayos.....	46
Tabla 23. Plan de recolección de datos .....	48
Tabla 24. Nomenclatura y Unidades de las variables .....	56
Tabla 25. Propiedades índice de los suelos ensayados .....	57
Tabla 26. Propiedades mecánicas de los suelos ensayados.....	57
Tabla 27. Correlaciones entre propiedades índice, mecánicas y CBR.....	61
Tabla 28. Hora pico vehicular .....	85
Tabla 29. Índice de crecimiento vehicular .....	86
Tabla 30. Tráfico de hora pico del tránsito .....	88
Tabla 31. Período de Diseño según el tipo de vía .....	88

Tabla 32. Tráfico para el período de diseño.....	89
Tabla 33. Factor de daño según del tipo de vehículo.....	89
Tabla 34. Tráfico futuro a 20 años.....	90
Tabla 35. Nivel de confiabilidad R.....	91
Tabla 36. Desviación Estándar Normal Zr.....	91
Tabla 37. Desviación Estándar Global So.....	92
Tabla 38. Calidad de drenaje.....	96
Tabla 39. Valores m2 y m3 según la capacidad de drenaje.....	96
Tabla 40. Espesores de cada capa del pavimento diseñado.....	99
Tabla 41. Espesores de cada capa del pavimento diseñado.....	102
Tabla 42. Ensayo 1 Contenido de Humedad y Granulometría.....	117
Tabla 43. Ensayo 1 Límites de Atterberg.....	118
Tabla 44. Ensayo 1 Densidad de Campo y Gravedad Específica.....	119
Tabla 45. Ensayo 1 Proctor Modificado.....	120
Tabla 46. Ensayo 1 DCP.....	121
Tabla 47. Ensayo 1 CBR.....	122
Tabla 48. Ensayo 2 Contenido de Humedad y Granulometría.....	124
Tabla 49. Ensayo 2 Límites de Atterberg.....	125
Tabla 50. Ensayo 2 Densidad de Campo y Gravedad Específica.....	126
Tabla 51. Ensayo 2 Proctor Modificado.....	127
Tabla 52. Ensayo 2 DCP.....	128
Tabla 53. Ensayo 2 CBR.....	129
Tabla 54. Ensayo 3 Contenido de Humedad y Granulometría.....	131
Tabla 55. Ensayo 3 Límites de Atterberg.....	132
Tabla 56. Ensayo 3 Densidad de Campo y Gravedad Específica.....	132
Tabla 57. Ensayo 3 Proctor Modificado.....	134
Tabla 58. Ensayo 3 DCP.....	135
Tabla 59. Ensayo 3 CBR.....	136
Tabla 60. Ensayo 4 Contenido de Humedad y Granulometría.....	138
Tabla 61. Ensayo 4 Límites de Atterberg.....	139
Tabla 62. Ensayo 4 Densidad de Campo y Gravedad Específica.....	140
Tabla 63. Ensayo 4 Proctor Modificado.....	141
Tabla 64. Ensayo 4 DCP.....	142
Tabla 65. Ensayo 4 CBR.....	143

Tabla 66. Ensayo 5 Contenido de Humedad y Granulometría.....	145
Tabla 67. Ensayo 5 Límites de Atterberg.....	146
Tabla 68. Ensayo 5 Densidad de Campo y Gravedad Específica .....	147
Tabla 69. Ensayo 5 Proctor Modificado .....	148
Tabla 70. Ensayo 5 DCP .....	149
Tabla 71. Ensayo 5 CBR.....	150
Tabla 72. Ensayo 6 Contenido de Humedad y Granulometría.....	152
Tabla 73. Ensayo 6 Límites de Atterberg.....	153
Tabla 74. Ensayo 6 Densidad de Campo y Gravedad Específica .....	154
Tabla 75. Ensayo 6 Proctor Modificado .....	155
Tabla 76. Ensayo 6 DCP .....	156
Tabla 77. Ensayo 6 CBR.....	157
Tabla 78. Ensayo 7 Contenido de Humedad y Granulometría.....	159
Tabla 79. Ensayo 7 Límites de Atterberg.....	160
Tabla 80. Ensayo 7 Densidad de Campo y Gravedad Específica .....	161
Tabla 81. Ensayo 7 Proctor Modificado .....	162
Tabla 82. Ensayo 7 DCP .....	163
Tabla 83. Ensayo 7 CBR.....	164
Tabla 84. Ensayo 8 Contenido de Humedad y Granulometría.....	166
Tabla 85. Ensayo 8 Límites de Atterberg.....	167
Tabla 86. Ensayo 8 Densidad de Campo y Gravedad Específica .....	168
Tabla 87. Ensayo 8 Proctor Modificado .....	169
Tabla 88. Ensayo 8 DCP .....	170
Tabla 89. Ensayo 8 CBR.....	171
Tabla 90. Ensayo 9 Contenido de Humedad y Granulometría.....	173
Tabla 91. Ensayo 9 Límites de Atterberg.....	174
Tabla 92. Ensayo 9 Densidad de Campo y Gravedad Específica .....	175
Tabla 93. Ensayo 9 Proctor Modificado .....	176
Tabla 94. Ensayo 9 DCP .....	177
Tabla 95. Ensayo 9 CBR.....	178
Tabla 96. Ensayo 10 Contenido de Humedad y Granulometría.....	180
Tabla 97. Ensayo 10 Límites de Atterberg.....	181
Tabla 98. Ensayo 10 Densidad de Campo y Gravedad Específica .....	182
Tabla 99. Ensayo 10 Proctor Modificado .....	183

Tabla 100. Ensayo 10 DCP .....	184
Tabla 101. Ensayo 10 CBR.....	185
Tabla 102. Ensayo 11 Contenido de Humedad y Granulometría.....	187
Tabla 103. Ensayo 11 Límites de Atterberg.....	188
Tabla 104. Ensayo 11 Densidad de Campo y Gravedad Específica .....	189
Tabla 105. Ensayo 11 Proctor Modificado .....	190
Tabla 106. Ensayo 11 DCP .....	191
Tabla 107. Ensayo 11 CBR.....	192
Tabla 108. Ensayo 12 Contenido de Humedad y Granulometría.....	194
Tabla 109. Ensayo 12 Límites de Atterberg.....	195
Tabla 110. Ensayo 12 Densidad de Campo y Gravedad Específica .....	196
Tabla 111. Ensayo 12 Proctor Modificado .....	197
Tabla 112. Ensayo 12 DCP .....	198
Tabla 113. Ensayo 12 CBR.....	199
Tabla 114. Conteo vehicular día más transitado .....	201

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de materiales para subrasantes de carreteras .....	10
Figura 2. Clasificación granulométrica según SUCS.....	11
Figura 3. Esquema de una muestra de suelo y el modelo de sus 3 fases .....	14
Figura 4. Cubo Unitario .....	15
Figura 5. Tipos diferentes de curvas granulométricas .....	18
Figura 6. Dispositivo Copa de Casagrande.....	19
Figura 7. Prueba del límite plástico.....	20
Figura 8. Equipo del ensayo Proctor estándar.....	21
Figura 9. Recipiente de plástico y el cono metálico para el ensayo del cono y arena	22
Figura 10. Esquema del equipo DCP .....	26
Figura 11. Curva DCP de tres capas diferentes de suelo .....	26
Figura 12. Representación del diagrama X – Y .....	27
Figura 13. Diagrama de dispersión .....	28
Figura 14. Diagramas de dispersión.....	29
Figura 15. Interpretación geométrica del residuo .....	30
Figura 16. Modelos de crecimiento.....	32
Figura 17. Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica (a1).....	37
Figura 18. Coeficiente estructural (a2), ábaco para Mr de la base.....	37
Figura 19. Coeficiente estructural (a3), ábaco para Mr de la sub-base.....	38
Figura 20. Interfaz del software Ecuación AASHTO 93 .....	40
Figura 21. Tipos de suelo según SUCS y AASHTO para Rio Verde .....	45
Figura 22. Realización del Pozo a Cielo Abierto.....	50
Figura 23. Realización de la Densidad de Campo .....	50
Figura 24. Peso del cono y la muestra extraída.....	51
Figura 25. Ensayo DCP.....	51
Figura 26. Ensayo Granulométrico .....	52
Figura 27. Ensayo de Límite Líquido .....	52
Figura 28. Ensayo de Límite Plástico .....	53
Figura 29. Ensayo de Gravedad Específica.....	53
Figura 30. Ensayo Proctor.....	54
Figura 31. Ensayo CBR.....	54
Figura 32. Rango granulométrico de los suelos ensayados.....	59
Figura 33. Carta de Plasticidad del SUCS .....	59

Figura 34. Carta de Plasticidad del SUCS .....	60
Figura 35. Correlación LP – LL.....	62
Figura 36. Correlación Wnat – LL.....	63
Figura 37. Correlación N° 200 – LL.....	64
Figura 38. Correlación IP – e.....	65
Figura 39. Correlación Cu – LL.....	66
Figura 40. Correlación LL – $\gamma_d$ máx.....	67
Figura 41. Correlación Wnat – LP.....	68
Figura 42. Correlación Gw – n.....	69
Figura 43. Correlación Gw – Wopt.....	70
Figura 44. Correlación Wnat – Ga.....	71
Figura 45. Correlación Gw – LP – n.....	72
Figura 46. Correlación d in situ – Cu – N° 200 .....	73
Figura 47. Correlación LP – DN.....	74
Figura 48. Correlación LP – DN – LL.....	75
Figura 49. Correlación n – DN – Gs .....	76
Figura 50. Correlación DN – GS.....	77
Figura 51. Correlación DN – Wnat.....	78
Figura 52. Correlación LP – CBR – LL.....	79
Figura 53. Correlación Wnat – Cu – CBR.....	80
Figura 54. Correlación CBR – Gs.....	81
Figura 55. Correlación CBR – Wnat.....	82
Figura 56. Correlación CBR – DN.....	83
Figura 57. Carta para estimar el coeficiente estructural de la carpeta asfáltica a partir del módulo elástico .....	93
Figura 58. Ábaco para estimar el coeficiente estructural a2 .....	94
Figura 59. Ábaco para estimar el coeficiente estructural a3 .....	95
Figura 60. Programa AASHTO 93.....	97
Figura 61. Espesor de cada capa del pavimento diseñado .....	99
Figura 62. Correlación CBR-DN .....	100
Figura 63. Programa AASHTO 93.....	100
Figura 64. Espesor de cada capa del pavimento diseñado .....	102
Figura 65. Realización de la calicata.....	111
Figura 66. Muestras en bandeja para secar .....	111

Figura 67. Granulometría de las muestras.....	112
Figura 68. Gravedad específica del suelo .....	112
Figura 69. Realización de los rollitos con el suelo.....	113
Figura 70. Muestras en el horno.....	113
Figura 71. Cilindro para el CBR .....	114
Figura 72. Muestras de suelo para sumergirlo .....	114
Figura 73. Colocación del cilindro en la máquina de compresión simple .....	115
Figura 74. Toma de los resultados de CBR.....	115
Figura 75. Conteo vehicular en la vía .....	116
Figura 76 Conteo vehicular en la mañana.....	116

## RESUMEN

Este presente trabajo experimental tiene como finalidad determinar correlaciones entre el CBR de laboratorio y las propiedades índice y mecánicas de los suelos de la parroquia Río Verde del cantón Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua.

Se seleccionaron 12 lugares para el muestreo, estos lugares son puntos estratégicos adyacentes a la carretera, alejados como mínimo 500 metros para la recolección de las muestras de las calicatas en las que se obtuvieron diferentes tipos de suelos. Para los ensayos realizados in-situ se utilizó el Cono Dinámico de Penetración y el Cono y Arena de Ottawa para la densidad de campo. Los ensayos de laboratorio realizados fueron los: límites de Atterberg, la determinación de la gravedad específica, la granulometría, el ensayo de compactación para Proctor modificado “B” y el ensayo de CBR.

Al procesar los datos se correlaciona el CBR, el DCP y las propiedades índices para obtener las ecuaciones y coeficientes de determinación, escogiendo los valores resultantes mayores al 50 por ciento.

**Palabras Claves:** DCP, CBR, correlación, propiedades índice, límites de Atterberg, granulometría, ensayos de laboratorio.

## ABSTRACT

The purpose of this present experimental work is to determine correlations between the laboratory CBR and the index and mechanical properties of the soils of the Río Verde parish of the Baños de Agua Santa canton, Tungurahua province.

Twelve places were selected for sampling, these places are strategic points adjacent to the road, at least 500 meters away for the collection of samples from the pits in which different types of soils were obtained. For the tests carried out in-situ, the Dynamic Penetration Cone and the Ottawa Cone and Sand were used for field density. The laboratory tests carried out were: Atterberg limits, the determination of specific gravity, the granulometry, the compaction test for modified Proctor "B" and the CBR test.

When processing the data, the CBR, the DCP and the index properties are correlated to obtain the equations and coefficients of determination, choosing the resulting values greater than 50 percent.

**Keywords:** DCP, CBR, correlation, index properties, Atterberg limits, granulometry, laboratory tests.

# CÁPITULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes Investigativos

#### 1.1.1. Antecedentes

En el año 2001 se realizó un estudio en el cual se evalúan las correlaciones de los suelos granulares del Ecuador entre el ensayo CBR (California Bearing Ratio) de laboratorio y el ensayo DCP (Cono de Penetración Dinámica) para obtener más información y presentar una base de datos que agilice el proceso de determinación de la resistencia del suelo. [1]

En 2016 en la ciudad de Ambato se realiza otra correlación entre el California Bearing Ratio y el Penetrómetro de Cono Estático el cual determinó que existe una probabilidad mayor al 80% de que la resistencia del suelo al corte se establezca por medio de valores del CBR o viceversa. [2]

Con una nueva correlación elaborada entre el Proctor y el CBR (California Bearing Ratio) se determinó la resistencia al corte del suelo, el contenido de humedad y los pesos secos unitarios de cada muestra de los suelos los cuales se realizaron en la misma ciudad y en el mismo año, por medio de los cuales se estableció el empleo que se les puede dar a estos suelos. [3]

Existen distintas opciones en el campo cuando se refiere a pruebas de carga, estas pueden ser pruebas de carga estática las que permiten un estudio más directo de los resultados y su valor es alto en comparación a otras pruebas y también tenemos las pruebas de carga dinámica las cuales son las más usadas por tener costos menores y asegurar rapidez. [4]

En la actualidad en los ensayos en los que se procede a utilizar el equipo DCP o Cono de Penetración Dinámica son muy amplios y complejos debido a que esta herramienta es muy utilizada para hacer sondeos in situ y aunque es un equipo móvil y de fácil plantación se lo usa mucho y en especial en el campo de la geotecnia, puesto que se basa en la penetración en un suelo por medio de golpes con el equipo del DCP, en el que se cuenta el número de golpes dados para penetrar una cierta profundidad y el cual requiere de la densidad relativa del material y la resistencia del suelo en distintas profundidades. [5]

Un proceso realizado para una ampliación y rehabilitación de una carretera en la ciudad de Ludhiana determinó que es algo fundamental conseguir una estimación del valor de CBR, sin embargo las circunstancias consideradas en el laboratorio durante la ejecución de los ensayos no aparentan completamente la circunstancia y las condiciones verdaderas que la carretera presentó y enfrentó durante toda su vida útil, debido a esta situación es porque los ensayos de CBR fueron realizados después de saturar completamente los subgrados existentes, no obstante, las muestras ensayadas en laboratorio simulando las densidades realizadas in situ alcanzan valores mucho más altos del CBR que los valores obtenidos ordinariamente para este tipo de suelos arenosos. En vista de poseer estas limitaciones es preciso realizar ensayos del cono de penetración dinámico o DCP para lograr apreciar los valores de CBR en todo momento y cuando se vea que existe una relación adecuada entre los ensayos. [6]

En el año 2016, los resultados de la validación del DCP indican que para localizar un CBR in situ que se logre relacionar con un CBR de laboratorio, los datos que se obtienen en el campo y en el laboratorio deben aproximarse a la función señalada por la norma ASTM D 6951 comprobando que la fórmula establecida por ASTM D 6951 es aplicable y válida en los suelos de Tegucigalpa. [7]

En una propuesta realizada por la norma ASTM D 6951-03 mediante una expresión empírica se pretende determinar el CBR de una subrasante y para constatar su utilización, en el año 2018 en la Universidad del Azuay, se determinó las propiedades mecánicas y físicas mediante ensayos de compactación, granulométricos, de plasticidad y CBR en condiciones sumergidas y no sumergidas de un suelo en la ciudad de Cuenca para realizar una comparación entre el CBR calculado y el CBR obtenido en laboratorio. [8]

Considerando que la medición del CBR in situ es complicado, su pronóstico, desde las propiedades que presenta el suelo y los ensayos simples realizados como el DCP son una posibilidad beneficiosa. La compactación de los suelos es un procedimiento mecánico por el cual se pretende aumentar el peso por cada unidad del volumen, lo que admite acrecentar la resistencia del esfuerzo cortante y decrecer su compresibilidad, el cual va a estar relacionado al tipo de suelo que se ha ensayado. [9]

En consecuencia, el presente estudio refleja que existe una gran cantidad de estudios entre las propiedades de los suelos y el CBR, la mayoría de estos ensayos y estudios

realizados han sido en Ecuador, por lo que esto sirve como información base para determinar las correlaciones existentes entre las propiedades y el CBR de los suelos.

### **1.1.2. Justificación**

Las carreteras y vías tienen un vínculo muy fuerte con la ingeniería en la actualidad debido a que se ha transformado en un tema de indagación muy importante, puramente con el objetivo de descubrir nuevas técnicas y métodos de optimización de materiales, este puede convertirse en el comienzo para las siguientes elecciones que se tomen en todas las etapas de planificación, diseño, construcción o rehabilitación. [10]

Para estar al tanto sobre el comportamiento de los suelos a utilizar los cuales serán aprovechados en las diferentes clases de carreteras, los mismos que serán sometidos al Método de Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR) y Método de ensayo estándar para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP). [11]

El estudio de suelos finos como arcillas inorgánicas “C”, limos inorgánicos “M”, y suelos gruesos como arenas “S”, cada uno con sus procedentes, para el ensayo CBR y el CBR in situ, que permite examinar la resistencia a la penetración que tiene el suelo de un pistón de 19,4 cm<sup>2</sup> de área en una muestra de suelo de 6 plg de diámetro y 5 plg de diámetro a una velocidad de 1,27 mm/min y para el ensayo DCP, que permite examinar las diferentes clases de conductas para un número establecido de golpes medidos en mm/golpe, medida que se usa para describir la rigidez del suelo. [9]

Uno de los factores de más relevancia en la resistencia del suelo son el contenido de humedad y el grado de compactación que ofrecen influencia directa sobre esta propiedad. Las diferentes condiciones a las que están expuestos los suelos en campo y laboratorio es uno de los parámetros más importantes a considerar en estos casos, en ocasiones en campo resulta difícil llegar al 95% del grado de compactación atribuida en el laboratorio con el suelo del mismo sitio y esto genera fallas en los pavimentos debido a lo antes mencionado, por esta razón los valores arrojados por el CBR in situ generan una segunda idea sobre el diseño de pavimentos rígidos o flexibles. La profundidad de penetración varía según la aplicabilidad, es un parámetro que se debe tener en cuenta debido a las consideraciones individuales que se debe tener según la resistencia de cada uno. [12]

En consecuencia, en esta investigación se realizará un muestreo con las diversas clases de suelos existentes en la provincia Río Verde del cantón Baños, en estado natural a fin de conseguir una base de datos con las diferentes propiedades obtenidas mediante los ensayos Granulometría, DCP, Límites de Atterberg, CBR de laboratorio y Proctor Modificado, con la intención de crear correlaciones experimentales para usarlas como referencia para realizar un diseño preliminar de una estructura de pavimento. [13]

### **1.1.3. Fundamentación Teórica**

#### **1.1.3.1. Suelos**

Es un agregado de partículas orgánicas e inorgánicas, se trata de un conjunto con una organización definida y propiedades que varían, en dirección vertical generalmente sus propiedades cambian mucho más rápidamente que en la horizontal. La interpretación varía según los respectivos intereses según el profesional, tenemos que para un agrónomo se refiere a suelo como la capa superficial de la corteza capa de sustentar la vida vegetal, para un geólogo es todo material intemperizado en el lugar que se encuentra ahora y contiene materia orgánica, pero esta definición en ingeniería pasa por incompleta teniendo presente que no toma en cuenta a los materiales transportados no intemperizados después de su transporte. [9]

Es la intemperización de la roca por agentes físicos tales como los cambios periódicos de la temperatura, acción del congelamiento del agua en las grietas y fisuras de las rocas, efectos de ciertos organismos, efecto de la vegetación, etc. Por esta descomposición los suelos que se forman son: gravas, arenas, limos y muy ocasionalmente arcillas. [14]

En Ingeniería Civil los suelos son los sedimentos no consolidados de las partículas sólidas, producto de la alteración de las rocas, o suelos transportados por agentes como el agua, hielo o viento con contribución de la gravedad como fuerza direccional que puede poseer materia orgánica, el suelo también es un cuerpo natural heterogéneo. La mecánica de suelos es el estudio de la mecánica a las dificultades geotécnicas. Esta rama de la ingeniería estudia las propiedades, comportamiento y utilización del suelo como material estructural, por tal manera que las deformaciones y resistencia del suelo brinden seguridad, durabilidad y estabilidad de las estructuras.[15]

Tabla 1. Perfil del suelo

MECÁNICA DE SUELOS		VI Suelo con humus	Fábrica textural heredada. Zona de lixiviación susceptible a la erosión.
		V Suelo sin humus	
MECÁNICA DE GRANOS GRUESOS		IV Completamente descompuesto	Fábrica textural y estructural. Zona de acumulación. Inicia el control estructural.
		III Altamente descompuesto	
MECÁNICA DE ROCAS		II Parcialmente descompuesto	Fábrica estructural heredada. Falla planar, en cuña o por caída.
		I Roca sana	

Fuente: Mecánica de suelos. Escobar [15]

### 1.1.3.2. Gravas

Las gravas son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas y tienen más de 2 milímetros de diámetro. Las gravas abarcan grandes extensiones. Si las gravas han sido arrastradas por las aguas de los ríos, sufren desgaste en sus aristas y por lo tanto pueden apreciarse como redondeadas y como material suelto se pueden encontrar en los ríos y en muchos rellenos también por el acarreo o transporte por las aguas de las lluvias. [14]

### 1.1.3.3. Arenas

Es el nombre que toman los materiales de granos finos procedentes de la "denudación" de las rocas y/o de su trituración artificial, y cuyas partículas varían desde 2 milímetros, hasta los 0.05 milímetros de diámetro. Las arenas son materiales que en estado limpio no se contraen al secarse, no son plásticos, son menos compresibles que las arcillas y si se aplican una carga en su superficie, se comprimen o densifican casi instantáneamente. [14]

#### **1.1.3.4. Limos**

Los limos están comprendidos en un diámetro entre 0.05 milímetros y 0.005 milímetros, su color varía de gris claro a gris oscuro, la permeabilidad de los limos orgánicos es muy baja y su compresibilidad es muy alta. Los limos son suelos finos que van de poca a ninguna plasticidad, y estos pueden ser: [14]

- a) Limos inorgánicos como los que se producen en las canteras por trituración de las gravas.
- b) Limos orgánicos como los que se los puede encontrar en los ríos, en este caso los limos que se pueden encontrar son de índole plástico.

#### **1.1.3.5. Arcillas**

Son partículas sólidas cuyos diámetros son menores a 0.005 milímetros y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua. La estructura de sus minerales es generalmente cristalinas y complicadas, ya que sus átomos se disponen en forma laminar. [14]

#### **1.1.3.6. Suelos gruesos**

Los suelos formados por partículas gruesas tienen un comportamiento es mecánico e hidráulico que esta principalmente condicionado por la compacidad y la orientación de sus partículas estos suelos se encuentran formados por partículas gruesas, los minerales que predominan son: silicatos, óxidos, carbonatos y sulfatos. [14]

En este conjunto están los suelos que pertenecen al grupo de las gravas y las arenas, en los cuales el tamiz N° 4 es el que los clasifica, si más del 50% pasa dicho tamiz se trata de arenas, caso contrario de tratará de gravas. [9]

#### **1.1.3.7. Suelos finos**

Son los suelos en que las dimensiones de sus partículas se caracterizan por pasar el tamiz N° 200, si dos de sus dimensiones son mayores que su espesor, son laminares o si el espesor es mayor a las otras dimensiones son aciculares. En estos suelos al eliminarse su contenido de humedad, mediante la aplicación de una carga se producen deformaciones y asentamientos considerables, además de contracciones volumétricas. [16]

Este grupo está compuesto por limos inorgánicos, arcillas inorgánicas, arcillas y limos orgánicos. [9]

#### **1.1.3.8. Cangahua**

Su término proviene del vocablo quechua “cangagua” cuyo significado es “tierra dura estéril”. Según los naturalistas Wolf (1892) y Sauer (1965) consideraban a la cangahua como una toba endurecida; es decir un material fino endurecido que asemeja su resistencia a la de una roca, de un color café amarillento, cuando no ha sido removida por el hombre o la naturaleza se la puede encontrar a una profundidad de entre 2 metros a 5 metros. [17]

#### **1.1.3.9. Identificación de suelos**

Los suelos se muestran con una diversidad incalculable y algún intento de sistematización deberá ir acompañado de una norma general en la que se gestione clasificar a los suelos de la manera más viable. [14]

La identificación de los suelos es un inconveniente primordial en la Ingeniería así identificar un suelo es agruparlo dentro de algún grupo. La identificación admite apreciar de manera cualitativa las propiedades mecánicas e hidráulicas del suelo asignándole propiedades similares a las del grupo en que se sitúe. [14]

#### **1.1.3.10. Clasificación de suelos**

Los sistemas de clasificación de los suelos erradicaron desde el principio de la materia, pese a que no se tenía mucho conocimiento, las primeras clasificaciones existentes se establecieron en características insuficientemente relevantes como el color, olor y textura ya que era complicado correlacionar las propiedades fundamentales, posteriormente clasificaron los suelos basándose en criterios meramente granulométricos cometiendo el error de puntualizar a los suelos finos como los limos y las arcillas por tamaños al contrario de por su propiedad intrínseca, como lo es la plasticidad. [14]

Al instante no cabe la menor incertidumbre de que posteriormente al estudio de la plasticidad de los suelos elaborado por el Doctor Arturo Casagrande quien formuló la clasificación establecida tanto en las granulometrías de la fracción gruesa, así como la plasticidad de la fracción fina; de que este procedimiento sea acertado, en consecuencia este sistema fue acogido inmediatamente por la Public Road Administration (P.R.A) y es conocido en este momento como el sistema de la Asociación Americana de Vías Estatales y Transporte Oficial (AASHTO), posteriormente el sistema se universaliza con el nombre de Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). [14]

Tabla 2. Definiciones del tamaño de las partículas

Descripción de las partículas	Tamaño de las partículas (mm)			
	Norma británica	AASHTO	ASTM	Unificado
<b>Grava</b>	60-2	75-2	>2	75-4.75
<b>Arena</b>	2-0.06	2-0.05	2-0.075	4.75-0.075
<b>Limo</b>	0.06-0.002	0.05-0.002	0.075-0.005	<0.075 finos
<b>Arcilla</b>	<0.002	<0.002	<0.005	

Fuente: Mecánica de suelos. Berry y Reid [20]

### 1.1.3.10.1. AASHTO

Este sistema pertenece al Departamento de Caminos de U.S.A., introducido en el año 1929 y tomado por la “American Association of State Highway Officials”. Este sistema es de uso específico para la construcción de vías, en particular para el manejo de subrasantes y terraplenes. [15]

El procedimiento de la Asociación Americana de Carreteras Estatales y Transporte Oficial agrupa al suelo en material granular y material limo-arcillosos.

- El material granular se subdivide en 3 grupos: A-1, A-2 y A-3
- El material limo-arcillosos se subdivide en 4 grupos: A-4, A-5, A-6 y A-7

Los grupos A-1, A-2 y A-7 se subdividen conforme al porcentaje que pasa el tamiz #200, el Índice de grupo, Límite Líquido e Índice de Plasticidad. [18]

La clasificación se basa en investigar que columna cumple con los requisitos del suelo de acuerdo a los valores granulométricos y los límites de consistencia, de acuerdo al siguiente orden: [18]

1. Porcentaje que pasa el Tamiz #200
2. Índice de Grupo (IG)
3. Porcentajes que pasan los tamices: #10, #40 y #200
4. Límite Líquido (LL)
5. Índice Plástico (IP)

Tabla 3. Sistema AASHTO

CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULAR (35% o menos pasa el Tamiz #200)							MATERIALES LIMO-ARCILLOSO (más del 35% pasa el Tamiz #200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
GRUPO	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
<b>PORCENTAJES QUE PASAN POR LOS TAMICES</b>												
# 10	≤ 50											
#40	≤ 30	≤ 50	≥ 51									
# 200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>												
LL			NP	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	> 41 (IP < LL=30)	> 41 (IP < LL=30)
IP	≤ 6			≤ 10	≤ 10	≤ 11	≤ 11	≤ 10	≤ 10	≤ 11	≤ 11	≤ 11
IG	0	0	0	≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 20	≤ 20			
<b>TIPOS DE MATERIALES CONSTITUYENTES</b>	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
<b>CALIDAD DE LA SUBRASANTE</b>	Excelente a Buena				Regular			Regular a Mala				

Fuente: AASHTO

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

Figura 1. Clasificación de materiales para subrasantes de carreteras

Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica. Brajam [19]

### 1.1.3.10.2. SUCS

Casagrande en 1942 propuso la representación original de este sistema para emplearse en la edificación de aeropuertos principiada por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército a lo largo de la Segunda Guerra Mundial. En colaboración con la Oficina de Restauración de Estados Unidos, este sistema fue inspeccionado en 1952. En el presente esta propuesta es considerablemente usada por los ingenieros. El Sistema Unificado de Clasificación clasifica los suelos en dos grupos: [19]

1. Suelos de grano grueso
2. Los suelos de grano fino

Este procedimiento fracciona al suelo en dos conjuntos dependiendo del porcentaje de la muestra que pase por el Tamiz #200. Se establece fino cuando pasa más del 50% de la muestra del tamiz #200 en tanto que para estimar un suelo Grueso debe retener más del 50% de la muestra en el Tamiz #200. [18]

Esta es una muestra de una clasificación breve del método SUCS.

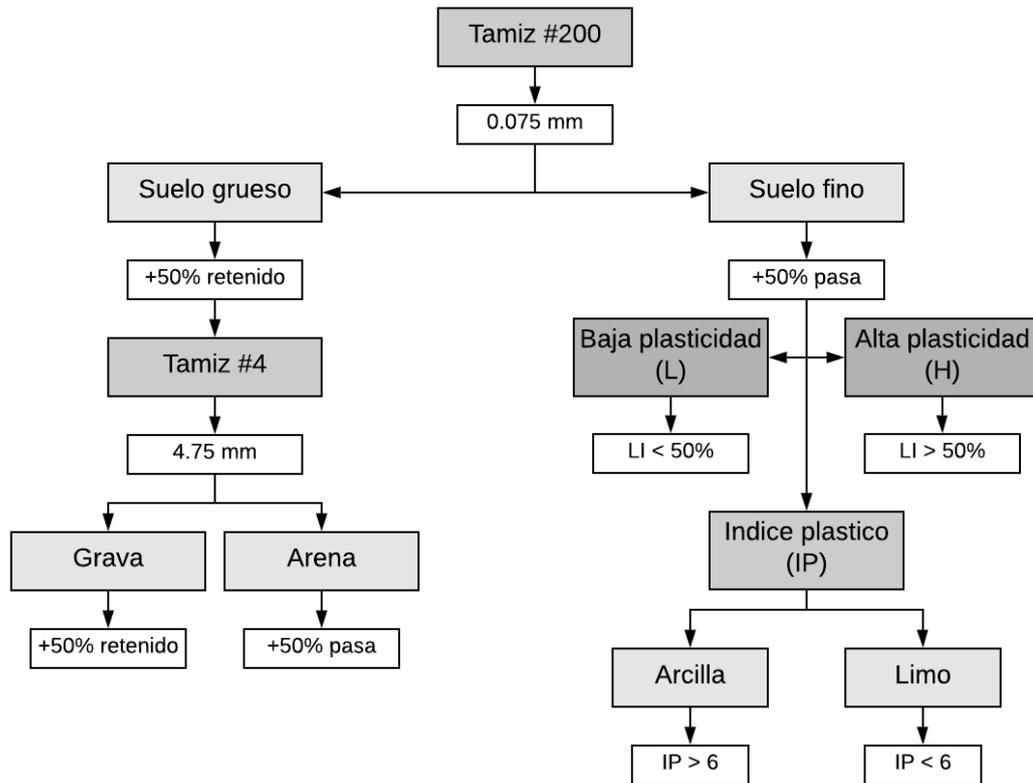


Figura 2. Clasificación granulométrica según SUCS

Fuente: Evelyn Cortez Pastuña

Los símbolos de grupo para suelos tipo grava de grano grueso son:

Tabla 4. Símbolos de los suelos granulares

SUELOS GRANULARES	Prefijos		Sufijos			
<b>Símbolo</b>	G	S	W	M	P	C
<b>Descripción</b>	Grava	Arena	Bien graduado	Limoso	Mal graduado	Arcilloso

Fuente: Mecánica de suelos. Escobar [15]

Los símbolos de grupo para suelos tipo grava de grano grueso son:

Tabla 5. Símbolos de los suelos finos

SUELOS GRANULARES	Prefijos			Sufijos	
<b>Símbolo</b>	M	C	O	L	H
<b>Descripción</b>	Limo	Arcilla	Orgánico	Baja plasticidad (WL < 50%)	Alta plasticidad (WL > 50%)

Fuente: Mecánica de suelos. Escobar [15]

Cabe recalcar que debe conocerse parte o toda la información para realizar una clasificación adecuada con este sistema: [19]

1. El porcentaje de grava o la fracción que pasa por el tamiz de 76.2 mm y es retenida en el tamiz No. 4
2. El porcentaje de arena o la fracción que pasa por el tamiz No. 4 y es retenida en el tamiz No. 200
3. El porcentaje de limo y arcilla o la fracción de granos finos que pasan por el tamiz No. 200
4. El coeficiente de uniformidad y el coeficiente de curvatura
5. El límite líquido el índice de plasticidad de la fracción de suelo que pasa el tamiz No. 40

En la siguiente tabla se detalla la clasificación de un suelo de acuerdo al porcentaje granulométrico que pasa el tamiz No. 200. [19]

Tabla 6. Sistema SUCS

DIVISIÓN PRINCIPAL		SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN		
Suelos de Granos Gruesos 50% o más es retenido en el tamiz No. 200	GRAVAS 50% o más de la fracción gruesa es retenido en el tamiz No. 4	GRAVAS limpias	<b>GW</b> Gravas bien graduadas y mezclas de arena y grava con pocos finos o sin finos	<p>Clasificación basada en el porcentaje de finos</p> <p>* Menos del 5% pasa por el tamiz No. 200 GW, GP, SW, SP</p> <p>* Más del 12% pasa por el tamiz No. 200 GM, GC, SM, SC</p> <p>(5% a 12% pasa por el tamiz No. 200)</p> <p>Para clasificación de frontera se necesitan símbolos dobles</p>		
		GRAVAS con finos	<b>GP</b> Gravas y mezclas de gravas y arenas mal graduadas con pocos finos o sin finos			
		GRAVAS con finos	<b>GM</b> Gravas limosas, mezclas de grava-arena y limo			
			<b>GC</b> Gravas arcillosas, mezclas de grava-arena y arcilla			
	ARENAS 50% o más de la fracción gruesa es retenido en el tamiz No. 4	ARENAS limpias	<b>SW</b> Arenas y arenas gravosas bien graduadas con pocos finos o sin finos		$Cu = D_{60}/D_{10}$ $Cc = (D_{30})^2 / (D_{10} * D_{60})$ $Cu > 4$ $1 < Cc < 3$	
		ARENAS con finos	<b>SP</b> Arenas y arenas gravosas mal graduadas con pocos finos o sin finos		Si los criterios para GW no se cumplen	
		ARENAS con finos	<b>SM</b> Arenas limosas, mezclas de arena limo		Límites d Atterberg localizados bajo la línea "A" o $IP < 4$	Si los límites de Atterberg se localizan en el área sombreada se debe clasificar utilizando símbolos dobles
			<b>SC</b> Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla		Límites d Atterberg sobre la línea "A" e $IP > 7$	
					$Cu = D_{60}/D_{10}$ $Cc = (D_{30})^2 / (D_{10} * D_{60})$ $Cu > 6$ $1 < Cc < 3$	
					Si no se cumple los criterios para SW	
		Límites de Atterberg localizados bajo la línea "A" o $IP < 4$ Límites de Atterberg sobre la línea "A" e $IP > 7$ Para los límites de Atterberg localizados en el área sombreada se debe clasificar utilizando símbolos dobles				
Suelos de Granos Finos 50% o más pasa por el tamiz No. 200	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido de 50% o inferior	<b>ML</b> Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas				
		<b>CL</b> Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, suelos sin mucha arcilla				
		<b>OL</b> Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad				
	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido superior a 50%	<b>MH</b> Limos inorgánicos, arenas finas o limos micáceos o de diatomeas limos elásticos				
		<b>CH</b> Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas				
		<b>OH</b> Arcillas orgánicas de plasticidad alta o media				
Suelos altamente orgánicos	<b>PT</b> Turba, estiércol y otros suelos altamente orgánicos	Para la identificación visual y manual, véase ASTM D 2488				

Fuente: Mecánica de suelos. Berry y Reid [20]

### 1.1.3.11. Métodos de exploración y muestreo de los suelos

En los ensayos de laboratorio que se deben realizar para poder tener una información completa del suelo y subsuelo se necesita una extracción de muestras las cuales podrían ser integrales, alteradas o inalteradas. [15]

El método utilizado para la extracción de las muestras para la realización de esta tesis fue por medio de calicatas. [15]

#### 1.1.3.11.1. Pozos a cielo abierto con muestra alterada

Para este sondeo que es uno de los más prácticos para identificar las características que tiene el suelo. Este método se basa en la excavación del suelo formando un pozo que tenga dimensiones las cuales brinden un acceso a la persona calificada y que conozca sobre los ensayos que vayan a realizar in situ para estudiar la condición natural del suelo. Al realizar la excavación de este pozo se obtienen muestras alteradas para realizar un estudio a fondo de este suelo analizando las propiedades físicas de la muestra de suelo. [15]

### 1.1.3.12. Propiedades de los suelos

En general, el suelo es un material trifásico constituido por las partículas de los sólidos rodeado por espacios llenos de agua y aire. Para poder describir completamente las características de un depósito de suelo es necesario expresar la mezcla de sólidos, agua y aire en términos de algunas propiedades físicas estándar. La definición de esas propiedades físicas hace referencias a un esquema de las propiedades en volumen y en masa de las fases que constituyen un elemento típico de un depósito de suelo. [20]

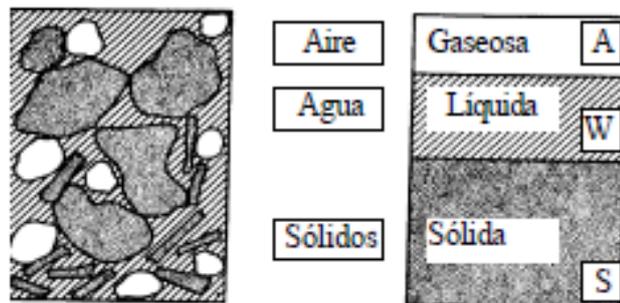


Figura 3. Esquema de una muestra de suelo y el modelo de sus 3 fases

Fuente: Mecánica de suelos. Escobar [15]

Para determinar las propiedades índice del suelo se los puede identificar a partir de las relaciones volumétricas y gravimétricas del suelo por medio de un cubo unitario con el cual se identifican las fases del suelo por separado, mediante la Figura 4 se muestran las fases.

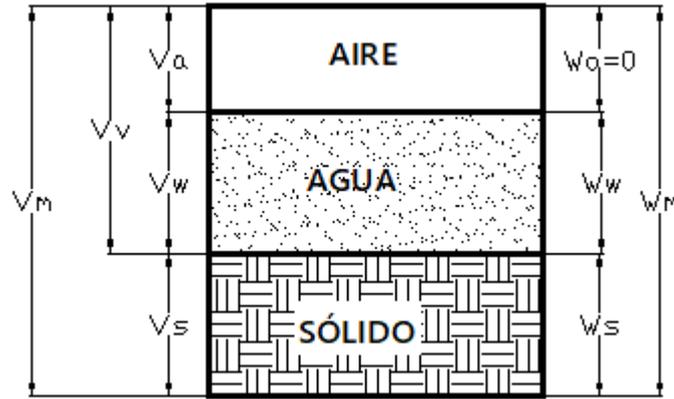


Figura 4. Cubo Unitario

Fuente: Evelyn Cortez Pastuña

Donde:

$V_a$ , representa el volumen del aire

$V_w$ , representa el volumen del agua

$V_s$ , representa el volumen de los sólidos

$V_m$ , representa el volumen de la masa o muestra de suelo

$V_v$ , representa el volumen de vacíos

$W_m$ , representa el peso de la masa o muestra de suelo

$W_v$ , representa el peso de vacíos

$W_a$ , representa el peso del aire

$W_w$ , representa el peso del agua

$W_s$ , representa el peso de los sólidos

### 1.1.3.13. Propiedades índice

Entre ellas podemos citar algunas relaciones fundamentales como:

#### 1.1.3.13.1. Contenido de humedad

El contenido de humedad o también llamado contenido de agua de un suelo, es la relación existente entre el peso de agua contenida en el mismo y el peso de los sólidos. Este valor es un resultado porcentual que puede variar de 0% al 100%, en algunas

ocasiones algunos suelos pertenecientes a la región del oriente pueden superar este rango, este valor lo podemos obtener mediante la ecuación: [14]

$$W\% = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

#### **1.1.3.13.2. Relación de vacíos**

Esta relación fundamental viene dada por la relación entre el volumen de vacíos y el volumen de sólidos, el resultado será un valor que va desde 0 hasta el infinito, los valores bajos resultan de un suelo muy compactado y los valores altos resultan de suelos sueltos. [14]

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

#### **1.1.3.13.3. Porosidad**

Esta relación viene determinada por el volumen de vacíos entre el volumen de su masa, el resultado será un valor porcentual que va desde el 0% hasta el 100%, los valores que resultan bajos representan que el suelo está altamente densificado mientras que los altos representan a un suelo que tiene gran cantidad de vacíos. [14]

$$n\% = \frac{V_v}{V_m} * 100$$

#### **1.1.3.13.4. Grado de saturación de agua**

Esta relación está definida entre el volumen de agua y el volumen de vacíos, su respuesta viene dada en un valor porcentual que está dentro del rango de 0% al 100%, el valor de 0 demuestra que es un suelo seco y el valor de 100 demuestran que es un suelo saturado. [14]

$$Gw\% = \frac{V_w}{V_v} * 100$$

#### **1.1.3.13.5. Grado de saturación de aire**

Esta relación está definida entre el volumen de aire y el volumen de vacíos, su respuesta viene dada en un valor porcentual. [14]

$$Ga\% = \frac{V_a}{V_v} * 100$$

### 1.1.3.13.6. Gravedad específica

La gravedad específica es una propiedad fundamental necesaria, la cual se obtiene mediante la relación entre el peso específico de los sólidos del suelo y el peso específico del agua. [20]

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

### 1.1.3.13.7. Granulometría

Al obtener la muestra de suelo se lo debe tamizar para obtener la distribución granulométrica de la muestra del suelo en estudio, para esto se coloca la muestra en grupo de tamices previamente organizados desde el tamiz con las aberturas más angostas hasta el tamiz con las aberturas más anchas. [20]

Tabla 7. Rango de Tamices utilizado comúnmente para el análisis del tamaño de las partículas

Tamiz	Abertura
3 pulg	75.0 mm
2 pulg	50.0 mm
1 ½ pulg	37.5 mm
1 pulg	25.0 mm
¾ pulg	19.0 mm
3/8 pulg	9.5 mm
No. 4	4.750 mm
No. 8	2.360 mm
No. 10	2.000 mm
No. 12	1.680 mm
No. 20	850 µm
No. 30	600 µm
No. 40	425 µm
No. 50	300 µm
No. 60	250 µm
No. 100	150 µm
No. 200	75 µm

Fuente: MECÁNICA DE SUELOS. Berry y Reid [20]

La curva de distribución granulométrica presenta el rango de los tamaños de partículas existentes en el suelo y también la distribución de varios tamaños de partículas. Las curvas que se muestran en la figura 5 representan: la curva I, un tipo de suelo en el que la mayoría de los granos son del mismo tamaño, y se lo conoce como suelo mal graduado; la curva II, un suelo en el que los tamaños de las partículas están distribuidos

sobre un amplio rango, se lo conoce como bien graduado, este tipo de suelo tiene un coeficiente de uniformidad mayor de aproximadamente 4 para gravas y 6 para arenas, y un coeficiente de curvatura entre 1 y 3 (para gravas y arenas), un suelo puede tener una combinación de dos o más fracciones uniformemente graduadas y la curva III representa al suelo y se lo conoce como suelo de granulometría discontinua. [19]

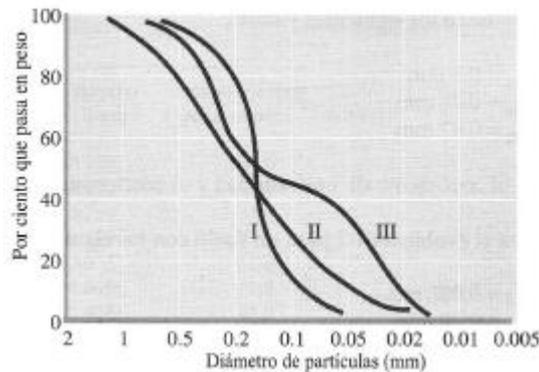


Figura 5. Tipos diferentes de curvas granulométricas

Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica. Brajam [19]

#### **1.1.3.13.7.1. Diámetro Efectivo ( $D_{10}$ )**

Es el tamaño en milímetros del grupo de partículas que representan al 10% del material que pasa, expresado en milímetros. [14]

#### **1.1.3.13.7.2. Diámetro Equiparable ( $D_{30}$ )**

Es el tamaño en milímetros del grupo de partículas que representan al 30% del material que pasa expresado en milímetros. [19]

#### **1.1.3.13.7.3. Diámetro Dimensional ( $D_{60}$ )**

Es el tamaño en milímetros del grupo de partículas que representan al 60% del material que pasa expresado en milímetros. [19]

#### **1.1.3.13.7.4. Tamaño nominal máximo (TNM)**

Es el tamaño de las partículas mayores que se encuentran en la muestra, también el tamaño del grupo de partículas que alcanzan el 5% del total de la muestra. [19]

#### 1.1.3.13.7.5. Coeficiente de Uniformidad (Cu)

El coeficiente de uniformidad está dado por la ecuación 7, es un coeficiente de no uniformidad ya que su valor numérico decrece cuando la uniformidad aumenta. [9]

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

#### 1.1.3.13.7.6. Coeficiente de Curvatura (Cc)

Esta relación tiene un valor que va de 1 a 3 en suelos bien graduados, con una diversidad del tamaño de las partículas y cantidades, se expresa como: [9]

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

#### 1.1.3.13.8. Límite Líquido (LL)

Para establecer el límite líquido de una muestra, consiste en colocar la muestra en un dispositivo (figura 6) una copa de bronce y una base de hule duro. Esta copa de bronce se deja caer sobre la base que se eleva operada por una manivela. Esta prueba del límite líquido se la realiza mediante la norma ASTM D-4318. [19]

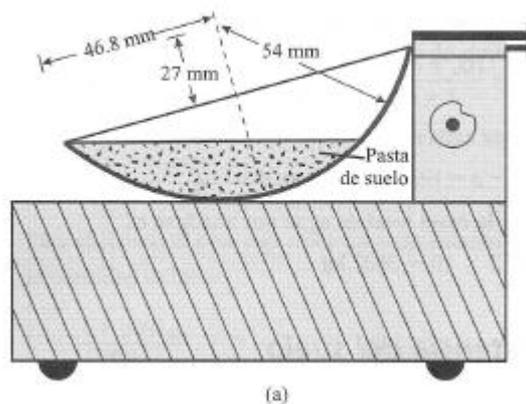


Figura 6. Dispositivo Copa de Casagrande

Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica. Brajam [19]

Casagrande ultimó que cada golpe en este dispositivo estándar para determinar el límite líquido pertenece a una resistencia cortante del suelo de aproximadamente 1 g/cm<sup>2</sup> o 0.1 kN/m<sup>2</sup>. [19]

#### **1.1.3.13.9. Límite Plástico (LP)**

El límite se establece como el contenido de agua, en porcentaje, en este procedimiento el suelo se lo enrolla en rollitos de 3.2 mm de diámetro, se desmorona. El límite plástico es el límite inferior de la etapa plástica del suelo. El procedimiento es sencillo y se lo realiza enrollando reiteradamente a mano sobre una placa de vidrio (figura 7) una masa de suelo de forma elipsoidal. La normativa con el que se realiza el procedimiento para la prueba del límite plástico es la ASTM D-4318. [19]



Figura 7. Prueba del límite plástico

Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica. Brajam [19]

#### **1.1.3.13.10. Índice Plástico (IP)**

El índice de plasticidad es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de una muestra de suelo. [19]

$$IP = LL - LP$$

#### **1.1.3.14. Propiedades mecánicas**

##### **1.1.3.14.1. Resistencia al corte**

La determinación de la resistencia al corte es uno de los puntos fundamentales en la mecánica de suelo. Coulomb atribuyó a la fricción entre las partículas del suelo a la resistencia al corte, y este admitió que los suelos fallan por esfuerzo cortante a lo largo de los planos de deslizamiento. [9]

$$\tau_f = C + \sigma(\tan\varphi)$$

### 1.1.3.14.2. Consolidación y capacidad de carga

El proceso de consolidación es el proceso en el cual el volumen disminuye, producido por el aumento de las cargas sobre el suelo. Este proceso se produce con un movimiento vertical de las partículas. [9]

### 1.1.3.14.3. Permeabilidad

La permeabilidad de los suelos surge porque los suelos tienen vacíos interconectados por los cuales el agua fluye desde los puntos de alta energía hacia los puntos de baja energía. El estudio de la permeabilidad es debido que el flujo de agua que atraviesa por un suelo conocido como medio poroso, es necesario apreciar la cantidad de infiltración subterránea. [19]

### 1.1.3.14.4. Compacidad del suelo

La compactación es la densificación de la masa extraída del suelo por remoción de aire este proceso demanda de energía mecánica. El grado de compactación de un suelo se calcula por su peso específico seco. El suelo al tomar contacto con el agua durante la compactación se convierte en un agente ablandador de las partículas del suelo, que hace que se deslicen entre sí y se muevan a una posición de empaque más denso. El peso específico seco después de la compactación se incrementa conforme aumenta el contenido de agua. [19]

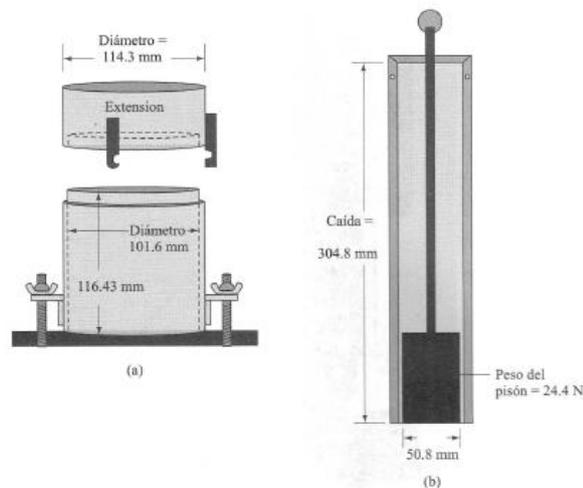


Figura 8. Equipo del ensayo Proctor estándar

Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica. Brajam [19]

#### 1.1.3.14.4.1. Método del cono y arena

En este método se usa la normativa ASTM D-1556, se utiliza un aparato que está compuesto por un recipiente de vidrio o plástico con un cono de metal unidos mediante una boquilla en la parte superior, figura 8. [19]



Figura 9. Recipiente de plástico y el cono metálico para el ensayo del cono y arena

Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica. Brajam [19]

Este recipiente se llena con una arena especial de Ottawa seca uniforme ya calibrada. El procedimiento es sencillo en el orificio del suelo se coloca una placa y se pone el cono, se pesa las muestras extraídas y mediante los valores obtenidos, se determina el peso específico de la compactación. [19]

$$\gamma_d = \frac{W}{V}$$

Donde:

W, representa el peso seco del suelo excavado del agujero

V, representa el volumen del agujero

#### 1.1.3.14.4.2. Energía de compactación

La energía de compactación puede ser calculada con la expresión siguiente: [14]

$$E_c = \frac{N * n * w * h}{v}$$

Donde:

$E_c$ , representa el Energía de Compactación.

$N$ , representa el número de golpes por capa

$n$ , representa el número de capas

$w$ , representa el peso del pisón

$h$ , representa la altura de caída

$V$ , representa el volumen del suelo compactado

#### 1.1.3.14.4.3. Especificaciones de ensayos de compactación

Para suelos friccionantes, gravo – arenosos, areno - limosos y limosos no plásticos se realiza el ensayo de Proctor Estándar AASHTO T – 99. [14]

Tabla 8. Especificación de ensayo de compactación

ENSAYO	ESTÁNDAR AASHTO T - 99			
Peso del Martillo (W)	5,5 lb			
Altura de caída (h)	12”			
METODOS	A	B	C	D
Pasa el tamiz	# 4	# 4	¾”	¾”
Diámetro molde	4”	6”	4”	6”
Número de capas	3	3	3	3
Número de golpes	25	56	25	56
Volumen estándar (pie <sup>3</sup> )	1/30	1/13,33	1/30	1/13,33
Energía de compactación (lb*pie/pie <sup>3</sup> )	12375	12316,92	12375	12316,92

Fuente: MECÁNICA DE SUELOS I. Perez [14]

Para suelos friccionantes, gravo-arenosos, areno-limosos y limosos no plásticos se realiza el ensayo Proctor Modificado AASHTO T – 180. [14]

Tabla 9. Especificación de ensayo de compactación

ENSAYO	MODIFICADO AASHTO T - 180			
Peso del Martillo (W)	10 lb			
Altura de caída (h)	18"			
METODOS	A	B	C	D
Pasa el tamiz	# 4	# 4	¾"	¾"
Diámetro molde	4"	6"	4"	6"
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	56	25	56
Volumen estándar (pie <sup>3</sup> )	1/30	1/13,33	1/30	1/13,33
Energía de compactación (lb*pie/pie <sup>3</sup> )	56250	55986	56250	55986

Fuente: MECÁNICA DE SUELOS I. Perez [14]

#### 1.1.3.14.5. California Bearing Ratio (CBR)

El ensayo de C.B.R. se emplea para platear una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente los suelos utilizados como bases y sub-rasantes del pavimento de carreteras. En la siguiente tabla se muestra una clasificación general para el uso de los suelos: [21]

Tabla 10. Clasificación para el uso del suelo según el CBR

CBR	Clasificación general	Usos	Sistema de clasificación	
			Unificado	AASHTO
0 – 3	Muy pobre	Sub-rasante	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 – 7	Pobre a regular	Sub-rasante	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7 – 20	Regular	Sub-base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 – 50	Bueno	Base, Sub-base	GM, GC, GW, SM, SP, GP	A1-b, A2-5, A3, A2-6
> 50	Excelente	Base	GW, GM	A1-a, A2-4, A3

Fuente: Correlación DCP con CBR para suelos en la localidad de suba. Osorio [21]

Este ensayo mide la resistencia al corte de un suelo en condiciones de humedad y densidad controladas, y así se obtiene la relación de soporte, se expresa en porcentaje la fuerza requerida para que el pistón penetre una profundidad fijada. [21]

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

En los resultados se utilizará únicamente el valor numérico entero sin el símbolo de porcentaje, el número de CBR usualmente se rige en la relación de la carga para una penetración de 2.5 milímetros y este ensayo se lo realiza en muestras compactadas con el contenido de humedad óptimo, para la compactación se debe usar las siguientes energías de compactación. [22]

Tabla 11. Energía de compactación de CBR según el método

Método		Golpes	Capas	Peso del martillo N
<b>D 698</b>	2 (Suelos de grano grueso)	56	3	24.5
	4 (Suelos gruesos)	56	3	24.5
<b>D 1557</b>	2 (Suelos de grano grueso)	56	5	44.5
	4 (Suelos gruesos)	56	5	44.5

Fuente: Manual de laboratorio de suelos. Bowes [22]

#### 1.1.3.14.6. Dinamic Cone Penetrometer (DCP)

Para el ensayo DCP se utiliza la norma ASTM-D 6951-03, el ensayo radica en introducir una varilla de acero de penetración de 16 mm de diámetro, esta varilla posee en su extremo inferior un cono de acero temperado de 60 grados y 20 mm de diámetro. El equipo del ensayo DCP se introduce en el suelo mediante un martillo deslizante de 8 kg-f que cae desde una altura de 575mm. Las medidas de penetración se las observa en la regla de medición sujeta al instrumento por dos soportes, unido a la barra de penetración. El ensayo DCP mide la penetración dinámica por golpes, a través del terreno natural o suelo de fundación, o suelos levemente cementados. [23]

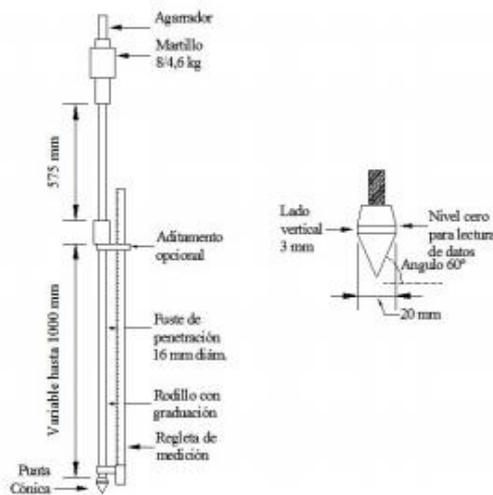


Figura 10. Esquema del equipo DCP

Fuente: El cono dinámico de penetración y su aplicación en la evaluación de los suelos. Flórez [23]

En la gráfica de la curva del DCP que representa la penetración acumulada en función del número de golpes acumulados para los respectivos datos. En este tipo de curvas, como se muestra en la Fig. 2 se puede visualizar el número de capas existentes representadas por rectas de diferentes pendientes, también se puede determinar el espesor de dichas capas. [24]

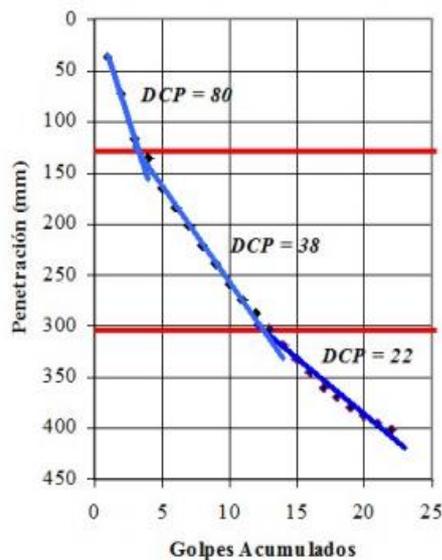


Figura 11. Curva DCP de tres capas diferentes de suelo

Fuente: Determinación de la correlación entre los índices DCP in situ y CBR de laboratorio. Viscarra [24]

El número DCP representa la penetración por cada golpe, se expresa en mm/golpe y este es el valor de la pendiente de la curva DCP para la capa en estudio. Las penetraciones sucesivas dentro del suelo, causadas por la caída del martillo, conllevan a conceptualizar el clásico fallo por corte local y general. Es decir, la introducción de la punta del cono conlleva la deformación del suelo como en un ensayo de corte. [25]

### 1.1.3.15. Teoría de correlación y regresión

En este tema se presentan el coeficiente de correlación y la regresión lineal simple como las metodologías estadísticas más utilizadas para poner en claro la relación entre dos variables continuas X e Y.

Gráficamente el diagrama de dispersión o nube de puntos admite conseguir información sobre el tipo de relación existente entre X e Y, además de contribuir a descubrir posibles valores desiguales o extremos. [26]

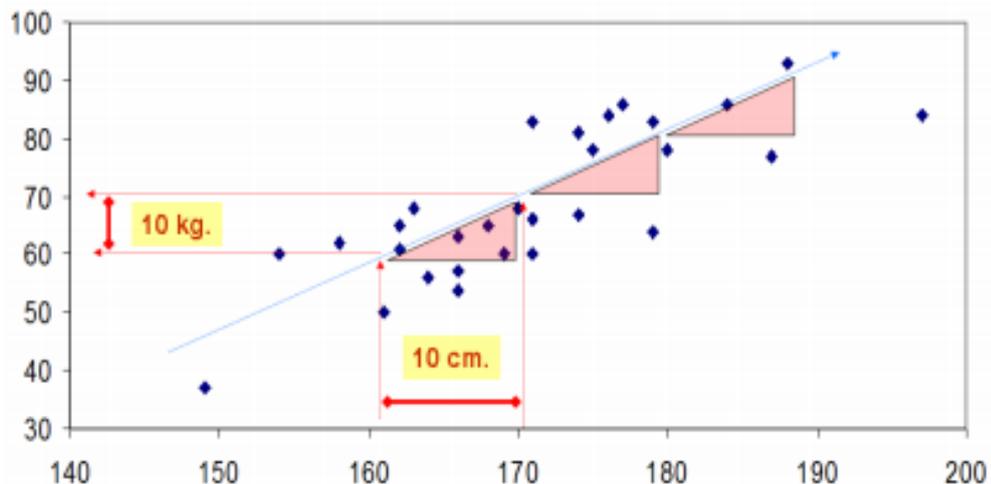


Figura 12. Representación del diagrama X – Y

Fuente: Correlación y regresión lineal. Laguna [26]

#### 1.1.3.15.1. Correlación

El objetivo de la correlación es inspeccionar la dirección y la fuerza de la agrupación entre dos variables cuantitativas y así conocer la intensidad de la relación entre ellas y si, al acrecentar el valor de una variable, aumenta o disminuye el valor de la otra variable. [26]

Para apreciar la agrupación entre dos variables, la primera aproximación suele hacerse mediante un diagrama de dispersión (figura 15).

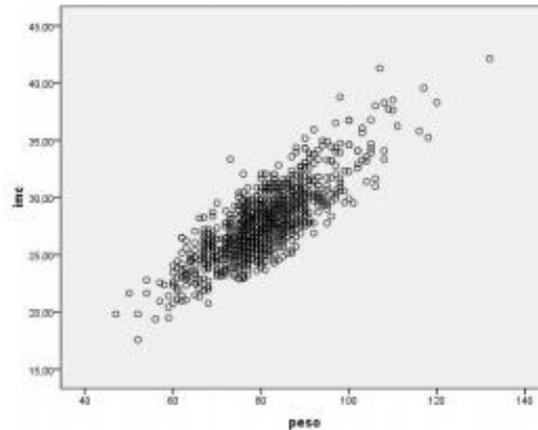


Figura 13. Diagrama de dispersión

Fuente: Correlación y regresión lineal. Laguna [26]

En esta nube de puntos se puede diferenciar si existe o no una tendencia entre las dos variables, pero si queremos cuantificar esta asociación debemos calcular un coeficiente de correlación. [26]

Hay dos coeficientes de correlación que se usan frecuentemente: el de Pearson (paramétrico) y el de Spearman (no paramétrico que se utiliza cuando las variables examinadas no cumplen criterios de normalidad o cuando las variables son ordinales). [26]

#### 1.1.3.15.1.1. Coeficiente de Correlación lineal de Pearson (r)

Este coeficiente es el estimador muestral más manejado para apreciar la asociación lineal entre dos variables X e Y. Se trata de un índice que mide si los puntos tienen tendencia a disponerse en una línea recta. Puede tomar valores entre -1 y +1. Es una técnica estadística paramétrica debido a que utiliza la media, la varianza, por lo tanto, solicita criterios de normalidad para las variables analizadas. Se define como la covarianza muestral entre X e Y dividida por el producto de las desviaciones típicas de cada variable: [26]

$$r = \frac{S_{XY}}{S_X * S_Y}$$

$$S_{xy} = \frac{1}{n} \sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

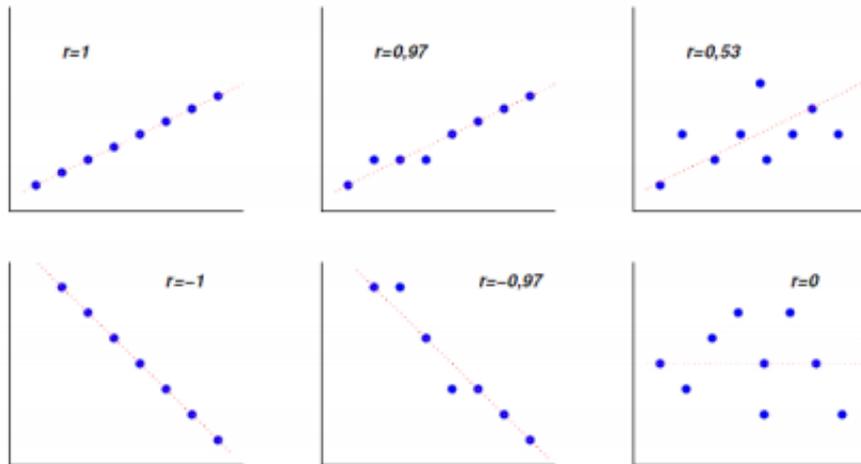


Figura 14. Diagramas de dispersión

Fuente: Correlación y regresión lineal. Laguna [26]

El grado de correlación se puede clasificar según: [27]

- Correlación perfecta, cuando  $r=1$
- Correlación excelente, cuando  $r$  es mayor de 0.9 y menor de 1
- Correlación aceptable, cuando  $r$  se encuentre entre 0.8 y 0.9
- Correlación regular, cuando  $r$  se encuentra entre 0.6 y 0.8
- Correlación mínima, cuando  $r$  se encuentra entre 0.3 y 0.6
- No hay correlación para  $r$  menor de 0.3 y mayor a 0

### 1.1.3.15.2. Regresión

El análisis de regresión consiste en aprovechar técnicas que consientan establecer la principal relación funcional entre dos o más variables concomitantes o relacionadas. [28]

#### 1.1.3.15.2.1. Regresión Lineal Simple

La regresión es su representación más simple se llama regresión lineal simple y se trata de un método estadístico que estudia la relación entre dos variables cuantitativas, tratando de comprobar si dicha relación es lineal, sabiendo que se usan únicamente dos variables. [27]

Cuando la relación funcional entre las variables dependiente (Y) e independiente (X) es una línea recta, se tiene una regresión lineal simple, dada por la ecuación: [27]

$$Y = B_0 + B_1X + \varepsilon$$

Donde:

$B_0$ , representa el valor de la ordenada donde la línea de regresión se interseca al eje Y.

$B_1$ , representa el coeficiente de regresión poblacional (pendiente de la línea recta)

$\varepsilon$ , representa el error.

### 1.1.3.15.2.2. Método de los mínimos cuadrados

El método de los mínimos cuadrados se basa en hallar los valores de los parámetros a y b, de tal forma que la suma de los cuadrados de los residuos sea mínima. Esta recta es la recta de regresión por mínimos cuadrados. [26]

Por cada valor de la variable independiente  $x_i$  se considera dos valores de la variable dependiente de  $y_i$  y partiendo de la ecuación:

$$\hat{y}_i = a + bx_i$$

Se puede definir el error como la distancia vertical en los puntos  $x_i$ ,  $y_i$  y la recta. Esto busca la recta que da lugar a los residuos más pequeños, es decir que se minimice la suma de los errores al cuadrado. [26]

$$SCRes = \sum_{i=1}^N e_i^2 = \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Para encontrar la recta de regresión, utilizaremos el método de los mínimos cuadrados.

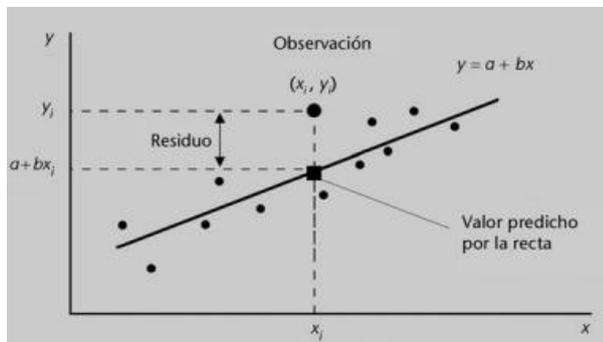


Figura 15. Interpretación geométrica del residuo

Fuente: Correlación y regresión lineal. Laguna [26]

#### **1.1.3.16. Análisis de tráfico**

Los vehículos transmiten cargas al pavimento por los dispositivos de apoyo que son las ruedas para determinar la carga total sobre una superficie y reducir tensiones y deformaciones dentro de la super estructura. El tráfico es un parámetro fundamental al momento de realizar el diseño del pavimento. [29]

##### **1.1.3.16.1. Tránsito medio diario anual (TMDA)**

Este tipo de tránsito representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios de tránsito durante un año, dependiendo de cada vehículo: [29]

- Automóviles y camionetas
- Buses
- Camiones de dos ejes
- Camiones de más de dos ejes
- Remolques
- Semirremolques

##### **1.1.3.16.2. Tasa de crecimiento**

Representa el crecimiento promedio anual de TMDA y dependiendo del tipo de vehículo las tasas son diferentes. [29]

##### **1.1.3.16.3. Proyección del tránsito**

Al crear una carretera el tránsito puede proyectarse de manera aritmética en una línea de tiempo, puede ser un crecimiento constante o exponencial. [29]

##### **1.1.3.16.4. Modelos de crecimiento**

La figura 20 muestra que la proyección aritmética produce un crecimiento acelerado en periodo de tiempo corto y no se toma en cuenta el tránsito a largo plazo. [29]

Tomando en cuenta las estadísticas se debe hacer un estudio en cual nos mencione que proyección se ajusta en condiciones óptimas para el tráfico de una carretera. [29]

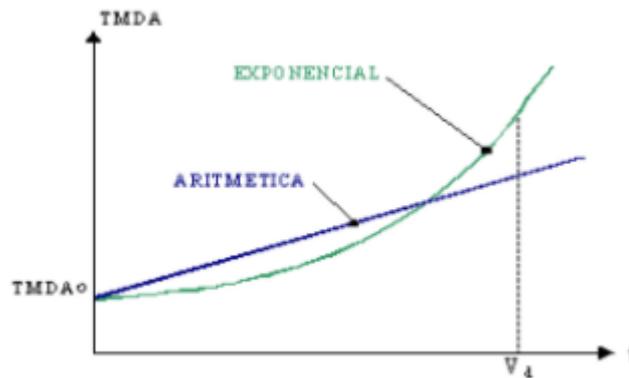


Figura 16. Modelos de crecimiento

Fuente: Manual completo diseño de pavimentos. UMSS [29]

#### 1.1.3.16.5. Factor de crecimiento

Para calcular el factor de crecimiento tenemos una fórmula muy sencilla que adquiere una tasa de crecimiento anual. [29]

$$FC = 0.5 * [1 + (1 + r)^P]$$

La Asociación del Cemento portland propone esta ecuación:

$$FC = (1 + r)^{0.5P}$$

La AASHTO recomienda esta ecuación:

$$FC = \frac{(1+r)^P - 1}{r}$$

Donde:

r, representa una tasa de crecimiento anual en decimales

P, representa un periodo de diseño en años

Según el criterio de la AASHTO tenemos los valores del factor de crecimiento para diversos periodos de diseño y tasas anuales: [29]

Tabla 12. Factor de crecimiento

Periodo de diseño, años (n)	Tasa de crecimiento anual, g (%)							
	Sin crecimiento	2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	1.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.18	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	25.15	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

Fuente: Manual completo diseño de pavimentos. AASHTO

### 1.1.3.16.6. Distribución direccional

Con excepciones, la distribución toma un valor de 50% del tránsito en cada una de las direcciones y puede variar dependiendo del carril que tenga mayor circulación un 0.3 a 0.7. La AASHTO propone los siguientes valores: [29]

Tabla 13. Factores de distribución por carril

Nº carriles en cada dirección	Porcentaje de ejes simples equivalentes de 18 kips en el carril de diseño (Fc)
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4 o más	50 – 75

Fuente: Manual completo diseño de pavimentos. AASHTO

### 1.1.3.16.7. Tránsito equivalente

Después de los estudios que realizó la AASHTO, los resultados obtenidos arrojaron que se puede representar por un número equivalente de pasadas de un eje simple un patrón de rueda doble de 18 kips, 80 kN o 8.2 Ton lo que genera un daño similar en la composición total del tráfico. [29]

### 1.1.3.17. Diseño de Pavimento Flexible Método AASHTO 93

El método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos flexibles se basa en un número estructural para el diseño del pavimento, este método se ayuda de una ecuación que asocia unos coeficientes con sus respectivos números estructurales, los cuales se calcula mediante un software. [30]

#### 1.1.3.17.1. Tránsito

Se debe realizar un estudio exhaustivo del tránsito vehicular, tránsito promedio anual, factor de camión y tránsito acumulado. [30]

#### 1.1.3.17.2. Serviciabilidad

Este parámetro provee a los usuarios de las carreteras un manejo seguro y confortable en un momento puntual. [30]

Tabla 14. Índice de serviciabilidad

Índice de serviciabilidad (p)	Calificación
0 – 1	Muy mala
1 – 2	Mala
2 – 3	Regular
3 – 4	Buena
4 – 5	Muy buena

Fuente: Diseño de un pavimento flexible. Aristizábal [30]

#### 1.1.3.17.3. Disminución del índice de serviciabilidad

Esto representa una disminución de la calidad de servicio de la carretera, producida por el deterioro del pavimento. [30]

$$\Delta PSI = p_o - p_t^{10}$$

Donde:

PSI, representa el índice de servicio presente

$\Delta PSI$ , representa la diferencia entre los índices de servicio inicial y final deseado

$p_o$ , representa el índice de servicio inicial

$p_t$ , representa el índice de servicio final

#### 1.1.3.17.4. Confiabilidad (R)

Representa el grado de seguridad de un diseño de vía planteado, para calcular la probabilidad de que el pavimento soporte el número de pasadas durante su vida útil.

A medida que R aumente, los espesores aumentarán. [30]

Tabla 15. Niveles de confiabilidad por tipo de vía

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad R	
	Urbana	Rural
Interestatales y vías rápidas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-95
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Fuente: Diseño de un pavimento flexible. Aristizábal [30]

#### 1.1.3.17.5. Desviación estándar (So)

Este valor debe representar las condiciones locales, pero se lo puede adaptar en función a la experiencia de su uso local. [30]

Tabla 16. Valores recomendados para la desviación estándar

Condición de diseño	Desviación estándar
Variación de predicción en el comportamiento del pavimento (sin error de tráfico)	0.25
Variación total en la predicción del comportamiento del pavimento y en la estimación del tráfico	0.35 - 0.50

Fuente: Diseño de un pavimento flexible. Aristizábal [30].

#### 1.1.3.17.6. Módulo resiliente efectivo (Mr)

Este parámetro representa el daño del pavimento y es el módulo resiliente promedio.

#### 1.1.3.17.7. Módulo resiliente para la subrasante

Se lo calcula mediante su CBR: [30]

- Para materiales de sub-rasante con  $CBR \leq 7,2\%$

$$MR = 1500 * CBR \quad \text{Ec. 23}$$

- Para materiales de sub-rasante de  $7,2\% \leq CBR \leq 20,0\%$

$$MR = 3000 * CBR^{0.65} \quad \text{Ec.24}$$

- Para materiales de sub-rasante con valores de  $CBR \geq 20,0\%$ , se deberán emplear otras formas de correlación, tal como la recomendada por la propia Guía de Diseño AASHTO-93.14

### 1.1.3.17.8. Módulo resiliente para la sub-base, base y concreto asfáltico

Se toman los valores de CBR de la base y sub-base según las especificaciones: [30]

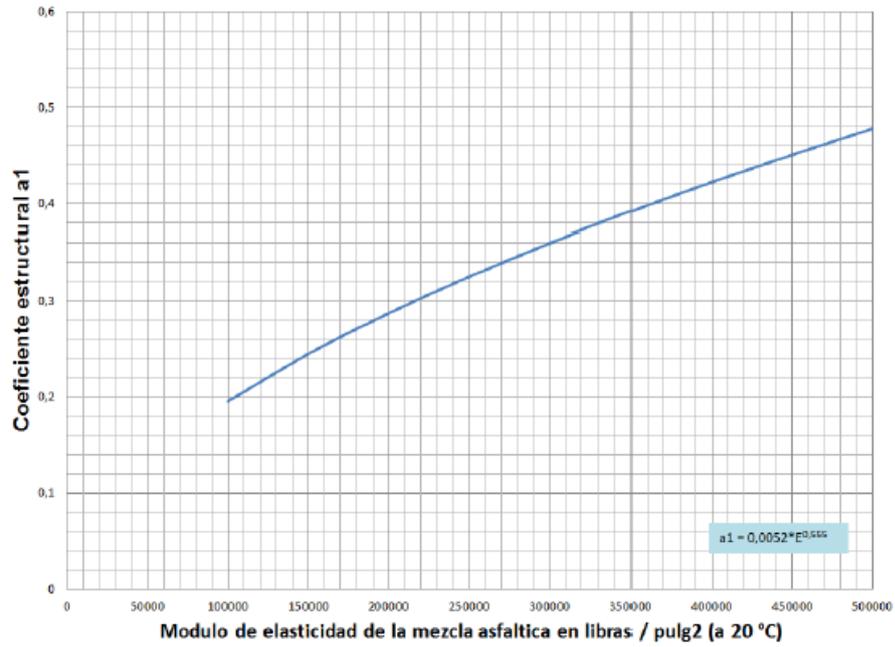


Figura 17. Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica ( $a_1$ )

Fuente: AASHTO

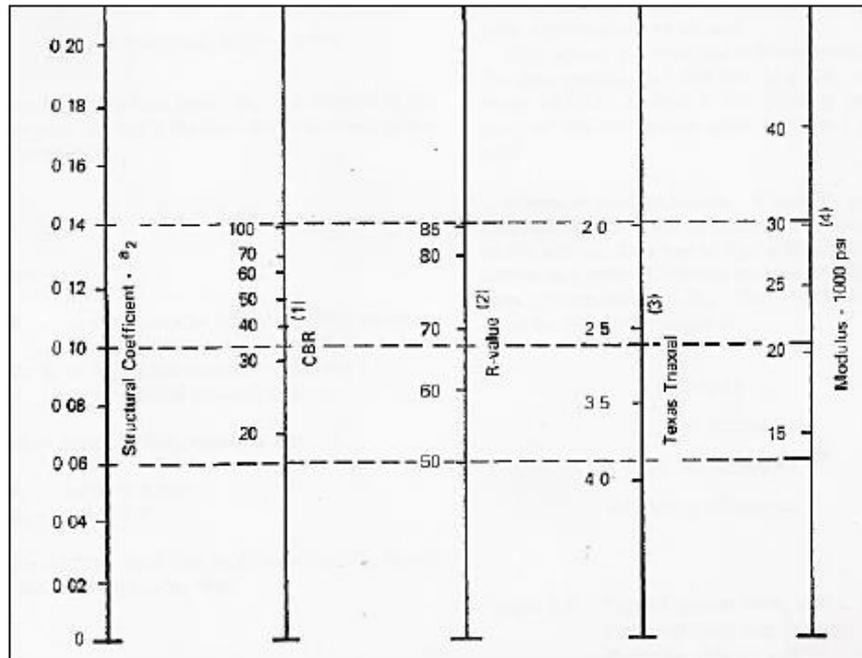


Figura 18. Coeficiente estructural ( $a_2$ ), ábaco para  $M_r$  de la base

Fuente: AASHTO

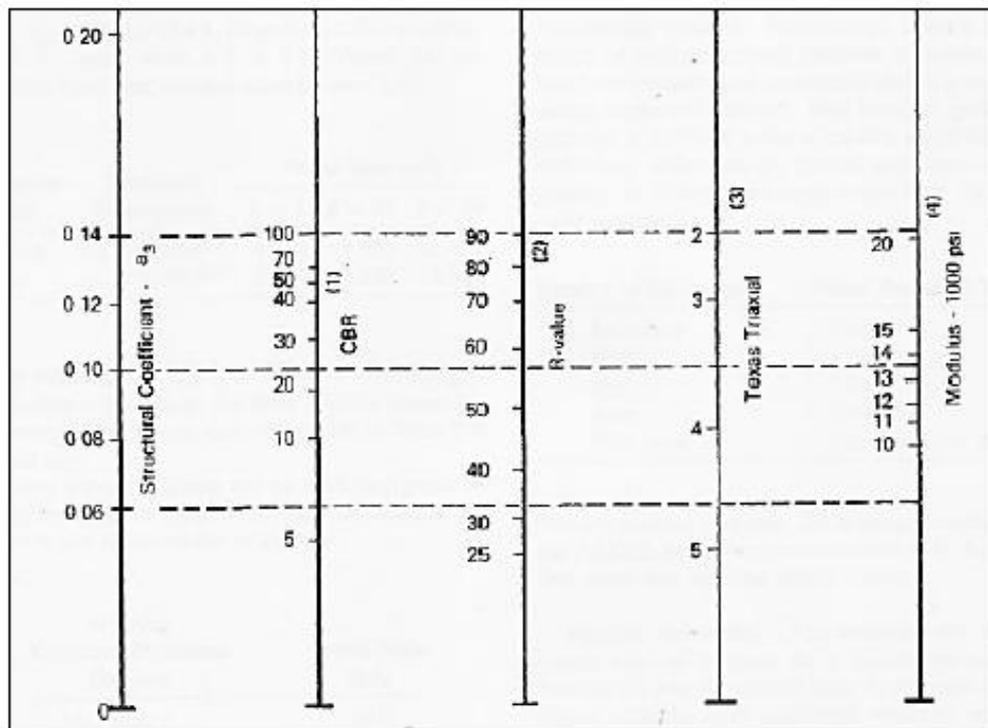


Figura 19. Coeficiente estructural ( $a_3$ ), ábaco para  $M_r$  de la sub-base

Fuente: AASHTO

### 1.1.3.17.9. Coeficientes estructurales

Los valores promedio para los coeficientes estructurales son: [30]

- Mezcla asfáltica densa en caliente 0.44 pulgadas
- Base granular 0.14 pulgadas
- Sub-base granular 0.11 pulgadas

### 1.1.3.17.10. Drenaje

Este coeficiente se sujeta a dos parámetros:

1. La capacidad del drenaje que se determina mediante el tiempo en el que se demora el agua en ser evacuada del pavimento.
2. El porcentaje de tiempo mediante el cual el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación, en el transcurso del año. [30]

La AASHTO define cinco capacidades de drenaje, que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 17. Capacidad de drenaje

Calidad de drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	Agua no drena

Fuente: AASHTO

Tabla 18. Coeficiente de drenaje recomendados

Calidad de drenaje	Porcentaje de tiempo en que la nueva estructura de pavimentos está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	Menos de 1%	1-5%	5-25%	Mas de 25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.2
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.8
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.6
Deficiente	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.4

Fuente: AASHTO

#### 1.1.3.17.11. Número estructural

Para la determinación de este parámetro se usa un ábaco en el cual se ingresa con los valores del tránsito, la desviación estándar, la confiabilidad y el índice de serviciabilidad, se consigue el SN el cual es un valor fundamental para la determinación de los espesores finales de las diferentes capas que conforman la estructura de pavimento. [30]

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\frac{\log(\Delta PSI)}{4.2-1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \log M_R - 8.07$$

Donde:

$W_{18}$ , representa los ejes equivalentes de 18 Kips

$Z_r$ , representa la desviación estándar normal

$S_o$ , representa la desviación estándar global

$\Delta PSI$ , representa la pérdida de serviciabilidad

$M_R$ , representa el módulo de resiliencia

### 1.1.3.17.12. Software “Ecuación AASHTO 93”

Para el desarrollo del diseño de pavimentos por el método de AASTHO, se cuenta con un software que calcula el SN (número estructural), a partir de datos como serviciabilidad inicial y final, confiabilidad, desviación estándar, módulo resiliente de la capa, numero de ejes equivalentes ( $W_{18}$ ). [30]

The image shows a software interface titled "Ecuación AASHTO 93". It is a standard Windows-style window with a title bar containing a logo, the title, and minimize, maximize, and close buttons. The interface is organized into several sections:

- Tipo de Pavimento:** Two radio buttons, "Pavimento flexible" (selected) and "Pavimento rígido".
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu for "Reliability (R)" and a text input field for "So".
- Serviciabilidad inicial y final:** Two text input fields for "PSI inicial" and "PSI final".
- Módulo resiliente de la subrasante:** A text input field for "Mr" followed by the unit "psi".
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Four text input 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)".
- Tipo de Análisis:** Two radio buttons, "Calcular SN" (selected) and "Calcular W18". A text input field for "W18 -".
- Número Estructural:** A text input field for "SN =".
- Buttons:** "Calcular" and "Salir" buttons at the bottom.

Figura 20. Interfaz del software Ecuación AASHTO 93

Fuente: Evelyn Cortez

### 1.1.3.17.13. Espesores mínimos requeridos

La AASHTO recomienda en una tabla los siguientes valores de espesores mínimos requeridos: [30]

Tabla 19. Espesores mínimos de Carpeta asfáltica y Base Granular, en función del número de ejes equivalentes

Cargas equivalentes (periodo de diseño)	Espesor mínimo (cm)	
	Mezcla asfáltica (todas las capas)	Base y/o sub-base granular
<50000	2.5 (*)	10.0
50000-150000	5.0	10.0
150000-500000	6.25	10.0
500000-2000000	7.5	15.0
2000000-7000000	8.75	15.0
>7000000	10.0	15.0

Fuente: Diseño de un pavimento flexible. Aristizábal [30]

#### 1.1.4. Hipótesis

Existe una correlación entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Río Verde del cantón Baños, provincia de Tungurahua.

### 1.2. OBJETIVOS

#### 1.2.1. Objetivo general

Estudiar la correlación entre el CBR, DCP, las propiedades índice y mecánicas en los suelos de la parroquia Río Verde del cantón Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua

#### 1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades índice y mecánicas en los suelos de la parroquia Río Verde del cantón Baños de Agua Santa.
- Identificar la correlación entre la Relación de Soporte California CBR y Penetrómetro Dinámico de Cono DCP.
- Establecer la correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en el laboratorio para los suelos estudiados.
- Realizar el diseño de un pavimento flexible aplicando los valores obtenidos en las correlaciones.

## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA**

#### **2.1. NIVELES DE INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1. Investigación Exploratoria**

Se realizó un reconocimiento en la parroquia Rio Verde para elegir los puntos de estudio por medio de un muestreo simple aleatorio, para determinar los patrones en las propiedades índice y mecánicas de estos suelos.

##### **2.1.2. Investigación Experimental**

Se contempla esta investigación debido a que los ensayos in situ: DCP y Densidad en Campo, y también los ensayos en laboratorio: Granulometría, Límites de Atterberg, Gravedad Específica, Compactación para Proctor Modificado “B” y CBR, para determinar las propiedades de las muestras extraídas.

##### **2.1.3. Investigación Correlacional**

A través de los valores arrojados por los resultados de los ensayos in situ y de laboratorio, se determinará la correlación entre las propiedades índice y mecánicas como también la correlación entre el CBR de laboratorio y estas propiedades. El propósito de realizar las correlaciones planteadas es aprovecharlas de sustento para comprobar y verificar los resultados de laboratorio, así mismo como proveer una zonificación de los tipos de suelo del Cantón Baños.

##### **2.1.4. Investigación Explicativa**

Se estima una investigación explicativa por la referencia de los ensayos realizados además de mostrar el nexo entre las propiedades índice, mecánicas y el CBR que cooperan en el factor de correlación.

#### **2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

##### **2.2.1. Población**

El área perteneciente al presente proyecto está localizada en la parroquia Rio Verde del cantón Baños provincia de Tungurahua. La Parroquia cuenta con 246.5 km<sup>2</sup> de

superficie, un clima templado con una temperatura promedio de 18°C y una población de 1307 personas. [40]

### 2.2.2. Muestra

Debido a la extensión de la superficie se recogerán muestra de suelo natural de la subrasante de la parroquia de Rio Verde, del Cantón Baños, Provincia de Tungurahua, con una cantidad de 12 muestras de 50 kg cada una, extraídas de las siguientes calicatas en los puntos de estudio seleccionados.

Tabla 20. Ubicación Georreferenciada de las muestras extraídas

N° Calicata	COORDENADAS	
	Norte (m)	Este (m)
1	9843862	808132
2	9843819	806731
3	9844058	805245
4	9844018	803881
5	9844570	803226
6	9844899	802214
7	9844839	801464
8	9844774	799971
9	9844378	798498
10	9844794	797355
11	9844955	796446
12	9845105	795179

Fuente: Evelyn Cortez Pastuña

Tabla 21. Ubicación Georreferenciada de las muestras extraídas

N° Calicata	TIPOS DE SUELOS		
	SUCS	ASSHTO	SUELO
1	SP SM	A-1-b	
2	SW	A-1-a	
3	SP	A-1-a	
4	SP	A-1-a	
5	SW SC	A-1-a	
6	SP SM	A-1-a	
7	SW SC	A-1-a	
8	SW SM	A-1-b	
9	SP SM	A-1-a	
10	SW SM	A-1-b	
11	SW SM	A-1-a	
12	SW SM	A-1-b	

Fuente: Evelyn Cortez Pastuña

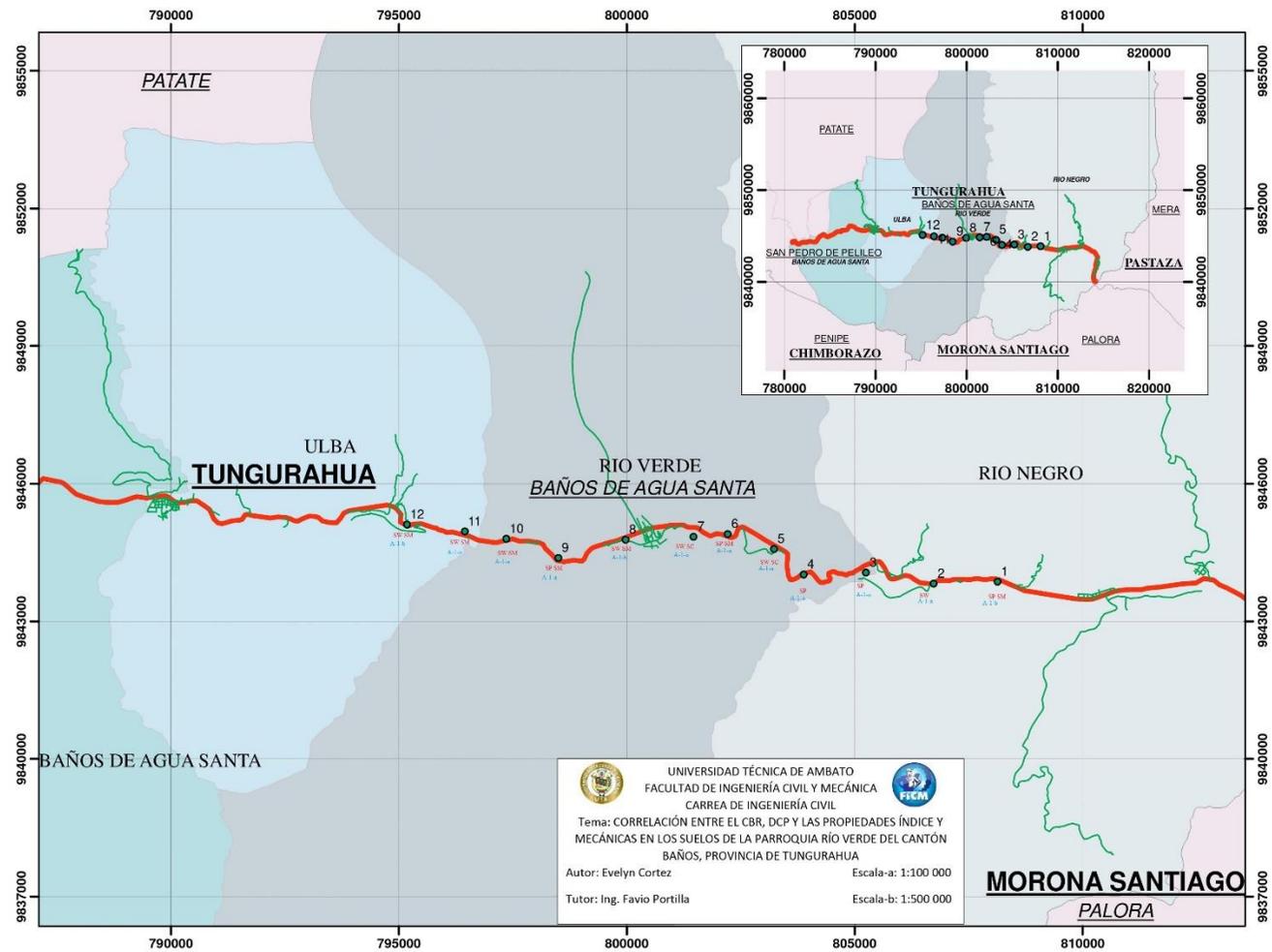


Figura 21. Tipos de suelo según SUCS y AASHTO para Rio Verde  
 Fuente: Evelyn Cortez Pastuña

### 2.3. Materiales y Equipos

Para realizar el proyecto experimental se requirió de los ensayos, materiales, equipos y normas descritos en la Tabla.

Tabla 22. Materiales y Equipos necesarios para los ensayos

ENSAYO	MATERIALES	EQUIPOS	NORMA
Pozo a Cielo Abierto (Calicata)	Muestras in situ	Barra Flexómetro Pala Pico GPS	AASHTO T 87-70
Densidad de Campo (Método del Cono y Arena de Ottawa)	Muestras in situ	Balanza Electrónica Base de Placa metálica Cinzel Cono Clavos Cuchareta Martillo Fundas de plástico Recipiente metálico Horno	AASHTO T 191 2014
Cono Dinámico de Penetración (DCP)	Muestras in situ	Equipo DCP Cuaderno de anotación	ASTM D 6951-03
Gravedad Específica	50 gr de suelo que pase el tamiz # 4	Balanza Electrónica Tamiz #4 Picnómetro Embudo Termómetro Recipiente metálico Pipeta Horno	AASHTO T 100 2015  ASTM D 854-58
Granulometría	250 gr de muestra cuarteada	Balanza Electrónica Horno	AASHTO T 88 2013

		Tamizadora Eléctrica Juego de Tamices Brocha Recipiente metálico	
Límite Líquido (Método Copa de Casagrande)	150 gr de suelo que pase el tamiz # 40	Balanza Electrónica Copa Casagrande Espátula Acanalador Recipientes de aluminio	AASHTO T 89 2013
Límite Plástico	150 gr de suelo que pase el tamiz # 40	Balanza Electrónica Placa de vidrio Fuente de mezclado Recipientes de aluminio	AASHTO T 90 2016
Proctor Modificado tipo “B”	24 kg de suelo que pase el tamiz # 4	Bandeja metálica Martillo de compactación Molde Ø 6" con collarín y base Recipientes de aluminio Probeta graduada Palustre Enrazador Balanza Electrónica	AASHTO T 180 2018
California Bearing Ratio (CBR)	18 kg de suelo que pase el tamiz # 4	Cámara de curado MULTISPEED 34- V1172	AASHTO T 193 2013

Fuente: Evelyn Cortez Pastuña

## 2.2. Métodos

### 2.2.1. Plan de Recolección de Datos

Para recolectar las 12 muestras se responde a las preguntas de la siguiente tabla.

Tabla 23. Plan de recolección de datos

<b>PREGUNTAS BÁSICAS</b>	<b>EXPLICACIÓN</b>
<b>¿Para qué?</b>	Correlacionar el CBR de laboratorio con las propiedades índice y mecánicas de los distintos suelos, para determinar el CBR de manera directa o indirecta por medio de propiedades conocidas, ahorrando tiempo al reducir el número de ensayos necesarios de forma habitual.
<b>¿A quiénes?</b>	A los suelos de la parroquia Rio Verde, Cantón Baños, Provincia de Tungurahua.
<b>¿Sobre qué aspectos?</b>	Sobre las propiedades índice y mecánicas obtenidas mediante los ensayos in situ y de laboratorio, como también el CBR de laboratorio de las 12 muestras extraídas.
<b>¿Quién?</b>	Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña autora del trabajo experimental.
<b>¿Cuándo?</b>	Los ensayos de campo se realizarán desde el 20 de noviembre al 1 de diciembre, mientras que los ensayos de laboratorio se ejecutarán desde el 21 de diciembre al 5 de febrero. El procesamiento y análisis de la información se efectuará desde diciembre a abril.

<p><b>¿Dónde?</b></p>	<p>Las muestras y ensayos in situ se realizarán en la parroquia Rio Verde.</p> <p>Los ensayos se llevarán a cabo en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.</p>
<p><b>¿Técnicas de recolección?</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para la recolección de las muestras los ensayos se realizarán según las normas especificadas en la Tabla.</li> <li>- Retirar la capa vegetal y cavar el pozo a cielo abierto.</li> <li>- Realizar la densidad en campo y luego el ensayo DCP.</li> <li>- Recoger cerca de 50 kg de suelo de la calicata, pasar por el tamiz rectangular #4 y colocar en la bandeja para su secado y realización de los posteriores ensayos.</li> <li>- En Granulometría se coloca una muestra representativa de suelo, completamente seca, en el juego de tamices ordenados de mayor a menor abertura y se ubica en la tamizadora eléctrica.</li> <li>- Para realizar los límites de Atterberg y la Gravedad Específica las muestras deben pasar el tamiz #4.</li> <li>- Emplear 24 kg de suelo para el Proctor Modificado “B” para determinar la Humedad Óptima y Densidad Seca Máxima de las muestras.</li> <li>- En el ensayo de CBR se emplea la Humedad Óptima del Proctor.</li> </ul>

Fuente: Evelyn Cortez Pastuña

Se presentan imágenes de los ensayos realizados:

**a) Pozo a Cielo Abierto**



Figura 22. Realización del Pozo a Cielo Abierto

Fuente: Evelyn Cortez Pastuña

**b) Densidad de Campo (Método del Cono y Arena de Ottawa)**



Figura 23. Realización de la Densidad de Campo

Fuente: Evelyn Cortez Pastuña



Figura 24. Peso del cono y la muestra extraída

Fuente: Evelyn Cortez Pastuña

### c) Cono Dinámico de Penetración



Figura 25. Ensayo DCP

Fuente: Evelyn Cortez Pastuña

**d) Granulometría**



Figura 26. Ensayo Granulométrico

Fuente: Evelyn Cortez Pastuña

**e) Límite Líquido**



Figura 27. Ensayo de Límite Líquido

Fuente: Evelyn Cortez Pastuña

**f) Límite Plástico**



Figura 28. Ensayo de Límite Plástico

Fuente: Evelyn Cortez Pastuña

**g) Gravedad Específica**



Figura 29. Ensayo de Gravedad Específica

Fuente: Evelyn Cortez Pastuña

### h) Proctor Modificado "B"



Figura 30. Ensayo Proctor

Fuente: Evelyn Cortez Pastuña

### i) Relación de Soporte California (CBR)



Figura 31. Ensayo CBR

Fuente: Evelyn Cortez Pastuña

### **2.4.3. Plan de Procesamiento y Análisis de Información**

#### **Plan de procesamiento**

- Recolección de las 12 muestras de suelo para ser analizadas en el laboratorio.
- Ejecutar los ensayos de campo y laboratorio a las muestras de suelo.
- Tabulación de los datos resultantes de los ensayos por medio del software Excel.
- Preparación de una tabla con el compendio todas las propiedades de las 12 muestras ensayadas.

#### **Plan de análisis de la información**

1. Correlacionar las propiedades mecánicas, índice y CBR con 2 variables y 3 variables del tipo: lineal, exponencial, logarítmica y potencial.
2. Analizar el coeficiente  $r^2$  para verificar el grado de ajuste logrado en los modelos matemáticos.
3. Establecer conclusiones y recomendaciones en base a las correlaciones elegidas.

## CÁPITULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Al haber realizado los diversos ensayos tanto en situ como en laboratorio de las 12 muestras recogidas en el campo tenemos los siguientes resultados.

Tabla 24. Nomenclatura y Unidades de las variables

<b>Nomenclatura</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>
<i>W<sub>nat</sub></i>	Humedad Natural	%
<i>γ<sub>h</sub></i> in situ	Densidad húmeda in situ	gr/cm <sup>3</sup>
<i>γ<sub>d</sub></i> in situ	Densidad seca in situ	gr/cm <sup>3</sup>
<i>e</i>	Relación de vacíos	-
<i>n</i>	Porosidad	%
<i>G<sub>w</sub></i>	Grado de saturación del agua	%
<i>G<sub>a</sub></i>	Grado de saturación del aire	%
% <i>G</i>	Porcentaje de grava en la muestra	%
% <i>S</i>	Porcentaje de arena en la muestra	%
% <i>F</i>	Porcentaje de finos en la muestra	%
<i>C<sub>u</sub></i>	Coefficiente de uniformidad	%
<i>C<sub>c</sub></i>	Coefficiente de curvatura	-
<i>T<sub>NM</sub></i>	Tamaño Nominal Máximo	-
<i>SUCS</i>	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos	-
<i>AASHTO</i>	Asociación Americana de Carreteras Estatales y Transporte Oficial	-
<i>LL</i>	Límite Líquido	%
<i>LP</i>	Límite Plástico	%
<i>IP</i>	Índice Plástico	%
<i>G<sub>s</sub></i>	Gravedad Específica	-
<i>γ<sub>d</sub></i> máx	Densidad Seca Máxima	gr/cm <sup>3</sup>
<i>w<sub>opt</sub></i>	Humedad Óptima	%
<i>G<sub>c</sub></i>	Grado de compactación	%
0.1"	CBR para 0.1 pulgadas de penetración	%
0.2"	CBR para 0.2 pulgadas de penetración	%
<i>CBR mayor</i>	CBR mayor entre 0.1 y 0.2 pulgadas	%
<i>DN</i>	Índice de Penetración	mm/golpe

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 25. Propiedades índice de los suelos ensayados

Muestra N°	Límite líquido (%)	Límite plástico (%)	Índice plástico (%)	Humedad natural (%)	Gravedad específica	Relación de vacíos (%)	Porosidad (%)	Grado de saturación de agua (%)	Grado de saturación del aire (%)	Granulometría			Clasificación	
										Grava G%	Arena S%	Limo M%	SUCS	ASSHTO
1	19.32	18.93	0.39	22.34	2.469	1.04	50.96	54.45	45.55	0.00	89.51	10.49	SP SM	A-1-b
2	30.06	29.57	0.49	21.19	2.840	1.20	54.64	42.35	57.65	0.00	96.40	3.60	SW	A-1-a
3	32.53	32.02	0.51	17.49	2.413	1.48	59.71	29.73	70.27	0.00	98.11	1.89	SP	A-1-a
4	20.22	19.81	0.42	15.96	2.420	1.18	54.06	42.61	57.39	0.00	96.12	3.88	SP	A-1-a
5	26.86	24.08	2.78	11.35	2.560	1.27	55.91	23.56	76.44	0.00	90.27	9.73	SW SC	A-1-a
6	24.30	23.79	0.51	15.30	2.544	1.64	62.15	26.08	73.92	0.00	94.00	6.00	SP SM	A-1-a
7	23.93	24.57	-0.64	14.38	2.516	1.34	57.31	39.30	60.70	0.00	90.56	9.44	SW SC	A-1-a
8	27.71	26.34	1.37	17.18	2.492	1.22	54.92	43.71	56.29	0.00	94.08	5.92	SW SM	A-1-b
9	20.75	20.34	0.41	23.66	2.444	1.42	58.72	44.02	55.98	0.00	93.00	7.00	SP SM	A-1-a
10	27.15	27.15	0.00	15.82	2.529	0.70	41.17	62.72	37.28	0.00	90.88	9.12	SW SM	A-1-b
11	27.72	27.34	0.38	16.91	2.425	1.52	60.25	35.75	64.25	0.00	93.84	6.16	SW SM	A-1-a
12	22.29	22.11	0.19	22.66	2.545	0.82	45.05	73.43	26.57	0.00	91.64	8.36	SW SM	A-1-b

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 26. Propiedades mecánicas de los suelos ensayados

Muestra N°	Densidad de campo $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	COMPACTACIÓN			CBR (%)			DCP
		$\gamma_d$ máx (gr/cm <sup>3</sup> )	W óptimo (%)	Gc (%)	95% $\gamma_d$ máx			DN (mm/golpe)
					0.1"	0.2"	Mayor (%)	
1	1.289	1.828	12.0	70.53	29.5	32.5	32.5	5.65
2	1.183	2.035	9.8	58.12	25.2	24.8	25.2	5.33
3	1.060	1.792	12.0	59.14	11.5	12.1	12.1	14.44
4	1.212	1.641	12.8	73.84	13.0	15.0	15.0	18.45
5	1.168	2.050	7.2	56.96	13.0	14.5	14.5	9.23
6	1.011	2.120	7.5	47.67	44.9	55.0	55.0	32.87
7	1.129	1.969	12.2	57.33	12.0	14.0	14.0	14.95
8	1.194	1.977	7.8	60.40	10.2	10.3	10.3	20.91
9	1.094	1.805	12.0	60.59	26.0	27.5	27.5	17.31
10	1.569	1.875	12.3	83.67	29.5	34.9	34.9	7.21
11	1.051	1.635	13.1	64.26	28.2	24.2	28.2	12.76
12	1.457	1.824	12.5	79.87	31.1	28.8	31.1	9.38

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

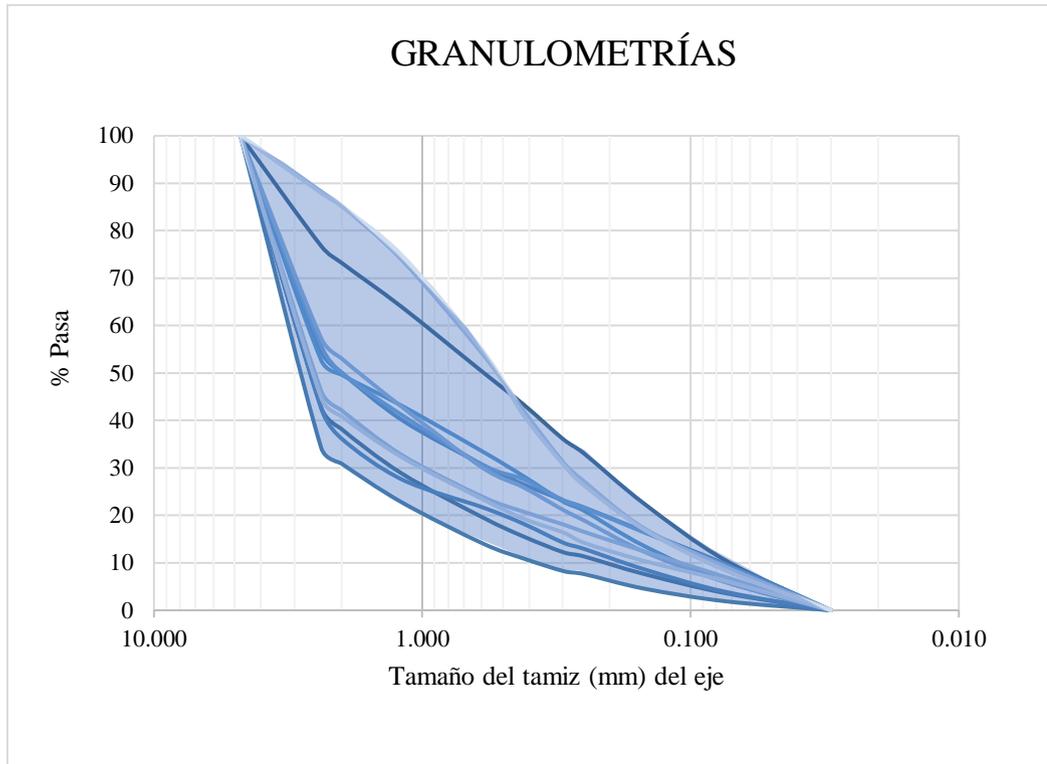


Figura 32. Rango granulométrico de los suelos ensayados

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

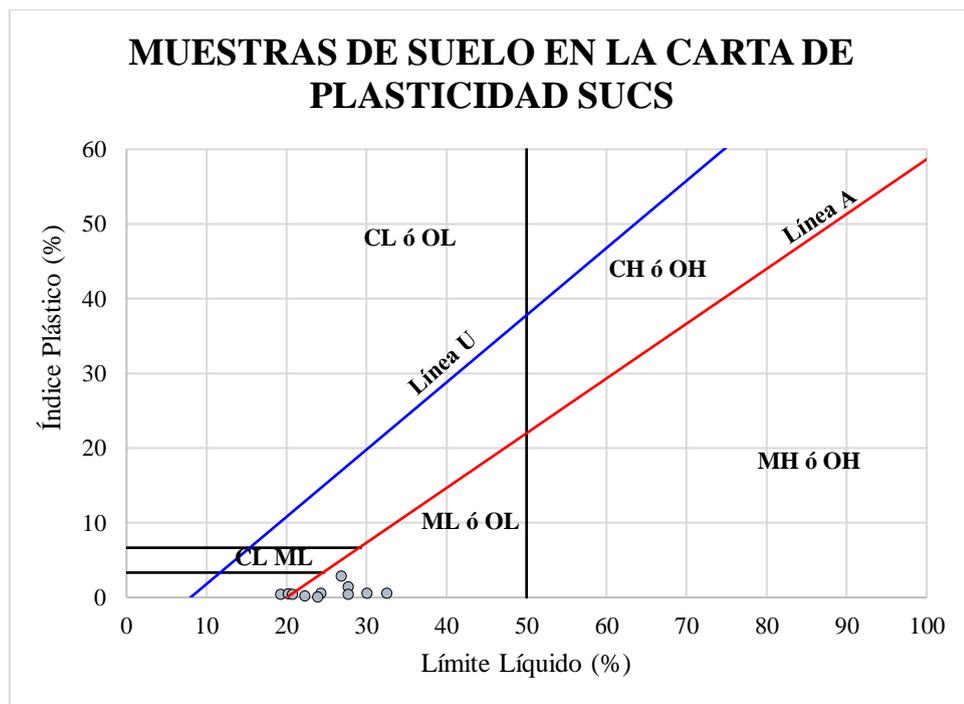


Figura 33. Carta de Plasticidad del SUCS

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

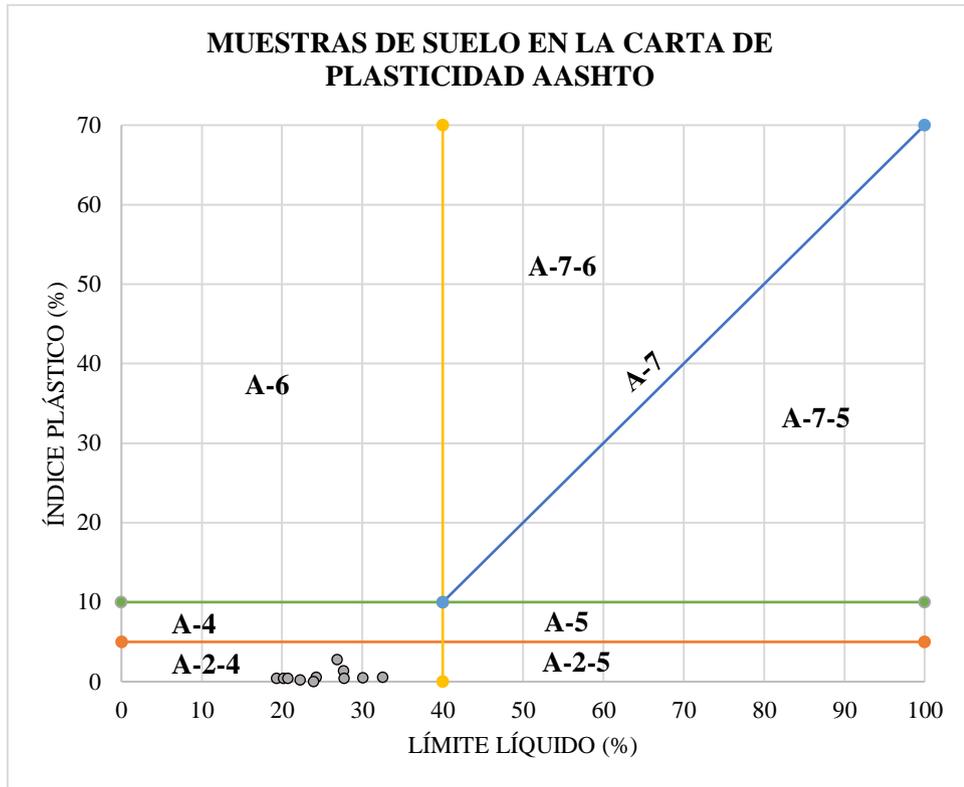


Figura 34. Carta de Plasticidad del SUCS

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 27. Correlaciones entre propiedades índice, mecánicas y CBR

N°	ECUACIÓN	Coefficiente de correlación (r%)	N° de muestras
<b>CORRELACIONES ENTRE PROPIEDADES ÍNDICE</b>			
1	$LP = 0.9545LL + 0.581$	98	12
2	$Wnat = -15.77 \ln (LL) + 68.45$	75	11
3	$N^{\circ} 200 = 74.743 * e^{-0.096 LL}$	92	12
4	$IP = 2.6256 * e^{-0.047 e}$	58	10
5	$Cu = 55.025 * e^{-0.047 LL}$	54	10
6	$LL = 5.8711 * e^{0.7365 \gamma d \text{ máx}}$	71	10
7	$Wnat = -10.77 * \ln(LP) + 53.325$	52	12
8	$Gw = -134.1 \ln (n) + 581.73$	95	10
9	$LL = 11.661 * e^{0.1111 Ga}$	67	10
10	$Wnat = 36.471 * e^{-0.013 Ga}$	74	10
11	$Gw = 785695 * LP^{-0.404} * n^{-2.146}$	87	12
12	$\gamma d \text{ in situ} = 1.19 + e^{-0.013 Cu} + e^{0.037 N^{\circ} 200}$	86	12
<b>CORRELACIONES DN vs PROPIEDADES ÍNDICE</b>			
13	$LP = -2.925 \ln (DN) + 32.015$	51	10
14	$LP = 0.62 + 0.03 (DN) + 0.95 (LL)$	97	12
15	$n = 0.269 * DN^{0.304} * Gs^{0.798}$	62	12
16	$DN = 13029 * e^{-2.776 Gs}$	78	10
17	$DN = 130.99 * e^{-0.133 Wnat}$	67	10
<b>CORRELACIONES CBR vs PROPIEDADES ÍNDICE</b>			
18	$LP = -0.09 + 0.01 CBR + 0.97 LL$	98	12
19	$Wnat = 20.85 - 0.22 Cu + 0.04 CBR$	51	12
20	$CBR = 40.559 * \ln (Gs) - 16.139$	68	10
21	$CBR = 4.7066 * e^{0.0773 Wnat}$	71	10
22	$CBR = 87.588 * DN^{-0.602}$	62	11

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

## CORRELACIÓN N° 1

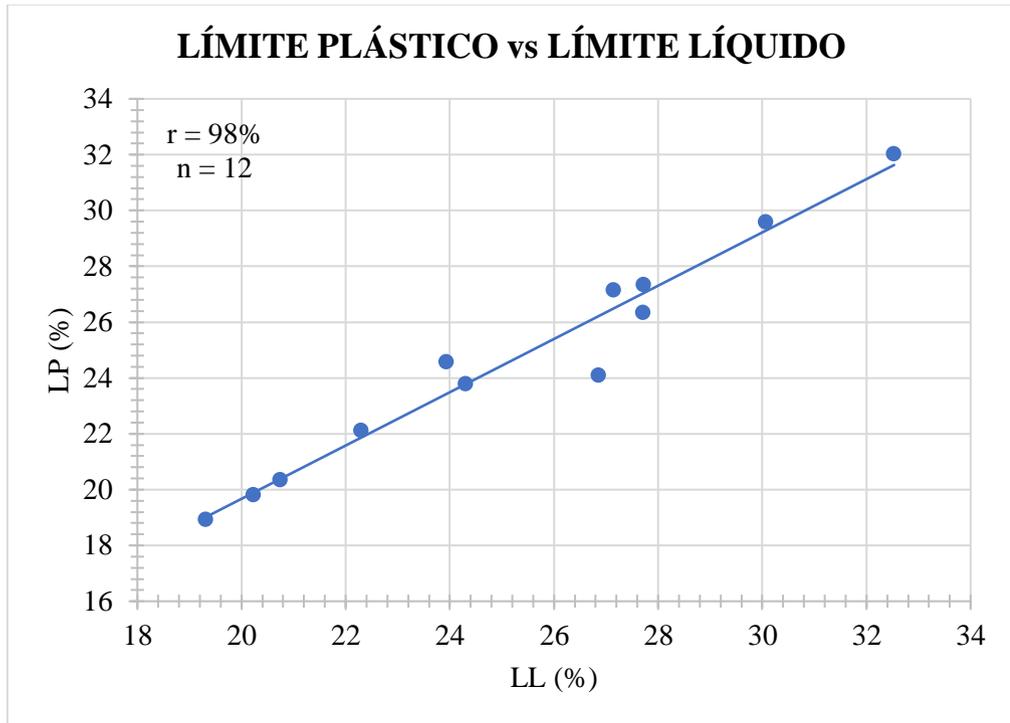


Figura 35. Correlación LP – LL

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

**Ecuación:**  $LP = 0.9545LL + 0.581$

**Coefficiente r:** 98%

### **Discusión:**

En la gráfica representada entre el límite líquido vs límite plástico, se observa una asociación muy alta entre las variables, la correlación es excelente con una tendencia lineal ya que se alcanzó un coeficiente  $r = 98\%$ .

Se puede observar que conforme el límite líquido aumenta, existe un incremento en el límite plástico haciendo que los suelos sean más plásticos.

## CORRELACIÓN N° 2

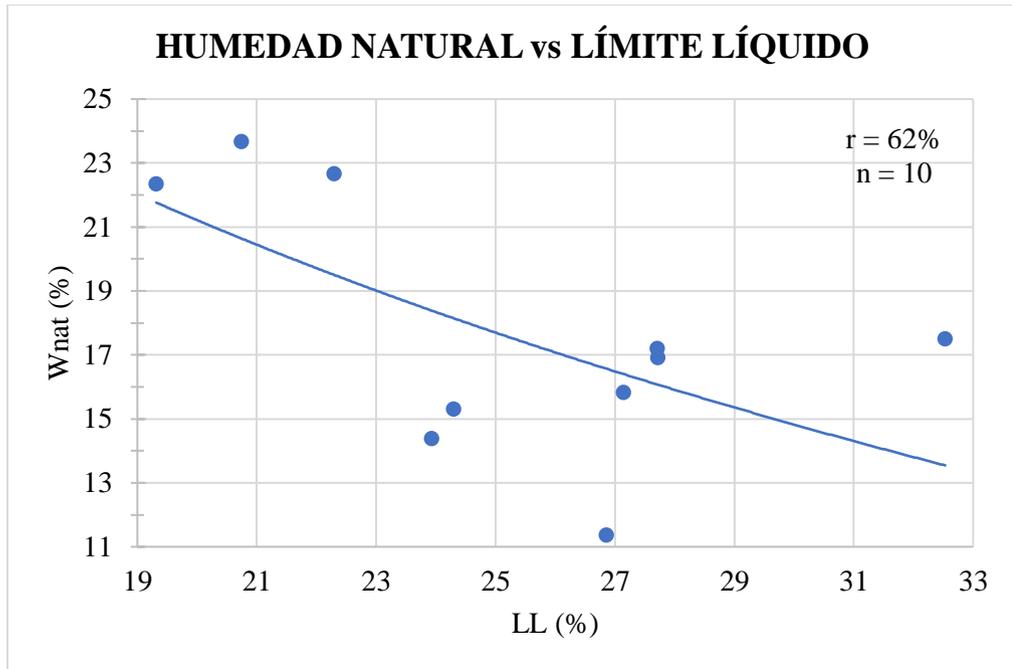


Figura 36. Correlación Wnat – LL

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

**Ecuación:**  $Wnat = -15.77 \ln(LL) + 68.45$

**Coefficiente r:** 62%

### Discusión:

En la gráfica de la correlación entre la humedad natural vs límite líquido se observa una asociación moderada, una correlación buena con una tendencia logarítmica ya que se alcanzó un coeficiente  $r = 62\%$ .

Se puede observar que conforme el contenido de humedad natural del suelo aumenta, los suelos analizados tienden a tener límites líquidos menores.

### CORRELACIÓN N° 3

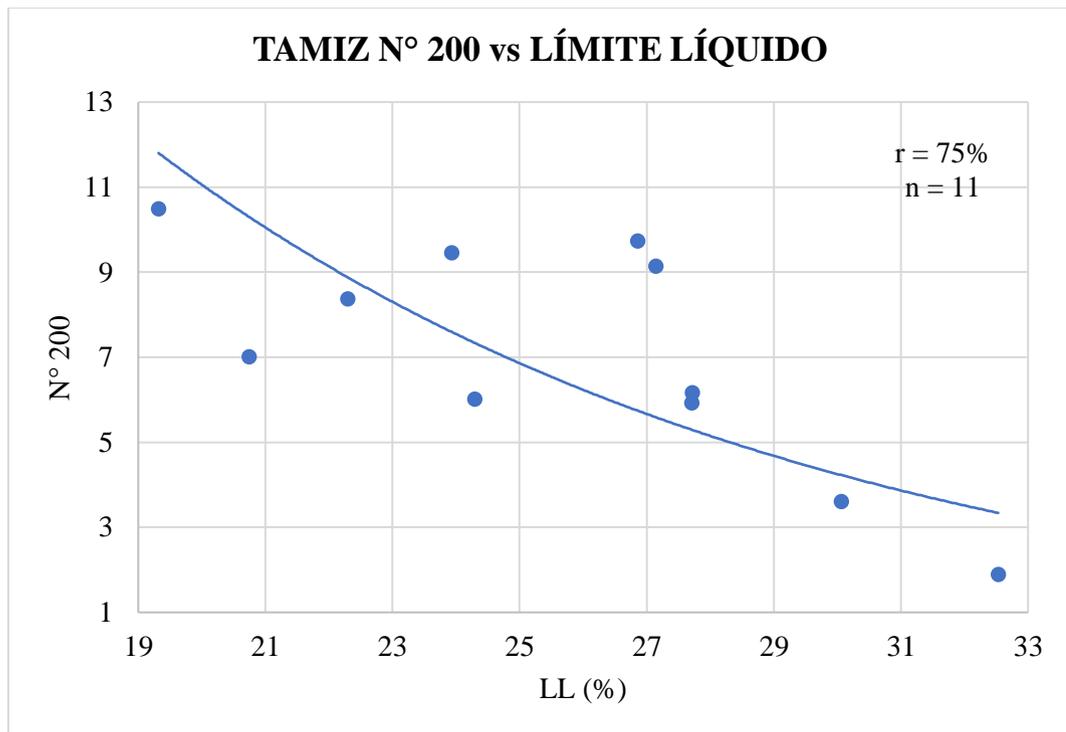


Figura 37. Correlación N° 200 – LL

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

**Ecuación:**  $N^{\circ} 200 = 74.743 * e^{-0.096 LL}$

**Coefficiente r:** 75%

#### Discusión:

En la gráfica de la correlación entre el límite líquido y el porcentaje del suelo que pasa el tamiz N° 200 se observa una correlación buena entre los valores con una tendencia exponencial debido a que alcanzó un coeficiente  $r = 75\%$ .

Para las muestras analizadas, se puede observar que conforme aumenta el porcentaje de partículas que pasan por el tamiz N°200, el límite líquido del suelo disminuye. or ende, un suelo con pocas partículas finas puede llegar más rápido a su límite líquido (dentro de los rangos indicados).

## CORRELACIÓN N° 4

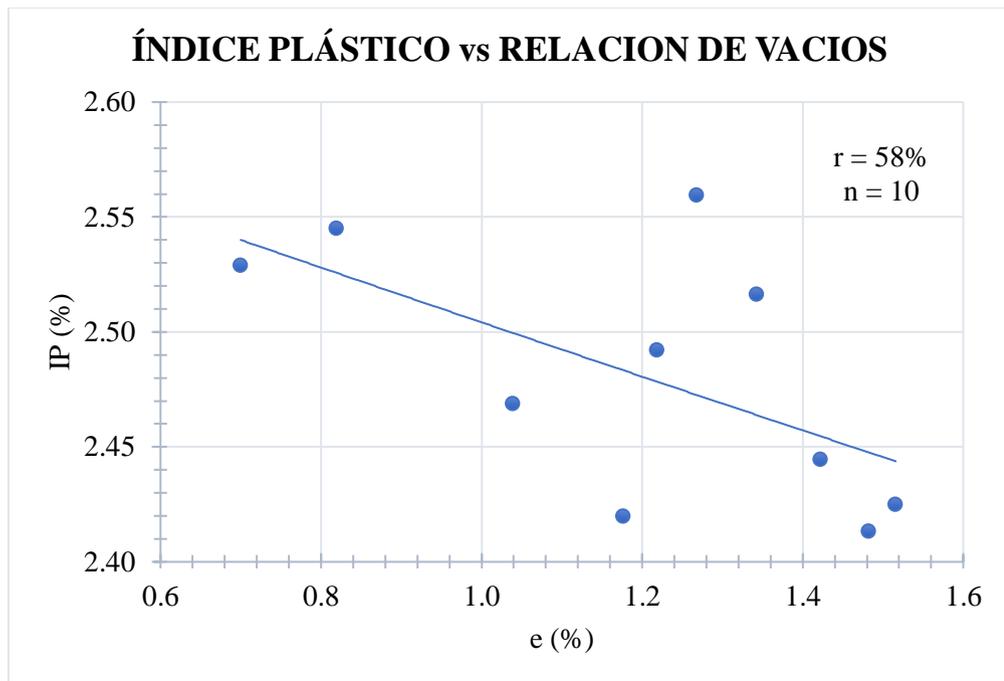


Figura 38. Correlación IP – e

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

**Ecuación:**  $IP = 2.6256 * e^{-0.047 e}$

**Coefficiente r:** 58%

### Discusión:

En la gráfica de la correlación entre el índice plástico y el coeficiente de uniformidad se observa una asociación moderada con una tendencia exponencial ya que se alcanzó un coeficiente  $r = 62\%$  que da una correlación buena.

Se puede observar que conforme aumenta el índice plástico, existe una reducción de los vacíos del suelo. Por lo tanto, un suelo tiende a ser más plástico a medida que disminuye la cantidad de vacíos del suelo.

## CORRELACIÓN N° 5

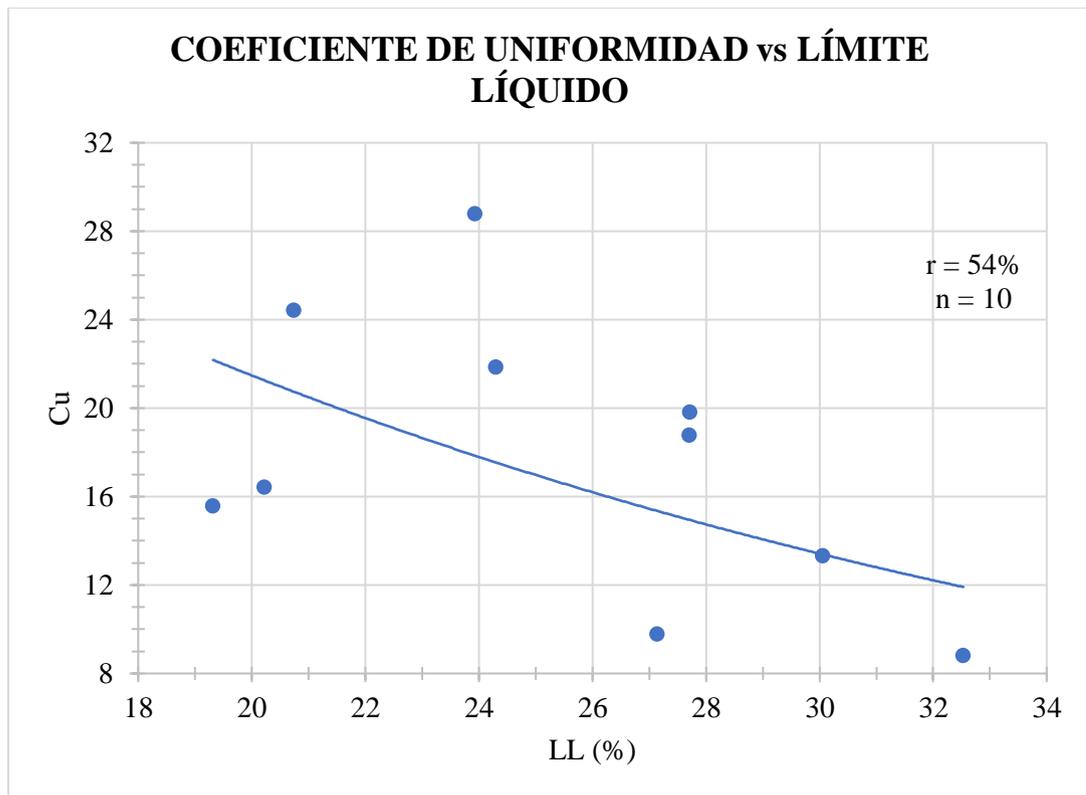


Figura 39. Correlación Cu – LL

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

**Ecuación:**  $Cu = 55.025 * e^{-0.047 LL}$

**Coefficiente r:** 54%

### Discusión:

En la gráfica de la correlación entre el límite líquido y el coeficiente de uniformidad se observa una correlación buena entre los valores debido a que alcanzó un coeficiente  $r = 54\%$  con una tendencia exponencial.

El coeficiente de uniformidad físicamente es de no-uniformidad, y en la gráfica se puede observar que es inversamente proporcional al límite líquido. Por lo tanto, entre mejor gradación tenga el suelo, su límite líquido disminuye.

## CORRELACIÓN N° 6

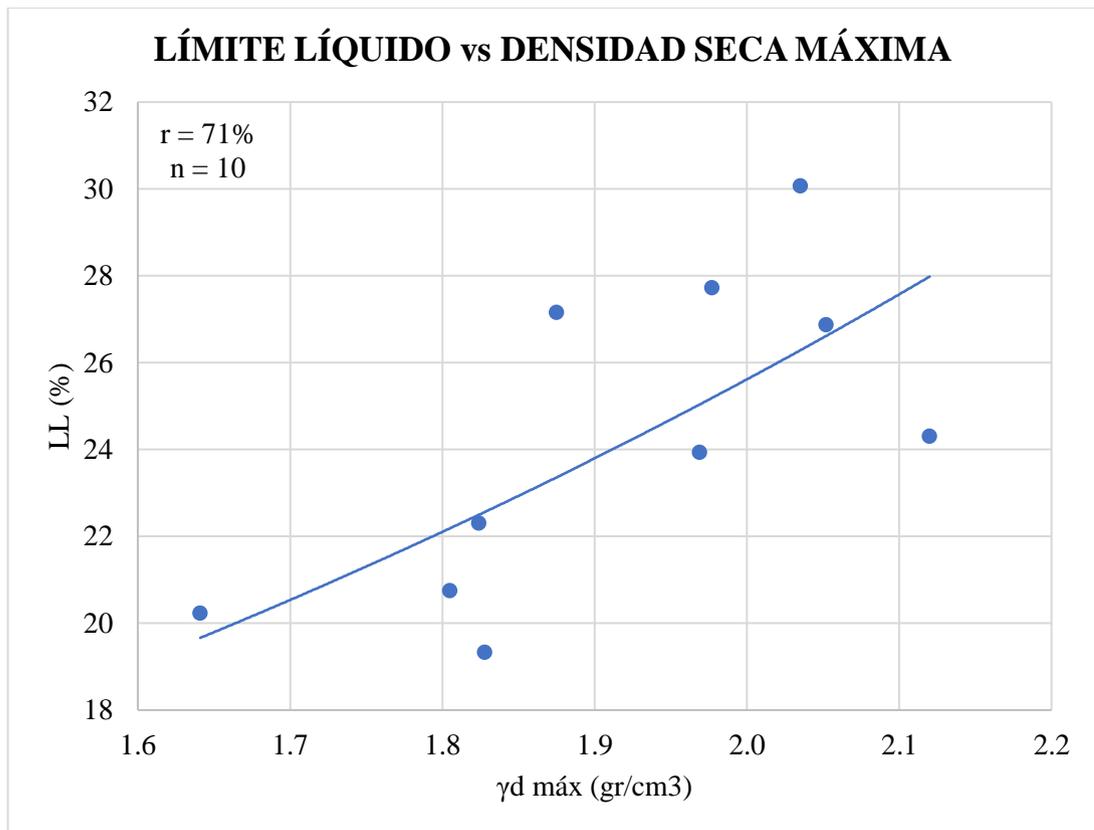


Figura 40. Correlación LL –  $\gamma_d$  máx

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

**Ecuación:**  $LL = 5.8711 * e^{0.7365 \gamma_d \text{ máx}}$

**Coefficiente r:** 71%

### Discusión:

En la gráfica de la correlación entre la densidad seca máxima y límite líquido del suelo se observa una correlación buena entre los valores debido a que alcanzó un coeficiente  $r = 71\%$  con una tendencia exponencial.

A medida que el límite líquido de los suelos analizados aumenta (dentro del rango indicado), su densidad seca máxima también aumenta.

## CORRELACIÓN N° 7

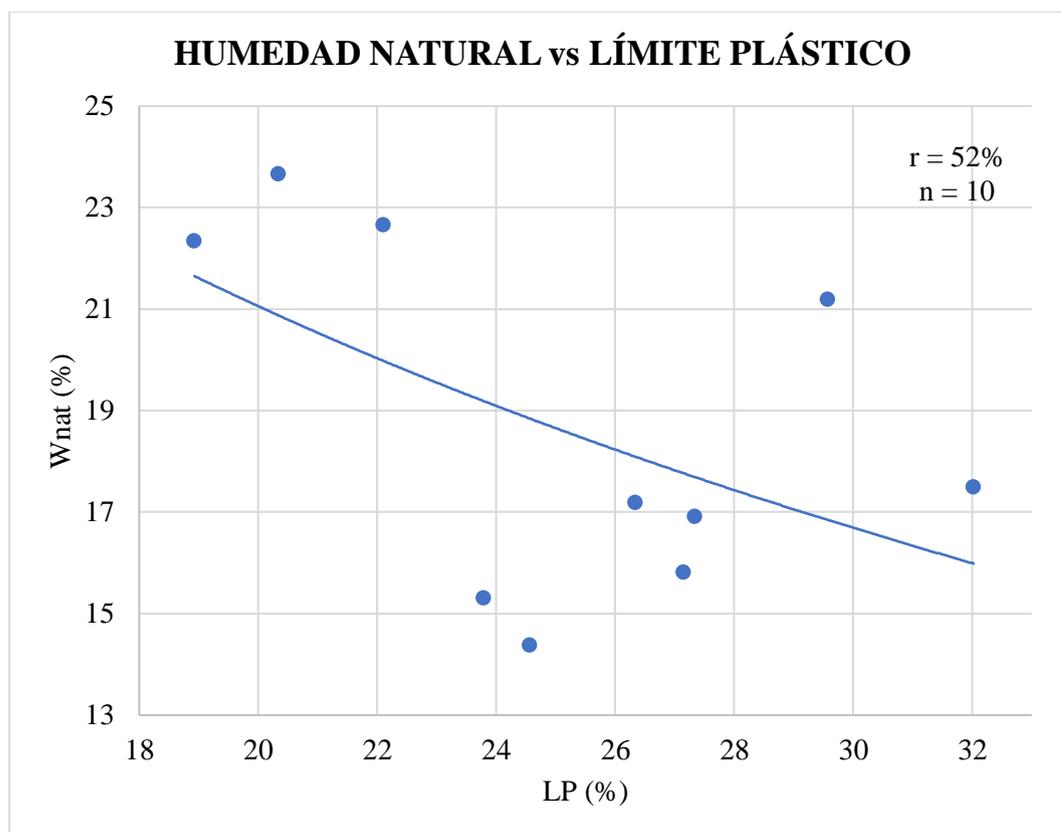


Figura 41. Correlación Wnat – LP

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

**Ecuación:**  $Wnat = -10.77 \cdot \ln(LP) + 53.325$

**Coefficiente r:** 52%

### Discusión:

En este diagrama se muestra la correlación entre el límite plástico y la humedad natural, con una tendencia logarítmica se obtuvo un coeficiente  $r = 52\%$  por ende es un valor bueno para la correlación.

El límite plástico es inversamente proporcional a la humedad natural del suelo, porque si la humedad natural del suelo disminuye su límite plástico aumenta.

## CORRELACIÓN N° 8

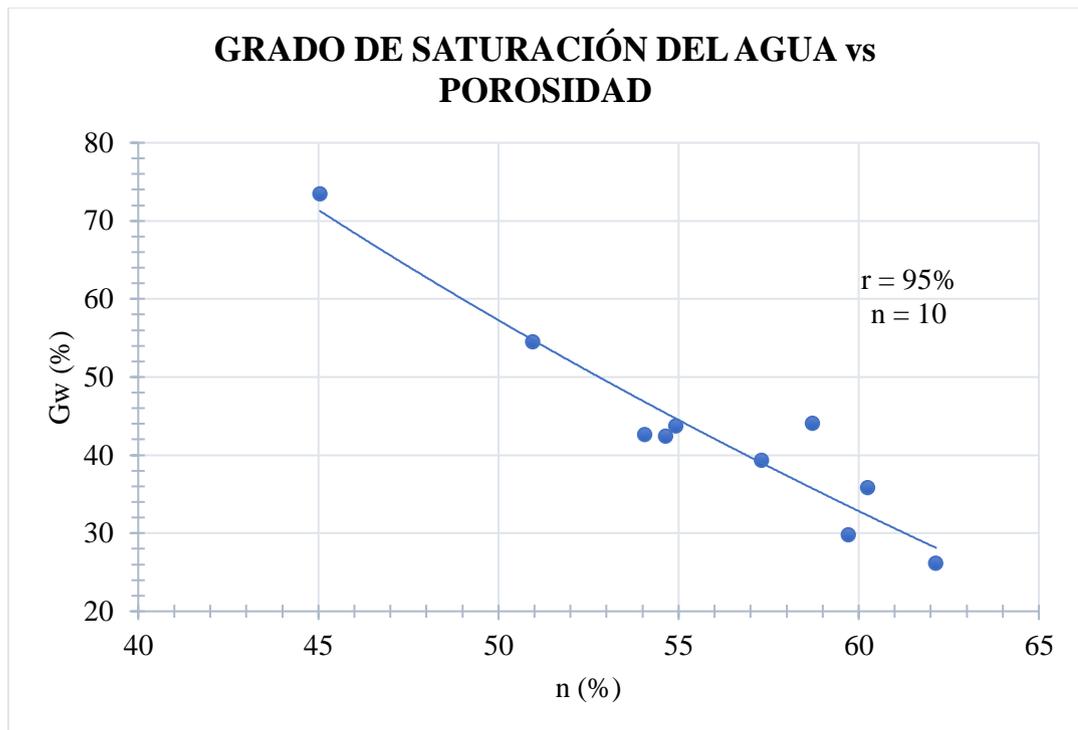


Figura 42. Correlación Gw – n

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

**Ecuación:**  $Gw = - 134.1 \ln (n) + 581.73$

**Coefficiente r:** 95%

### Discusión:

En la gráfica se muestra la correlación de la porosidad y el grado de saturación del agua con una línea de tendencia logarítmica se obtiene un coeficiente de correlación  $r = 95\%$  que es un valor excelente para la correlación.

Se observa una relación inversamente proporcional debido a que si su porosidad aumenta el grado de saturación del agua disminuye. En otras palabras, el suelo es más poroso mientras menor cantidad de agua tiene.

## CORRELACIÓN N° 9

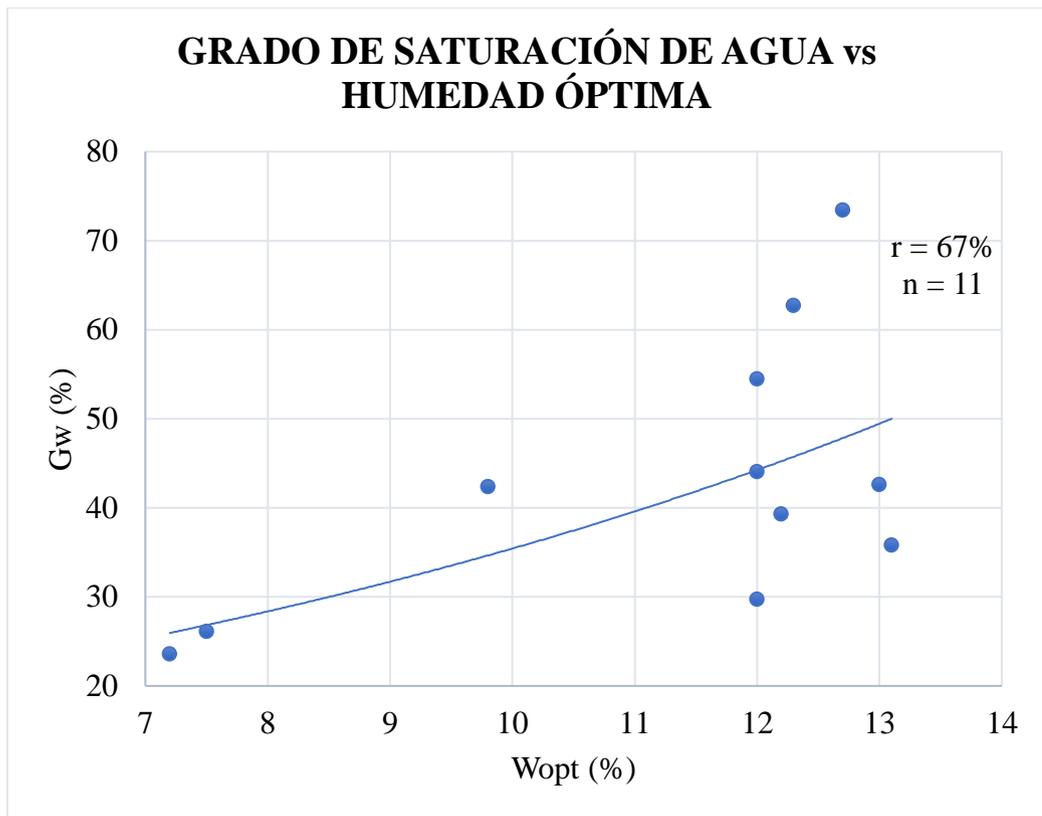


Figura 43. Correlación Gw – Wopt

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

**Ecuación:**  $LL = 11.661 * e^{0.1111 Ga}$

**Coefficiente r:** 67%

### **Discusión:**

En el gráfico de la correlación de la humedad óptima y el grado de saturación de agua tenemos una línea de tendencia exponencial que nos da un coeficiente  $r = 67\%$  que es un valor bueno para esta correlación.

En el gráfico, a medida que el grado de saturación del agua aumenta la humedad óptima del suelo también aumenta.

## CORRELACIÓN N° 10

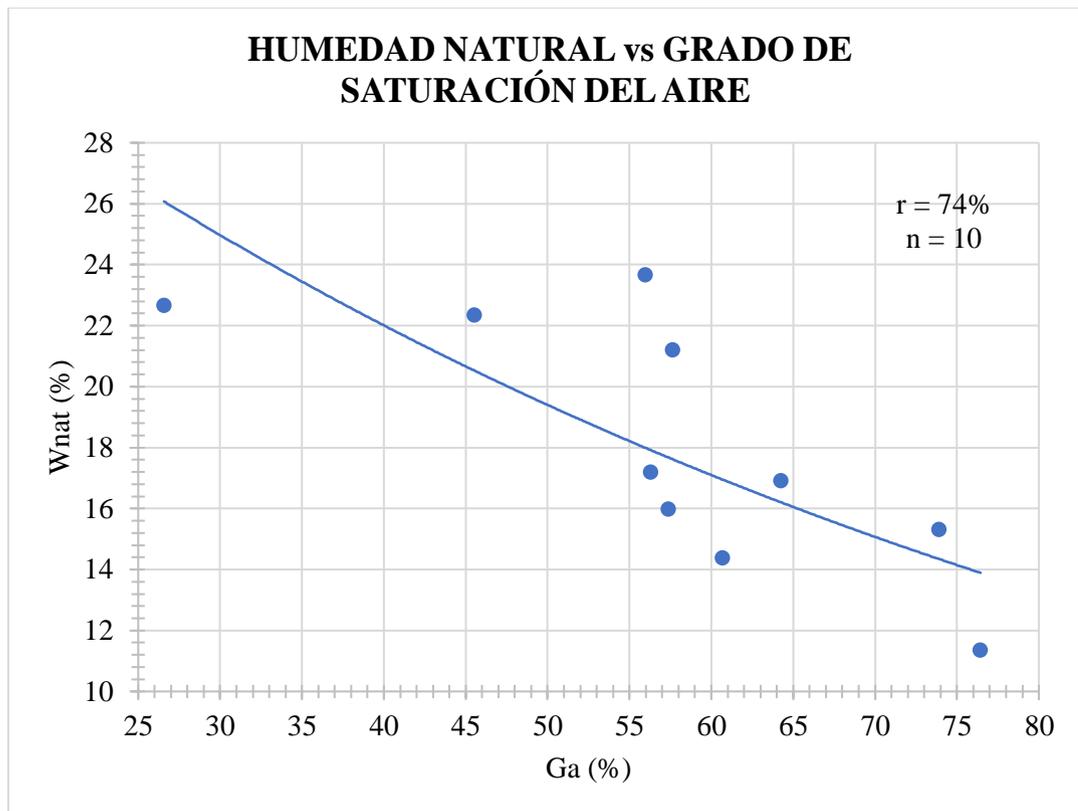


Figura 44. Correlación Wnat – Ga

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

**Ecuación:**  $Wnat = 36.471 * e^{-0.013 Ga}$

**Coefficiente r:** 74%

### Discusión:

En el grafico se muestra la correlación entre la humedad natural y el grado de saturación del aire con una línea de tendencia exponencial resulto un coeficiente  $r=74\%$  que es un valor muy bueno para la correlación.

En esta grafica se contempla una relación inversa entre las dos variables, debido a que si la humedad natural del suelo aumenta el grado de saturación del aire disminuye por que los vacíos de aire en el volumen total del suelo disminuyen.

## CORRELACIÓN N° 11

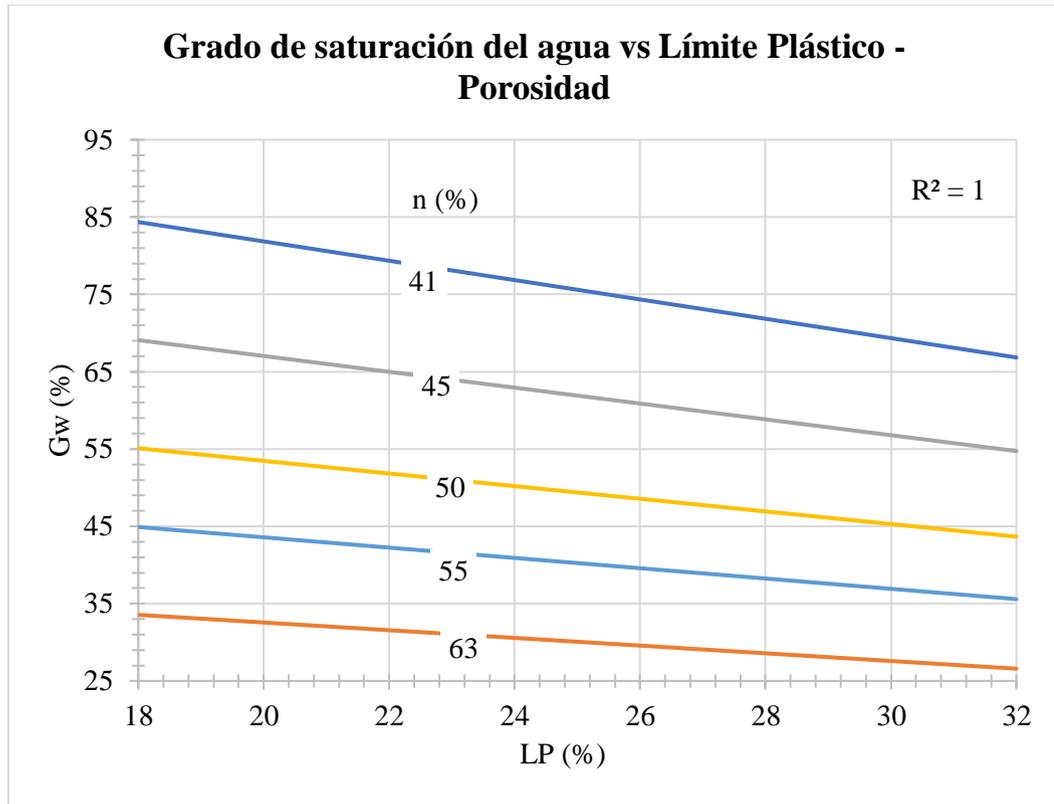


Figura 45. Correlación Gw – LP – n

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

**Ecuación:**  $Gw = 785695 * LP^{-0.404} * n^{-2.146}$

**Coefficiente r:** 87%

### Discusión:

En el gráfico se muestra la correlación múltiple entre el límite plástico vs la porosidad y el grado de saturación del agua que da un coeficiente de  $r = 87\%$  resultando una correlación muy buena con una tendencia exponencial.

En el diagrama se puede notar que, para un mismo grado de saturación del agua, mientras el suelo es más plástico, su porosidad disminuye.

## CORRELACIÓN N° 12

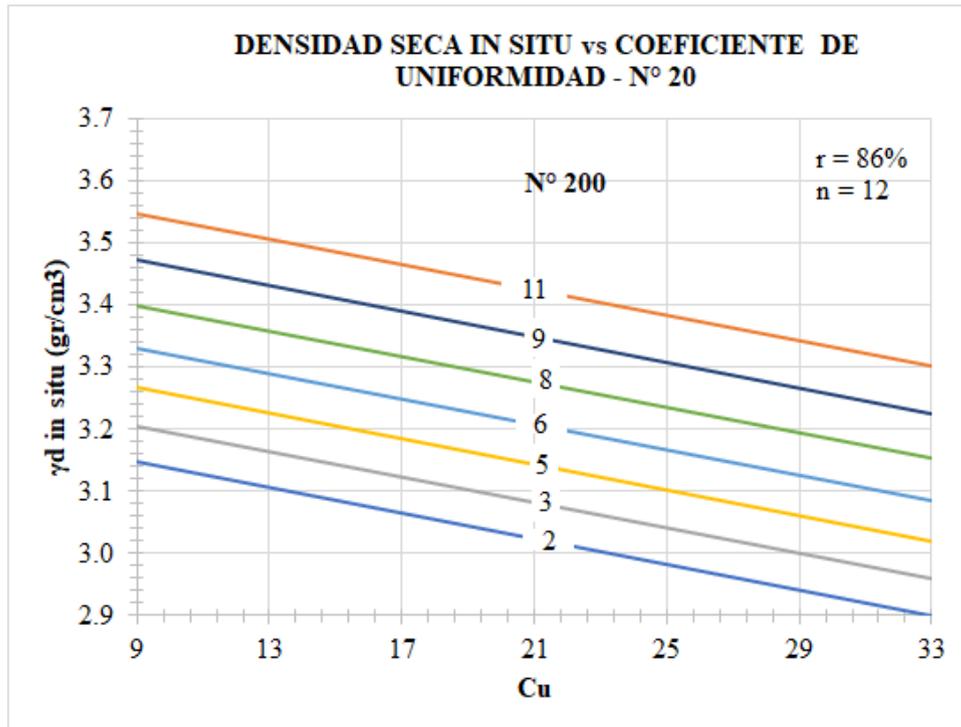


Figura 46. Correlación d in situ – Cu – N° 200

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

**Ecuación:**  $\gamma d \text{ in situ} = 1.19 + e^{-0.013 \text{ Cu}} + e^{0.037 \text{ N}^\circ 200}$

**Coefficiente r:** 86%

**Discusión:**

En el grafico se muestra la correlación múltiple entre densidad seca in situ vs coeficiente de uniformidad - N° 200 que da un coeficiente de  $r = 86\%$  resultando una correlación muy buena con una tendencia exponencial.

En el diagrama se observa una relación directa entre el porcentaje de partículas que pasa el tamiz N°200 y la densidad seca in situ. Se puede decir, para estas muestras, que a medida que el suelo presenta un porcentaje mayor de partículas finas (dentro del rango indicado), el suelo tiende a ser más denso.

### CORRELACIÓN N° 13

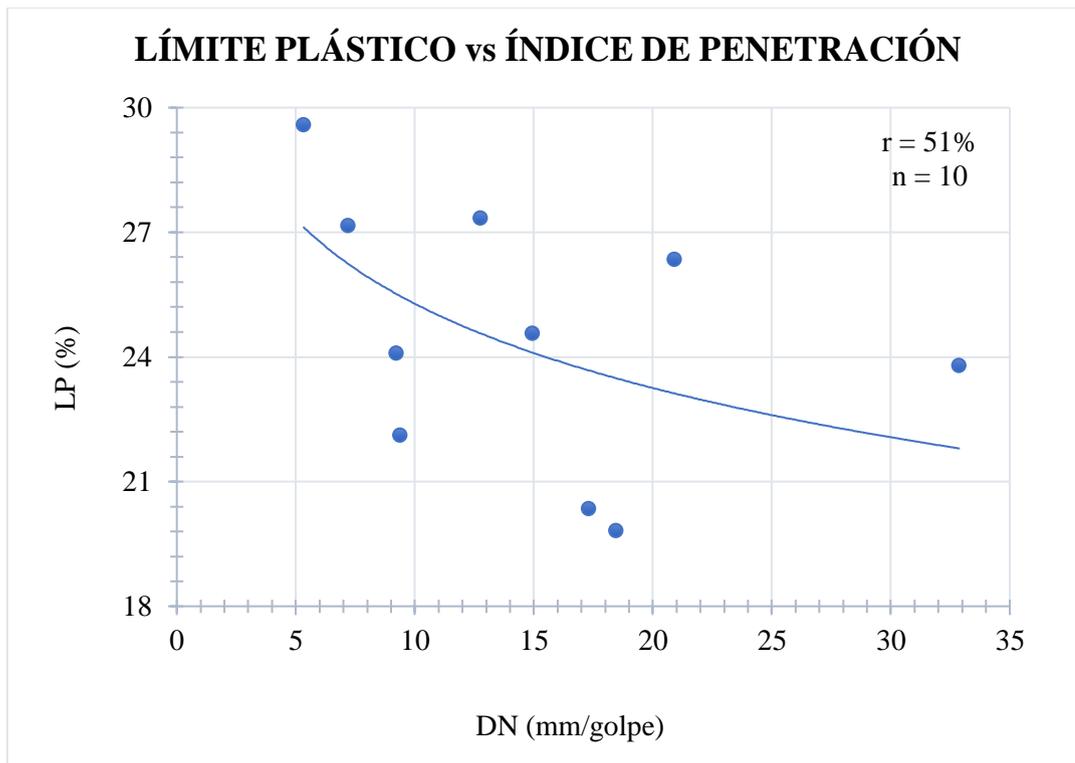


Figura 47. Correlación LP – DN

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

**Ecuación:**  $LP = -2.925 \ln(DN) + 32.015$

**Coefficiente r:** 51%

#### **Discusión:**

En el gráfico se muestra la correlación entre el límite plástico y índice de penetración con una línea de tendencia logarítmica resulto un coeficiente  $r = 50\%$  que es un valor bueno para la correlación.

Al analizar la gráfica se deduce que mientras mayor sea el límite plástico menor será el índice de penetración. Es decir, la resistencia del suelo aumentará debido a la cohesión que tendrían los suelos más plásticos.

## CORRELACIÓN N° 14

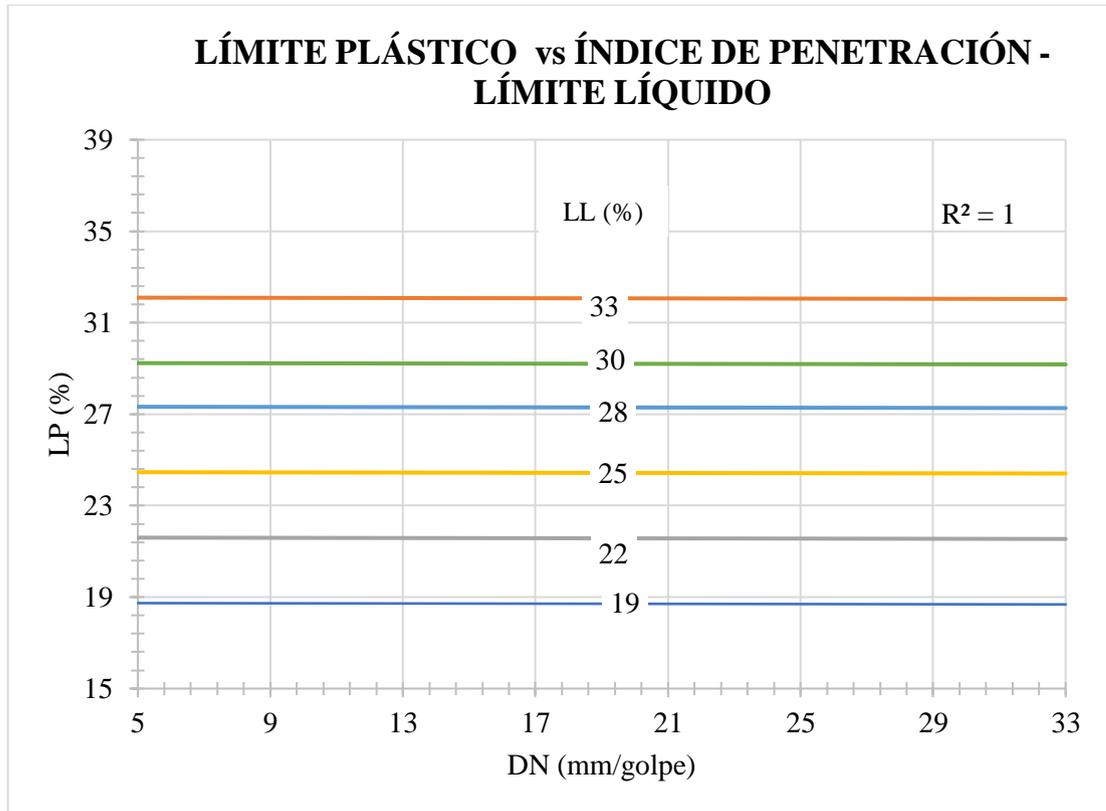


Figura 48. Correlación LP – DN – LL

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

**Ecuación:**  $LP = 0.62 + 0.03 (DN) + 0.95 (LL)$

**Coefficiente r:** 97%

### Discusión:

En el gráfico se muestra la correlación múltiple entre límite plástico vs el índice de penetración y el límite líquido con una línea de tendencia lineal resulto un coeficiente  $r = 97\%$  que es un valor excelente para la correlación.

Se observa que el diagrama que el límite plástico es constante al respecto al índice de penetración.

## CORRELACIÓN N° 15

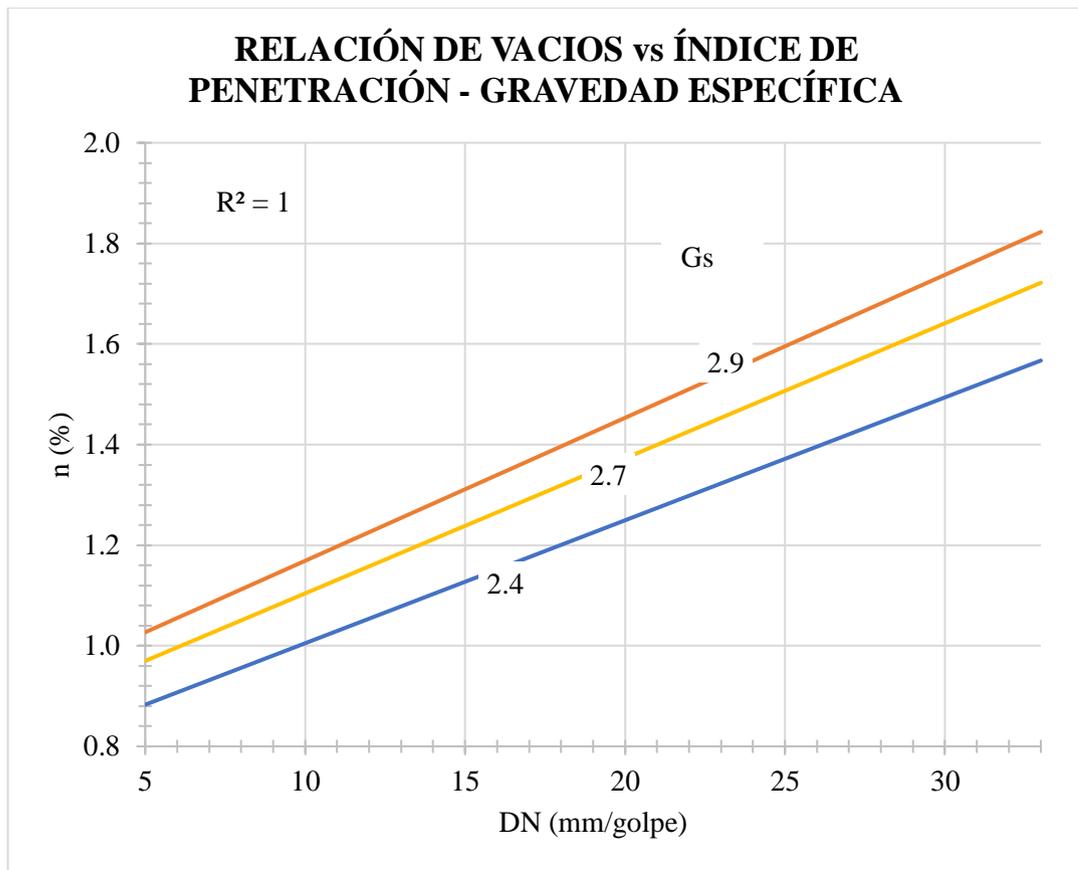


Figura 49. Correlación n – DN – Gs

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

**Ecuación:**  $n = 0.269 * DN^{0.304} * Gs^{0.798}$

**Coefficiente r:** 62%

### Discusión:

En el gráfico se muestra la correlación múltiple entre la relación de vacíos vs índice de penetración y gravedad específica con una línea de tendencia exponencial resulto un coeficiente  $r = 62\%$  que es un valor muy bueno para la correlación.

Se observa en la gráfica que, para una misma gravedad específica de un suelo, a medida que disminuye la porosidad menor será el índice de penetración. Cuando el suelo es menos poroso será más resistente.

## CORRELACIÓN N° 16

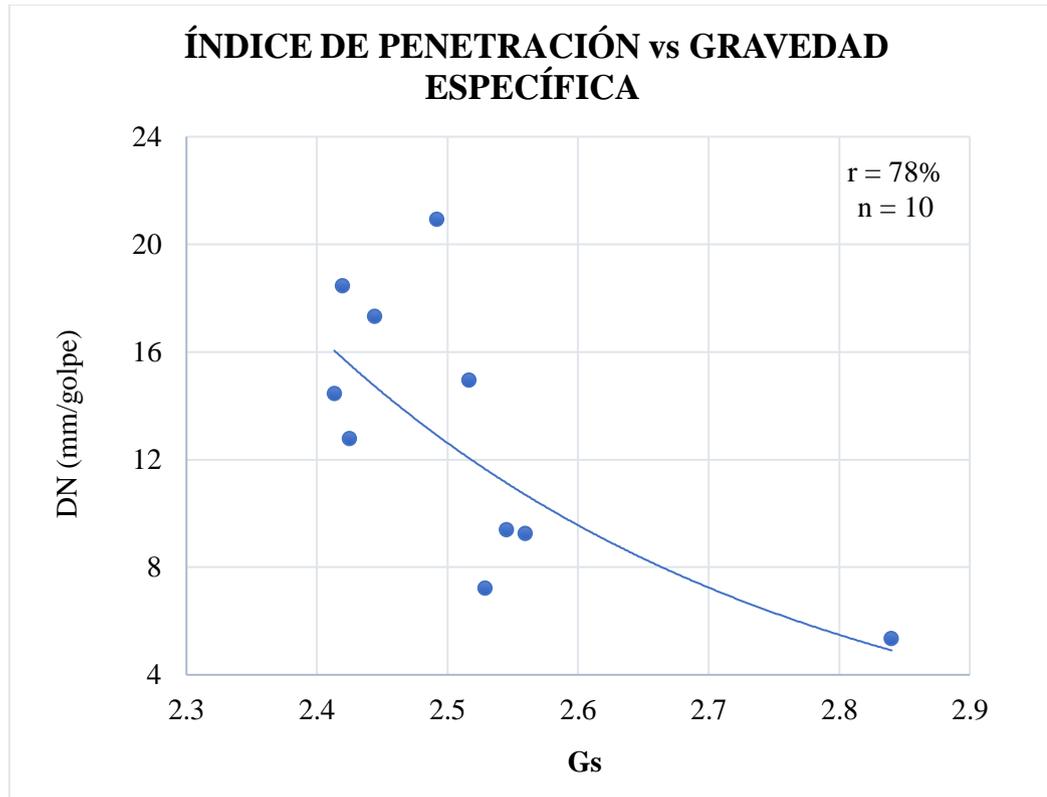


Figura 50. Correlación DN – GS

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

**Ecuación:**  $DN = 13029 * e^{-2.776 Gs}$

**Coefficiente r:** 78%

### Discusión:

En el gráfico se muestra la correlación entre el índice de penetración vs la gravedad específica con una línea de tendencia exponencial resulto un coeficiente  $r = 78\%$  que es un valor muy bueno para la correlación.

Se observa en la gráfica que el índice de penetración disminuye cuando la gravedad específica incrementa. A medida que la densidad de las partículas sólidas del suelo aumenta, su resistencia también lo hace.

## CORRELACIÓN N° 17

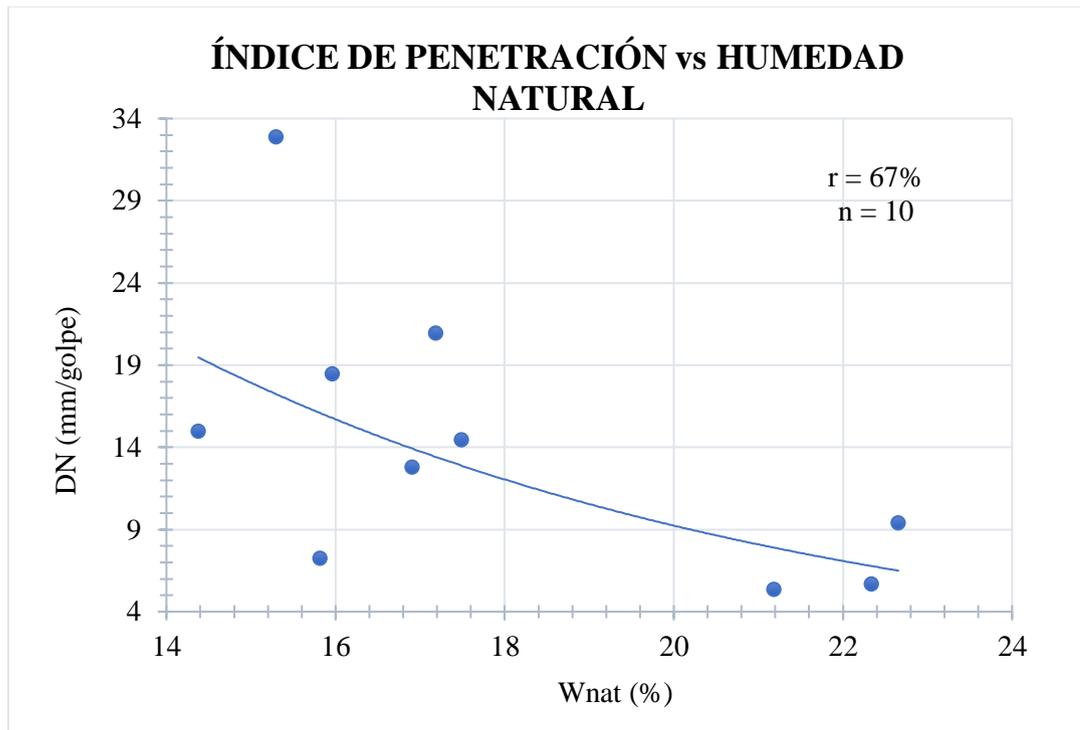


Figura 51. Correlación DN – Wnat

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

**Ecuación:**  $DN = 130.99 * e^{-0.133 Wnat}$

**Coefficiente r:** 67%

### Discusión:

En el gráfico se muestra la correlación entre el índice de penetración vs la humedad natural con una línea de tendencia exponencial resulto un coeficiente  $r = 67\%$  que es un valor muy bueno para la correlación.

Al observar en la gráfica se deduce que entre mayor contenido de humedad natural tiene el suelo, menor será su índice de penetración. Para las muestras ensayadas, los suelos presentan una mayor resistencia a la penetración dinámica de cono a medida que su humedad natural aumenta, dentro de los rangos de humedad indicados.

## CORRELACIÓN N° 18

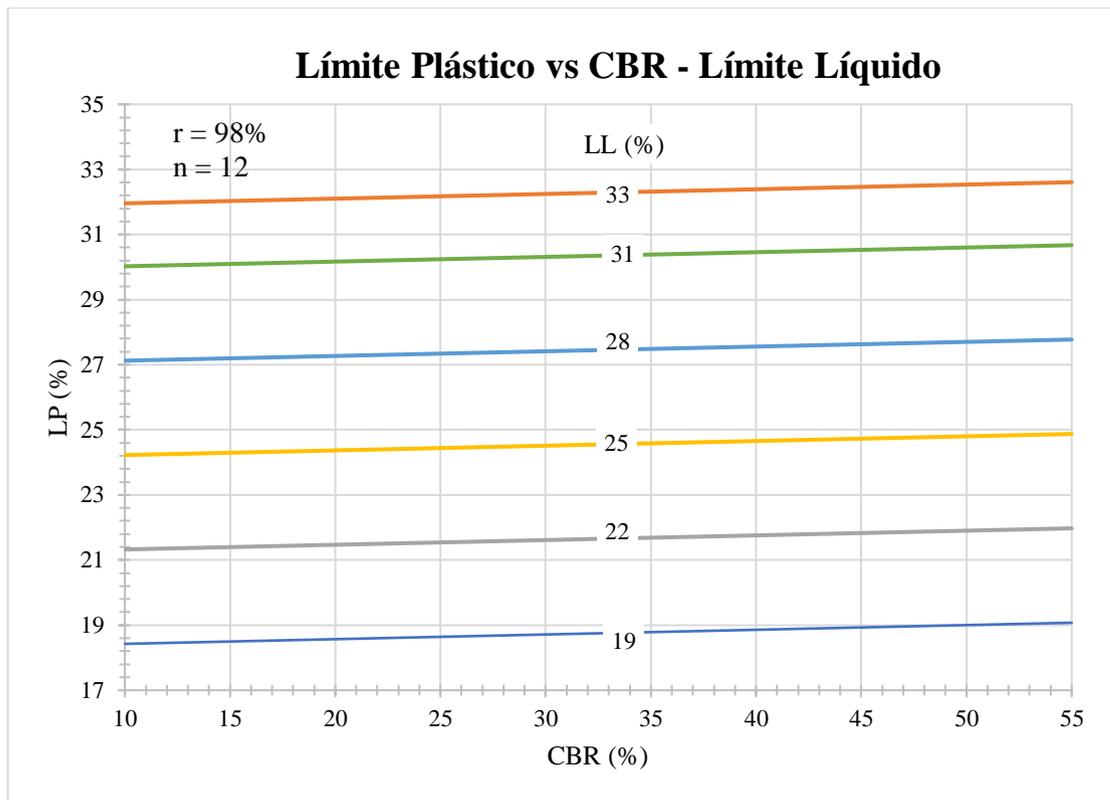


Figura 52. Correlación LP – CBR – LL

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

**Ecuación:**  $LP = - 0.09 + 0.01 CBR + 0.97 LL$

**Coefficiente r:** 98%

### Discusión:

En el gráfico se muestra la correlación múltiple entre el límite plástico vs CBR y límite líquido con una de tendencia lineal resultó un coeficiente  $r = 98\%$  que es un valor excelente para la correlación.

Se puede observar que a medida que el suelo es más plástico existe una tendencia de mejorar su capacidad de soporte.

## CORRELACIÓN N° 19

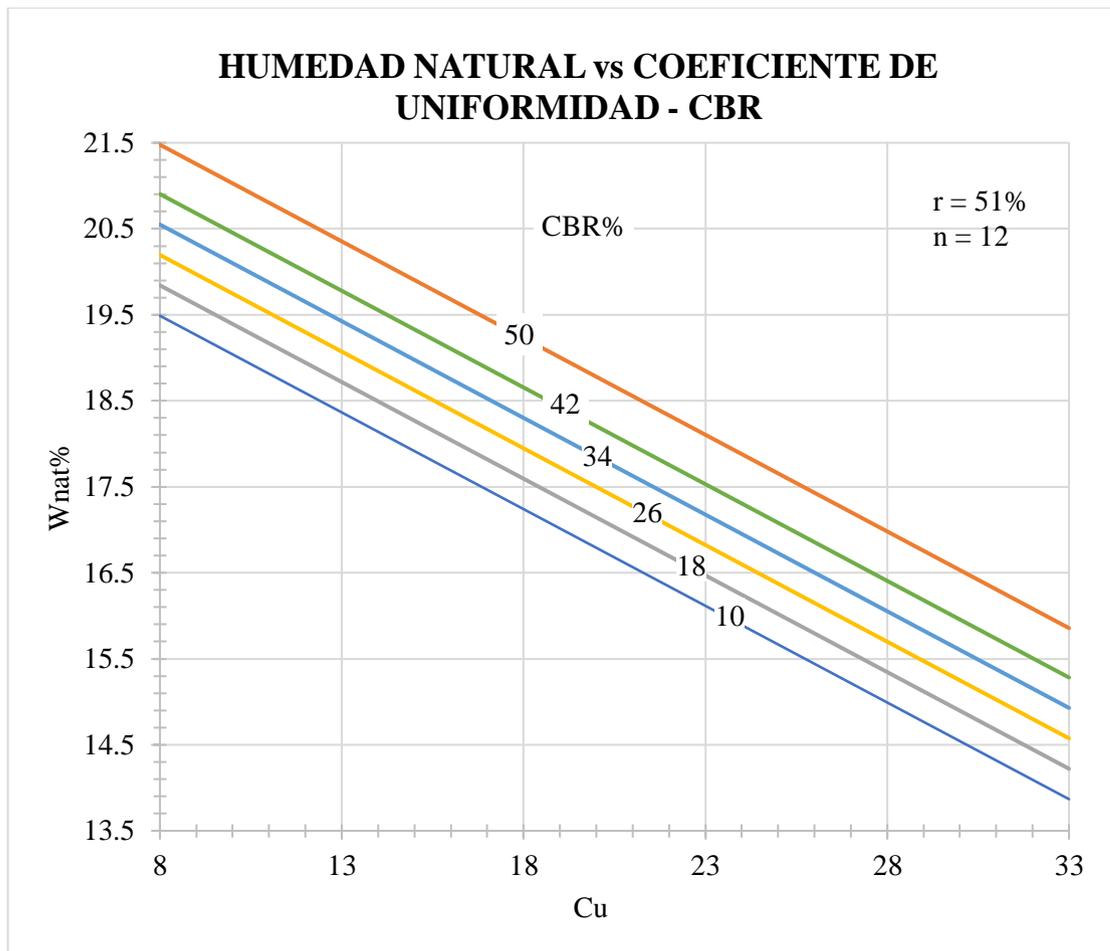


Figura 53. Correlación Wnat – Cu – CBR

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

**Ecuación:**  $Wnat = 20.85 - 0.22 Cu + 0.04 CBR$

**Coefficiente r:** 51%

### Discusión:

En el gráfico se muestra la correlación múltiple entre la humedad natural vs coeficiente de uniformidad y CBR con una de tendencia lineal resulto un coeficiente  $r = 51\%$  que es un valor bueno para la correlación.

Según la gráfica se puede observar que, al mantener la humedad natural constante, el CBR aumenta con incrementos del coeficiente de uniformidad (mayor Cu = suelo bien graduado). Es decir, si las partículas del suelo son menos uniformes, su capacidad de soporte mejora.

## CORRELACIÓN N° 20

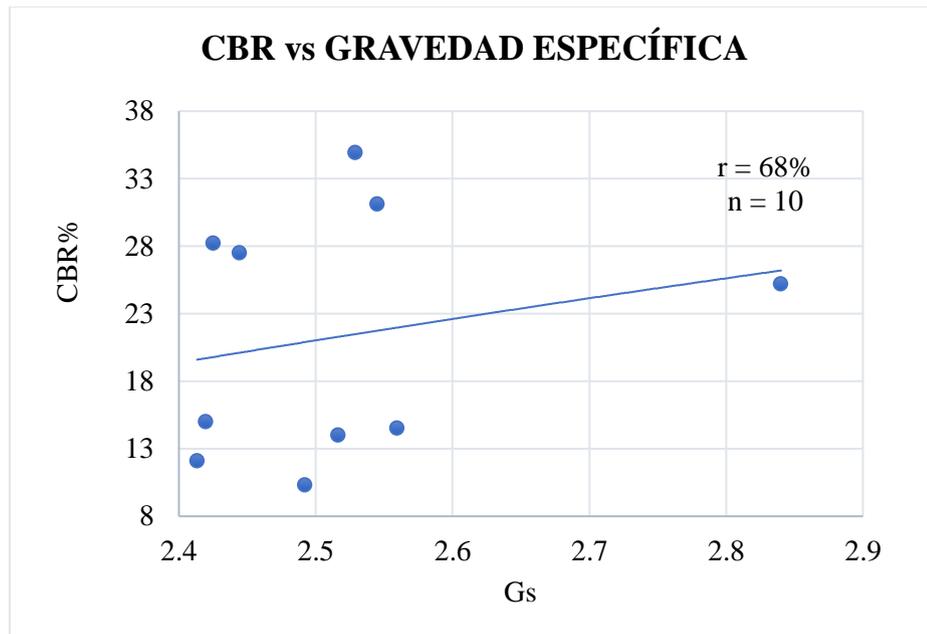


Figura 54. Correlación CBR – Gs

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

**Ecuación:**  $CBR = 40.559 * \ln(Gs) - 16.139$

**Coefficiente r:** 68%

### Discusión:

En el grafico se muestra la correlación entre el CBR vs la gravedad específica con una línea de tendencia logarítmica resulto un coeficiente  $r = 68\%$  que es un valor muy bueno para la correlación.

Se puede observar en la gráfica que el CBR es directamente proporcional a la Gravedad específica de sólidos. Si las partículas sólidas del suelo (pasa tamiz #40) presentan mayor densidad, su capacidad de soporte aumentará.

## CORRELACIÓN N° 21

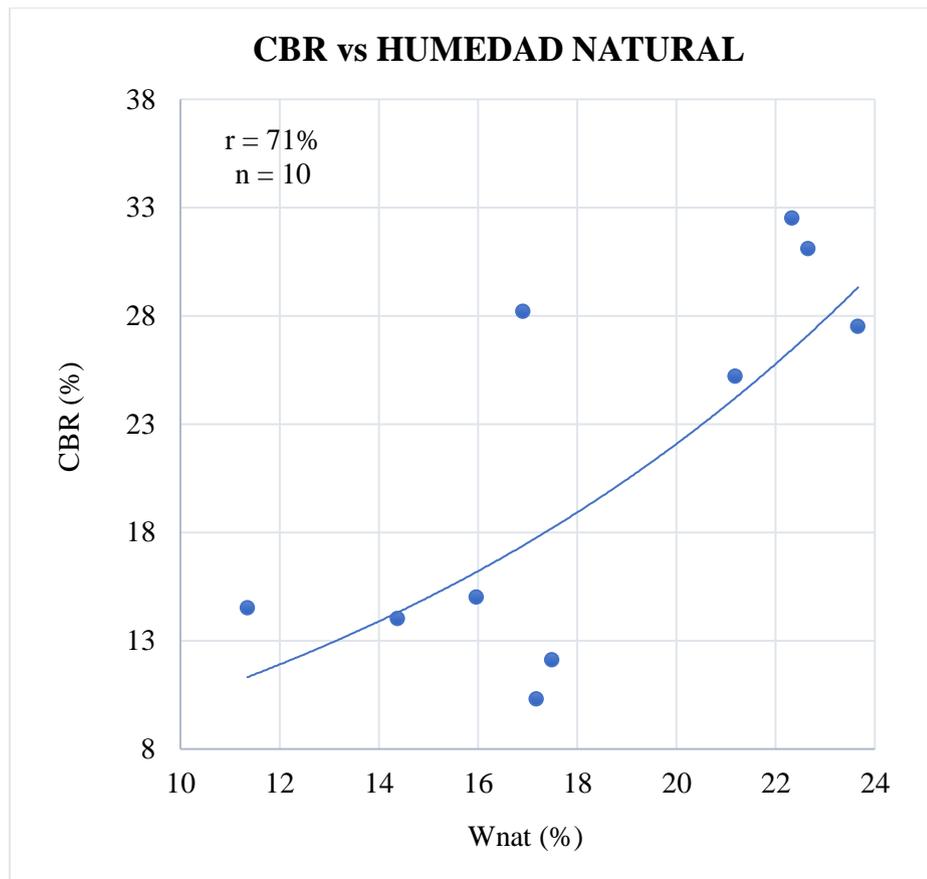


Figura 55. Correlación CBR – Wnat

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

**Ecuación:**  $CBR = 4.7066 * e^{0.0773 Wnat}$

**Coefficiente r:** 71%

### Discusión:

En el gráfico se muestra la correlación entre el CBR vs la humedad natural con una línea de tendencia exponencial resulto un coeficiente  $r = 71\%$  que es un valor muy bueno para la correlación.

Se observa en este gráfico que la humedad natural es directamente proporcional al CBR. Para las muestras ensayadas, a medida que su humedad aumenta, dentro de los rangos indicados, mayor es su capacidad de soporte.

## CORRELACIÓN N° 22

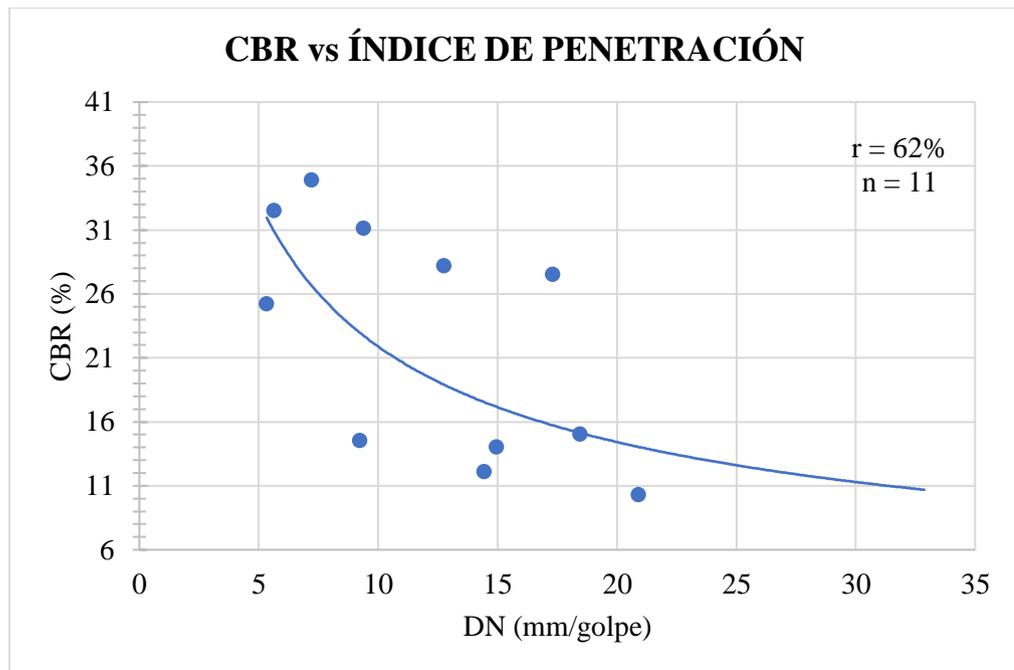


Figura 56. Correlación CBR – DN

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

**Ecuación:**  $CBR = 87.588 * DN^{-0.602}$

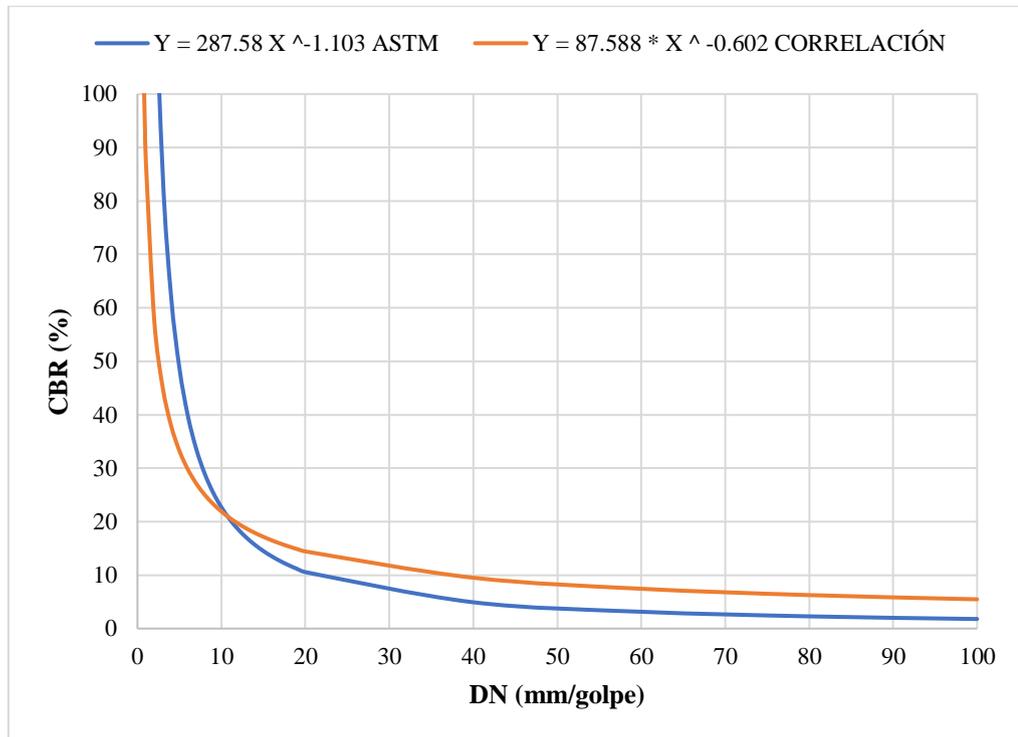
**Coefficiente r:** 62%

### Discusión:

En el gráfico se muestra la correlación entre el CBR vs índice de penetración con una línea de tendencia potencial resulto un coeficiente  $r = 62\%$  que es un valor muy muy bueno para la correlación.

Se observa que la capacidad de soporte CBR es inversamente proporcional al índice de penetración. Lo que verifica que, a una menor penetración del cono dinámico en el suelo, mayor será su capacidad de soporte como suelo de subrasante, y por lo tanto también mayor su resistencia indirecta al corte.

**Comparación diagrama CBR% - Índice de Penetración, ecuación establecida por la norma ASTM y la ecuación obtenida en la correlación N°23**



En la comparación entre las ecuaciones que relacionan el CBR y índice de penetración.

La ecuación establecida por la norma ASTM y la ecuación obtenida mediante la correlación N° 23,  $CBR = 87.588 * DN^{-0.602}$ , se obtuvo un coeficiente de  $r=62\%$  mediante una línea de tendencia potencial que da un resultado muy bueno.

### 3.2. DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE AASHTO 93

Para el conteo vehicular se ubicó una estación de conteo en un punto estratégico en la vía Rio Verde – El Palacio durante un período de 12 horas desde las 06H00 hasta las 18H00, resultando así la hora pico de 12H00 a 13H00.

Tabla 28. Hora pico vehicular

HORA	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES	TOTAL
12H00 - 12H15	94	8	16	118
12H15 - 12H30	90	17	20	127
12H30 - 12H45	89	9	15	113
12H45 - 13H00	107	10	20	137
TOTAL	380	44	71	495

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

#### ❖ FACTOR HORA PICO

$$FHP = \frac{\text{Total de vehículos}}{4 * \text{mayor tráfico en 15 min}}$$

$$FHP = \frac{495}{4 * 137}$$

$$FHP = 0.90 \rightarrow 1$$

#### ❖ PORCENTAJE DE LA TRIGÉSIMA HORA

$$TPDA = \frac{\text{Total de vehículos} * FHP}{15\%}$$

- Livianos

$$TPDA_{livianos} = \frac{380 * 1}{15\%} = 2533 \text{ veh/día}$$

- Buses

$$TPDA_{buses} = \frac{44 * 1}{15\%} = 293 \text{ veh/día}$$

- Camiones

$$TPDA_{camiones} = \frac{71 * 1}{15\%} = 473 \text{ veh/día}$$

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

$$TPDA_{actual} = 2533 + 293 + 473$$

$$TPDA_{actual} = 3300 \text{ veh/día}$$

❖ TRÁFICO VEHICULAR ACTUAL EN EL 1º AÑO

Tabla 29. Índice de crecimiento vehicular

PERIODO	TIPO DE VEHÍCULOS		
	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2010-2015	4.47	2.22	2.18
2015-2020	3.97	1.97	1.94
2020-2025	3.57	1.78	1.74
2025-2030	3.25	1.62	1.58
2030-2035	3.10	1.54	1.51
2035-2040	2.95	1.45	1.43
2040- 2045	2.81	1.40	1.37
2045-2050	2.79	1.35	1.30
2050-2055	2.69	1.29	1.26

Fuente: Manual de Diseño de Pavimento AASHTO 93.

$$TPDA_{1 \text{ año}} = Ta * (1 + i)^1$$

- Livianos

$$TPDA_{livianos} = 2533 * (1 + 3.57\%)^1 = 2624 \text{ veh/día}$$

- Buses

$$TPDA_{buses} = 293 * (1 + 1.78\%)^1 = 299 \text{ veh/día}$$

- Camiones

$$TPDA_{camiones} = 473 * (1 + 1.74\%)^1 = 482 \text{ veh/día}$$

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

$$TPDA_{actual} = 2624 + 299 + 482$$

$$TPDA_{actual} = 3404 \text{ veh/día}$$

❖ TRÁFICO GENERADO

$$Tg = 20\% * Ta(1^\circ \text{ año})$$

- Livianos

$$Tg_{livianos} = 20\% * 2624 = 525 \text{ veh/día}$$

- Buses

$$Tg_{buses} = 20\% * 299 = 60 \text{ veh/día}$$

- Camiones

$$Tg_{buses} = 20\% * 536 = 96 \text{ veh/día}$$

❖ TRÁFICO ATRAÍDO

$$Td = 10\% * Ta(1^\circ \text{ año})$$

- Livianos

$$Td_{livianos} = 10\% * 2624 = 262 \text{ veh/día}$$

- Buses

$$Td_{buses} = 10\% * 299 = 30 \text{ veh/día}$$

- Camiones

$$Td_{buses} = 10\% * 482 = 48 \text{ veh/día}$$

❖ TRÁFICO DESARROLLADO

$$Tg = 5\% * Ta(1^\circ \text{ año})$$

- Livianos

$$Tg_{livianos} = 5\% * 2624 = 131 \text{ veh/día}$$

- Buses

$$TPDA_{buses} = 5\% * 299 = 15 \text{ veh/día}$$

- Camiones

$$TPDA_{buses} = 5\% * 482 = 24 \text{ veh/día}$$

Tabla 30. Tráfico de hora pico del tránsito

<b>Tipo de vehículo</b>	<b>Livianos</b>	<b>Buses</b>	<b>Camiones</b>
<b>TPDA Actual</b>	2533	293	473
<b>TPDA 1 año</b>	2624	299	482
<b>Tg</b>	525	60	96
<b>Ta</b>	262	30	48
<b>Td</b>	131	15	24
<b>Ta TOTAL</b>	3542	403	650

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 31. Período de Diseño según el tipo de vía

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

Fuente: Manual de Diseño de Pavimento AASHTO 93.

Esta vía en estudio será clasificada como rural de alto volumen de tráfico, por ende, el período de diseño será de 20 años.

Tabla 32. Tráfico para el período de diseño

AÑO	%CRECIAMIENTO			TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO			
	Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones	TPDA Total
2021	3.57	1.78	1.74	3542	403	650	4595
2022	3.57	1.78	1.74	3669	410	661	4740
2023	3.57	1.78	1.74	3800	418	673	4890
2024	3.57	1.78	1.74	3935	425	685	5045
2025	3.57	1.78	1.74	4076	433	697	5205
2026	3.25	1.62	1.58	4156	437	703	5296
2027	3.25	1.62	1.58	4291	444	714	5449
2028	3.25	1.62	1.58	4431	451	726	5607
2029	3.25	1.62	1.58	4575	458	737	5770
2030	3.25	1.62	1.58	4724	466	749	5938
2031	3.10	1.54	1.51	4807	470	755	6032
2032	3.10	1.54	1.51	4956	477	767	6199
2033	3.10	1.54	1.51	5109	484	778	6372
2034	3.10	1.54	1.51	5268	492	790	6549
2035	3.10	1.54	1.51	5431	499	802	6732
2036	2.95	1.45	1.43	5478	500	804	6783
2037	2.95	1.45	1.43	5640	507	816	6963
2038	2.95	1.45	1.43	5806	515	828	7149
2039	2.95	1.45	1.43	5978	522	839	7339
2040	2.95	1.45	1.43	6154	530	851	7535
2041	2.81	1.40	1.37	6165	532	853	7551

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Para el cálculo de los ejes equivalentes (W18), hay que conocer el factor de daño según el tipo vehículos.

$$W18 \text{ total} = 365 * TPDA * FD$$

Tabla 33. Factor de daño según del tipo de vehículo

TIPO	SIMPLE		SIMPLE DOBLE		TANDEM		TRIDEM		FACTOR DE DAÑO
	P(Ton)	(P/6.6) <sup>4</sup>	P(Ton)	(P/8.2) <sup>4</sup>	P(Ton)	(P/15) <sup>4</sup>	P(Ton)	(P/23) <sup>4</sup>	
LIVIANO	3	0.04							0.04
BUS	4	0.13	8	0.91					1.04
C - 2P	2.5	0.02							1.29
	7	1.27							

Fuente: Manual de Diseño de Pavimento AASHTO 93

Tabla 34. Tráfico futuro a 20 años

AÑO	%CRECIMIENTO			TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO				W18 diseño por año	W18 acumulado	W18 de diseño	Años n
	Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones	TPDA Total				
2021	3.57	1.78	1.74	3542	403	650	4595	510820	510820	255410	0
2022	3.57	1.78	1.74	3669	410	661	4740	520716	1031536	515768	1
2023	3.57	1.78	1.74	3800	418	673	4890	530819	1562355	781178	2
2024	3.57	1.78	1.74	3935	425	685	5045	541134	2103489	1051745	3
2025	3.57	1.78	1.74	4076	433	697	5205	551665	2655155	1327577	4
2026	3.25	1.62	1.58	4156	437	703	5296	557548	3212702	1606351	5
2027	3.25	1.62	1.58	4291	444	714	5449	567437	3780139	1890070	6
2028	3.25	1.62	1.58	4431	451	726	5607	577516	4357655	2178828	7
2029	3.25	1.62	1.58	4575	458	737	5770	587790	4945445	2472723	8
2030	3.25	1.62	1.58	4724	466	749	5938	598262	5543707	2771853	9
2031	3.10	1.54	1.51	4807	470	755	6032	604040	6147747	3073873	10
2032	3.10	1.54	1.51	4956	477	767	6199	614330	6762077	3381038	11
2033	3.10	1.54	1.51	5109	484	778	6372	624811	7386888	3693444	12
2034	3.10	1.54	1.51	5268	492	790	6549	635487	8022375	4011188	13
2035	3.10	1.54	1.51	5431	499	802	6732	646362	8668737	4334368	14
2036	2.95	1.45	1.43	5478	500	804	6783	648625	9317362	4658681	15
2037	2.95	1.45	1.43	5640	507	816	6963	659154	9976516	4988258	16
2038	2.95	1.45	1.43	5806	515	828	7149	669870	10646386	5323193	17
2039	2.95	1.45	1.43	5978	522	839	7339	680777	11327163	5663582	18
2040	2.95	1.45	1.43	6154	530	851	7535	691878	12019041	6009521	19
2041	2.81	1.40	1.37	6165	532	853	7551	693909	12712950	<b>6356475</b>	20

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

❖ CONFIABILIDAD (R)

Tabla 35. Nivel de confiabilidad R

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad	
	Urbana	Rural
Autopistas	85 - 99.9	80 - 99.9
Carreteras de primer orden	80 - 99	75 - 99
Carreteras secundarias	80 - 95	75 - 95
Caminos vecinales	50 - 80	50 - 80

Fuente: Manual de Diseño de Pavimento AASHTO 93

La vía en estudio es una carretera de primer orden rural, por lo tanto, el nivel de confiabilidad esta entre 75-99, entonces se tomará un nivel de 90%.

❖ DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)

Tabla 36. Desviación Estándar Normal Zr

Confiabilidad (R)	Valor 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: Manual de Diseño de Pavimento AASHTO 93

Para un nivel confiabilidad de  $R = 90\%$ , se tiene una desviación estándar normal de  $Z_r = -1.282$

❖ DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL ( $S_o$ )

Tabla 37. Desviación Estándar Global  $S_o$

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 la estimación del tráfico	0,35 — 0.50 (0.45 valor recomendado)

Fuente: Manual de Diseño de Pavimento AASHTO 93

Según la norma para los pavimentos flexibles la desviación estándar global varía entre  $0.40 < S_o < 0.50$  y se recomienda usar 0.45

❖ ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD (PSI)

El PSI inicial para pavimentos flexibles es igual a 4.2 y el PSI final para carreteras de mayor tránsito es mayor o igual a 2.5.

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

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.5$$

$$\Delta PSI = 1.7$$

❖ MÓDULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE

Para el módulo de resiliencia de la subrasante se utilizará el CBR de laboratorio perteneciente al pozo N° 4 = 15.0%.

$$Mr(PSI) = 3000 * CBR^{0.65}$$

$$Mr(PSI) = 3000 * 15^{0.65}$$

$$Mr(PSI) = 17441$$

$$Mr = 17.44 \text{ Ksi}$$

❖ COEFICIENTES ESTRUCTURALES a1, a2, a3

Se debe establecer un valor de CBR para la base, y sub-base del pavimento, así mismo conocer el módulo elástico de la capa asfáltica.

Se establece que la estabilidad Marshall de la mezcla es de 1800 lb, el CBR para bases mínimo es 80%, y para subbase es 30%, según las especificaciones del MTOP

- Coeficiente estructural a1

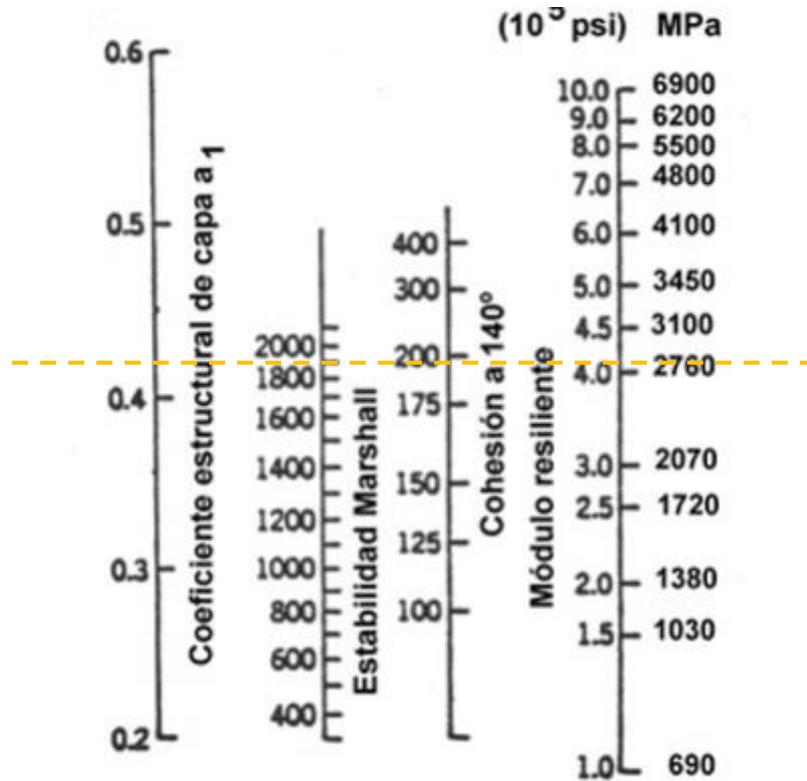


Figura 57. Carta para estimar el coeficiente estructural de la carpeta asfáltica a partir del módulo elástico

Fuente: Manual de Diseño de Pavimento AASHTO 93

Para la estabilidad Marshall de la mezcla de 1800 lb se obtiene un coeficiente estructural a1= 0.413 y un módulo de resiliencia para la carpeta asfáltica de 396 ksi.

○ Coeficiente estructural a2

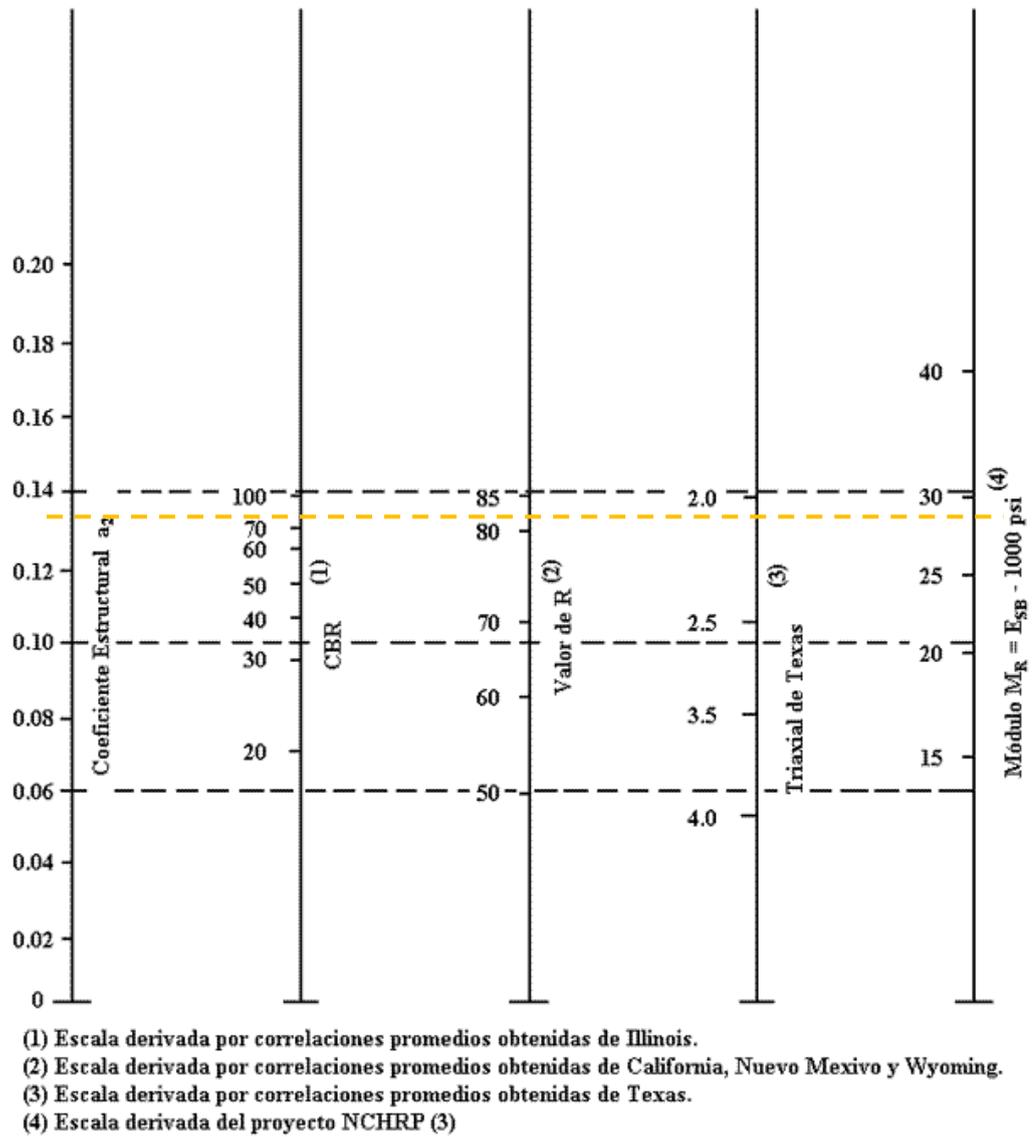
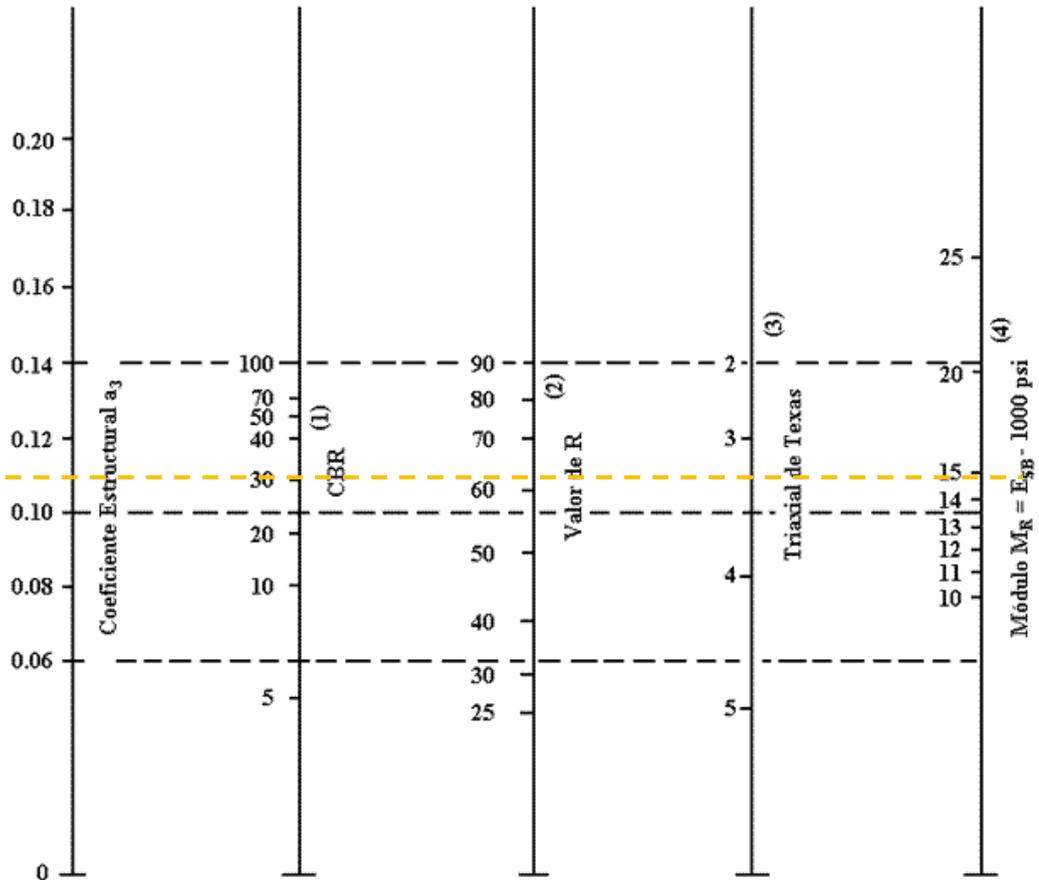


Figura 58. Ábaco para estimar el coeficiente estructural a2

Fuente: Manual de Diseño de Pavimento AASHTO 93

Para un CBR 80% se obtiene un coeficiente estructural  $a_2 = 0.133$ , y un módulo de resiliencia para la capa base de 28.3 Ksi.

○ Coeficiente estructural a3



- (1) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Illinois.
- (2) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de California, Nuevo Mexivo y Wyoming.
- (3) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

Figura 59. Ábaco para estimar el coeficiente estructural a3

Fuente: Manual de Diseño de Pavimento AASHTO 93. [22]

Para un CBR 30% se obtiene un coeficiente estructural a3 = 0.107, y un módulo de resiliencia para la capa subbase de 14.8 ksi.

❖ Coeficiente de drenaje m2, m3

Tabla 38. Calidad de drenaje

Calidad de Drenaje	Tiempo de eliminación de agua
Excelente	2 horas
<b>Buena</b>	<b>1 día</b>
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Deficiente	Agua no drena

Fuente: Manual de Diseño de Pavimento AASHTO 93.

El tiempo que se estima que el agua se elimina es de 1 día, la calidad de drenaje es buena.

Tabla 39. Valores m2 y m3 según la capacidad 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%	Mas del 25 %
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
<b>Buena</b>	1.35 – 1.25	<b>1.25 – 1.15</b>	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: Manual de Diseño de Pavimento AASHTO 93.

Se obtiene coeficiente de drenaje m2 y m3 de 1.2

❖ PROGRAMA

Se ingresan en el programa los siguientes datos:

PARAMETRO	VALOR
PSI Inicial:	4.2
PSI Final:	2.5
Confiabilidad:	80
Desviación estándar normal:	-0.841
Desviación estándar global:	0.45
Módulo de Resiliencia de la subrasante:	17441 PSI
W18:	6356475

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software window. It contains several input fields and sections:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' (selected) and 'Pavimento rígido'.
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu set to '80 % Zr=-0.841' and a text box for 'So' with the value '0.45'.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (4.2) and 'PSI final' (2.5).
- Módulo resiliente de la subrasante:** A text box for 'Mr' with the value '17441 psi'.
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Four empty text boxes for 'Módulo de elasticidad del concreto - E<sub>c</sub> (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - S<sub>c</sub> (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (I)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'.
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular SN' (selected) and 'Calcular W18'. Below 'Calcular SN', it shows 'W18 = 6356475'. Below 'Calcular W18', it shows 'SN = 3.17'.
- Buttons:** 'Calcular' and 'Salir' buttons at the bottom.

Figura 60. Programa AASHTO 93

Fuente: Manual de Diseño de Pavimento AASHTO 93.

En la comparación del CBR obtenido de la correlación N°23 y el CBR de laboratorio del pozo N°4.

- CBR (laboratorio) = 15%
- CBR (correlación) = 15%

## DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON CBR DE LABORATORIO

DATOS DE ENTRADA:			
<b>1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES</b>			<b>DATOS</b>
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)			396,00
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)			28,30
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)			14,80
<b>2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE</b>			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			6.356.475
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)			80%
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)			-0,841
DESVIACION ESTANDAR GLOBAL (So)			0,45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)			17,44
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4,2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2,5
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> )			0,413
Base granular (a <sub>2</sub> )			0,133
Subbase (a <sub>3</sub> )			0,107
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Base granular (m <sub>2</sub> )			1,200
Subbase (m <sub>3</sub> )			1,200
DATOS DE SALIDA:			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN <sub>REQ</sub> )		<b>3,16</b>	
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN <sub>CA</sub> )		<b>2,62</b>	
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN <sub>BG</sub> )		<b>0,75</b>	
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN <sub>SB</sub> )		<b>-0,21</b>	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
		<b>PROPUESTA</b>	
	TEORICO	<b>ESPESOR</b>	<b>SN*</b>
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	16,1 cm	<b>7,5 cm</b>	1,22
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	11,9 cm	<b>15,0 cm</b>	0,94
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	-4,2 cm	<b>20,0 cm</b>	1,01
ESPESOR TOTAL (cm)		<b>42,5 cm</b>	<b>3,17</b>

Fuente: Manual de Diseño de Pavimento AASHTO 93.

Los espesores propuestos de cada capa del pavimento con un CBR de la subrasante de 15% son:

Tabla 40. Espesores de cada capa del pavimento diseñado

Capa Pavimento	Espesor
Carpeta Asfáltica	7.5 cm
Base Granular	15.0 cm
Subbase Granular	20.0 cm

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

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

$$3.17 \geq 3.16 \therefore \text{Cumple}$$

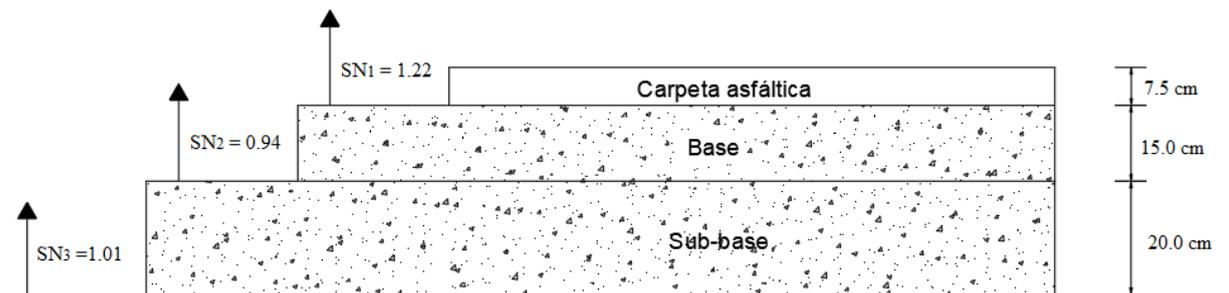


Figura 61. Espesor de cada capa del pavimento diseñado

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

**Diseño del pavimento flexible con CBR de la correlación N° 23**

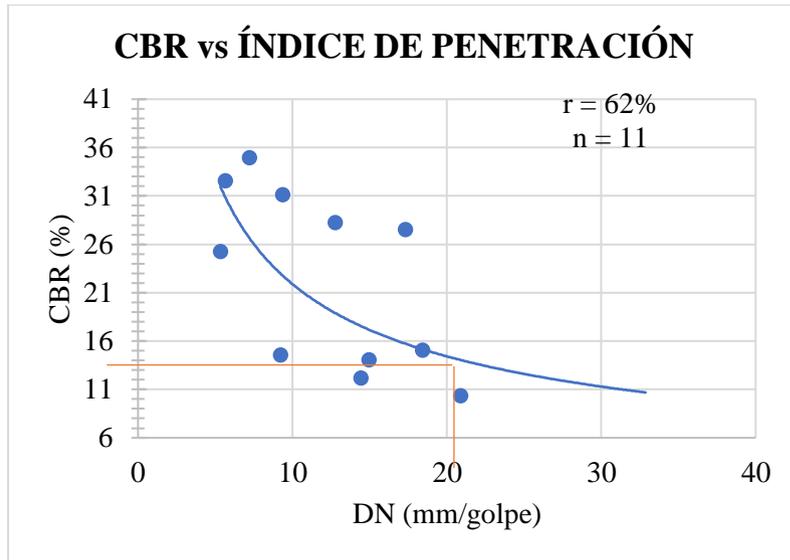


Figura 62. Correlación CBR-DN

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

El valor del CBR obtenido mediante la correlación es de 15%, se tomó en cuenta el índice de penetración de la muestra N°4 que es 18.45 mm/golpe.

El módulo de resiliencia de la subrasante cambiará con el nuevo valor de CBR.

$$Mr(PSI) = 3000 * CBR^{0.65}$$

$$Mr(PSI) = 3000 * (15)^{0.65}$$

$$Mr(PSI) = 17441$$

$$Mr = 17.44Ksi$$

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. It is a graphical user interface with several sections:
 

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' (selected) and 'Pavimento rígido'.
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu set to '80 % Zr=-0.841' and a text box for 'So' containing '0.45'.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (4.2) and 'PSI final' (2.5).
- Módulo resiliente de la subrasante:** A text box for 'Mr' containing '17441 psi'.
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Four empty text boxes 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)'.
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular SN' (selected) and 'Calcular W18'. A text box for 'W18' contains '6356475'.
- Número Estructural:** A text box for 'SN' contains '3.17'.
- Buttons for 'Calcular' and 'Salir' are at the bottom.

Figura 63. Programa AASHTO 93

Fuente: Manual de Diseño de Pavimento AASHTO 93

**Tabla. Diseño de Pavimento CBR de la correlación**

DATOS DE ENTRADA:			
<b>1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES</b>			<b>DATOS</b>
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)			396,00
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)			28,30
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)			14,80
<b>2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE</b>			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			6.356.475
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)			80%
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)			-0,841
DESVIACION ESTANDAR GLOBAL (So)			0,45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)			17,44
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4,2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2,5
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> )			0,413
Base granular (a <sub>2</sub> )			0,133
Subbase (a <sub>3</sub> )			0,107
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Base granular (m <sub>2</sub> )			1,200
Subbase (m <sub>3</sub> )			1,200
DATOS DE SALIDA:			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN <sub>REQ</sub> )		<b>3,16</b>	
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN <sub>CA</sub> )		<b>2,62</b>	
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN <sub>BG</sub> )		<b>0,75</b>	
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN <sub>SB</sub> )		<b>-0,21</b>	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
		<b>PROPUESTA</b>	
	TEORICO	<b>ESPESOR</b>	<b>SN*</b>
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	16,1 cm	<b>7,5 cm</b>	1,22
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	11,9 cm	<b>15,0 cm</b>	0,94
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	-4,2 cm	<b>20,0 cm</b>	1,01
ESPESOR TOTAL (cm)		<b>42,5 cm</b>	<b>3,17</b>

Fuente: Manual de Diseño de Pavimento AASHTO 93

Los espesores propuestos de cada capa del pavimento con un CBR de la subrasante de 15% son:

Tabla 41. Espesores de cada capa del pavimento diseñado

Capa Pavimento	Espesor
Carpeta Asfáltica	7.5 cm
Base Granular	15.0 cm
Subbase Granular	20.0 cm

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

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

$$3.17 \geq 3.16 \therefore \text{Cumple}$$

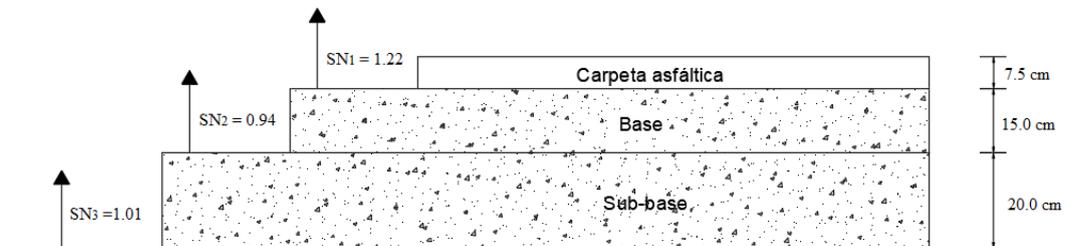


Figura 64. Espesor de cada capa del pavimento diseñado

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

### 3.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

- **Hipótesis Alternativa**

Si existe correlaciones entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos del cantón Baños; parroquia Rio Verde; de la provincia de Tungurahua.

- **Hipótesis Nula**

No existe correlaciones entre el CBR, DCP, índice plástico, porosidad, relación de vacíos y grado de saturación del aire de los suelos del cantón Baños; parroquia Rio Verde; de la provincia de Tungurahua.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones

- Se realizó un muestreo representativo con la toma de muestras de suelo en la parroquia Rio Verde del cantón Baños, en el cual se elaboró 12 calicatas a los lados de la vía para obtener el suelo natural sin restos de la capa vegetal.
- Los suelos encontrados en la parroquia Río Verde corresponden a arenas limosas en su mayoría, por encontrarse en una zona montañosa y junto a un volcán en constante activación.
- Se determinaron las propiedades índice y mecánicas de los suelos de la parroquia Rio Verde del cantón Baños, para lo cual se detalló en las tablas N° 26 y 27, respectivamente.
- El contenido de humedad natural del suelo oscila entre 11% - 23% que son valores altos para el suelo de la parroquia de Rio Verde, debido a que su nivel freático es alto.
- Mediante el ensayo granulométrico de los suelos se obtuvo suelos arenosos y arenas limosas en la mayoría de la parroquia de Rio Verde, al contener porcentajes de grava de 0.0%, de arena entre 89% - 98% y de limos entre 1% - 10%.
- Los suelos analizados tienen una alta plasticidad, esto se determinó mediante los límites de Atterberg, donde, el límite líquido varía entre 19% - 32%, el límite plástico entre 18% - 32% y un índice de plasticidad entre 0 – 2.78%.
- Determinamos la densidad máxima seca que varía desde 1,635gr/cm<sup>3</sup> hasta 2,120 gr/cm<sup>3</sup> y el contenido de humedad óptimo que oscila entre 7,2% - 13,1% para cada muestra de suelo analizado, mediante el ensayo Proctor modificado, valores que se utilizara para determinar el CBR y el grado de compactación de los suelos.

- Determinamos la gravedad específica de los suelos analizados, que varían entre 2.413 – 2.560, lo cual permite determinar qué clase de material es, teniendo en cuenta que es la relación de pesos del material.
- Determinamos la densidad húmeda en situ, que varía de 1.165 gr/cm<sup>3</sup> – 1.817 gr/cm<sup>3</sup> y el grado de compactación oscila entre 47.67% - 83.67%, mediante el método de cono, lo cual podemos observar que no tenemos buena compactación debido a que se mantiene un nivel freático alto y además en la zona existe mucha lluvia.
- Determinamos que el índice DCP, tiene del 5.33 mm/golpe – 32.87 mm/golpe, lo cual permitió conocer las condiciones reales en situ del suelo.
- Se realizaron un total de 22 correlaciones experimentales, donde se evidenció que el mayor valor del coeficiente de correlación fue de 98% con una proyección lineal entre el límite líquido y el límite plástico.
- Se estableció que el DN tiene una muy buena correlación con las propiedades índices, las cuales son el límite líquido, la gravedad específica y el límite plástico.
- Se estableció mediante las correlaciones del DN con las propiedades índice que se relacionan mucho mejor con las arenas limosas de la parroquia Río Verde debido a que las líneas de tendencia se ajustan de manera óptima con un coeficiente de correlación de bueno a excelente con valores de 51% a 97%, según los datos de la tabla N° 29.
- Se realizó 22 correlaciones entre el CBR, DCP y las propiedades índice con coeficientes de determinación  $R^2$  entre el 51% - 98%. Estas correlaciones son admisibles para la determinación de las propiedades del suelo en la parroquia Río Verde.

- Se estableció que existe una buena correlación entre el CBR y el DN, en los suelos estudiados dando como resultado un coeficiente de determinación de 62%.
- La clasificación de los suelos de la parroquia de Río Verde, según la AASHTO son A-1-a y A-1-b; según la SUCS son SW, SP, SP-SM, SW-SC y SW-SM.
- Se realizó el diseño de un pavimento flexible para la vía que cruza toda la parroquia Río Verde, para ello se utilizó un CBR de laboratorio igual a 15%, que es un valor óptimo para suelos de subrasante en esta zona, ya que los valores de la tabla N° 28 van del 10% que es un valor bajo hasta un 55% que es un valor muy alto.
- Se establecieron los espesores de las capas del pavimento según las normas AASHTO-93, dando como resultado valores de la subbase igual a 20 cm, base igual a 15 cm y carpeta asfáltica un valor igual a 7.5 cm.

## 4.2. Recomendaciones

- Se sugiere unificar la base de datos de las propiedades físico-mecánicas de los diferentes suelos de la provincia de Tungurahua, para obtener correlaciones con coeficientes de correlación más altos. teniendo en cuenta la relación entre las propiedades estudiadas.
- Se recomienda usar las correlaciones presentadas en esta investigación para suelos que se encuentren dentro de la clasificación expuesta y los rangos de las propiedades físico-mecánicas de los suelos estudiados, con el propósito de obtener resultados fiables.
- Se recomienda utilizar las normas vigentes para realizar los ensayos de campo y laboratorio, y así obtener resultados garantizados al momento de correlacionar las propiedades del suelo.
- Se sugiere aplicar las especificaciones ecuatorianas MTOP y la norma AASHTO-93 para realizar el diseño del pavimento flexible y tomar datos y coeficientes apropiados para nuestro diseño.
- Es recomendable usar modelos estadísticos múltiples para ejecutar las correlaciones de dos y tres variables, entre el CBR, DCP y las propiedades índices y mecánicas.
- Es necesario utilizar correctamente las cartas de plasticidad de la SUCS y la AASHTO para clasificar y zonificar los suelos de manera adecuada.
- Se recomienda utilizar las correlaciones propuestas solamente en suelos de la misma parroquia o de las mismas características físico-mecánicas que los suelos analizados en la presente investigación.

- Es recomendable realizar gráficos de correlación con valores y curvas visibles en especial para las correlaciones de 3 variables, para poder obtener los valores de las variables dependientes con más precisión.
- Se sugiere que al escoger correlaciones menores a un coeficiente de determinación de 70% tener un correcto criterio técnico al interpretar la relación entre sus diferentes propiedades.
- Se recomienda escoger sitios adecuado para realizar las calicatas, y realizar la recolección de suelos en estado natural, sin capa vegetal, y no en sectores que estén compuestos de posibles rellenos de otros tipos de suelos no representativos para el estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. Portilla y A. Pillajo, “DETERMINACIÓN DEL CBR DE LABORATORIO EN SUELOS GRANULARES Y SU CORRELACIÓN CON EL DCP PARA LA APLICACIÓN EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CAMINOS VECINALES,” Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2001.
- [2] O. Guamán, “ESTUDIO DE LA CORRELACIÓN DEL CBR CON RESPECTO AL ENSAYO PENETRÓMETRO CÓNICO ESTÁTICO EN DIFERENTES TIPOS DE SUELOS,” Universidad Técnica de Ambato, 2016.
- [3] S. María, “CORRELACIÓN ENTRE EL ENSAYO DE CBR Y EL ENSAYO DEL PRÓCTOR PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SUELO DE LA PARROQUIA AMBATILLO ALTO EN EL SECTOR DE SAN PEDRO,” Universidad Técnica de Ambato, 2016.
- [4] Y. Valencia, “OTHER USES OF STATIC LOAD TESTS IN THE GEOTECHNICAL DESIGN OF FOUNDATIONS,” *DYNA*, 2012.
- [5] A. Frateschi, “APLICACIÓN DEL DCP EN EL CONTROL DE SUBRASANTES Y TERRAPLENES,” August, 2014.
- [6] K. Gill, J. Jha y A. Choudhary, “CBR VALUE ESTIMATION USING DYNAMIC CONE PENETROMETER,” *GEOTrendz*, 2010.
- [7] J. Bermúdez, O. Vásquez y R. Moncada, “VALIDACIÓN DEL MÉTODO DCP APLICADO EN CAMPO EN RELACIÓN AL ENSAYO CBR EN LABORATORIO,” *ResearchGate*, 2016.
- [8] P. Gordillo y S. Navas, “ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE LA NORMA ASTM D 6951 - 03 PARA ESTIMAR EL ÍNDICE DEL CBR EN UN SUELO DE LA CIUDAD DE CUENCA,” Cuenca, 2018.
- [9] E. Juárez y R. Rodríguez, “MECÁNICA DE SUELOS - TOMO I,” Limusa, 1981.
- [10] A. Llanos y S. Reyes, “ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS ENSAYOS,” Pimentel, 2017.
- [11] G. Sarango y M. Jaya, “ESTABILIZACIÓN DE CAPAS GRANULARES PARA CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO VIAL CON ORGANOSILANOS”, Universidad Central del Ecuador, 2019.

- [12] B. Fernando, "ESTRUCTURACIÓN EN VÍAS TERRESTRE," Compañía Continental, 2001.
- [13] S. Juan, "ESTUDIO DE SUELOS Y ANALISIS GEOTECNICO," Gameza, 2015.
- [14] R. Pérez, "MECÁNICA DE SUELOS I," FICM, 2016.
- [15] G. Escobar y C. Escobar, "MECANICA DE LOS SUELOS," Manizales: Universidad Nacional, 2002.
- [16] J. León y R. Zeas, "DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LOS ÍNDICES DCP IN SITU Y CBR DE LABORATORIO," Universidad de Cuenca, 2017.
- [17] G. De Noni, G. Trujillo, E. Custode y M. Viennot, "THE CAMGAHUA IN ECUADOR: MORPHO-EDAPHOLOGIC CHACDEDZATION AND SUSCEPTIBILITY TO EROSION," January, 2016.
- [18] C. Villalaz, "MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES," México: LIMUSA, 1976.
- [19] D. Brajam, "FUNDAMENTOS DE INGENIERIA GEOTECNICA," California: THOMSON LEARNING, 1945.
- [20] P. Berry y D. Reid, "MECÁNICA DE SUELOS", Colombia: McGraw-Hill INTERAMERICANA S.A., 1996.
- [21] J. Osorio, "CORRELACION PDC CON CBR PARA SUELOS EN LA LOCALIDAD DE SUBA," Bogota: Universidad Militar Nueva Granada, 2011.
- [22] J. Bowes, "MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS DE INGENIERIA CIVIL," Bogota: McGRAW HILL, 2000.
- [23] C. Flórez, "ESTIMACION DEL VALOR DE CBR USANDO PENETROMETRO DE CONO DINAMICO," California: Publication, 2010.
- [24] F. Viscarra, "EL CONO DINÁMICO DE PENETRACIÓN Y SU APLICACIÓN EN LA EVALUACIÓN DE SUELOS," Bolivia: iCIVIL, 2005.
- [25] J. León, "DETERMINACION DE LA CORRELACION ENTRE LOS INDICES DCP IN SITU Y CBR DE LABORATORIO," Cuenca: Universidad de Cuenca, 2017.
- [26] C. Laguna, "CORRELACION Y REGRESION LINEAL," Bogotá: Aragonés, 2014.

- [27] C. Martínez, “ESTADÍSTICA Y MUESTREO,” Décima, 2012.
- [28] F. Mendiburu, “ANÁLISIS DE REGRESION Y CORRELACION,” Lima: Molina, 1012.
- [29] UMSS, “MANUAL COMPLETO DISEÑO DE PAVIMENTOS,” Argentina: Facultad de Ciencias, 2008.
- [30] L. Aristizábal, “DISEÑO DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE POR LOS MÉTODOS AASTHO Y RACIONAL,” Pereira: Universidad Libre, 2014.

## ANEXOS

### A. FOTOGRAFÍAS



Figura 65. Realización de la calicata

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña



Figura 66. Muestras en bandeja para secar

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña



Figura 67. Granulometría de las muestras.

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña



Figura 68. Gravedad específica del suelo

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña



Figura 69. Realización de los rollitos con el suelo

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña



Figura 70. Muestras en el horno

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña



Figura 71. Cilindro para el CBR

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña



Figura 72. Muestras de suelo para sumergirlo

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña



Figura 73. Colocación del cilindro en la máquina de compresión simple

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña



Figura 74. Toma de los resultados de CBR

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña



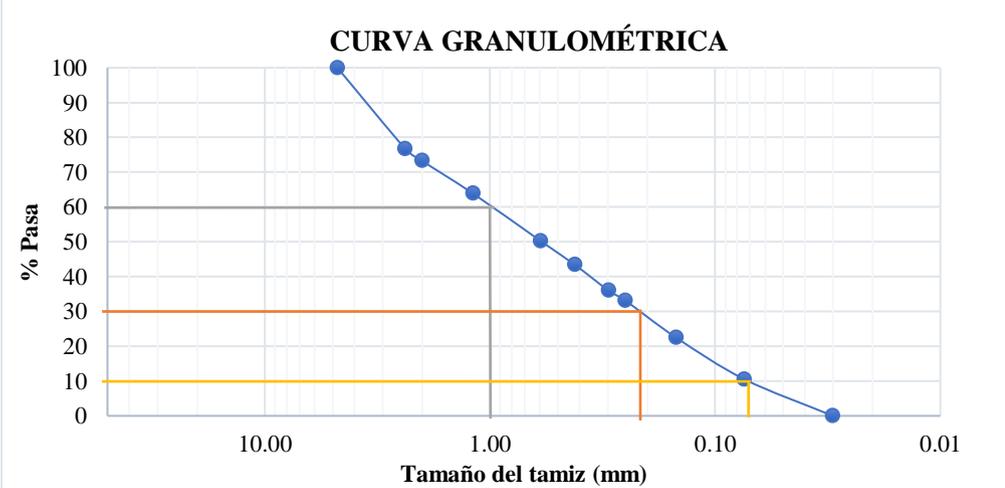
Figura 75. Conteo vehicular en la vía  
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña



Figura 76 Conteo vehicular en la mañana  
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

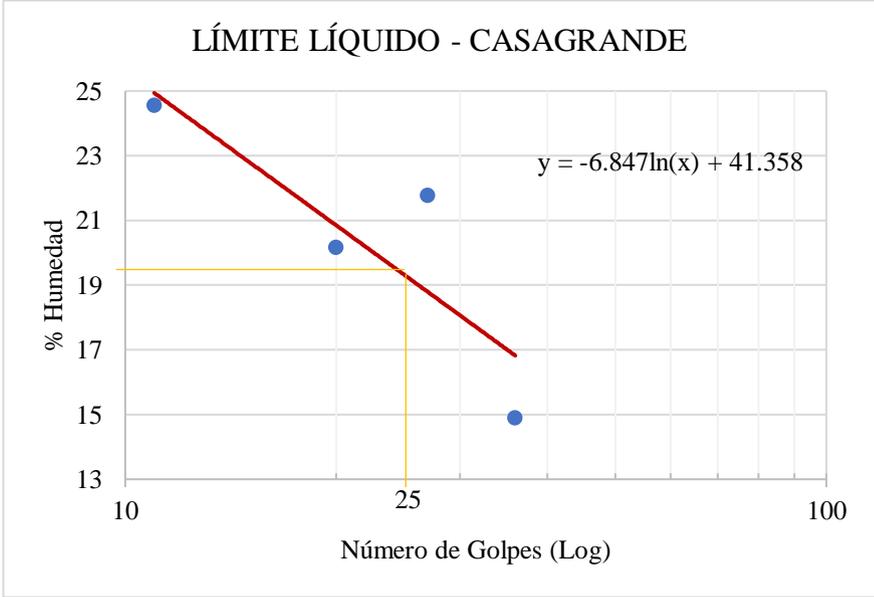
## B. TABLAS DE RESULTADOS

Tabla 42. Ensayo 1 Contenido de Humedad y Granulometría

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA						
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.05 m			
<b>POZO:</b>	P1	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.70 m			
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9843862m	808132m		
HUMEDAD IN SITU 1						
Muestra	Wrec (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	%Wnat	%Wprom	
1	30.6	181.8	155.2	21.35%	22.34%	
2	35.6	145.6	124.8	23.32%		
3	33.9	145.6	125.2	22.34%		
GRANULOMETRÍA 1						
Winicial (gr) =			250			
TAMIZ	mm	Wret (gr)	Wret acum (gr)	% ret acum	% Pasa	
#4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	
#8	2.380	58.10	58.10	23.24	76.76	
#10	2.000	8.80	66.90	26.76	73.24	
#16	1.190	23.40	90.30	36.12	63.88	
#30	0.595	34.20	124.50	49.80	50.20	
#40	0.420	17.00	141.50	56.60	43.40	
#50	0.297	18.60	160.10	64.04	35.96	
#60	0.250	7.20	167.30	66.92	33.08	
#100	0.149	26.50	193.80	77.52	22.48	
#200	0.074	29.98	223.78	89.51	10.49	
FUENTE		26.22	250.00	100.00	0	
<b>CURVA GRANULOMÉTRICA</b>						
						
<b>D10 (mm)</b>	0.07		<b>Cu = D60/D10</b>		15.57	
<b>D30 (mm)</b>	1.25		<b>Cc = D30<sup>2</sup>/(D60*D10)</b>		20.48	
<b>D60 (mm)</b>	1.090		<b>Tamaño Nominal Máximo (TMN) mm</b>		2.38	

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 43. Ensayo 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>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.05 m		
<b>POZO:</b>	P1	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.70 m		
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9843862m	808132m	
LÍMITE LÍQUIDO 1					
Nº GOLPES	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% w	% Wprom
11	11.5	18.8	17.4	23.73	24.55
	10.8	19.2	17.5	25.37	
20	11.4	18.5	17.3	20.34	20.17
	11.2	20.2	18.7	20.00	
27	11.0	17.7	16.5	21.82	21.78
	11.3	19.7	18.2	21.74	
36	10.6	16.2	15.5	14.29	14.90
	11.4	18.1	17.2	15.52	
LÍMITE LÍQUIDO:				19.32	
<div style="text-align: center;"> <b>LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE</b> </div> 					
LÍMITE PLÁSTICO 1					
Identificación	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% w	
#17	24.6	27.6	27.1	20.00	
#39	25.2	27.4	27.1	15.79	
#12	24.5	26.6	26.3	16.67	
#27	24.3	26.9	26.5	18.18	
#22	43.9	47	46.4	24.00	
PROMEDIO W% (LP)				18.93	

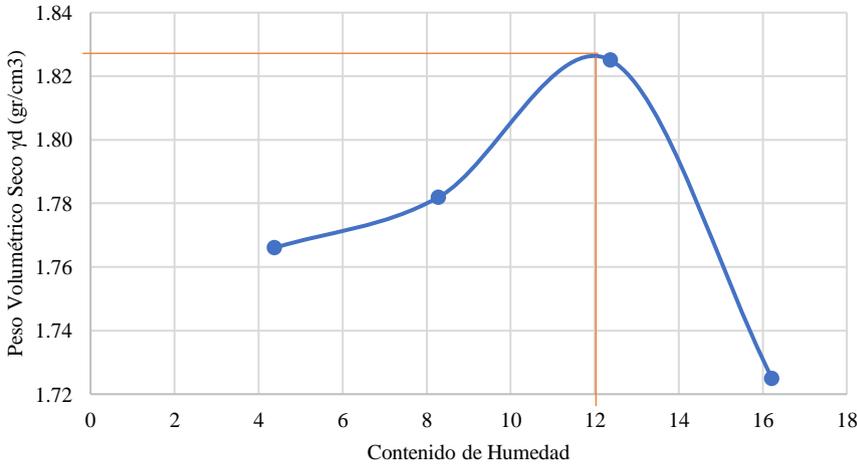
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 44. Ensayo 1 Densidad de Campo y Gravedad Específica

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
					
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.05 m		
<b>POZO:</b>	P1	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.70 m		
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9843862m	808132m	
<b>DENSIDAD DE CAMPO 1</b>					
<b>DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO</b>					
Peso de la masa del suelo + funda	$W_{m+Rec}$	2086.52	gr		
Peso de la funda	Rec	2.50	gr		
Peso de la masa del suelo	$W_m = W_{m+Rec} - Rec$	2084.02	gr		
<b>DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO</b>					
Peso inicial frasco + cono + arena		7348.19	gr		
Peso final frasco + cono + arena		3628.74	gr		
Peso de la arena en el cono		1629.00	gr		
Peso arena en la perforación		2090.45	gr		
Densidad de la arena de ottawa		1.582	gr/cm <sup>3</sup>		
Volumen de la perforación	$V_m$	1321.40	cm <sup>3</sup>		
<b>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
Identificación del recipiente		82	6		
Peso húmedo + recipiente	$W_{m+Wr}$	181.80	145.60		
Peso seco + recipiente	$W_s + Wr$	155.20	124.80		
Peso recipiente	Rec	30.60	35.60		
Peso del agua	$W_w$	26.60	20.80		
Peso de los sólidos	$W_s$	124.60	89.20		
Contenido de humedad	w%	21.35	23.32		
Contenido de humedad promedio	$W\%$	22.33			
<b>DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO</b>					
		<b>Volumen</b>	<b>Peso</b>		
Volumen de vacíos	$V_v$	48.85	-		
	$V_a$	22.25	0.00		
	$V_w$	26.60	26.60		
	$V_s$	47.02	124.60		
	$V_m$	95.87	151.20		
<b>DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO</b>					
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda) $\gamma_m$		1.577	gr/cm <sup>3</sup>		
Densidad seca $\gamma_d$		1.289	gr/cm <sup>3</sup>		
Contenido de humedad	w%	2233.34	%		
Relación de vacíos	$e = V_v/V_s$	1.04	natural		
Porosidad	$n\% = V_v/V_m * 100$	50.96	%		
Grado de saturación del agua	$G_w\% = V_w/V_v * 100$	54.45	%		
Grado de saturación del aire $G_a\%$		45.55	%		
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA 1</b>					
Temperatura del agua + suelo		23			
Peso del recipiente + suelo seco		307			
Peso del recipiente ( $W_r$ )		257.1			
Peso del suelo seco ( $W_s$ )		49.9			
Peso picnómetro+agua ( $W_{bw}$ )		650.1			
$W_s + W_{bw}$		700			
Peso picnómetro+agua+suelo ( $W_{bws}$ )		679.8			
Deslizamiento del agua ( $W_s + W_{bw} - W_{bws}$ )		20.2			
Factor de correlación por temperatura K		0.99933			
Gravedad específica ( $G_s$ )		2.469			

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 45. Ensayo 1 Proctor Modificado

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>						
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.05 m					
<b>POZO:</b>	P1	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.70 m					
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9843862m	808132m				
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR 1								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	12820	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2347.85	cm <sup>3</sup>		
Energía de Compactación (lb pie/pie <sup>3</sup> )	55986	Norma	AASHTO	T-180	Øint (cm)	15.17	h (cm)	12.99
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	6000		
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	4%	8%	12%	16%				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	17149	17351	17636	17527				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4329	4531	4816	4707				
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.844	1.930	2.051	2.005				
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	11	16	83	89	41	69	82	76
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	30.8	30.2	30.7	31.4	31.0	30.7	30.9	30.8
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	152.1	138.2	140.6	143.5	149.5	161.6	188.5	174.5
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	147.2	133.5	132.0	135.1	136.7	146.9	166.0	154.9
Peso sólidos W <sub>s</sub>	116.4	103.3	101.3	103.7	105.7	116.2	135.1	124.1
Peso del agua W <sub>w</sub>	4.9	4.7	8.6	8.4	12.8	14.7	22.5	19.6
Cont. Humedad $\omega$ %	4.21	4.55	8.49	8.10	12.11	12.65	16.65	15.79
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	4.38		8.29		12.38		16.22	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.766		1.782		1.825		1.725	
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
Cont. Humedad promedio $\omega$ %					12			
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )					1.828			
RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD								
								

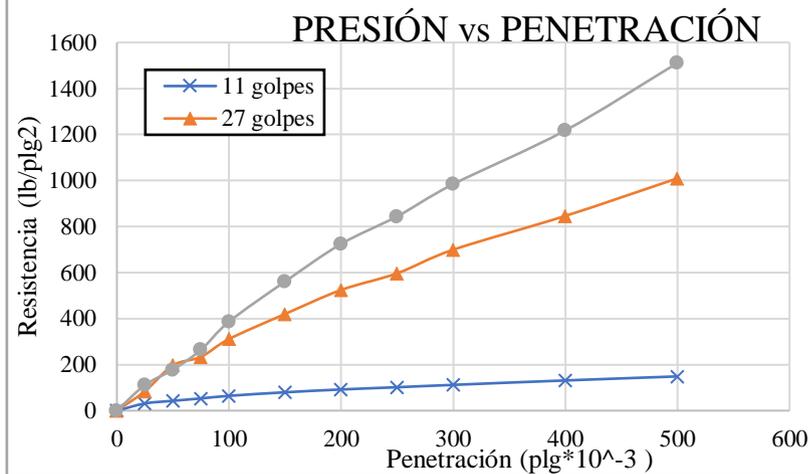
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña



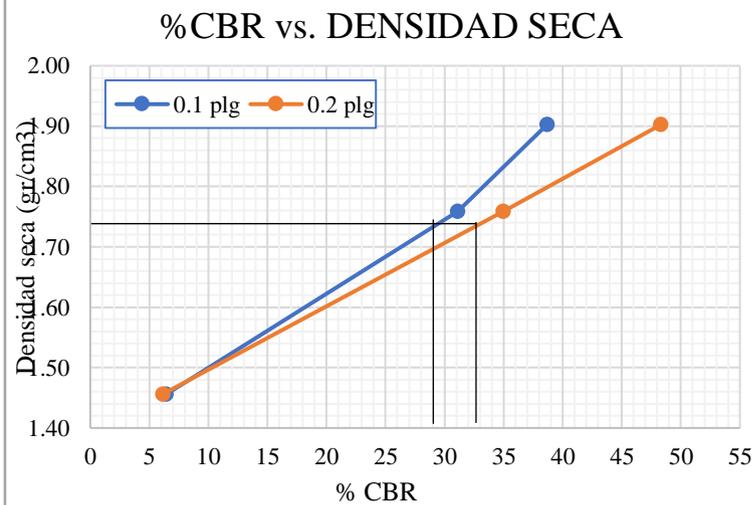
Tabla 47. Ensayo 1 CBR

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>										
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA												
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.05 m									
<b>POZO:</b>	PI	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.70 m									
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9843862m	808132m								
<b>CBR 1</b>												
<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>												
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO		<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb							
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180		<b>ALTURA DE CAÍDA:</b>		18"							
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000		<b>DENSIDAD MÁX SECA (gr/cm3)</b>		1.828	<b>W% ÓPTIMO</b>	12					
<b>ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.</b>												
<b>MOLDE</b>	1		2		3							
<b>N° de Capas</b>	5		5		5							
<b>N° de Golpes</b>	56		27		11							
<b>Cond. Muestra</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>P. Hum. + Molde (gr)</b>	14033	14156	11433	11556	9588	9785						
<b>Peso Molde (gr)</b>	9217	9217	6925	6925	5845	5845						
<b>P. Humedo (gr)</b>	4816	4939	4508	4631	3743	3940						
<b>Volumen Muestra (cm3)</b>	2244.28	2244.28	2262.37	2262.37	2283.34	2283.34						
<b>Densidad Húmeda (gr/cm3)</b>	2.146	2.201	1.993	2.047	1.639	1.726						
<b>Densidad Seca (gr/cm3)</b>	1.901	1.903	1.771	1.746	1.462	1.450						
<b>Den. Seca Prom. (gr/cm3)</b>	1.902		1.759		1.456							
<b>CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>												
<b>Cond. Muestra</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>Recipiente N°</b>	69	76	92	94	67	68	81	89	41	65	1	30
<b>P. Hum. + Recipiente (gr)</b>	121.9	135.4	132.1	119.6	97.2	132.5	143.1	130.4	145.7	139.9	106.3	121.8
<b>P. Seco + Recipiente (gr)</b>	111.5	123.5	118.6	108.1	89.8	121.2	125.8	116.5	133.2	128.2	95.3	106.8
<b>Peso Recipiente (gr)</b>	30.7	30.9	33.2	33.6	30.4	30.9	30.2	31.8	31.1	31.1	32.5	33.4
<b>Peso Agua (gr)</b>	10.4	11.9	13.5	11.5	7.4	11.3	17.3	13.9	12.5	11.7	11.0	15.0
<b>Peso de Sólidos (gr)</b>	80.8	92.6	85.4	74.5	59.4	90.3	95.6	84.7	102.1	97.1	62.8	73.4
<b>Contenido Humedad %</b>	12.87	12.85	15.81	15.44	12.46	12.51	18.10	16.41	12.24	12.05	17.52	20.44
<b>Con. Hum. Prom. %</b>	12.86%		15.62%		12.49%		17.25%		12.15%		18.98%	

ENSAYO DE COMPRESIÓN CBR									
ÁREA DE PISTÓN: 3 plg <sup>2</sup>					NORMA: ASTM D-1883				
PENETRACIÓ N (plg)	MOLDE N° 1 (56 Golpes)			MOLDE N° 2 (27 Golpes)			MOLDE N° 3 (11 Golpes)		
	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ]	CBR %	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ]	CBR %	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ]	CBR %
		Leída			Leída			Leída	
0	0	0		0	0		0	0	
0.025	333.6	111.2		253.6	84.5		93.5	31.2	
0.05	533.6	177.9		590.3	196.8		128.2	42.7	
0.075	793.1	264.4		701.5	233.8		159.3	53.1	
0.1	1160.0	386.7	38.67	933.5	311.2	31.12	193.1	64.4	6.44
0.15	1683.1	561.0		1260.2	420.1		239.2	79.7	
0.2	2173.6	724.5	48.30	1573.1	524.4	34.96	276.0	92.0	6.13
0.25	2533.2	844.4		1790.9	597.0		305.3	101.8	
0.3	2953.1	984.4		2098.3	699.4		336.2	112.1	
0.4	3653.2	1217.7		2538.9	846.3		393.7	131.2	
0.5	4533.2	1511.1		3028.8	1009.6		446.3	148.8	



MOLDE		1	2	3
CBR %	0.1"	38.67	31.12	6.44
	0.2"	48.30	34.96	6.13
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.902	1.759	1.456
Densidad seca máx.:		1.828		
Densidad seca máx. 95% DSM= 1.737		%CBR-0.1 plg 29.5	%CBR-0.2 plg 32.5	MAYOR % CBR 32.5



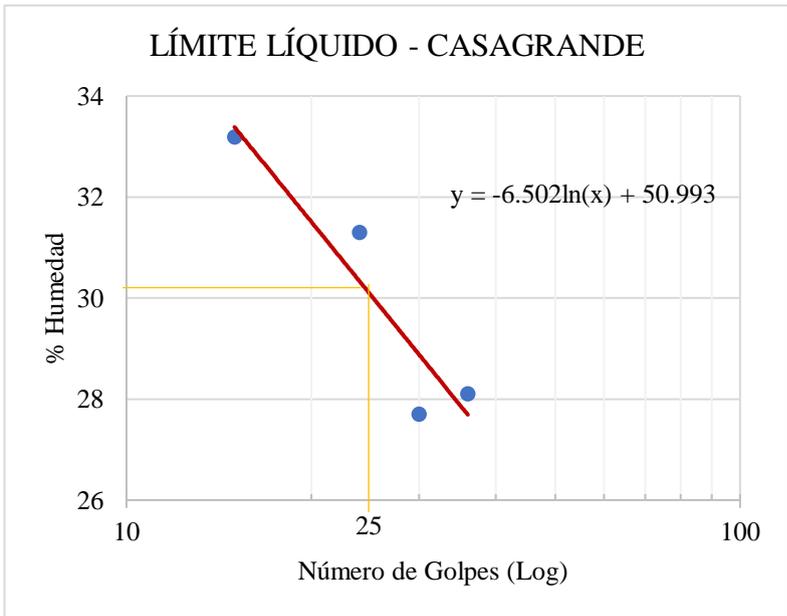
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 48. Ensayo 2 Contenido de Humedad y Granulometría

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA						
<b>PARROQUIA:</b> RIO VERDE		<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.07 m				
<b>POZO:</b> P2		<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.65 m				
		<b>COORDENADAS:</b> 17 9843819m 806731m				
HUMEDAD IN SITU 2						
Muestra	Wrec (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	%Wnat	%Wprom	
1	33.4	138.7	121.7	19.25%	21.19%	
2	30.5	139.6	119.1	23.14%		
3	32.5	144.7	125.1	21.17%		
GRANULOMETRÍA 2						
Winicial (gr) =			250			
TAMIZ	mm	Wret (gr)	Wret acum (gr)	% ret acum	% Pasa	
#4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	
#8	2.380	143.20	143.20	57.28	42.72	
#10	2.000	11.30	154.50	61.80	38.20	
#16	1.190	23.50	178.00	71.20	28.80	
#30	0.595	23.10	201.10	80.44	19.56	
#40	0.420	10.00	211.10	84.44	15.56	
#50	0.297	8.40	219.50	87.80	12.20	
#60	0.250	2.10	221.60	88.64	11.36	
#100	0.149	9.30	230.90	92.36	7.64	
#200	0.074	10.10	241.00	96.40	3.60	
FUENTE		9.00	250.00	100.00	0	
<div style="text-align: center;"> <b>CURVA GRANULOMÉTRICA</b> </div>						
<b>D10 (mm)</b>	0.23		<b>Cu = D60/D10</b>		13.30	
<b>D30 (mm)</b>	1.35		<b>Cc = D30<sup>2</sup>/(D60*D10)</b>		2.59	
<b>D60 (mm)</b>	3.060		<b>Tamaño Nominal Máximo (TMN) mm</b>		2.38	

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 49. Ensayo 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>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b> RIO VERDE		<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.07 m			
<b>POZO:</b> P2		<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.65 m			
		<b>COORDENADAS:</b> 17 9843819m		806731m	
LÍMITE LÍQUIDO 2					
Nº GOLPES	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% w	% Wprom
15	11.6	19.1	17.1	36.36	33.18
	11.6	18.1	16.6	30.00	
24	11.3	17.1	15.7	31.82	31.29
	11.5	16.6	15.4	30.77	
30	10.9	16.1	15.0	26.83	27.70
	11.4	16.8	15.6	28.57	
36	11.0	17.8	16.3	28.30	28.10
	11.3	16.8	15.6	27.91	
LÍMITE LÍQUIDO:				30.06	
					
LÍMITE PLÁSTICO 2					
Identificación	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% w	
#30	25.2	27.5	26.9	35.29	
#31	25.5	28.4	27.7	31.82	
#38	26.7	28.6	28.2	26.67	
#32	24.1	26.4	25.9	27.78	
#28	23.6	26	25.5	26.32	
PROMEDIO W% (LP)				29.57	

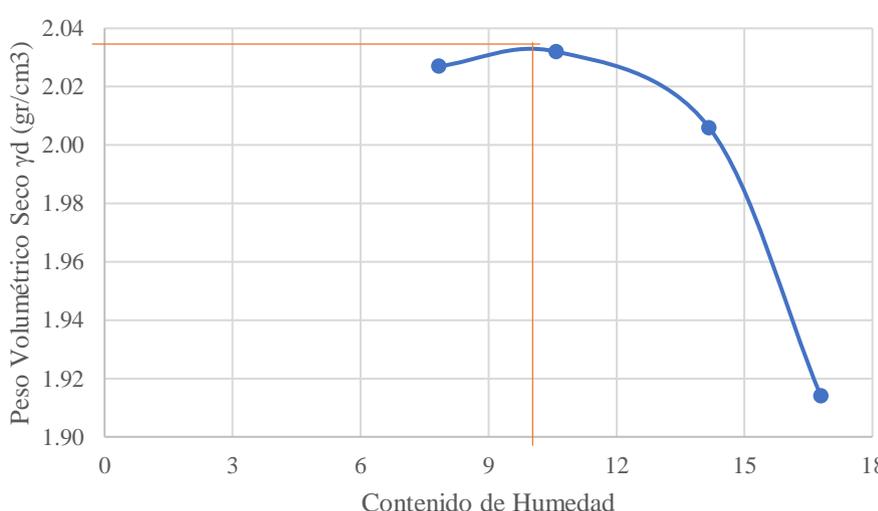
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 50. Ensayo 2 Densidad de Campo y Gravedad Específica

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA			
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.07 m
<b>POZO:</b>	P2	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.65 m
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9843819m 806731m
DENSIDAD DE CAMPO 2			
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO			
Peso de la masa del suelo + funda	$W_{m+Rec}$	1814.37	gr
Peso de la funda	Rec	2.50	gr
Peso de la masa del suelo	$W_m = W_{m+Rec} - Rec$	1811.87	gr
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO			
Peso inicial frasco + cono + arena		7257.48	gr
Peso final frasco + cono + arena		3628.74	gr
Peso de la arena en el cono		1629.00	gr
Peso arena en la perforación		1999.74	gr
Densidad de la arena de ottawa		1.582	gr/cm <sup>3</sup>
Volumen de la perforación	$V_m$	1264.06	cm <sup>3</sup>
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Identificación del recipiente		30	2
Peso húmedo + recipiente	$W_{m+Wr}$	138.70	139.60
Peso seco + recipiente	$W_s + Wr$	121.70	119.10
Peso recipiente	Rec	33.40	30.50
Peso del agua	$W_w$	17.00	20.50
Peso de los sólidos	$W_s$	88.30	88.60
Contenido de humedad	w%	19.25	23.14
Contenido de humedad promedio	W%	21.20	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volumen	Peso
Volumen de vacíos	$V_v$	40.14	-
	$V_a$	23.14	0.00
	$V_w$	17.00	17.00
	$V_s$	33.32	88.30
	$V_m$	73.46	105.30
		$W_a$	
		$W_w$	
		$W_s$	
		$W_m$	
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda) $\gamma_m$		1.433	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca $\gamma_d$		1.183	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad	w%	2119.51	%
Relación de vacíos	$e = V_v/V_s$	1.20	natural
Porosidad	$n\% = V_v/V_m * 100$	54.64	%
Grado de saturación del agua	$G_w\% = W_w/V_v * 100$	42.35	%
Grado de saturación del aire $G_a\%$		57.65	%
GRAVEDAD ESPECÍFICA 2			
Temperatura del agua + suelo		24	
Peso del recipiente + suelo seco		305.4	
Peso del recipiente ( $W_r$ )		260.2	
Peso del suelo seco ( $W_s$ )		45.2	
Peso picnómetro+agua ( $W_{bw}$ )		650.10	
$W_s + W_{bw}$		695.30	
Peso picnómetro+agua+suelo ( $W_{bws}$ )		679.4	
Deslizamiento del agua ( $W_s + W_{bw}$ ) - $W_{bws}$		15.9	
Factor de correlación por temperatura K		0.99909	
Gravedad específica ( $G_s$ )		2.469	

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 51. Ensayo 2 Proctor Modificado

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>						
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.07 m					
<b>POZO:</b>	P2	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.65 m					
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9843819m	806731m				
<b>ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR 2</b>								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	12820	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2347.85	cm <sup>3</sup>		
Energía de Compactación (lb pie/pie <sup>3</sup> )	55986	Norma	AASHTO	T-180	Øint (cm)	15.17	h (cm)	12.99
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	6000		
<b>PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	6%	9%	12%	15%				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	17953	18095	18198	18069				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	5133	5275	5378	5249				
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	2.186	2.247	2.291	2.236				
<b>DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>								
Recipiente número	68	88	25	26	76	69	77	82
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	30.7	30.5	30.5	30.8	30.7	30.7	30.9	30.8
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	134.6	131.6	126.5	135.6	166.6	142.5	178.2	161.1
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	127.0	124.3	117.1	125.8	149.4	128.9	157.1	142.3
Peso sólidos W <sub>s</sub>	96.3	93.8	86.6	95.0	118.7	98.2	126.2	111.5
Peso del agua W <sub>w</sub>	7.6	7.3	9.4	9.8	17.2	13.6	21.1	18.8
Cont. Humedad $\omega$ %	7.89	7.78	10.85	10.32	14.49	13.85	16.72	16.86
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	7.84		10.59		14.17		16.79	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	2.027		2.032		2.006		1.914	
<b>DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA</b>								
Cont. Humedad promedio $\omega$ %					9.8			
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )					2.035			
<b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b>								
								

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 52. Ensayo 2 DCP



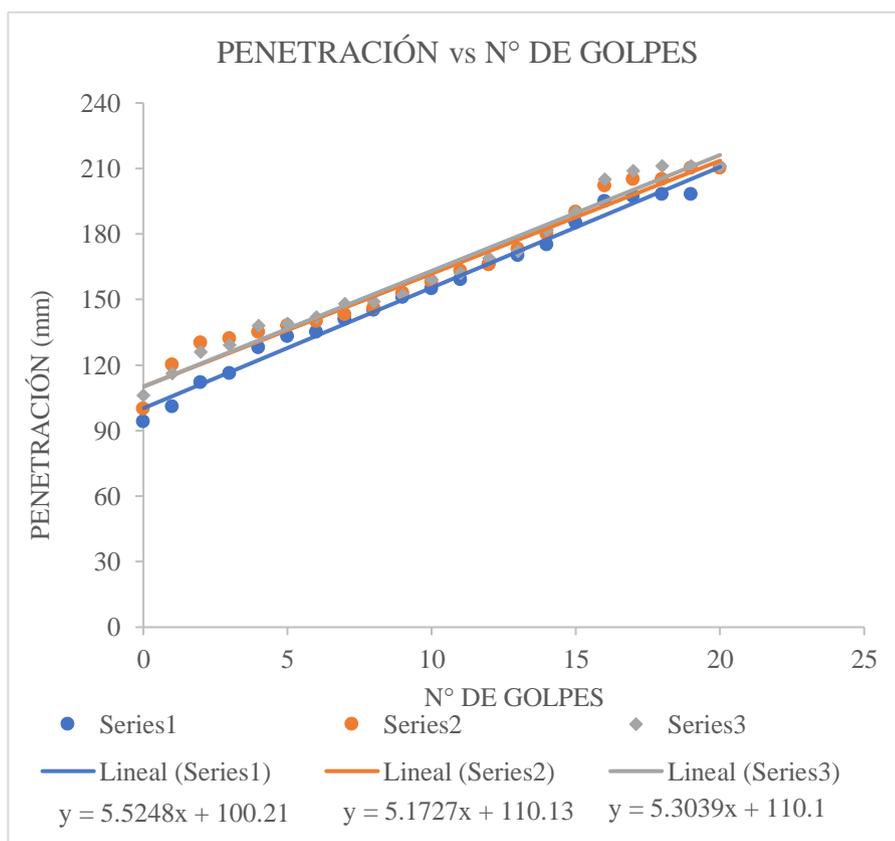
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**PROYECTO:** CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

**PARROQUIA:** RIO VERDE      **CAPA VEGETAL:** 0.07 m  
**POZO:** P2                      **PROFUNDIDAD:** 0.65 m  
**COORDENADAS:** 17 9843819m    806731m

ENSAYO DCP 2			
Golpes	Penetración (mm)		
	P1	P2	P3
0	94	100	106
1	101	120	116
2	112	130	126
3	116	132	129
4	128	135	138
5	133	138	139
6	135	140	142
7	141	143	148
8	145	146	149
9	151	153	152
10	155	158	159
11	159	163	162
12	166	166	169
13	170	173	172
14	175	180	182
15	185	190	190
16	195	202	205
17	197	205	209
18	198	205	211
19	198	210	211
20		210	211



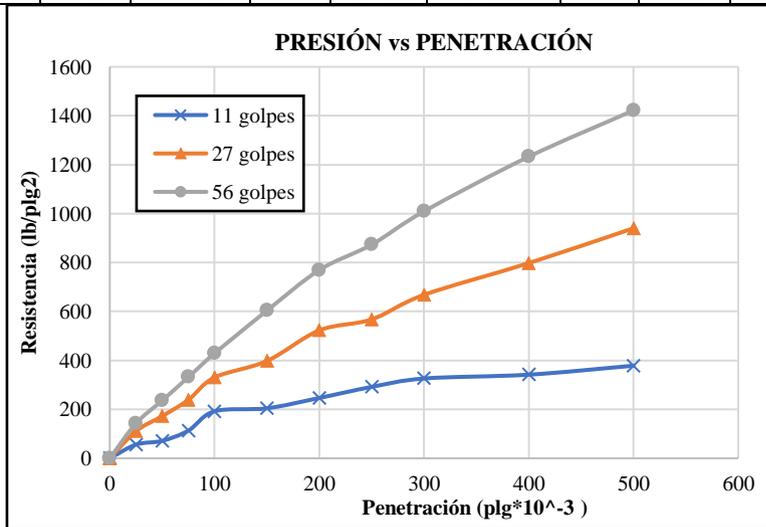
DN (mm/golpe)		DN (prom)
1	5.5248	
2	5.1727	
3	5.3039	

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

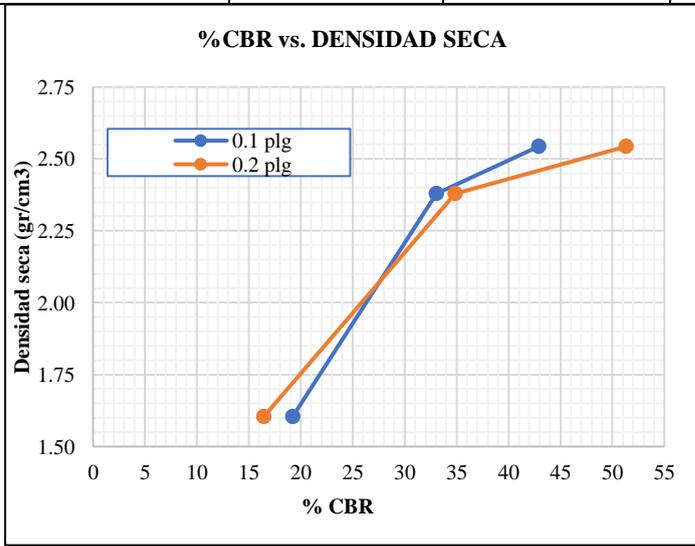
Tabla 53. Ensayo 2 CBR

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>										
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA												
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.07 m									
<b>POZO:</b>	P2	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.65 m									
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9843819m	806731m								
<b>CBR 2</b>												
<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>												
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO		<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb							
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180		<b>ALTURA DE CAÍDA:</b>		18"							
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000		<b>DENSIDAD MÁX SECA (gr/cm3)</b>		1.828	<b>W% ÓPTIMO</b>	12					
<b>ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.</b>												
<b>MOLDE</b>	1		2		3							
<b>N° de Capas</b>	5		5		5							
<b>N° de Golpes</b>	56		27		11							
<b>Cond. Muestra</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>P. Hum. + Molde (gr)</b>	15086	15287	13542	13875	13021	13379						
<b>Peso Molde (gr)</b>	8795	8795	7546	7546	8953	8953						
<b>P. Humedo (gr)</b>	6291	6492	5996	6329	4068	4426						
<b>Volumen Muestra (cm3)</b>	2244.28	2244.28	2262.37	2262.37	2283.34	2283.34						
<b>Densidad Húmeda (gr/cm3)</b>	2.803	2.893	2.650	2.798	1.782	1.938						
<b>Densidad Seca (gr/cm3)</b>	2.550	2.536	2.409	2.349	1.615	1.594						
<b>Den. Seca Prom. (gr/cm3)</b>	2.543		2.379		1.605							
<b>CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>												
<b>Cond. Muestra</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>Recipiente N°</b>	12	36	28	56	78	16	24	16	75	26	34	65
<b>P. Hum. + Recipiente (gr)</b>	165.9	145.7	178.5	182.5	193.4	188.2	157.2	163.4	135.4	186.7	179.8	193.5
<b>P. Seco + Recipiente (gr)</b>	153.6	135.4	160.5	163.5	178.6	173.9	136.8	142.5	125.8	172.2	152.8	165.5
<b>Peso Recipiente (gr)</b>	31.1	30.5	30.5	30.2	31.6	30.8	31.6	31.2	30.9	34.4	32.5	30.4
<b>Peso Agua (gr)</b>	12.3	10.3	18.0	19.0	14.8	14.3	20.4	20.9	9.6	14.5	27.0	28.0
<b>Peso de Sólidos (gr)</b>	122.5	104.9	130.0	133.3	147.0	143.1	105.2	111.3	94.9	137.8	120.3	135.1
<b>Contenido Humedad %</b>	10.04	9.82	13.85	14.25	10.07	9.99	19.39	18.78	10.12	10.52	22.44	20.73
<b>Con. Hum. Prom. %</b>	9.93%		14.05%		10.03%		19.08%		10.32%		21.58%	

ENSAYO DE COMPRESIÓN CBR									
ÁREA DE PISTÓN: 3 plg <sup>2</sup>					NORMA: ASTM D-1883				
PENETRACIÓ N (plg)	MOLDE N° 1 (56 Golpes)			MOLDE N° 2 (27 Golpes)			MOLDE N° 3 (11 Golpes)		
	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ] Leída	CBR %	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ] Leída	CBR %	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ] Leída	CBR %
0	0	0		0	0		0	0	
0.025	428.5	142.8		332.7	110.9		168.3	56.1	
0.05	708.5	236.2		517.2	172.4		214.6	71.5	
0.075	995.4	331.8		717.1	239.0		340.1	113.4	
0.1	1286	428.9	42.89	991.7	330.6	33.0	576.8	192.3	19.23
0.15	1810	603.5		1193.8	397.9		613.6	204.5	
0.2	2308	769.6	51.31	1568.8	522.9	34.8	740.1	246.7	16.45
0.25	2620	873.5		1703.7	567.9		875.4	291.8	
0.3	3028	1009.5		2004.6	668.2		978.9	326.3	
0.4	3698	1232.8		2393.7	797.9		1025	341.9	
0.5	4265	1422.0		2820.8	940.3		1135	378.5	



MOLDE	1	2	3
CBR %	42.89	33.06	19.23
Densidad Seca	2.543	2.379	1.605
Densidad seca máx.:	2.035		
Densidad seca máx. 95% DSM=	1.933	2.035	2.035
	%CBR-0.1 plg	%CBR-0.2 plg	MAYOR % CBR
	29.5	32.5	32.5



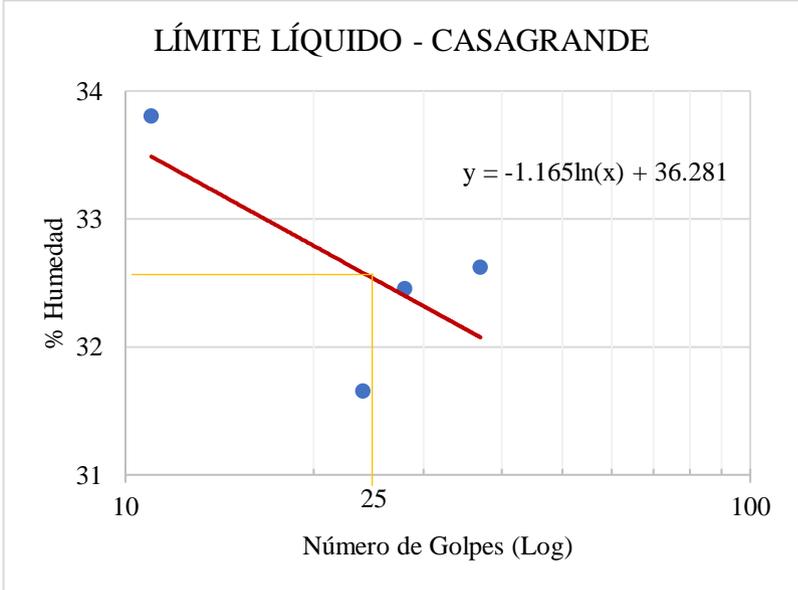
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 54. Ensayo 3 Contenido de Humedad y Granulometría

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>					
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.08 m		
<b>POZO:</b>	P3	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.70 m		
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844058m	805245m	
HUMEDAD IN SITU 3					
Muestra	Wrec (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	%Wnat	%Wprom
1	32.3	131.2	117.1	16.63%	17.49%
2	30.7	126.1	111.3	18.36%	
3	30.5	140.7	124.3	17.48%	
GRANULOMETRÍA 3					
Winicial (gr) =			250		
TAMIZ	mm	Wret (gr)	Wret acum (gr)	% ret acum	% Pasa
#4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
#8	2.380	164.50	164.50	65.80	34.20
#10	2.000	8.20	172.70	69.08	30.92
#16	1.190	20.50	193.20	77.28	22.72
#30	0.595	21.60	214.80	85.92	14.08
#40	0.420	7.90	222.70	89.08	10.92
#50	0.297	6.70	229.40	91.76	8.24
#60	0.250	1.50	230.90	92.36	7.64
#100	0.149	7.70	238.60	95.44	4.56
#200	0.074	6.67	245.27	98.11	1.89
FUENTE		4.73	250.00	100.00	0
<p style="text-align: center;"><b>CURVA GRANULOMÉTRICA</b></p>					
<b>D10 (mm)</b>	0.37		<b>Cu = D60/D10</b>	8.81	
<b>D30 (mm)</b>	1.92		<b>Cc = D30<sup>2</sup>/(D60*D10)</b>	3.06	
<b>D60 (mm)</b>	3.260		<b>Tamaño Nominal Máximo (TMN) mm</b>	2.38	

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 55. Ensayo 3 Límites de Atterberg

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
					
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.08 m		
<b>POZO:</b>	P3	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.70 m		
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844058m	805245m	
LÍMITE LÍQUIDO 3					
N° GOLPES	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% w	% Wprom
11	11.2	21.1	18.6	33.78	33.8
	11.1	20.2	17.9	33.82	
24	11.3	19.2	17.3	31.67	31.6
	11.0	21.4	18.9	31.65	
28	11.4	17.1	15.7	32.56	32.46
	11.5	20.5	18.3	32.35	
37	10.9	19.9	17.7	32.35	32.62
	11.3	21.4	18.9	32.89	
LÍMITE LÍQUIDO:				32.53	
					
LÍMITE PLÁSTICO 3					
Identificación	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% w	
#16	26.8	27.7	27.5	28.57	
#26	45.7	46.9	46.6	33.33	
#20	23.8	26.9	26.2	29.17	
#13	25.2	27.2	26.7	33.33	
#54	6.3	8.2	7.7	35.71	
PROMEDIO W% (LP)				32.02	

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 56. Ensayo 3 Densidad de Campo y Gravedad Específica



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



**PROYECTO:** CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

**PARROQUIA:** RIO VERDE      **CAPA VEGETAL:** 0.08 m  
**POZO:** P3      **PROFUNDIDAD:** 0.70 m  
**COORDENADAS:** 17 9844058m      805245m

**DENSIDAD DE CAMPO 3**

**DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO**

Peso de la masa del suelo + funda	Wm+Rec	1397.90	gr
Peso de la funda	Rec	2.50	gr
Peso de la masa del suelo	Wm=Wm+Rec-Rec	1395.40	gr

**DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO**

Peso inicial frasco + cono + arena		6713.16	gr
Peso final frasco + cono + arena		3311.22	gr
Peso de la arena en el cono		1629.00	gr
Peso arena en la perforación		1772.94	gr
Densidad de la arena de ottawa		1.582	gr/cm <sup>3</sup>
Volumen de la perforación	Vm	1120.70	cm <sup>3</sup>

**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**

Identificación del recipiente		43	46A
Peso húmedo + recipiente	Wm+Wr	131.20	126.10
Peso seco + recipiente	Ws +Wr	117.10	111.30
Peso recipiente	Rec	32.30	30.70
Peso del agua	Ww	14.10	14.80
Peso de los sólidos	Ws	84.80	80.60
Contenido de humedad	w%	16.63	18.36
Contenido de humedad promedio	W%	17.49	

**DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO**

		Volumen	Peso
Volumen de vacíos	Vv	47.43	-
	Va	33.33	0.00
	Vw	14.10	14.10
	Vs	32.00	84.80
	Vm	79.43	98.90

**DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO**

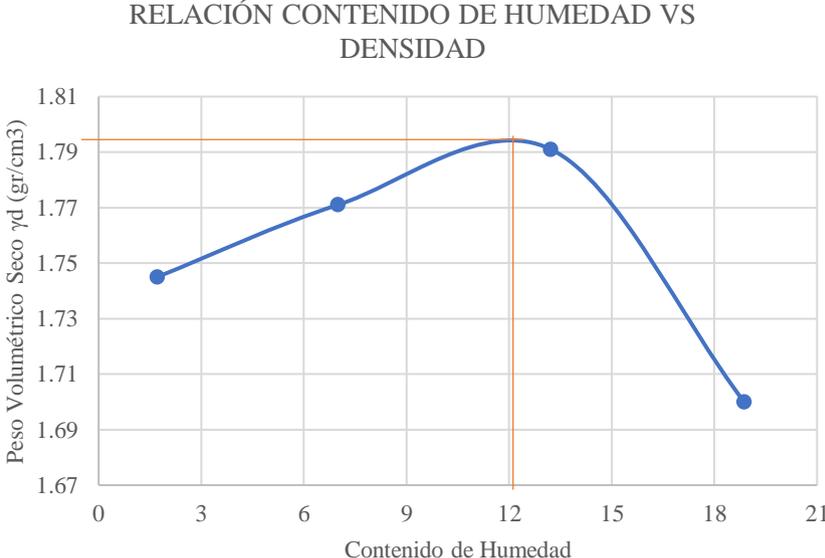
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	$\gamma_m$	1.245	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca	$\gamma_d$	1.060	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad	w%	1749.48	%
Relación de vacíos	$e = V_v/V_s$	1.48	natural
Porosidad	$n\% = V_v/V_m * 100$	59.71	%
Grado de saturación del agua	$G_w\% = V_w/V_v * 100$	29.73	%
Grado de saturación del aire	Ga%	70.27	%

**GRAVEDAD ESPECÍFICA 3**

Temperatura del agua + suelo	23
Peso del recipiente + suelo seco	177
Peso del recipiente (Wr)	131.6
Peso del suelo seco (Ws)	45.4
Peso picnómetro+agua (Wbw)	650.10
Ws+Wbw	695.5
Peso picnómetro+agua+suelo (Wbws)	676.7
Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws	18.8
Factor de correlación por temperatura K	0.99933
Gravedad específica (Gs)	2.413

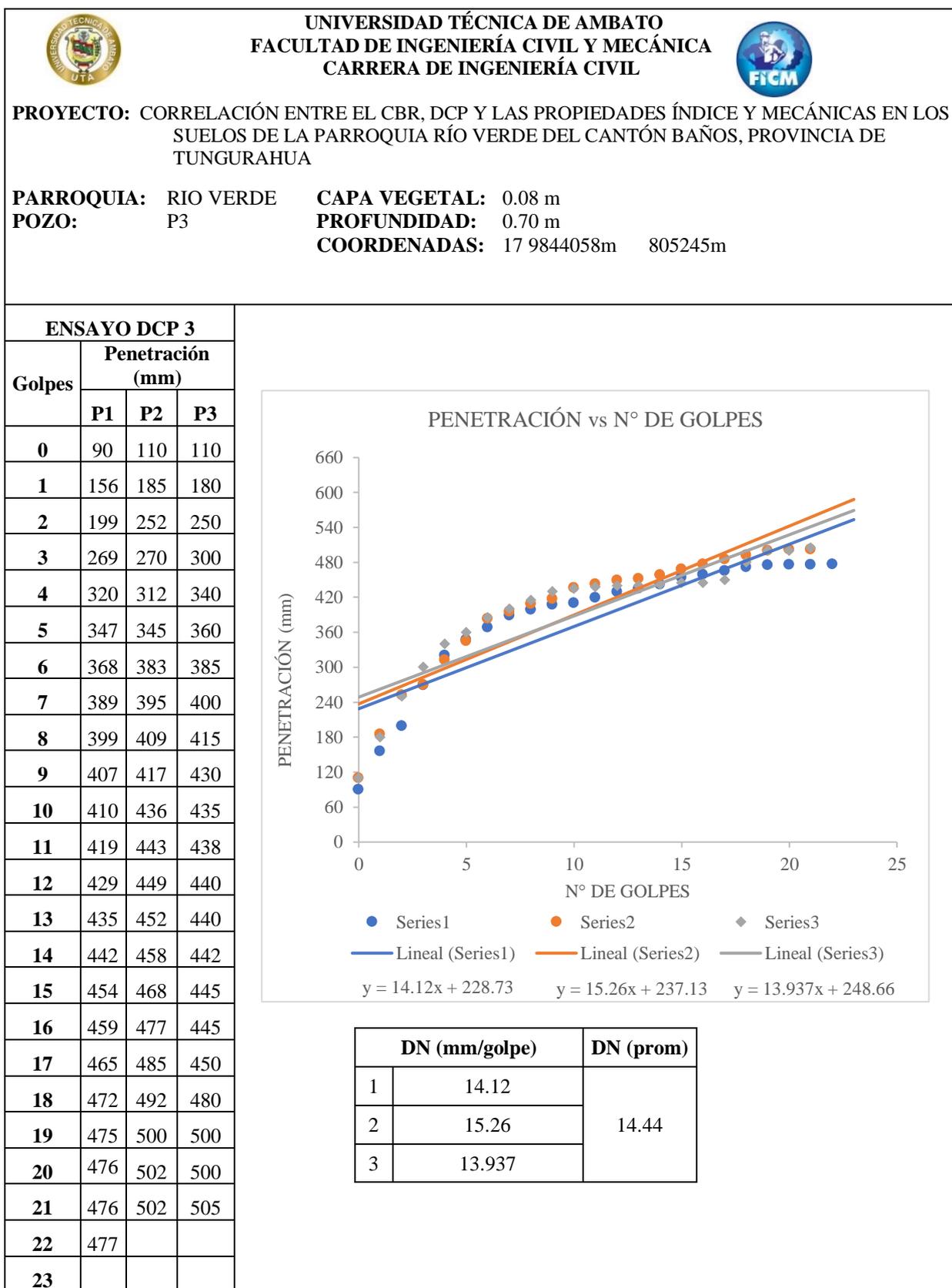
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 57. Ensayo 3 Proctor Modificado

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>						
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.08 m					
<b>POZO:</b>	P3	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.70 m					
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844058m	805245m				
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR 3								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	12820	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2347.85	cm <sup>3</sup>		
Energía de Compactación (lb pie/pie <sup>3</sup> )	55986	Norma	AASHTO	T-180	Øint (cm)	15.17	h (cm)	12.99
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	6000		
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	0%	6%	12%	18%				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	16987	17268	17581	17564				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4167	4448	4761	4744				
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.775	1.895	2.028	2.021				
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	36	65	69	82	41	83	89	76
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	30.1	30.6	30.70	30.90	31.04	30.71	31.38	30.80
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	136.5	145.8	118.1	162.1	140.2	159.8	144.8	137.2
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	134.5	144.1	112.4	153.5	127.4	144.8	126.6	120.5
Peso sólidos W <sub>s</sub>	104.4	113.5	81.7	122.6	96.4	114.1	95.2	89.7
Peso del agua W <sub>w</sub>	2.0	1.7	5.7	8.6	12.8	15.0	18.2	16.7
Cont. Humedad $\omega$ %	1.92	1.50	6.98	7.01	13.28	13.15	19.11	18.62
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	1.71		7.00		13.22		18.87	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.745		1.771		1.791		1.700	
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
Cont. Humedad promedio $\omega$ %					12			
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )					1.792			
<p style="text-align: center;"><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p> 								

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 58. Ensayo 3 DCP

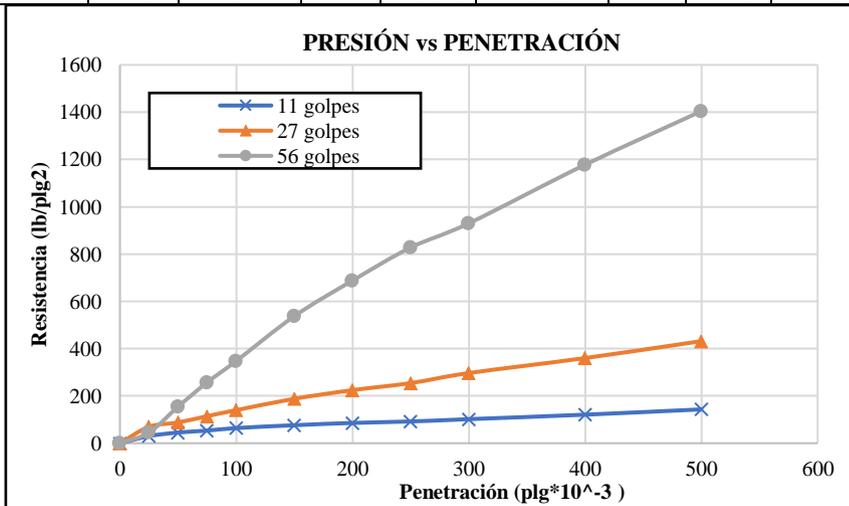


AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

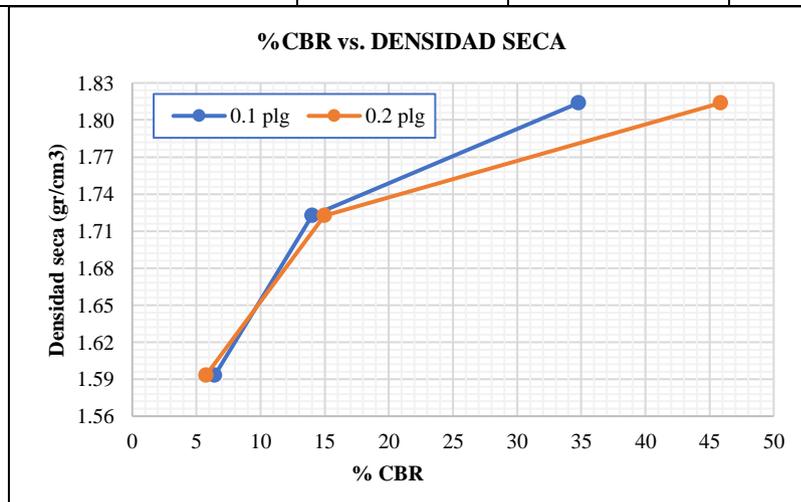
Tabla 59. Ensayo 3 CBR

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>										
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA												
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.08 m									
<b>POZO:</b>	P3	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.70 m									
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844058m	805245m								
<b>CBR 3</b>												
<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>												
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO		<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb							
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180		<b>ALTURA DE CAÍDA:</b>		18"							
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000		<b>DENSIDAD MÁX SECA (gr/cm3)</b>		1.828	<b>W% ÓPTIMO</b>	12					
<b>ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.</b>												
<b>MOLDE</b>	1		2		3							
<b>N° de Capas</b>	5		5		5							
<b>N° de Golpes</b>	56		27		11							
<b>Cond. Muestra</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>P. Hum. + Molde (gr)</b>	10407	10706	10666	11088	9909	10402						
<b>Peso Molde (gr)</b>	5818	5818	6288	6288	5845	5845						
<b>P. Humedo (gr)</b>	4589	4888	4378	4800	4064	4557						
<b>Volumen Muestra (cm3)</b>	2244.28	2244.28	2262.37	2262.37	2283.34	2283.34						
<b>Densidad Húmeda (gr/cm3)</b>	2.045	2.178	1.935	2.122	1.780	1.996						
<b>Densidad Seca (gr/cm3)</b>	1.820	1.808	1.716	1.729	1.580	1.605						
<b>Den. Seca Prom. (gr/cm3)</b>	1.814		1.723		1.593							
<b>CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>												
<b>Cond. Muestra</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>Recipiente N°</b>	76	69	54	77	67	65	83	89	82	41	14	15
<b>P. Hum. + Recipiente (gr)</b>	132.1	104.1	140.1	123.2	106.1	109.1	142.1	130.4	134.9	136.9	134.9	115.8
<b>P. Seco + Recipiente (gr)</b>	120.7	96.2	122.2	106.9	97.6	100.2	120.5	113.0	123.1	125.2	112.3	99.4
<b>Peso Recipiente (gr)</b>	30.7	30.6	30.6	30.9	30.4	31.2	30.9	31.3	31.0	31.1	25.6	26.7
<b>Peso Agua (gr)</b>	11.4	7.9	17.9	16.3	8.5	8.9	21.6	17.4	11.8	11.7	22.6	16.4
<b>Peso de Sólidos (gr)</b>	90.0	65.6	91.6	76.0	67.2	69.0	89.6	81.7	92.1	94.1	86.7	72.7
<b>Contenido Humedad %</b>	12.7	12.0	19.5	21.4	12.6	12.9	24.1	21.3	12.8	12.4	26.1	22.6
<b>Con. Hum. Prom. %</b>	12.35%		20.49%		12.77%		22.70%		12.62%		24.31%	

ENSAYO DE COMPRESIÓN CBR									
ÁREA DE PISTÓN: 3 plg <sup>2</sup>					NORMA: ASTM D-1883				
PENETRACIÓ N (plg)	MOLDE N° 1 (56 Golpes)			MOLDE N° 2 (27 Golpes)			MOLDE N° 3 (11 Golpes)		
	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ]	CBR %	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ]	CBR %	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ]	CBR %
		Leída			Leída			Leída	
0	0	0		0	0		0	0	
0.025	135.3	45.1		208.5	69.5		90.3	30.1	
0.05	463.9	154.6		263.6	87.9		135.6	45.2	
0.075	771.6	257.2		343.6	114.5		160.1	53.4	
0.1	1043	347.8	34.78	419.8	139.9	13.9	192.3	64.1	6.41
0.15	1612	537.4		563.8	187.9		228.5	76.2	
0.2	2063	687.9	45.86	673.5	224.5	14.9	257.5	85.8	5.72
0.25	2483	827.7		763.2	254.4		276.2	92.1	
0.3	2789	930.0		890.5	296.8		305.3	101.8	
0.4	3533	1177.7		1080.6	360.2		362.3	120.8	
0.5	4213	1404.4		1295.8	431.9		429.5	143.2	

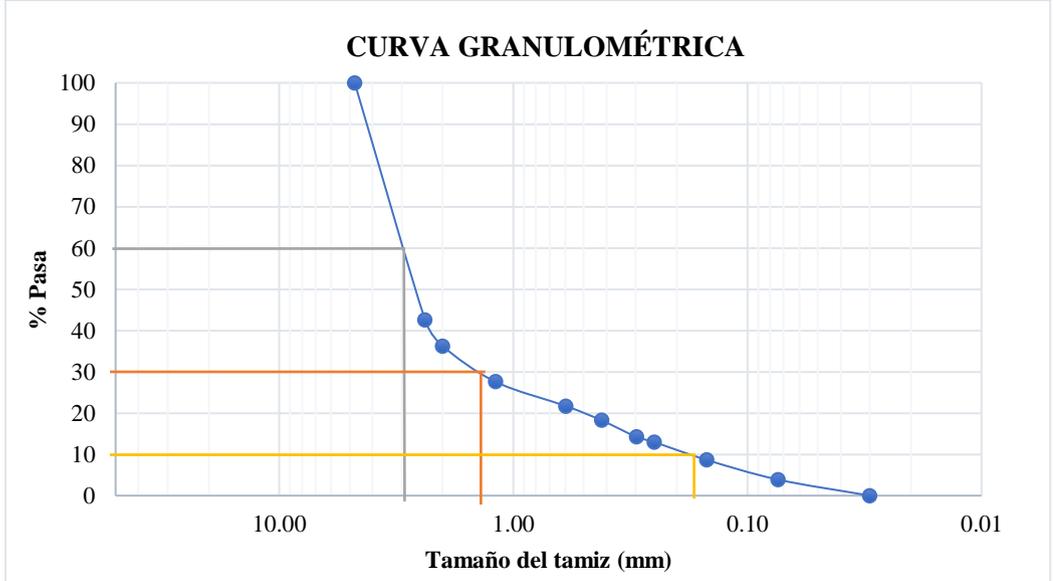


MOLDE		1	2	3
CBR %	0.1"	34.78	13.99	6.41
	0.2"	45.86	14.97	5.72
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.814	1.723	1.593
Densidad seca máx.:		1.792		
Densidad seca máx. 95% DSM=	1.702	%CBR-0.1 plg	%CBR-0.2 plg	MAYOR % CBR
		11.5	12.1	12.1



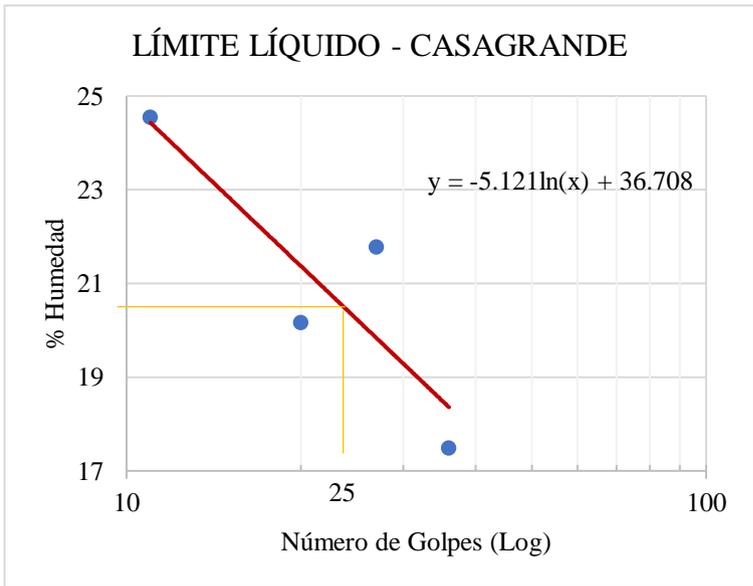
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 60. Ensayo 4 Contenido de Humedad y Granulometría

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA						
<b>PARROQUIA:</b> RIO VERDE		<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.08 m				
<b>POZO:</b> P4		<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.85 m				
		<b>COORDENADAS:</b> 17 9844018m 803881m				
HUMEDAD IN SITU 4						
Muestra	Wrec (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	%Wnat	%Wprom	
1	33.7	205.9	181.5	16.51%	15.96%	
2	30.7	150.4	134.4	15.43%		
3	31.7	192.3	170.2	15.96%		
GRANULOMETRÍA 4						
Winicial (gr) =			250			
TAMIZ	mm	Wret (gr)	Wret acum (gr)	% ret acum	% Pasa	
#4	4,760	0.00	0.00	0.00	100.00	
#8	2,380	143.70	143.70	57.48	42.52	
#10	2,000	15.80	159.50	63.80	36.20	
#16	1,190	21.60	181.10	72.44	27.56	
#30	0,595	14.70	195.80	78.32	21.68	
#40	0,420	8.60	204.40	81.76	18.24	
#50	0,297	10.10	214.50	85.80	14.20	
#60	0,250	3.10	217.60	87.04	12.96	
#100	0,149	10.80	228.40	91.36	8.64	
#200	0,074	11.90	240.30	96.12	3.88	
FUENTE		9.70	250.00	100.00	0	
<p style="text-align: center;"><b>CURVA GRANULOMÉTRICA</b></p> 						
<b>D10 (mm)</b>	0.19		<b>Cu = D60/D10</b>		16.42	
<b>D30 (mm)</b>	1.46		<b>Cc = D30²/(D60*D10)</b>		3.60	
<b>D60 (mm)</b>	3.120		<b>Tamaño Nominal Máximo (TMN) mm</b>		2.38	

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 61. Ensayo 4 Límites de Atterberg

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <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> </div>  </div>					
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b> RIO VERDE		<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.08 m			
<b>POZO:</b> P4		<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.85 m			
		<b>COORDENADAS:</b> 17 9844018m		803881m	
LÍMITE LÍQUIDO 4					
Nº GOLPES	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% w	% Wprom
11	11.5	18.8	17.4	23.73	24,55
	10.8	19.2	17.5	25.37	
20	11.4	18.5	17.3	20.34	20,17
	11.2	20.2	18.7	20.00	
27	11.0	17.7	16.5	21.82	21,78
	11.3	19.7	18.2	21.74	
36	10.6	16.2	15.5	14.29	14,90
	11.4	18.4	17.2	20.69	
LÍMITE LÍQUIDO:				20.22	
					
LÍMITE PLÁSTICO 4					
Identificación	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% w	
#17	24.6	27.7	27.2	19.23	
#39	25.2	27.4	27.1	15.79	
#12	24.5	26.6	26.3	16.67	
#27	24.3	26.9	26.5	18.18	
#22	43.9	47	46.3	29.17	
PROMEDIO W% (LP)				19.81	

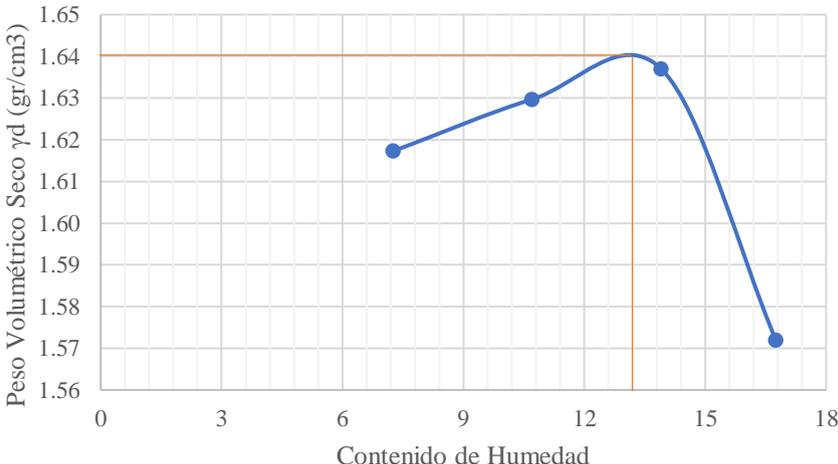
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 62. Ensayo 4 Densidad de Campo y Gravedad Específica

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
					
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.08 m		
<b>POZO:</b>	P4	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.85 m		
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844018m	803881m	
<b>DENSIDAD DE CAMPO 4</b>					
<b>DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO</b>					
Peso de la masa del suelo + funda	Wm+Rec	1609.01	gr		
Peso de la funda	Rec	2.50	gr		
Peso de la masa del suelo	Wm=Wm+Rec-Rec	1606.51	gr		
<b>DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO</b>					
Peso inicial frasco + cono + arena		7438.91	gr		
Peso final frasco + cono + arena		4054.49	gr		
Peso de la arena en el cono		1629.00	gr		
Peso arena en la perforación		1755.42	gr		
Densidad de la arena de ottawa		1.582	gr/cm <sup>3</sup>		
Volumen de la perforación	Vm	1109.62	cm <sup>3</sup>		
<b>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
Identificación del recipiente		94	16		
Peso húmedo + recipiente	Wm+Wr	205.90	150.40		
Peso seco + recipiente	Ws +Wr	178.50	130.40		
Peso recipiente	Rec	33.70	30.70		
Peso del agua	Ww	27.40	20.00		
Peso de los sólidos	Ws	144.80	99.70		
Contenido de humedad	w%	18.92	20.06		
Contenido de humedad promedio	W%	19.49			
<b>DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO</b>					
		<b>Volumen</b>	<b>Peso</b>		
Volumen de vacíos	Vv	64.30	-		
	Va	36.90	0.00		
	Vw	27.40	27.40		
	Vs	54.64	144.80		
	Vm	118.94	172.20		
<b>DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO</b>					
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda) $\gamma_m$		1.448	gr/cm <sup>3</sup>		
Densidad seca $\gamma_d$		1.212	gr/cm <sup>3</sup>		
Contenido de humedad	w%	1949.14	%		
Relación de vacíos	$e = Vv/Vs$	1.18	natural		
Porosidad	$n\% = Vv/Vm*100$	54.06	%		
Grado de saturación del agua	$Gw\% = Vw/Vv*100$	42.61	%		
Grado de saturación del aire	Ga%	57.39	%		
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA 4</b>					
Temperatura del agua + suelo		23			
Peso del recipiente + suelo seco		114.7			
Peso del recipiente (Wr)		64.7			
Peso del suelo seco (Ws)		50			
Peso picnómetro+agua (Wbw)		648.85			
Ws+Wbw		698.85			
Peso picnómetro+agua+suelo (Wbws)		678.2			
Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws		20.65			
Factor de correlación por temperatura K		0.99933			
Gravedad específica (Gs)		2.420			

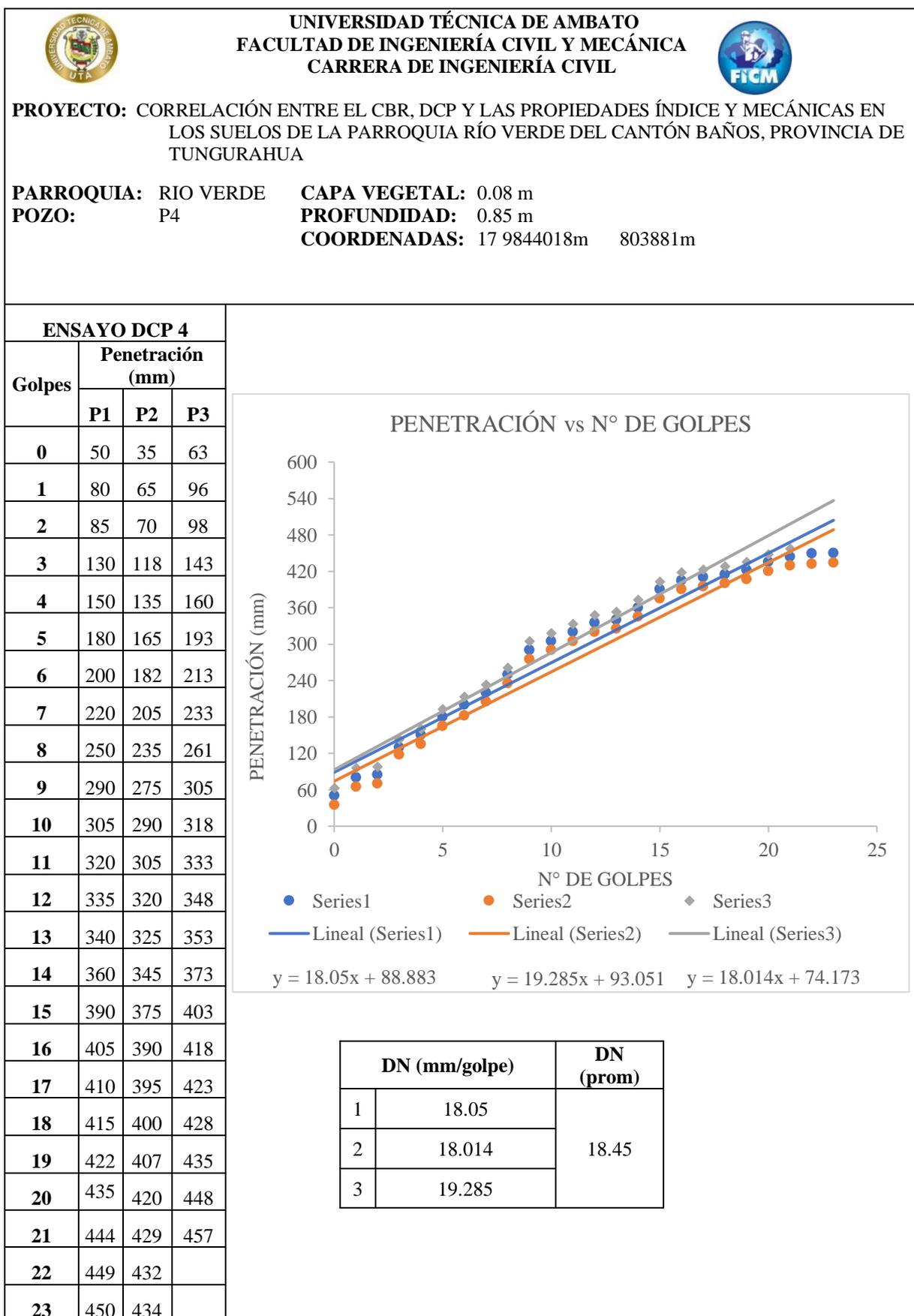
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 63. Ensayo 4 Proctor Modificado

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>						
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.08 m					
<b>POZO:</b>	P4	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.85 m					
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844018m	803881m				
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR 4								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	12820	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2347.85	cm <sup>3</sup>		
Energía de Compactación (lb pie/pie <sup>3</sup> )	55986	Norma	AASHTO	T-180	Øint (cm)	15.17	h (cm)	12.99
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	6000		
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	6%	9%	12%	15%				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	16893	17056	17198	17129				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4073	4236	4378	4309				
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.735	1.804	1.865	1.835				
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	5	12	18	20	19	31	11	47
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	30.1	30.5	31.1	30.5	30.8	30.4	31.0	30.4
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	168.4	169.8	129.8	138.4	138.4	131.4	145.6	155.1
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	159.6	159.8	119.5	128.8	124.9	119.4	128.7	137.7
Peso sólidos W <sub>s</sub>	129.5	129.3	88.4	98.3	94.1	89.0	97.7	107.3
Peso del agua W <sub>w</sub>	8.8	10.0	10.3	9.6	13.5	12.0	16.9	17.4
Cont. Humedad $\omega\%$	6.80	7.73	11.65	9.77	14.35	13.48	17.30	16.22
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	7.26		10.71		13.91		16.76	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.617		1.630		1.637		1.572	
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
Cont. Humedad promedio $\omega\%$					12.8			
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )					1.641			
<b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b>								
								

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 64. Ensayo 4 DCP



AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 65. Ensayo 4 CBR

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 												
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA												
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE			<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.08 m							
<b>POZO:</b>	P4			<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.85 m							
				<b>COORDENADAS:</b>	17 9844018m			803881m				
<b>CBR 4</b>												
<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>												
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO			<b>PESO DEL MARTILLO:</b>	10 lb							
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180			<b>ALTURA DE CAÍDA:</b>	18"							
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000			<b>DENSIDAD MÁX SECA (gr/cm3)</b>	1.828			<b>W% ÓPTIMO</b>	12			
<b>ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.</b>												
<b>MOLDE</b>	1			2			3					
<b>N° de Capas</b>	5			5			5					
<b>N° de Golpes</b>	56			27			11					
<b>Cond. Muestra</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>P. Hum. + Molde (gr)</b>	11562		11785		10678		10725		10456		10556	
<b>Peso Molde (gr)</b>	6523		6523		5987		5987		6879		6879	
<b>P. Húmedo (gr)</b>	5039		5262		4691		4738		3577		3677	
<b>Volumen Muestra (cm3)</b>	2244.28		2244.28		2262.37		2262.37		2283.34		2283.34	
<b>Densidad Húmeda (gr/cm3)</b>	2.245		2.345		2.073		2.094		1.567		1.610	
<b>Densidad Seca (gr/cm3)</b>	1.980		1.975		1.831		1.740		1.379		1.311	
<b>Den. Seca Prom. (gr/cm3)</b>	1.977			1.785			1.345					
<b>CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>												
<b>Cond. Muestra</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>Recipiente N°</b>	25	29	48	37	19	37	46	78	95	86	35	56
<b>P. Hum. + Recipiente (gr)</b>	135.7	125.8	113.1	175.8	153.1	191.6	184.2	174.5	170.5	137.9	138.7	122.7
<b>P. Seco + Recipiente (gr)</b>	123.6	114.3	101.2	151.3	138.5	173.1	157.3	151.4	154.2	124.9	118.5	105.8
<b>Peso Recipiente (gr)</b>	31.8	30.1	31.5	30.8	30.2	31.1	32.1	31.2	30.9	31.4	31.5	30.8
<b>Peso Agua (gr)</b>	12.1	11.5	11.9	24.5	14.6	18.5	26.9	23.1	16.3	13.0	20.2	16.9
<b>Peso de Sólidos (gr)</b>	91.8	84.2	69.7	120.5	108.3	142.0	125.2	120.2	123.3	93.5	87.0	75.0
<b>Contenido Humedad %</b>	13.18	13.66	17.07	20.3	13.48 %	13.03	21.49	19.22	13.22	13.90	23.22	22.53
<b>Con. Hum. Prom. %</b>	12.86%		15.62%		12.49%		17.25%		12.15%		18.98%	

ENSAYO DE COMPRESIÓN CBR									
ÁREA DE PISTÓN: 3 plg <sup>2</sup>					NORMA: ASTM D-1883				
PENETRACIÓ N (plg)	MOLDE N° 1 (56 Golpes)			MOLDE N° 2 (27 Golpes)			MOLDE N° 3 (11 Golpes)		
	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ] Leída	CBR %	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ] Leída	CBR %	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ] Leída	CBR %
0	0	0		0	0		0	0	
0.025	210.3	70.1		125.6	41.9		58.9	19.6	
0.05	396.5	132.2		253.5	84.5		100.5	33.5	
0.075	658.9	219.6		425.6	141.9		170.8	56.9	
0.1	898.7	299.6	29.96	589.7	196.6	19.6	196.7	65.6	6.56
0.15	1245	415.0		887.5	295.8		201.6	67.2	
0.2	1636	545.6	36.38	1113.5	371.2	24.7	263.6	87.9	5.86
0.25	2056	685.4		1369.8	456.6		275.8	91.9	
0.3	2463	821.1		1711.0	570.3		298.7	99.6	
0.4	3125	1041.8		2158.5	719.5		306.5	102.2	
0.5	3926	1308.9		2542.1	847.4		335.1	111.7	

**PRESIÓN vs PENETRACIÓN**

Penetración (plg*10 <sup>-3</sup> )	11 golpes (lb/plg <sup>2</sup> )	27 golpes (lb/plg <sup>2</sup> )	56 golpes (lb/plg <sup>2</sup> )
0	0	0	0
25	~20	~40	~60
50	~30	~80	~120
75	~40	~120	~180
100	~50	~180	~250
150	~60	~280	~400
200	~70	~380	~550
250	~80	~480	~700
300	~90	~580	~850
400	~100	~720	~1050
500	~110	~850	~1300

MOLDE		1	2	3
CBR %	0.1"	29.96	19.66	6.56
	0.2"	36.38	24.74	5.86
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.977	1.785	1.345
Densidad seca máx.:		1.641		
Densidad seca máx. 95% DSM= 1.559		%CBR-0.1 plg 13	1.641 15	1.641 15

**%CBR vs. DENSIDAD SECA**

% CBR	0.1 plg (gr/cm <sup>3</sup> )	0.2 plg (gr/cm <sup>3</sup> )
6	~1.35	~1.35
13	~1.55	~1.50
20	~1.80	~1.70
25	~1.85	~1.78
30	~1.98	~1.85
37	~2.00	~1.98

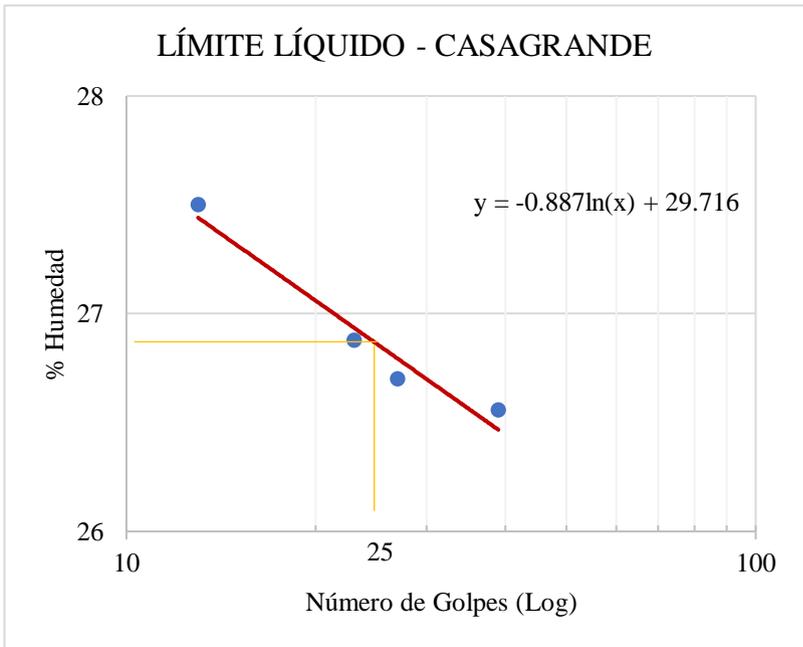
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 66. Ensayo 5 Contenido de Humedad y Granulometría

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA						
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.05 m			
<b>POZO:</b>	P5	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.85 m			
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844570m	803226m		
HUMEDAD IN SITU 5						
Muestra	Wrec (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	%Wnat	%Wprom	
1	30.8	152.2	139.9	11.27%	11.35%	
2	30.7	146.2	134.4	11.38%		
3	30.3	180.8	165.4	11.40%		
GRANULOMETRÍA 5						
Winicial (gr) =			250			
TAMIZ	mm	Wret (gr)	Wret acum (gr)	% ret acum	% Pasa	
#4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	
#8	2.380	113.40	113.40	45.36	54.64	
#10	2.000	11.30	124.70	49.88	50.12	
#16	1.190	25.10	149.80	59.92	40.08	
#30	0.595	23.60	173.40	69.36	30.64	
#40	0.420	10.20	183.60	73.44	26.56	
#50	0.297	8.55	192.15	76.86	23.14	
#60	0.250	3.60	195.75	78.30	21.70	
#100	0.149	12.73	208.48	83.39	16.61	
#200	0.074	17.20	225.68	90.27	9.73	
FUENTE		24.32	250.00	100.00	0	
<b>CURVA GRANULOMÉTRICA</b>						
<b>D10 (mm)</b>	0.08		<b>Cu = D60/D10</b>		32.50	
<b>D30 (mm)</b>	0.62		<b>Cc = D30<sup>2</sup>/(D60*D10)</b>		1.85	
<b>D60 (mm)</b>	2.600		<b>Tamaño Nominal Máximo (TMN) mm</b>		2.38	

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 67. Ensayo 5 Límites de Atterberg

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <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> </div>  </div>					
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b> RIO VERDE		<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.05 m			
<b>POZO:</b> P5		<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.85 m			
		<b>COORDENADAS:</b> 17 9844570m		803226m	
LÍMITE LÍQUIDO 5					
N° GOLPES	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% w	% Wprom
13	11.1	16.8	15.6	26.67	27.50
	10.9	18.6	16.9	28.33	
23	11.1	17.9	16.4	28.30	26.88
	11.1	18.0	16.6	25.45	
27	12.7	18.8	17.5	27.08	26.70
	11.3	20.9	18.9	26.32	
39	10.9	16.3	15.2	25.58	26.56
	10.9	19.7	17.8	27.54	
LÍMITE LÍQUIDO:				26.86	
					
LÍMITE PLÁSTICO 5					
Identificación	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% w	
#33	24.1	27.0	26.4	26.09	
#34	25.3	27.1	26.7	28.57	
#19	25.9	28.0	27.7	16.67	
#14	25.4	29.4	28.6	25.00	
PROMEDIO W% (LP)				24.08	

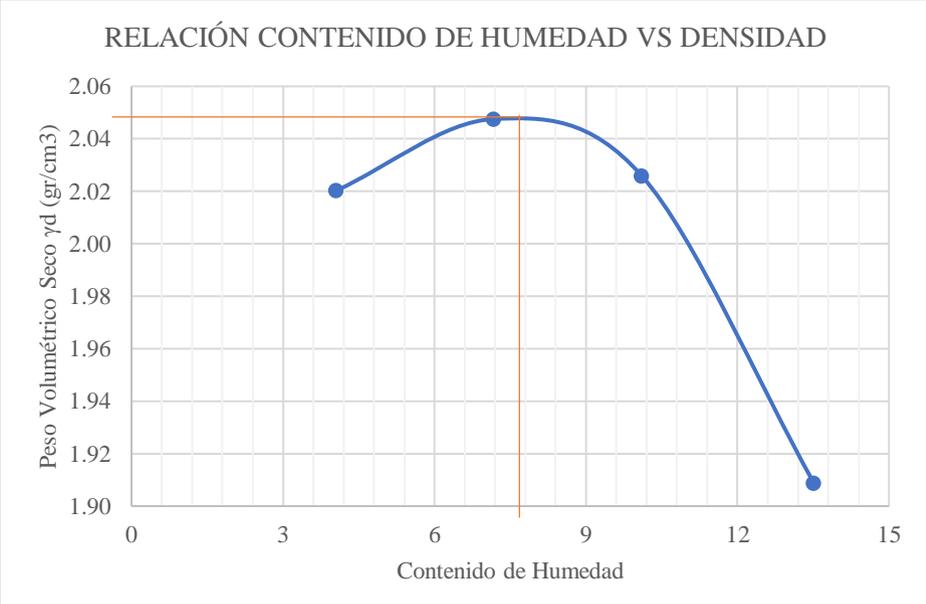
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 68. Ensayo 5 Densidad de Campo y Gravedad Específica

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
					
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.05 m		
<b>POZO:</b>	P5	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.85 m		
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844570m	803226m	
<b>DENSIDAD DE CAMPO 5</b>					
<b>DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO</b>					
Peso de la masa del suelo + funda	Wm+Rec	1496.85	gr		
Peso de la funda	Rec	2.50	gr		
Peso de la masa del suelo	Wm=Wm+Rec-Rec	1494.35	gr		
<b>DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO</b>					
Peso inicial frasco + cono + arena		7302.83	gr		
Peso final frasco + cono + arena		3855.54	gr		
Peso de la arena en el cono		1629.00	gr		
Peso arena en la perforación		1818.29	gr		
Densidad de la arena de ottawa		1.582	gr/cm <sup>3</sup>		
Volumen de la perforación	Vm	1149.36	cm <sup>3</sup>		
<b>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
Identificación del recipiente		2	10		
Peso húmedo + recipiente	Wm+Wr	152.20	180.80		
Peso seco + recipiente	Ws +Wr	139.90	165.40		
Peso recipiente	Rec	30.80	30.30		
Peso del agua	Ww	12.30	15.40		
Peso de los sólidos	Ws	109.10	135.10		
Contenido de humedad	w%	11.27	11.40		
Contenido de humedad promedio	W%	11.34			
<b>DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO</b>					
		<b>Volumen</b>	<b>Peso</b>		
Volumen de vacíos	Vv	52.20	-		
	Va	39.90	0.00		
	Vw	12.30	12.30		
	Vs	41.17	109.10		
	Vm	93.37	121.40		
		Wa			
		Ww			
		Ws			
		Wm			
<b>DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO</b>					
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda) $\gamma_m$		1.300	gr/cm <sup>3</sup>		
Densidad seca $\gamma_d$		1.168	gr/cm <sup>3</sup>		
Contenido de humedad	w%	1133.65	%		
Relación de vacíos	$e = Vv/Vs$	1.27	natural		
Porosidad	$n\% = Vv/Vm*100$	55.91	%		
Grado de saturación del agua	$Gw\% = Vw/Vv*100$	23.56	%		
Grado de saturación del aire $Ga\%$		76.44	%		
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA 5</b>					
Temperatura del agua + suelo		25			
Peso del recipiente + suelo seco		305.4			
Peso del recipiente (Wr)		256.2			
Peso del suelo seco (Ws)		49.2			
Peso picnómetro+agua (Wbw)		650.10			
Ws+Wbw		699.3			
Peso picnómetro+agua+suelo (Wbws)		680.1			
Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws		19.2			
Factor de correlación por temperatura K		0.99884			
Gravedad específica (Gs)		2.560			

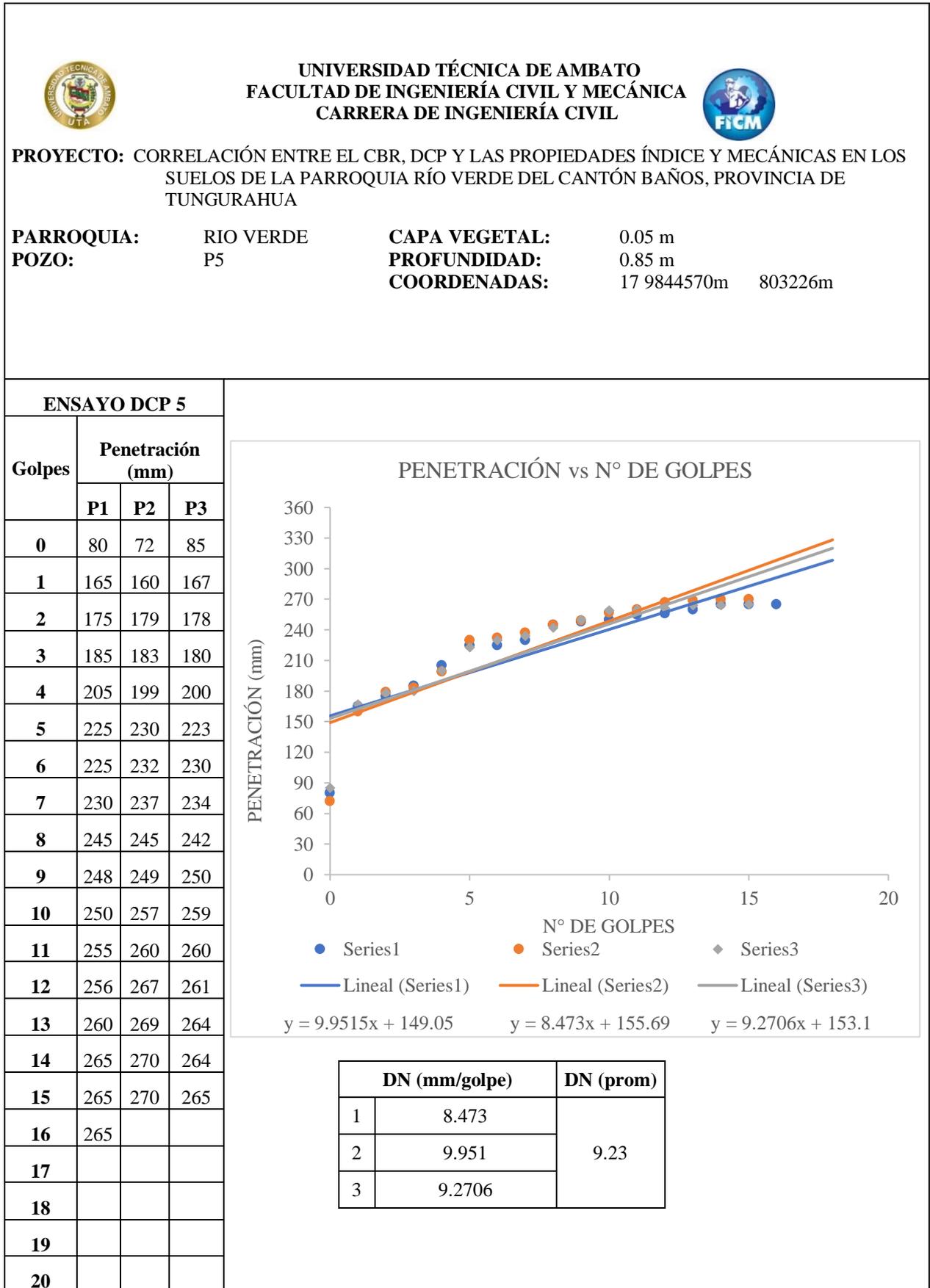
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 69. Ensayo 5 Proctor Modificado

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>						
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.05 m					
<b>POZO:</b>	P5	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.85 m					
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844570m	803226m				
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR 5								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	12820	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2347.85	cm <sup>3</sup>		
Energía de Compactación (lb pie/pie <sup>3</sup> )	55986	Norma	AASHTO	T-180	Øint (cm)	15.17	h (cm)	12.99
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	6000		
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	3%	6%	9%	12%				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	17756	17972	18057	17907				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4936	5152	5237	5087				
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	2.102	2.194	2.231	2.167				
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	8	16	6	82	7	30	3	43
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	30.8	30.1	34.40	30.60	32.80	33.40	33.40	32.30
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	219.8	235.6	214.0	203.6	195.8	203.5	254.9	278.4
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	212.5	227.5	201.8	192.2	181.3	187.4	228.7	248.9
Peso sólidos W <sub>s</sub>	181.7	197.4	167.4	161.6	148.5	154.0	195.3	216.6
Peso del agua W <sub>w</sub>	7.3	8.1	12.2	11.4	14.5	16.1	26.2	29.5
Cont. Humedad $\omega\%$	4.02	4.10	7.29	7.05	9.76	10.45	13.42	13.62
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	4.06		7.17		10.11		13.52	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	2.020		2.048		2.026		1.909	
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
Cont. Humedad promedio $\omega\%$					7.2			
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )					2.050			
<p style="text-align: center;"><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p> 								

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

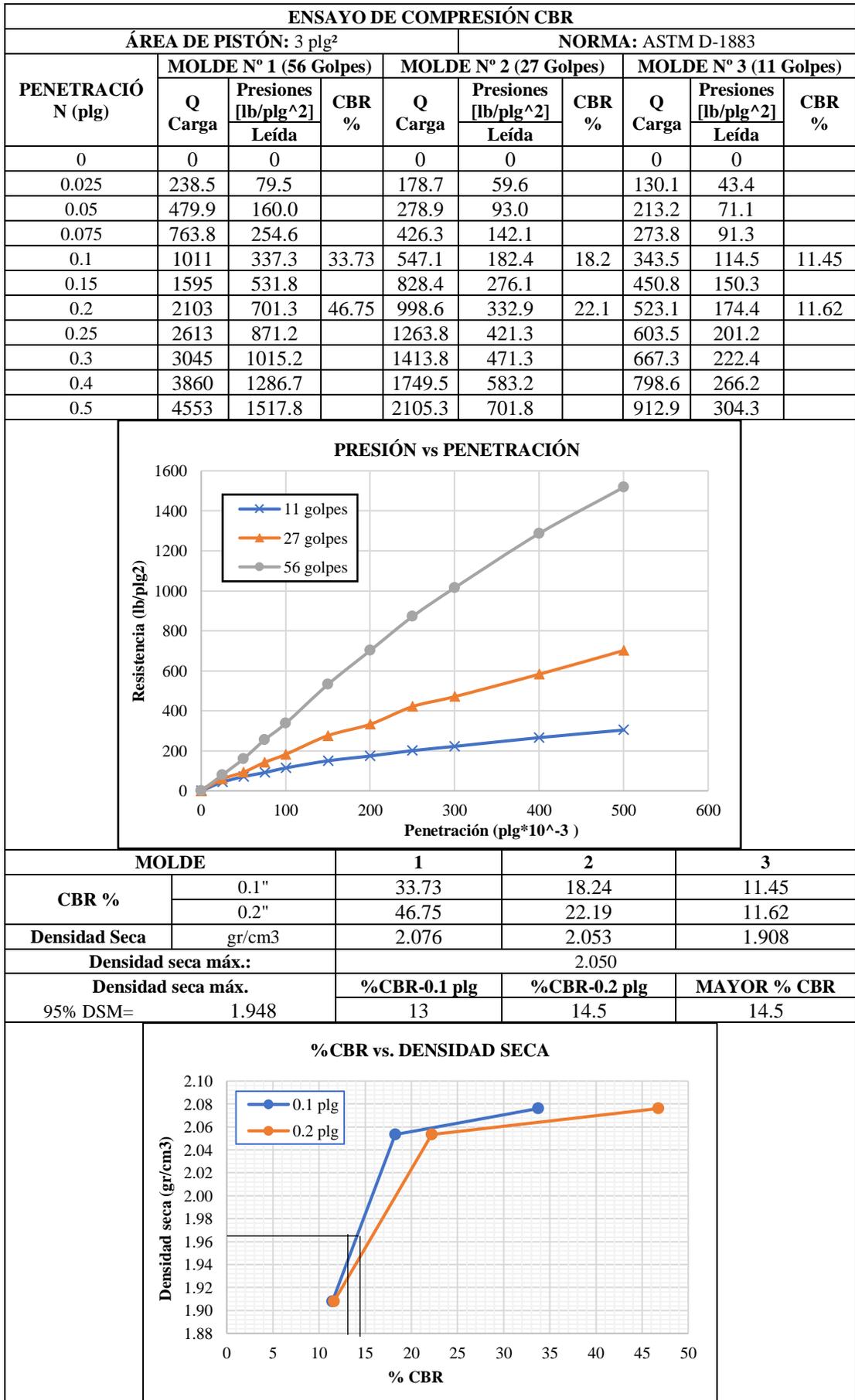
Tabla 70. Ensayo 5 DCP



AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 71. Ensayo 5 CBR

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 												
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA												
<b>PARROQUIA:</b>		RIO VERDE		<b>CAPA VEGETAL:</b>		0.05 m						
<b>POZO:</b>		P5		<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.85 m						
				<b>COORDENADAS:</b>		17 9844570m		803226m				
<b>CBR 5</b>												
<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>												
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO			<b>PESO DEL MARTILLO:</b>			10 lb					
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180			<b>ALTURA DE CAÍDA:</b>			18"					
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000			<b>DENSIDAD MÁX SECA (gr/cm3)</b>		1.828		<b>W% ÓPTIMO</b>		12		
<b>ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.</b>												
<b>MOLDE</b>	1			2			3					
<b>N° de Capas</b>	5			5			5					
<b>N° de Golpes</b>	56			27			11					
<b>Cond. Muestra</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>P. Hum. + Molde (gr)</b>	10882		11062		11327		11560		10539		10841	
<b>Peso Molde (gr)</b>	5818		5818		6288		6288		5844		5844	
<b>P. Humedo (gr)</b>	5064		5244		5039		5272		4695		4997	
<b>Volumen Muestra (cm3)</b>	2244.28		2244.28		2262.37		2262.37		2283.34		2283.34	
<b>Densidad Húmeda (gr/cm3)</b>	2.256		2.337		2.227		2.330		2.056		2.188	
<b>Densidad Seca (gr/cm3)</b>	2.094		2.058		2.070		2.037		1.910		1.906	
<b>Den. Seca Prom. (gr/cm3)</b>	2.076			2.053			1.908					
<b>CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>												
<b>Cond. Muestra</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>Recipiente N°</b>	1	102	36	93	84	7	11	100	86	42	2	3
<b>P. Hum. + Recipiente (gr)</b>	149	173	138	138	181	225	141	202	178	179	170	161
<b>P. Seco + Recipiente (gr)</b>	140	163	124	126	171	211	128	180	168	168	152	144
<b>Peso Recipiente (gr)</b>	31.6	32.2	24.8	33.1	32.4	32.9	30.9	30.3	34.4	31.8	32.0	33.4
<b>Peso Agua (gr)</b>	8.3	10.4	13.5	12.6	10.8	13.3	13.9	21.7	10.2	10.6	17.7	16.6
<b>Peso de Sólidos (gr)</b>	109	131.0	99.9	93.1	138.7	178.8	97.1	150.0	133.9	137.1	120.4	111.4
<b>Contenido Humedad %</b>	7.59	7.94	13.51	13.53	7.79	7.44 %	14.32	14.47	7.62	7.73	14.70	14.90
<b>Con. Hum. Prom. %</b>	7.77%		13.52%		7.61%		14.39%		7.67%		14.80%	



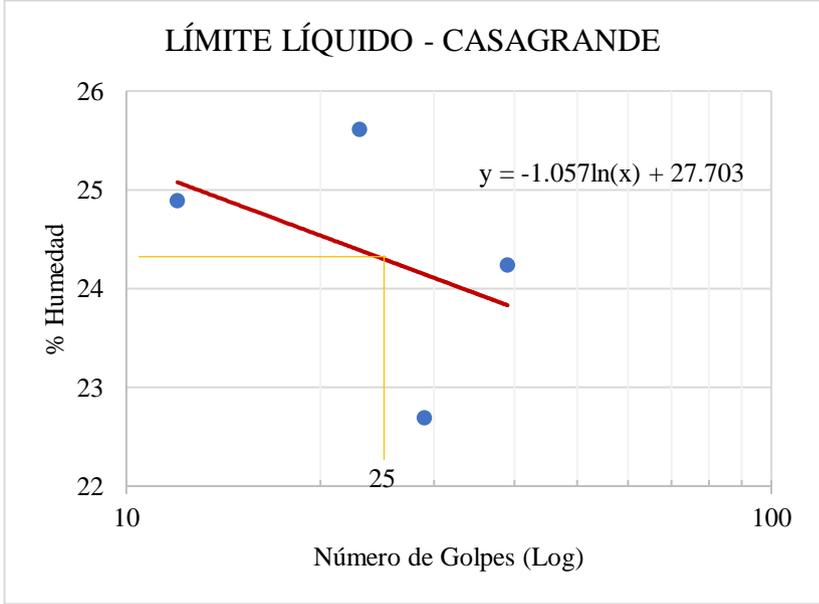
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 72. Ensayo 6 Contenido de Humedad y Granulometría

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>					
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.09 m		
<b>POZO:</b>	P6	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.75 m		
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844899m	802214m	
HUMEDAD IN SITU 6					
Muestra	Wrec (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	%Wnat	%Wprom
1	30.8	152.2	135.9	15.51%	15.30%
2	32.9	227.1	202.9	14.24%	
3	29.9	151.4	134.5	16.16%	
GRANULOMETRÍA 6					
		Winicial (gr) =		250	
TAMIZ	mm	Wret (gr)	Wret acum (gr)	% ret acum	% Pasa
#4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
#8	2.380	118.30	118.30	47.32	52.68
#10	2.000	7.60	125.90	50.36	49.64
#16	1.190	16.40	142.30	56.92	43.08
#30	0.595	24.10	166.40	66.56	33.44
#40	0.420	12.90	179.30	71.72	28.28
#50	0.297	13.60	192.90	77.16	22.84
#60	0.250	4.60	197.50	79.00	21.00
#100	0.149	18.60	216.10	86.44	13.56
#200	0.074	18.90	235.00	94.00	6.00
FUENTE		15.00	250.00	100.00	0
<p style="text-align: center;"><b>CURVA GRANULOMÉTRICA</b></p>					
<b>D10 (mm)</b>	0.12		<b>Cu = D60/D10</b>		21.83
<b>D30 (mm)</b>	0.5		<b>Cc = D30<sup>2</sup>/(D60*D10)</b>		0.80
<b>D60 (mm)</b>	2.620		<b>Tamaño Nominal Máximo (TMN) mm</b>		2.38

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 73. Ensayo 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>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b> RIO VERDE		<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.09 m			
<b>POZO:</b> P6		<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.75 m			
		<b>COORDENADAS:</b> 17 9844899m		802214m	
LÍMITE LÍQUIDO 6					
Nº GOLPES	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% w	% Wprom
12	11.1	18.9	17.4	23.81	24.89
	11.2	20.9	18.9	25.97	
23	10.9	17.7	16.3	25.93	25.61
	11.0	21.4	19.3	25.30	
29	10.8	17.8	16.5	22.81	22.69
	11.1	18.7	17.3	22.58	
39	11.5	20.2	18.5	24.29	24.24
	11.5	19.2	17.7	24.19	
LÍMITE LÍQUIDO:				24.30	
<div style="text-align: center;">  <p><b>LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE</b></p> <p><math>y = -1.057\ln(x) + 27.703</math></p> </div>					
LÍMITE PLÁSTICO 6					
Identificación	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% w	
#11	24.8	26.8	26.4	25.00	
#15	25.6	26.8	26.6	20.00	
#21	25.3	27.2	26.8	26.67	
#24	26.3	27.5	27.3	20.00	
#23	25.0	27.8	27.2	27.27	
PROMEDIO W% (LP)					23.79

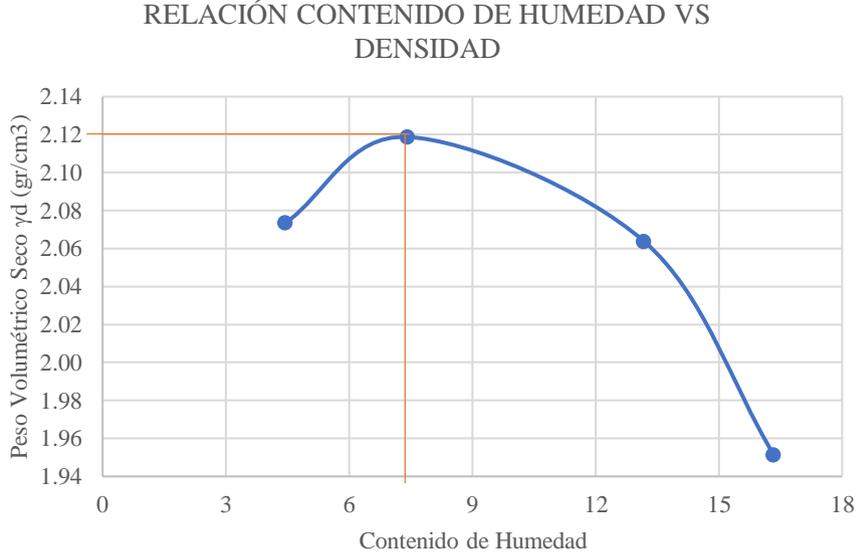
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 74. Ensayo 6 Densidad de Campo y Gravedad Específica

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
					
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.09 m		
<b>POZO:</b>	P6	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.75 m		
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844899m	802214m	
<b>DENSIDAD DE CAMPO 6</b>					
<b>DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO</b>					
Peso de la masa del suelo + funda	$W_{m+Rec}$	1097.90	gr		
Peso de la funda	Rec	2.50	gr		
Peso de la masa del suelo	$W_m = W_{m+Rec} - Rec$	1095.40	gr		
<b>DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO</b>					
Peso inicial frasco + cono + arena		7257.48	gr		
Peso final frasco + cono + arena		4141.29	gr		
Peso de la arena en el cono		1629.00	gr		
Peso arena en la perforación		1487.19	gr		
Densidad de la arena de ottawa		1.582	gr/cm <sup>3</sup>		
Volumen de la perforación	$V_m$	940.07	cm <sup>3</sup>		
<b>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
Identificación del recipiente		10	99		
Peso húmedo + recipiente	$W_{m+Wr}$	151.40	227.10		
Peso seco + recipiente	$W_s + Wr$	134.50	202.60		
Peso recipiente	Rec	29.90	32.90		
Peso del agua	$W_w$	16.90	24.50		
Peso de los sólidos	$W_s$	104.60	169.70		
Contenido de humedad	w%	16.16	14.44		
Contenido de humedad promedio	W%	15.30			
<b>DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO</b>					
		<b>Volumen</b>	<b>Peso</b>		
Volumen de vacíos	$V_v$	64.80	-		
	$V_a$	47.90	0.00		
	$V_w$	16.90	16.90		
	$V_s$	39.47	104.60		
	$V_m$	104.27	121.50		
		$W_a$			
		$W_w$			
		$W_s$			
		$W_m$			
<b>DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO</b>					
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda) $\gamma_m$		1.165	gr/cm <sup>3</sup>		
Densidad seca $\gamma_d$		1.011	gr/cm <sup>3</sup>		
Contenido de humedad	w%	1529.70	%		
Relación de vacíos	$e = V_v/V_s$	1.64	natural		
Porosidad	$n\% = V_v/V_m * 100$	62.15	%		
Grado de saturación del agua	$G_w\% = V_w/V_v * 100$	26.08	%		
Grado de saturación del aire $G_a\%$		73.92	%		
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA 6</b>					
Temperatura del agua + suelo		24			
Peso del recipiente + suelo seco		265.7			
Peso del recipiente ( $W_r$ )		216.3			
Peso del suelo seco ( $W_s$ )		49.4			
Peso picnómetro+agua ( $W_{bw}$ )		650.1			
$W_s + W_{bw}$		699.5			
Peso picnómetro+agua+suelo ( $W_{bws}$ )		680.1			
Deslizamiento del agua ( $W_s + W_{bw} - W_{bws}$ )		19.4			
Factor de correlación por temperatura K		0.99909			
Gravedad específica ( $G_s$ )		2.544			

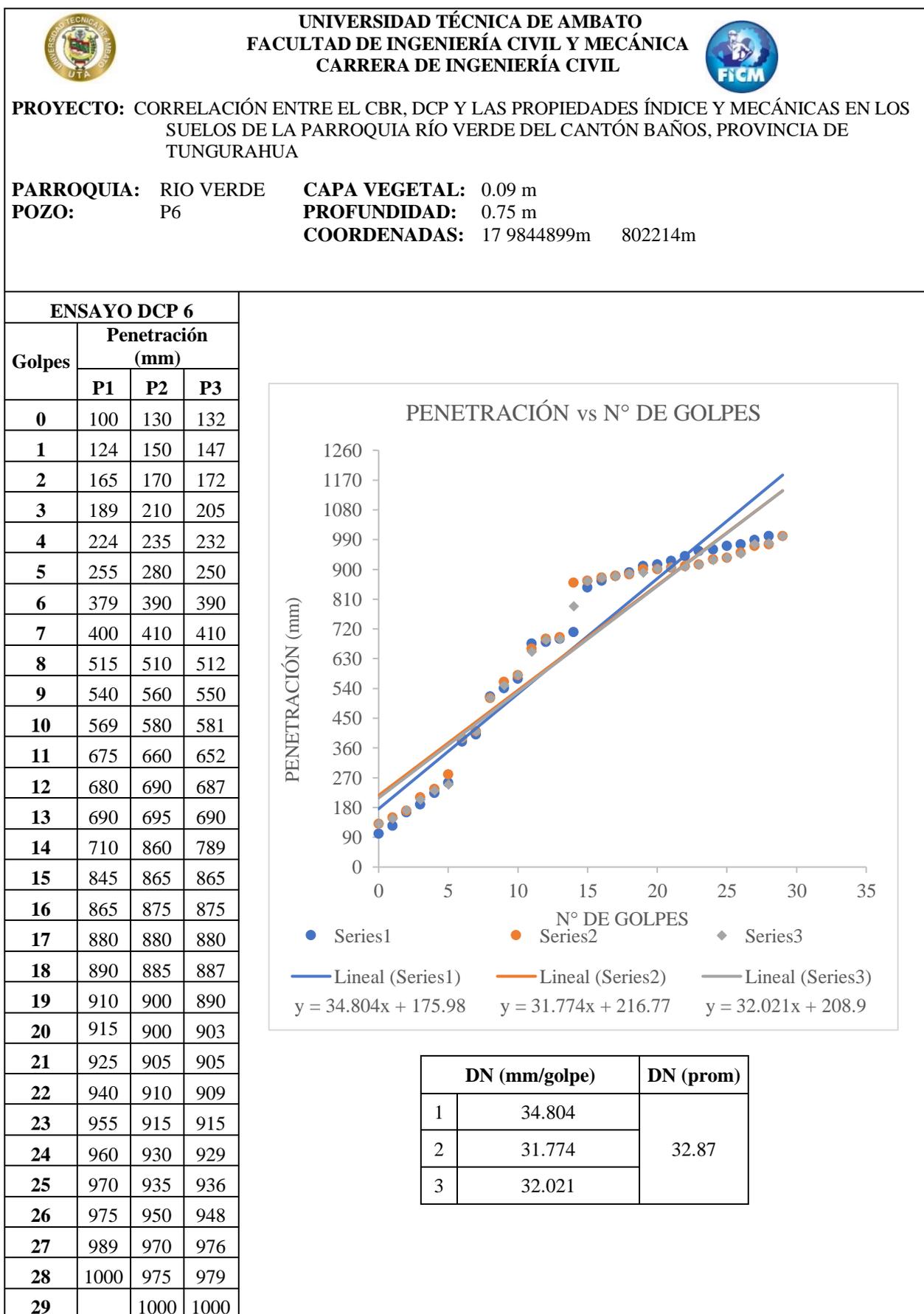
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 75. Ensayo 6 Proctor Modificado

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>						
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.09 m					
<b>POZO:</b>	P6	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.75 m					
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844899m	802214m				
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR 6								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	12820	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2347.85	cm <sup>3</sup>		
Energía de Compactación (lb pie/pie <sup>3</sup> )	55986	Norma	AASHTO	T-180	Øint (cm)	15.17	h (cm)	12.99
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	6000		
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	3%	6%	12%	15%				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	17905	18164	18304	18150				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	5085	5344	5484	5330				
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	2.166	2.276	2.336	2.270				
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	3	8	38	18	40	42	15	31
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	30.8	30.5	25.30	25.90	24.10	24.90	25.60	24.60
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	133.6	145.1	129.5	146.3	158.1	199.1	143.5	160.0
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	129.5	139.9	122.1	138.2	141.9	179.6	126.5	141.5
Peso sólidos W <sub>s</sub>	98.7	109.4	96.8	112.3	117.8	154.7	100.9	116.9
Peso del agua W <sub>w</sub>	4.1	5.2	7.4	8.1	16.2	19.5	17.0	18.5
Cont. Humedad $\omega$ %	4.15	4.75	7.64	7.21	13.75	12.61	16.85	15.83
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	4.45		7.43		13.18		16.34	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	2.073		2.119		2.064		1.951	
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
Cont. Humedad promedio $\omega$ %					7.5			
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )					2.120			
<p style="text-align: center;"><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p> 								

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 76. Ensayo 6 DCP



AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 77. Ensayo 6 CBR

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>										
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA												
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.09 m									
<b>POZO:</b>	P6	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.75 m									
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844899m	802214m								
<b>CBR 6</b>												
<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>												
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO		<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb							
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180		<b>ALTURA DE CAÍDA:</b>		18"							
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000		<b>DENSIDAD MÁX SECA (gr/cm3)</b>	1.828	<b>W% ÓPTIMO</b>	12						
<b>ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.</b>												
<b>MOLDE</b>	1		2		3							
<b>N° de Capas</b>	5		5		5							
<b>N° de Golpes</b>	56		27		11							
<b>Cond. Muestra</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>P. Hum. + Molde (gr)</b>	11967	12078	12446	12565	14105	14131						
<b>Peso Molde (gr)</b>	6949	6949	7614	7614	9510	9510						
<b>P. Humedo (gr)</b>	5018	5129	4832	4951	4595	4621						
<b>Volumen Muestra (cm3)</b>	2244.28	2244.28	2262.37	2262.37	2283.34	2283.34						
<b>Densidad Húmeda (gr/cm3)</b>	2.236	2.285	2.136	2.188	2.012	2.024						
<b>Densidad Seca (gr/cm3)</b>	2.066	2.000	1.982	1.894	1.861	1.718						
<b>Den. Seca Prom. (gr/cm3)</b>	2.033		1.938		1.789							
<b>CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>												
<b>Cond. Muestra</b>	<b>Antes del remojo</b>		<b>Después del remojo</b>		<b>Antes del remojo</b>		<b>Después del remojo</b>					
<b>Recipiente N°</b>	24	42	83	64	31	76	94	78	38	40	77	69
<b>P. Hum. + Recipiente (gr)</b>	161.5	135.9	124.8	137.9	144.9	156.9	174.0	136.7	123.5	127.3	124.2	121.6
<b>P. Seco + Recipiente (gr)</b>	150.9	127.6	113.3	124.3	136.1	148.0	155.2	122.4	116.3	119.3	110.1	107.9
<b>Peso Recipiente (gr)</b>	24.2	24.9	31.3	30.8	24.6	30.8	33.7	30.8	25.3	24.1	31.0	30.7
<b>Peso Agua (gr)</b>	10.6	8.3	11.5	13.6	8.8	8.9	18.8	14.3	7.2	8.0	14.1	13.7
<b>Peso de Sólidos (gr)</b>	126.7	102.7	82.0	93.5	111.5	117.2	121.5	91.6	91.0	95.2	79.1	77.2
<b>Contenido Humedad %</b>	8.37	8.08	14.02	14.55	7.89	7.59	15.47	15.61	7.91	8.40	17.83	17.75
<b>Con. Hum. Prom. %</b>	8.22%		14.28%		7.74%		15.54%		8.16%		17.79%	

ENSAYO DE COMPRESIÓN CBR									
ÁREA DE PISTÓN: 3 plg <sup>2</sup>					NORMA: ASTM D-1883				
PENETRACIÓ N (plg)	MOLDE N° 1 (56 Golpes)			MOLDE N° 2 (27 Golpes)			MOLDE N° 3 (11 Golpes)		
	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ] Leída	CBR %	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ] Leída	CBR %	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ] Leída	CBR %
0	0	0		0	0		0	0	
0.025	329.5	109.8		209.6	69.9		96.3	32.1	
0.05	737.5	245.8		406.2	135.4		153.6	51.2	
0.075	1136	378.9		500.6	166.9		189.3	63.1	
0.1	1533	511.1	51.11	688.3	229.4	22.9	220.8	73.6	7.36
0.15	2253	751.3		962.2	320.7		293.6	97.9	
0.2	2853	951.2	63.41	1153.1	384.4	25.6	369.6	123.2	8.21
0.25	3348	1116.2		1393.3	464.4		439.2	146.4	
0.3	3698	1232.8		1568.9	523.0		493.2	164.4	
0.4	4198	1399.4		1973.3	657.8		630.0	210.0	
0.5	4586	1528.8		2283.1	761.0		718.0	239.3	

**PRESIÓN vs PENETRACIÓN**

Penetración (plg*10 <sup>-3</sup> )	11 golpes (lb/plg <sup>2</sup> )	27 golpes (lb/plg <sup>2</sup> )	56 golpes (lb/plg <sup>2</sup> )
0	0	0	0
50	~50	~100	~200
100	~80	~200	~500
150	~100	~300	~800
200	~120	~400	~1000
250	~140	~450	~1150
300	~160	~500	~1250
400	~200	~650	~1400
500	~220	~750	~1550

MOLDE	1	2	3
CBR %	51.11	22.94	7.36
	63.41	25.62	8.21
Densidad Seca	2.033	1.938	1.789
Densidad seca máx.:	2.120		
Densidad seca máx. 95% DSM=	2.014		
	%CBR-0.1 plg	%CBR-0.2 plg	MAYOR % CBR
	44.9	55	55

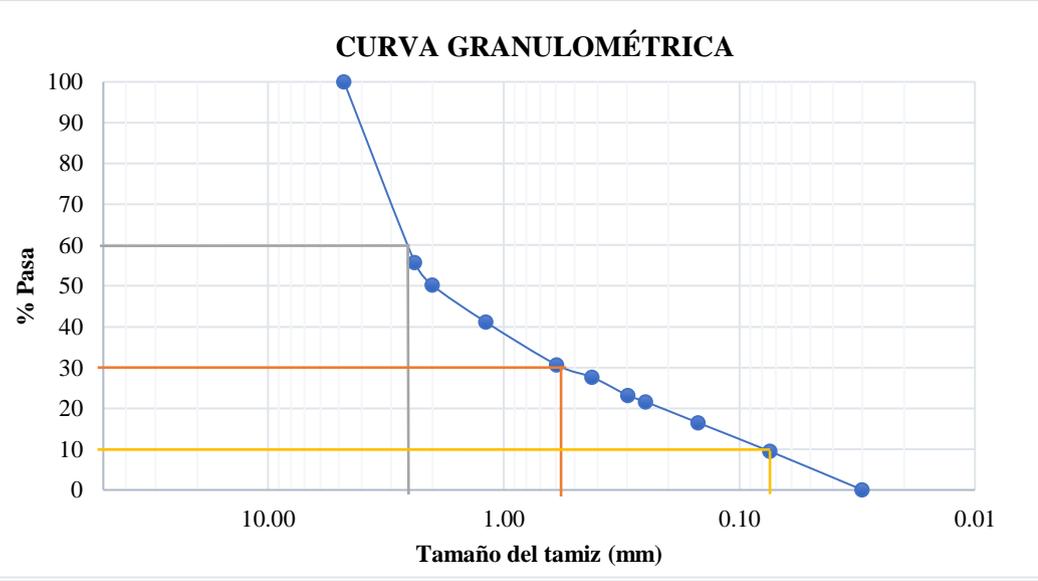
  

**%CBR vs. DENSIDAD SECA**

% CBR	0.1 plg (gr/cm³)	0.2 plg (gr/cm³)
~8	~1.79	~1.79
~25	~1.94	~1.94
~50	~2.04	~2.00
~65	-	~2.03

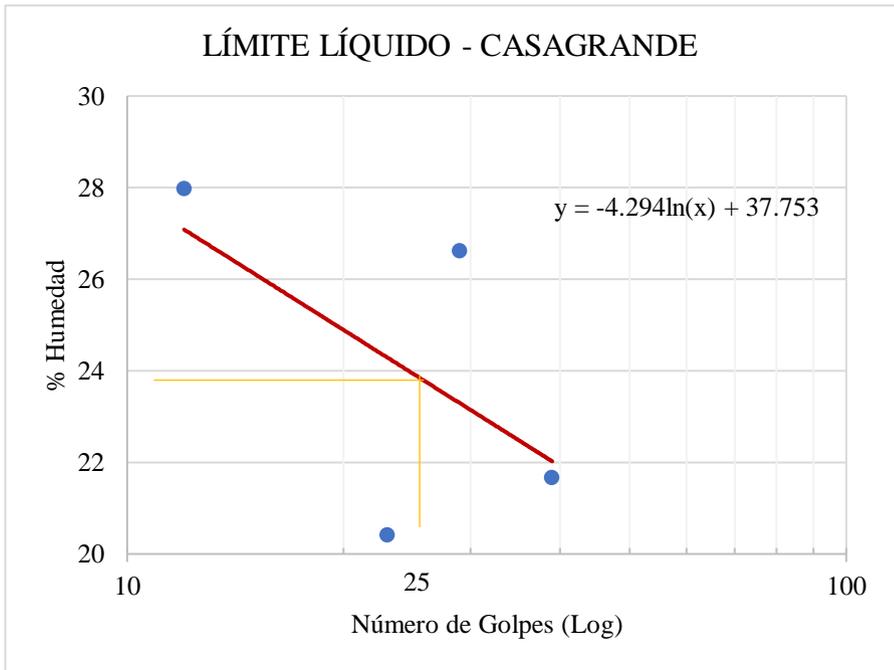
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 78. Ensayo 7 Contenido de Humedad y Granulometría

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>					
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b> RIO VERDE		<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.04 m			
<b>POZO:</b> P7		<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.5 m			
		<b>COORDENADAS:</b> 17 9844839m 801464m			
HUMEDAD IN SITU 7					
Muestra	Wrec (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	%Wnat	%Wprom
1	32.6	192.2	171.4	14.99%	14.38
2	31.5	187.2	167.2	14.74%	
3	32.1	133.6	121.6	13.41%	
GRANULOMETRÍA 7					
		Winicial (gr) =		250	
TAMIZ	mm	Wret (gr)	Wret acum (gr)	% ret acum	% Pasa
#4	4,760	0.00	0.00	0.00	100.00
#8	2,380	110.77	110.77	44.31	55.69
#10	2,000	13.93	124.70	49.88	50.12
#16	1,190	22.47	147.17	58.87	41.13
#30	0,595	26.26	173.43	69.37	30.63
#40	0,420	7.57	181.00	72.40	27.60
#50	0,297	11.13	192.13	76.85	23.15
#60	0,250	3.86	195.99	78.40	21.60
#100	0,149	12.96	208.94	83.58	16.42
#200	0,074	17.46	226.40	90.56	9.44
FUENTE		23.60	250.00	100.00	0
<p style="text-align: center;"><b>CURVA GRANULOMÉTRICA</b></p> 					
<b>D10 (mm)</b>	0.09		<b>Cu = D60/D10</b>	28.78	
<b>D30 (mm)</b>	0.55		<b>Cc = D30<sup>2</sup>/(D60*D10)</b>	1.30	
<b>D60 (mm)</b>	2.590		<b>Tamaño Nominal Máximo (TMN) mm</b>	2.38	

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 79. Ensayo 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>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b> RIO VERDE		<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.04 m			
<b>POZO:</b> P7		<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.5 m			
		<b>COORDENADAS:</b> 17 9844839m		801464m	
LÍMITE LÍQUIDO 7					
Nº GOLPES	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% w	% Wprom
12	10.9	19.0	17.2	28.57	27.98
	10.7	20.0	18.0	27.40	
23	11.6	19.6	18.3	19.40	20.42
	11.8	20.3	18.8	21.43	
29	11.7	20.7	18.8	26.76	26.62
	10.9	19.5	17.7	26.47	
39	11.3	20.1	18.5	22.22	21.67
	11.1	19.7	18.2	21.13	
LÍMITE LÍQUIDO:				23.93	
<div style="text-align: center;"> <b>LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE</b>  </div>					
LÍMITE PLÁSTICO 7					
Identificación	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% w	
#11	26.3	26.8	26.7	25.00	
#21	25.8	27.2	26.9	27.27	
#23	26.1	27.8	27.5	21.43	
PROMEDIO W% (LP)				24.57	

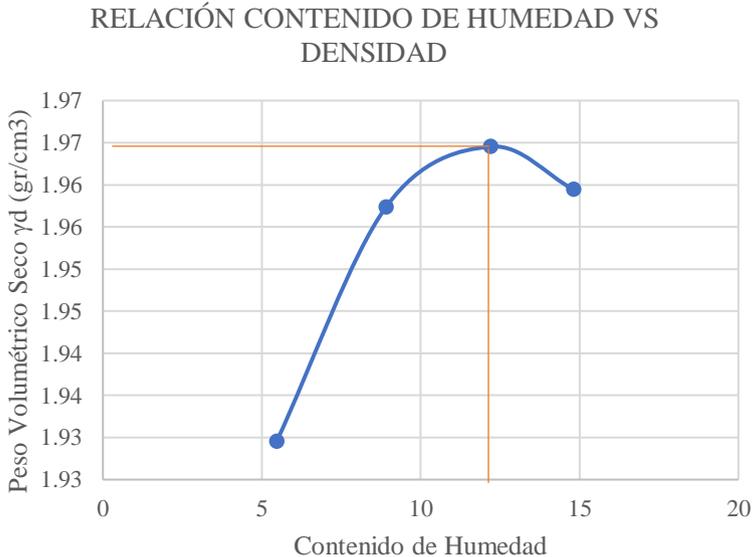
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 80. Ensayo 7 Densidad de Campo y Gravedad Específica

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
					
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.04 m		
<b>POZO:</b>	P7	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.5 m		
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844839m	801464m	
<b>DENSIDAD DE CAMPO 7</b>					
<b>DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO</b>					
Peso de la masa del suelo + funda	Wm+Rec	1678.29	gr		
Peso de la funda	Rec	2.50	gr		
Peso de la masa del suelo	Wm=Wm+Rec-Rec	1675.79	gr		
<b>DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO</b>					
Peso inicial frasco + cono + arena		7302.83	gr		
Peso final frasco + cono + arena		3719.46	gr		
Peso de la arena en el cono		1629.00	gr		
Peso arena en la perforación		1954.37	gr		
Densidad de la arena de ottawa		1.582	gr/cm <sup>3</sup>		
Volumen de la perforación	Vm	1235.38	cm <sup>3</sup>		
<b>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
Identificación del recipiente		5	1		
Peso húmedo + recipiente	Wm+Wr	192.20	187.20		
Peso seco + recipiente	Ws +Wr	165.70	160.80		
Peso recipiente	Rec	32.60	31.50		
Peso del agua	Ww	26.50	26.40		
Peso de los sólidos	Ws	133.10	129.30		
Contenido de humedad	w%	19.91	20.42		
Contenido de humedad promedio	W%	20.16			
<b>DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO</b>					
		<b>Volumen</b>	<b>Peso</b>		
Volumen de vacíos	Vv	67.43	-		
	Va	40.93	0.00		
	Vw	26.50	26.50		
	Vs	50.23	133.10		
	Vm	117.66	159.60		
		Wa			
		Ww			
		Ws			
		Wm			
<b>DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO</b>					
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda) $\gamma_m$		1.356	gr/cm <sup>3</sup>		
Densidad seca $\gamma_d$		1.129	gr/cm <sup>3</sup>		
Contenido de humedad	w%	2016.37	%		
Relación de vacíos	$e = V_v/V_s$	1.34	natural		
Porosidad	$n\% = V_v/V_m * 100$	57.31	%		
Grado de saturación del agua	$G_w\% = W_w/V_v * 100$	39.30	%		
Grado de saturación del aire $G_a\%$		60.70	%		
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA 7</b>					
Temperatura del agua + suelo		25			
Peso del recipiente + suelo seco		113.7			
Peso del recipiente (Wr)		64.7			
Peso del suelo seco (Ws)		49			
Peso picnómetro+agua (Wbw)		648.65			
Ws+Wbw		697.65			
Peso picnómetro+agua+suelo (Wbws)		678.2			
Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws		19.45			
Factor de correlación por temperatura K		0.99884			
Gravedad específica (Gs)		2.516			

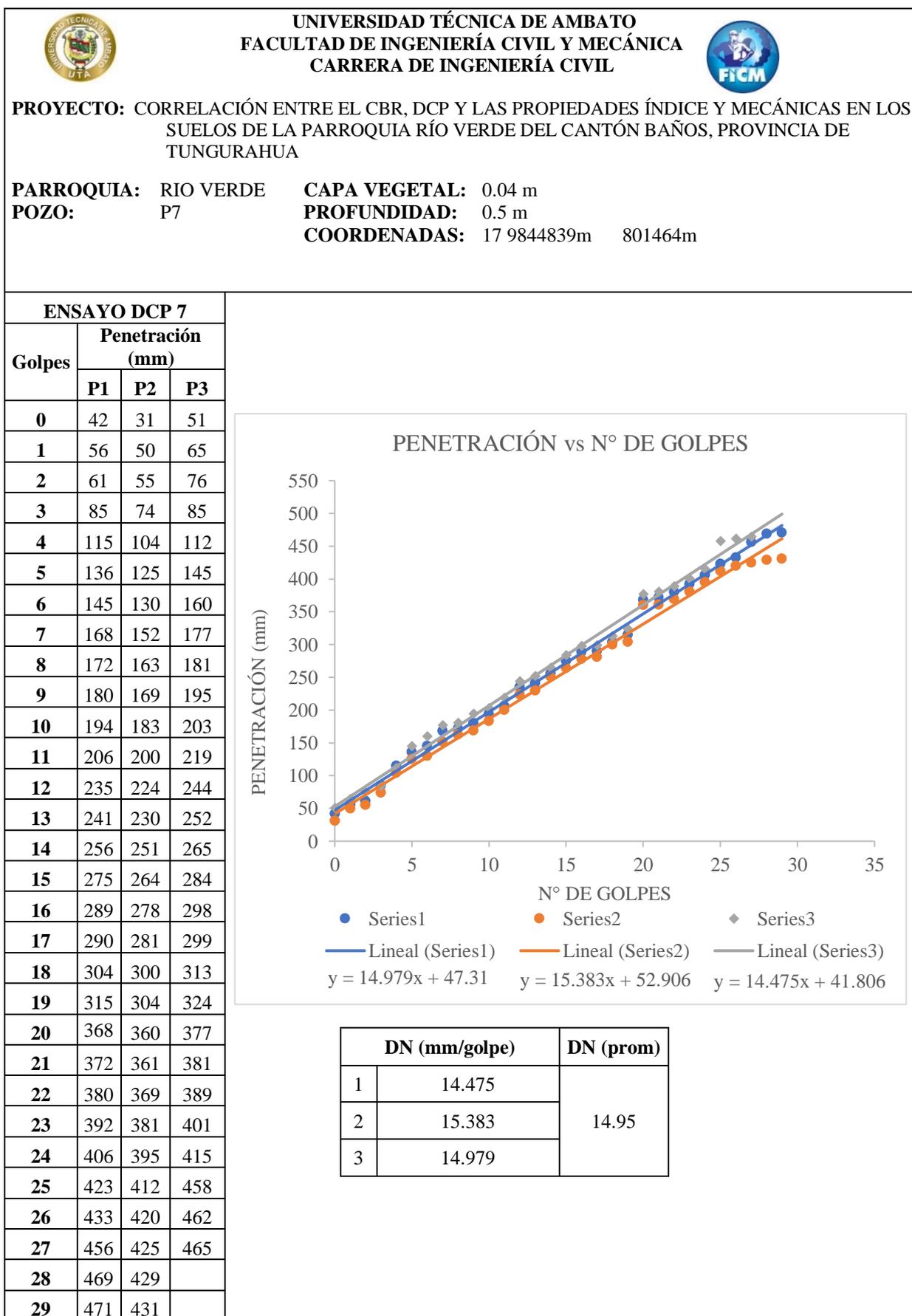
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 81. Ensayo 7 Proctor Modificado

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>						
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.04 m					
<b>POZO:</b>	P7	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.5 m					
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844839m	801464m				
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR 7								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	12820	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2347.85	cm <sup>3</sup>		
Energía de Compactación (lb pie/pie <sup>3</sup> )	55986	Norma	AASHTO	T-180	Øint (cm)	15.17	h (cm)	12.99
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	6000		
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	3%	6%	9%	12%				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	17598	17825	17995	18102				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4778	5005	5175	5282				
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	2.035	2.132	2.204	2.250				
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	1	2	3	11	15	19	27	38
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	30.8	31.9	30.7	30.1	30.8	31.5	30.5	30.8
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	168.1	136.8	149.7	132.7	127.5	115.8	138.2	146.2
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	160.8	131.5	139.4	124.8	116.8	106.8	124.5	131.1
Peso sólidos W <sub>s</sub>	130.0	99.6	108.7	94.7	86.0	75.3	94.0	100.3
Peso del agua W <sub>w</sub>	7.3	5.3	10.3	7.9	10.7	9.0	13.7	15.1
Cont. Humedad $\omega$ %	5.62	5.32	9.48	8.34	12.44	11.95	14.57	15.05
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	5.47		8.91		12.20		14.81	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.930		1.957		1.965		1.959	
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
Cont. Humedad promedio $\omega$ %					12.2			
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )					1.969			
<b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b>								
								

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

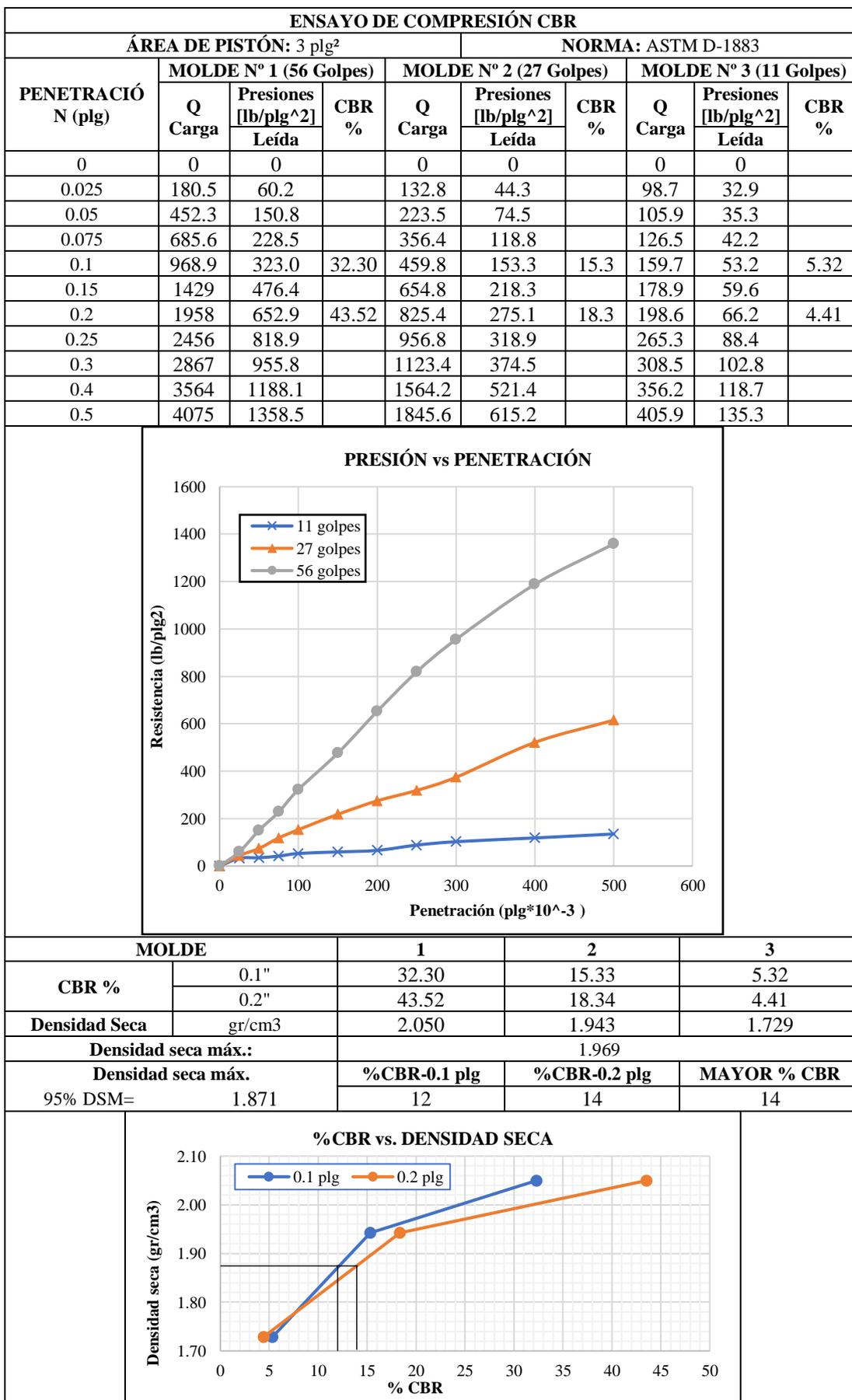
Tabla 82. Ensayo 7 DCP



AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 83. Ensayo 7 CBR

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>										
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA												
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.04 m									
<b>POZO:</b>	P7	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.5 m									
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844839m	801464m								
<b>CBR 7</b>												
<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>												
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO		<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb							
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180		<b>ALTURA DE CAÍDA:</b>		18"							
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000		<b>DENSIDAD MÁX SECA (gr/cm3)</b>	1.828	<b>W% ÓPTIMO</b>	12						
<b>ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.</b>												
<b>MOLDE</b>	1		2		3							
<b>N° de Capas</b>	5		5		5							
<b>N° de Golpes</b>	56		27		11							
<b>Cond. Muestra</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>P. Hum. + Molde (gr)</b>	14262	14489.2	10895	11125	11456	11654						
<b>Peso Molde (gr)</b>	9012	9012	5869	5869	6875.6	6875.6						
<b>P. Humedo (gr)</b>	5250	5477.2	5026	5256	4580.4	4778.4						
<b>Volumen Muestra (cm3)</b>	2244.28	2244.28	2262.37	2262.37	2283.34	2283.34						
<b>Densidad Húmeda (gr/cm3)</b>	2.339	2.441	2.222	2.323	2.006	2.093						
<b>Densidad Seca (gr/cm3)</b>	2.078	2.021	1.969	1.917	1.777	1.680						
<b>Den. Seca Prom. (gr/cm3)</b>	2.050		1.943		1.729							
<b>CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>												
<b>Cond. Muestra</b>	<b>Antes del remojo</b>		<b>Después del remojo</b>		<b>Antes del remojo</b>		<b>Después del remojo</b>					
<b>Recipiente N°</b>	19	23	29	33	35	36	46	51	66	67	69	22
<b>P. Hum. + Recipiente (gr)</b>	154.1	189.5	156.7	135.8	186.4	175.4	168.2	173.5	163.2	142.5	160.7	180.4
<b>P. Seco + Recipiente (gr)</b>	140.1	172.2	136.8	116.4	168.5	159.2	142.8	150.3	148.5	129.4	135.5	150.5
<b>Peso Recipiente (gr)</b>	30.8	31.5	30.8	31.1	31.5	30.8	31.9	31.5	31.0	30.4	31.1	30.8
<b>Peso Agua (gr)</b>	14.0	17.3	19.9	19.4	17.9	16.2	25.4	23.2	14.7	13.1	25.2	29.9
<b>Peso de Sólidos (gr)</b>	109.3	140.7	106.0	85.3	137.0	128.4	110.9	118.8	117.5	99.0	104.4	119.7
<b>Contenido Humedad %</b>	12.81	12.30	18.77	22.7	13.07	12.62	22.90	19.53	12.51	13.23	24.14	24.98
<b>Con. Hum. Prom. %</b>	12.86%		15.62%		12.49%		17.25%		12.15%		18.98%	



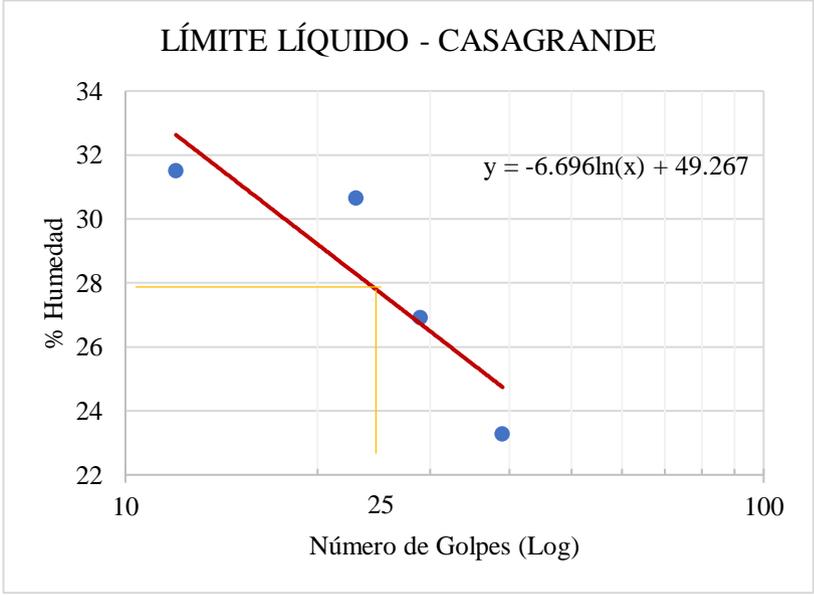
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 84. Ensayo 8 Contenido de Humedad y Granulometría

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA						
<b>PARROQUIA:</b> RIO VERDE		<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.07 m				
<b>POZO:</b> P8		<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.80 m				
		<b>COORDENADAS:</b> 17 9844774m 799971m				
HUMEDAD IN SITU 8						
Muestra	Wrec (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	%Wnat	%Wprom	
1	30.8	125.4	111.5	17.22%	17.18	
2	28.3	140.4	123.6	17.63%		
3	32.5	156.2	138.5	16.70%		
GRANULOMETRÍA 8						
Winicial (gr) =			250			
TAMIZ	mm	Wret (gr)	Wret acum (gr)	% ret acum	% Pasa	
#4	4,760	0.00	0.00	0.00	100.00	
#8	2,380	106.70	106.70	42.68	57.32	
#10	2,000	10.60	117.30	46.92	53.08	
#16	1,190	25.60	142.90	57.16	42.84	
#30	0,595	32.10	175.00	70.00	30.00	
#40	0,420	10.20	185.20	74.08	25.92	
#50	0,297	12.10	197.30	78.92	21.08	
#60	0,250	5.30	202.60	81.04	18.96	
#100	0,149	16.50	219.10	87.64	12.36	
#200	0,074	16.10	235.20	94.08	5.92	
FUENTE		14.80	250.00	100.00	0	
<div style="text-align: center;"> <b>CURVA GRANULOMÉTRICA</b> </div>						
<b>D10 (mm)</b>	0.13		<b>Cu = D60/D10</b>		18.77	
<b>D30 (mm)</b>	0.6		<b>Cc = D30<sup>2</sup>/(D60*D10)</b>		1.13	
<b>D60 (mm)</b>	2.440		<b>Tamaño Nominal Máximo (TMN) mm</b>		2.36	

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 85. Ensayo 8 Límites de Atterberg

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
					
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.07 m		
<b>POZO:</b>	P8	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.80 m		
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844774m	799971m	
LÍMITE LÍQUIDO 8					
Nº GOLPES	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% w	% Wprom
11	11.3	20.8	18.4	33.80	31.52
	10.7	19.1	17.2	29.23	
20	11.9	19.8	17.8	33.90	30.65
	11.5	20.8	18.8	27.40	
27	11.8	18.5	17.1	26.42	26.92
	11.7	19.6	17.9	27.42	
36	10.2	19.5	17.8	22.37	23.28
	10.9	18.6	17.1	24.19	
LÍMITE LÍQUIDO:				27.71	
					
LÍMITE PLÁSTICO 8					
Identificación	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% w	
#11	25.0	25.9	25.7	28.57	
#15	22.6	24.9	24.4	27.78	
#21	25.7	27.1	26.8	27.27	
#24	25.3	26.3	26.1	25.00	
#23	24.1	25.7	25.4	23.08	
PROMEDIO W% (LP)				26.34	

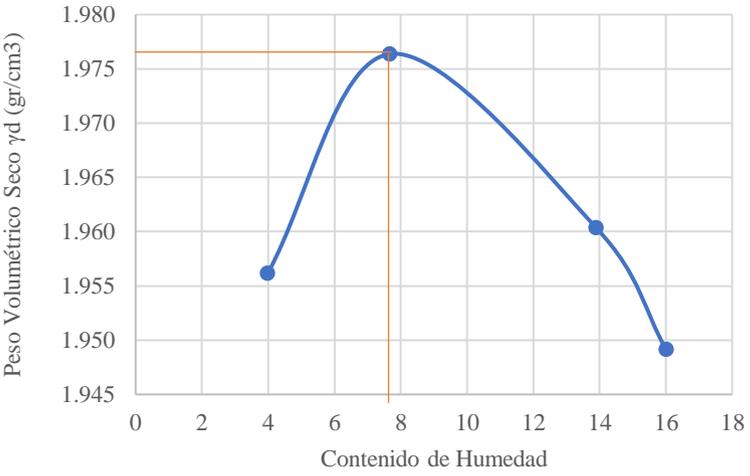
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 86. Ensayo 8 Densidad de Campo y Gravedad Específica

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
					
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.07 m		
<b>POZO:</b>	P8	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.80 m		
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844774m	799971m	
<b>DENSIDAD DE CAMPO 8</b>					
<b>DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO</b>					
Peso de la masa del suelo + funda	$W_{m+Rec}$	1785.60	gr		
Peso de la funda	Rec	2.50	gr		
Peso de la masa del suelo	$W_m = W_{m+Rec} - Rec$	1783.10	gr		
<b>DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO</b>					
Peso inicial frasco + cono + arena		6513.50	gr		
Peso final frasco + cono + arena		2918.20	gr		
Peso de la arena en el cono		1629.00	gr		
Peso arena en la perforación		1966.30	gr		
Densidad de la arena de ottawa		1.582	gr/cm <sup>3</sup>		
Volumen de la perforación	$V_m$	1242.92	cm <sup>3</sup>		
<b>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
Identificación del recipiente		11	15		
Peso húmedo + recipiente	$W_{m+Wr}$	156.20	125.40		
Peso seco + recipiente	$W_s + Wr$	135.50	109.50		
Peso recipiente	Rec	32.50	30.80		
Peso del agua	$W_w$	20.70	15.90		
Peso de los sólidos	$W_s$	103.00	78.70		
Contenido de humedad	w%	20.10	20.20		
Contenido de humedad promedio	W%	20.15			
<b>DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO</b>					
		<b>Volumen</b>	<b>Peso</b>		
Volumen de vacíos	$V_v$	47.36	-		
	$V_a$	26.66	0.00		
	$V_w$	20.70	20.70		
	$V_s$	38.87	103.00		
	$V_m$	86.23	123.70		
<b>DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO</b>					
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda) $\gamma_m$		1.435	gr/cm <sup>3</sup>		
Densidad seca $\gamma_d$		1.194	gr/cm <sup>3</sup>		
Contenido de humedad	w%	2015.02	%		
Relación de vacíos	$e = V_v/V_s$	1.22	natural		
Porosidad	$n\% = V_v/V_m * 100$	54.92	%		
Grado de saturación del agua	$G_w\% = W_w/V_v * 100$	43.71	%		
Grado de saturación del aire $G_a\%$		56.29	%		
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA 8</b>					
Temperatura del agua + suelo		23			
Peso del recipiente + suelo seco		113.7			
Peso del recipiente ( $W_r$ )		64.7			
Peso del suelo seco ( $W_s$ )		49			
Peso picnómetro+agua ( $W_{bw}$ )		648.85			
$W_s + W_{bw}$		697.85			
Peso picnómetro+agua+suelo ( $W_{bws}$ )		678.2			
Deslizamiento del agua ( $W_s + W_{bw} - W_{bws}$ )		19.65			
Factor de correlación por temperatura K		0.99933			
Gravedad específica ( $G_s$ )		2.492			

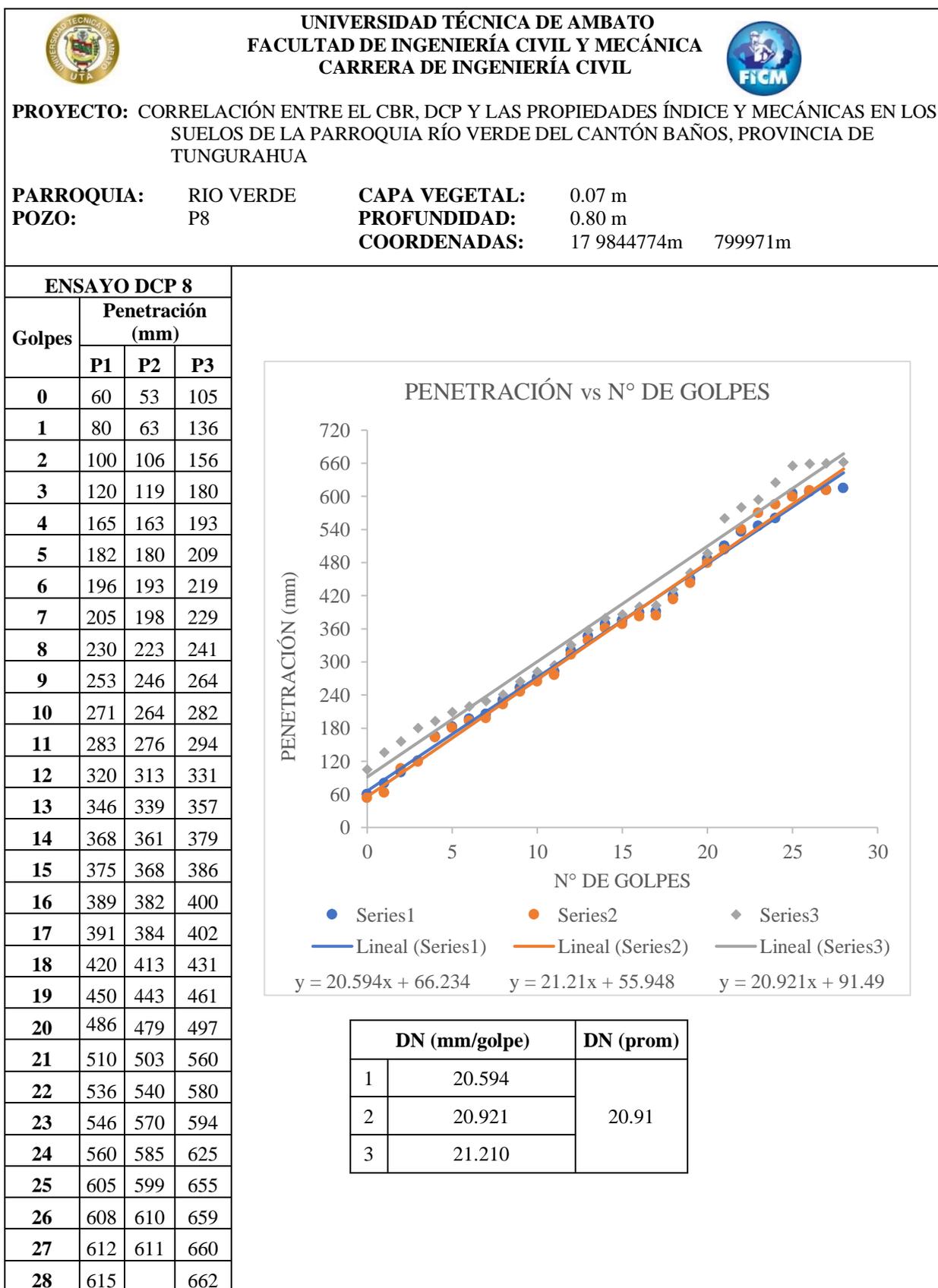
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 87. Ensayo 8 Proctor Modificado

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>						
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.07 m					
<b>POZO:</b>	P8	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.80 m					
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844774m	799971m				
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR 8								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	12820	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2347.85	cm <sup>3</sup>		
Energía de Compactación (lb pie/pie <sup>3</sup> )	55986	Norma	AASHTO	T-180	Øint (cm)	15.17	h (cm)	12.99
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	6000		
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	3%	6%	12%	15%				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	17596	17816	18062	18129				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4776	4996	5242	5309				
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	2.034	2.128	2.233	2.261				
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	40	46	59	78	24	98	104	101
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	25.9	25.4	24.50	25.90	30.80	31.90	30.50	31.20
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	175.8	163.5	153.7	162.8	134.6	142.7	156.8	166.4
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	170.6	157.7	143.8	153.8	122.4	128.7	139.5	147.6
Peso sólidos W <sub>s</sub>	144.7	132.3	119.3	127.9	91.6	96.8	109.0	116.4
Peso del agua W <sub>w</sub>	5.2	5.8	9.9	9.0	12.2	14.0	17.3	18.8
Cont. Humedad $\omega$ %	3.59	4.38	8.30	7.04	13.32	14.46	15.87	16.15
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	3.99		7.67		13.89		16.01	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.956		1.976		1.960		1.949	
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
Cont. Humedad promedio $\omega$ %					7.8			
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )					1.977			
<b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b>								
								

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 88. Ensayo 8 DCP

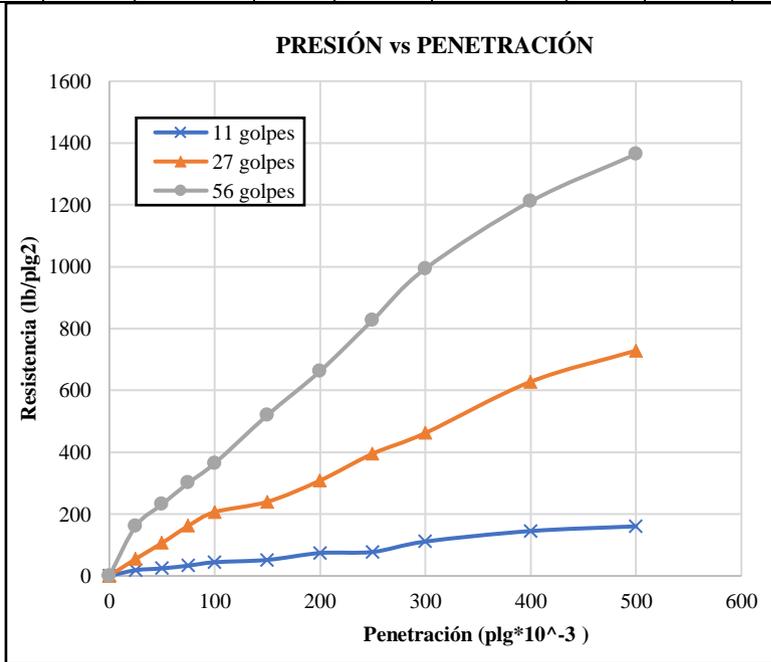


AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

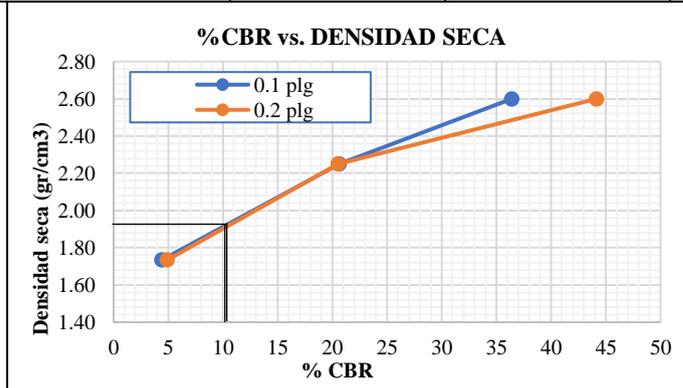
Tabla 89. Ensayo 8 CBR

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>										
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA												
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.07 m									
<b>POZO:</b>	P8	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.80 m									
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844774m	799971m								
<b>CBR 8</b>												
<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>												
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO		<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb							
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180		<b>ALTURA DE CAÍDA:</b>		18"							
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000		<b>DENSIDAD MÁX SECA (gr/cm3)</b>	1.828	<b>W% ÓPTIMO</b>	12						
<b>ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.</b>												
<b>MOLDE</b>	1		2		3							
<b>N° de Capas</b>	5		5		5							
<b>N° de Golpes</b>	56		27		11							
<b>Cond. Muestra</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>P. Hum. + Molde (gr)</b>	13987	14253	12456	12753	12745	13056						
<b>Peso Molde (gr)</b>	7568	7568	6783	6783	8354	8354						
<b>P. Humedo (gr)</b>	6419	6685	5673	5970	4391	4702						
<b>Volumen Muestra (cm3)</b>	2244.28	2244.28	2262.37	2262.37	2283.34	2283.34						
<b>Densidad Húmeda (gr/cm3)</b>	2.860	2.979	2.508	2.639	1.923	2.059						
<b>Densidad Seca (gr/cm3)</b>	2.626	2.574	2.306	2.192	1.777	1.692						
<b>Den. Seca Prom. (gr/cm3)</b>	2.600		2.249		1.735							
<b>CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>												
<b>Cond. Muestra</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>Recipiente N°</b>	15	24	29	35	75	86	22	71	83	43	65	69
<b>P. Hum. + Recipiente (gr)</b>	167.8	189.7	156.8	136.4	112.7	165.8	198.7	139.7	122.8	163.4	175.6	179.3
<b>P. Seco + Recipiente (gr)</b>	156.6	176.7	140.6	121.3	106.3	154.6	171.5	120.3	115.7	153.6	152.1	150.6
<b>Peso Recipiente (gr)</b>	30.8	31.1	31.1	30.8	30.9	30.1	30.5	30.1	30.8	31.7	31.0	30.8
<b>Peso Agua (gr)</b>	11.2	13.0	16.2	15.1	6.4	11.2	27.2	19.4	7.1	9.8	23.5	28.7
<b>Peso de Sólidos (gr)</b>	125.8	145.6	109.5	90.5	75.4	124.5	141.0	90.2	84.9	121.9	121.1	119.8
<b>Contenido Humedad %</b>	8.90	8.93	14.79	16.69	8.49	9.00	19.29	21.51	8.36	8.04	19.41	23.96
<b>Con. Hum. Prom. %</b>	8.92%		15.74%		8.74%		20.40%		8.20%		21.68%	

ENSAYO DE COMPRESIÓN CBR									
ÁREA DE PISTÓN: 3 plg <sup>2</sup>					NORMA: ASTM D-1883				
PENETRACIÓ N (plg)	MOLDE N° 1 (56 Golpes)			MOLDE N° 2 (27 Golpes)			MOLDE N° 3 (11 Golpes)		
	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ] Leída	CBR %	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ] Leída	CBR %	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ] Leída	CBR %
0	0	0		0	0		0	0	
0.025	482.2	160.7		165.3	55.1		55.3	18.4	
0.05	694.1	231.4		319.3	106.4		72.9	24.3	
0.075	901.8	300.6		486.0	162.0		99.8	33.3	
0.1	1092	364.1	36.4	619.5	206.5	20.6	132.7	44.2	4.4
0.15	1559	519.8		719.3	239.8		155.3	51.8	
0.2	1989	662.2	44.1	925.3	308.4	20.5	222.0	74.0	4.9
0.25	2482	827.4		1186.0	395.3		232.7	77.6	
0.3	2981	993.8		1386.5	462.2		333.2	111.1	
0.4	3634	1211.4		1883.9	628.0		435.3	145.1	
0.5	4092	1364.1		2186.0	728.7		481.3	160.4	

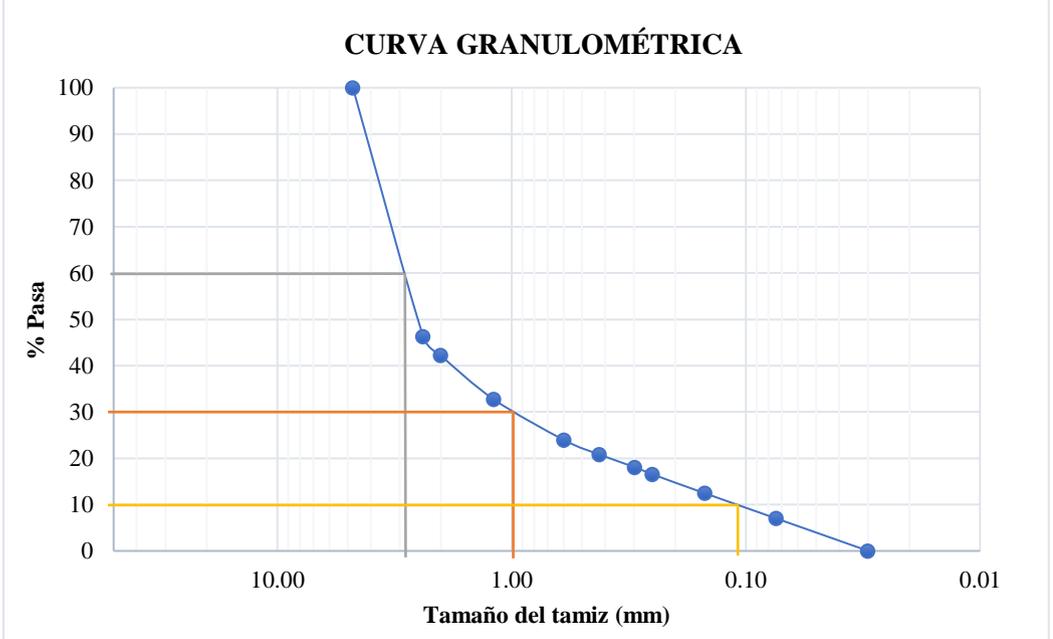


MOLDE		1	2	3
CBR %	0.1"	36.41	20.65	4.42
	0.2"	44.14	20.56	4.93
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	2.600	2.249	1.735
Densidad seca máx.:		1.977		
Densidad seca máx. 95% DSM= 1.878		%CBR-0.1 plg 10.2	%CBR-0.2 plg 10.3	MAYOR % CBR 10.3



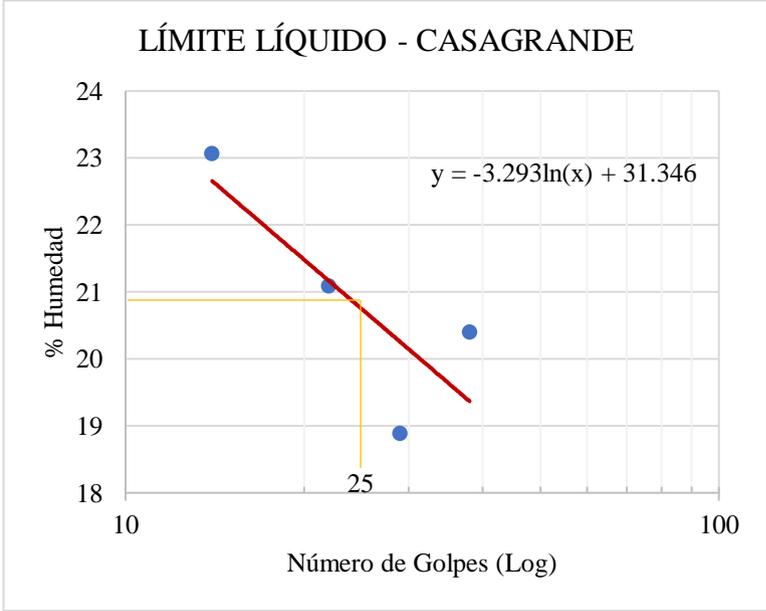
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 90. Ensayo 9 Contenido de Humedad y Granulometría

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA						
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.05 m			
<b>POZO:</b>	P9	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.90 m			
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844378m	798498m		
HUMEDAD IN SITU 9						
Muestra	Wrec (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	%Wnat	%Wprom	
1	29.4	135.6	115.3	23.63%	23.66%	
2	30.1	129.3	110.3	23.69%		
3	30.1	143.5	121.8	23.66%		
GRANULOMETRÍA 9						
			Winicial (gr) =	250		
TAMIZ	mm	Wret (gr)	Wret acum (gr)	% ret acum	% Pasa	
#4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	
#8	2.380	134.50	134.50	53.80	46.20	
#10	2.000	10.10	144.60	57.84	42.16	
#16	1.190	23.65	168.25	67.30	32.70	
#30	0.595	22.00	190.25	76.10	23.90	
#40	0.420	7.80	198.05	79.22	20.78	
#50	0.297	6.80	204.85	81.94	18.06	
#60	0.250	3.80	208.65	83.46	16.54	
#100	0.149	10.30	218.95	87.58	12.42	
#200	0.074	13.55	232.50	93.00	7.00	
FUENTE		17.50	250.00	100.00	0	
<b>CURVA GRANULOMÉTRICA</b>						
						
<b>D10 (mm)</b>	0.12		<b>Cu = D60/D10</b>		24.42	
<b>D30 (mm)</b>	1.06		<b>Cc = D30<sup>2</sup>/(D60*D10)</b>		3.20	
<b>D60 (mm)</b>	2.930		<b>Tamaño Nominal Máximo (TMN) mm</b>		2.38	

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 91. Ensayo 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>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.05 m		
<b>POZO:</b>	P9	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.90 m		
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844378m	798498m	
LÍMITE LÍQUIDO 9					
Nº GOLPES	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% w	% Wprom
14	12.1	17.8	16.7	23.91	23.07
	11.3	17.9	16.7	22.22	
22	11.0	16.1	15.2	21.43	21.09
	11.6	18	16.9	20.75	
29	11.0	18.4	17.2	19.35	18.89
	11.0	20	18.6	18.42	
38	11.5	22.7	20.8	20.43	20.40
	11.8	24.8	22.6	20.37	
LÍMITE LÍQUIDO:				20.75	
<div style="text-align: center;">  <p>LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE</p> <p><math>y = -3.293\ln(x) + 31.346</math></p> </div>					
LÍMITE PLÁSTICO 9					
Identificación	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% w	
#11	24.8	25.9	25.7	22.22	
#13	25.3	27.4	27.1	16.67	
#14	25.4	27.9	27.4	25.00	
#15	25.1	27.5	27.2	14.29	
#19	24.5	26.6	26.2	23.53	
PROMEDIO W% (LP)				20.34	

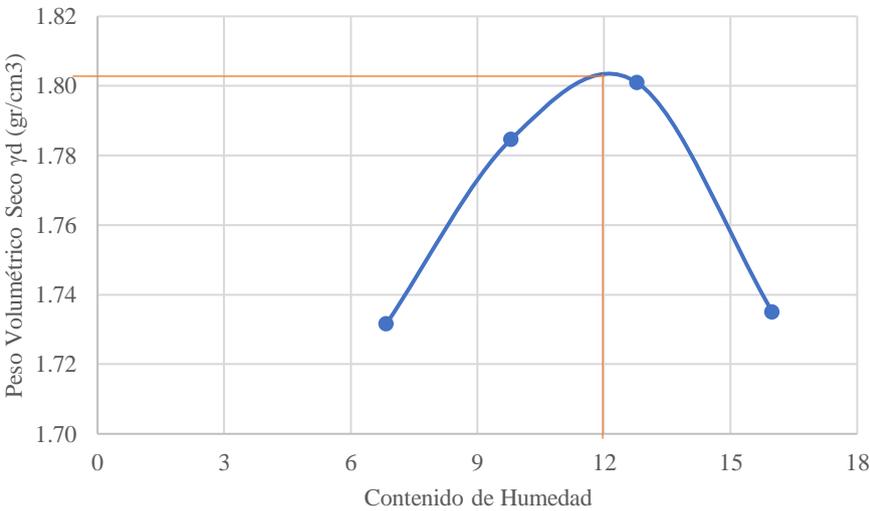
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 92. Ensayo 9 Densidad de Campo y Gravedad Específica

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
					
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.05 m		
<b>POZO:</b>	P9	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.90 m		
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844378m	798498m	
<b>DENSIDAD DE CAMPO 9</b>					
<b>DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO</b>					
Peso de la masa del suelo + funda	Wm+Rec	1773.80	gr		
Peso de la funda	Rec	2.50	gr		
Peso de la masa del suelo	Wm=Wm+Rec-Rec	1771.30	gr		
<b>DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO</b>					
Peso inicial frasco + cono + arena		5897.30	gr		
Peso final frasco + cono + arena		2196.30	gr		
Peso de la arena en el cono		1629.00	gr		
Peso arena en la perforación		2072.00	gr		
Densidad de la arena de ottawa		1.582	gr/cm <sup>3</sup>		
Volumen de la perforación	Vm	1309.73	cm <sup>3</sup>		
<b>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
Identificación del recipiente		4	8		
Peso húmedo + recipiente	Wm+Wr	135.60	129.30		
Peso seco + recipiente	Ws +Wr	115.30	110.30		
Peso recipiente	Rec	29.40	30.10		
Peso del agua	Ww	20.30	19.00		
Peso de los sólidos	Ws	85.90	80.20		
Contenido de humedad	w%	23.63	23.69		
Contenido de humedad promedio	W%	23.66			
<b>DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO</b>					
		<b>Volumen</b>	<b>Peso</b>		
Volumen de vacíos	Vv	46.11	-		
	Va	25.81	0.00		
	Vw	20.30	20.30		
	Vs	32.42	85.90		
	Vm	78.53	106.20		
<b>DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO</b>					
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda) $\gamma_m$		1.352	gr/cm <sup>3</sup>		
Densidad seca $\gamma_d$		1.094	gr/cm <sup>3</sup>		
Contenido de humedad	w%	2366.15	%		
Relación de vacíos	$e = Vv/Vs$	1.42	natural		
Porosidad	$n\% = Vv/Vm*100$	58.72	%		
Grado de saturación del agua	$Gw\% = Vw/Vv*100$	44.02	%		
Grado de saturación del aire $Ga\%$		1.352	%		
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA 9</b>					
Temperatura del agua + suelo				23	
Peso del recipiente + suelo seco				155.6	
Peso del recipiente (Wr)				105.7	
Peso del suelo seco (Ws)				49.9	
Peso picnómetro+agua (Wbw)				650.1	
Ws+Wbw				700	
Peso picnómetro+agua+suelo (Wbws)				679.6	
Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws				20.4	
Factor de correlación por temperatura K				0.99933	
Gravedad específica (Gs)				2.444	

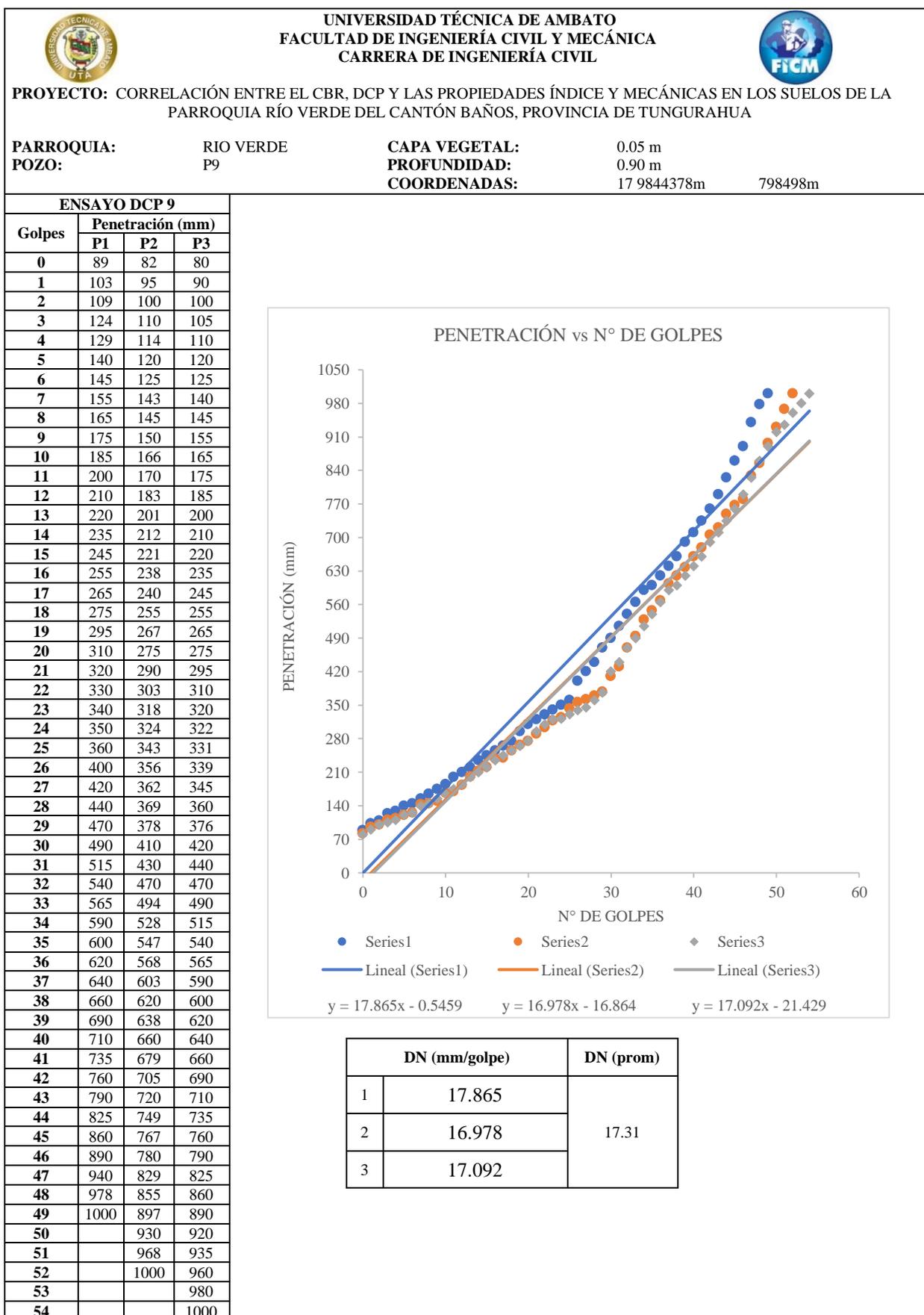
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 93. Ensayo 9 Proctor Modificado

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>						
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.05 m					
<b>POZO:</b>	P9	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.90 m					
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844378m		798498m			
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR 9								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	12820	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2347.85	cm <sup>3</sup>		
Energía de Compactación (lb pie/pie <sup>3</sup> )	55986	Norma	AASHTO	T-180	Øint (cm)	15.17	h (cm)	12.99
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000		6000	
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	6%	9%	12%	15%				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	17164	17421	17589	17545				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4344	4601	4769	4725				
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.850	1.960	2.031	2.012				
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	103	4	11	19	2	100	9	88
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	30.10	31.90	30.40	30.50	32.00	30.40	31.90	32.60
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	145.8	184.1	168.1	198.1	159.9	198.1	217.8	235.8
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	138.5	174.2	156.0	182.9	146.0	178.3	191.8	208.2
Peso sólidos W <sub>s</sub>	108.4	142.3	125.6	152.4	114.0	147.9	159.9	175.6
Peso del agua W <sub>w</sub>	7.3	9.9	12.1	15.2	13.9	19.8	26.0	27.6
Cont. Humedad $\omega\%$	6.73	6.96	9.63	9.97	12.19	13.39	16.26	15.72
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	6.85		9.80		12.79		15.99	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.732		1.785		1.801		1.735	
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
Cont. Humedad promedio $\omega\%$					12			
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )					1.805			
<b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b>								
								

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 94. Ensayo 9 DCP



AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 95. Ensayo 9 CBR

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>					
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA							
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.05 m				
<b>POZO:</b>	P9	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.90 m				
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844378m	798498m			
<b>CBR 9</b>							
<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>							
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO		<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb		
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180		<b>ALTURA DE CAÍDA:</b>		18"		
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000		<b>DENSIDAD MÁX SECA (gr/cm3)</b>		1.828	<b>W% ÓPTIMO</b>	12
<b>ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.</b>							
<b>MOLDE</b>	1		2		3		
<b>N° de Capas</b>	5		5		5		
<b>N° de Golpes</b>	56		27		11		
<b>Cond. Muestra</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>P. Hum. + Molde (gr)</b>	13320	13540	12746	12934	13821	14141	
<b>Peso Molde (gr)</b>	8755	8755	8343	8343	9630	9630	
<b>P. Humedo (gr)</b>	4565	4785	4403	4591	4191	4511	
<b>Volumen Muestra (cm3)</b>	2244.28	2244.28	2262.37	2262.37	2283.34	2283.34	
<b>Densidad Húmeda (gr/cm3)</b>	2.034	2.132	1.946	2.029	1.835	1.976	
<b>Densidad Seca (gr/cm3)</b>	1.812	1.746	1.733	1.706	1.631	1.609	
<b>Den. Seca Prom. (gr/cm3)</b>	1.779		1.719		1.620		
<b>CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>							
<b>Cond. Muestra</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>Recipiente N°</b>	81 21	14 37	75 4	18 45	30 65	15 46	
<b>P. Hum. + Recipiente (gr)</b>	151.2 124.9	126.8 154.2	132.2 161.3	118.3 173.5	152.5 130.8	119.5 128.3	
<b>P. Seco + Recipiente (gr)</b>	138.1 114.2	108.6 131.1	121.1 147.1	103.5 149.7	139.2 119.7	102.1 109.1	
<b>Peso Recipiente (gr)</b>	30.2 27.6	26.7 26.1	30.8 31.9	25.8 23.4	33.5 31.2	25.6 24.8	
<b>Peso Agua (gr)</b>	13.1 10.7	18.2 23.1	11.1 14.2	14.8 23.8	13.3 11.1	17.4 19.2	
<b>Peso de Sólidos (gr)</b>	107.9 86.6	81.9 105.0	90.3 115.2	77.7 126.3	105.7 88.5	76.5 84.3	
<b>Contenido Humedad %</b>	12.14 12.36	22.22 22.00	12.29 12.33	19.05 18.84	12.58 12.54	22.75 22.78	
<b>Con. Hum. Prom. %</b>	12.86%		15.62%		12.49%		17.25%
	12.15%		18.98%				

ENSAYO DE COMPRESIÓN CBR									
ÁREA DE PISTÓN: 3 plg <sup>2</sup>					NORMA: ASTM D-1883				
PENETRACIÓ N (plg)	MOLDE N° 1 (56 Golpes)			MOLDE N° 2 (27 Golpes)			MOLDE N° 3 (11 Golpes)		
	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ] Leída	CBR %	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ] Leída	CBR %	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ] Leída	CBR %
0	0	0		0	0		0	0	
0.025	426	142.1		289.9	96.6		103.3	34.4	
0.05	799	266.2		593.9	198.0		136.2	45.4	
0.075	999	332.9		686.2	228.7		168.8	56.3	
0.1	1152	384.1	38.41	843.1	281.0	28.1	205.6	68.5	6.85
0.15	1511	503.6		1128.9	376.3		257.9	86.0	
0.2	1778	592.6	39.51	1342.3	447.4	29.8	296.2	98.7	6.58
0.25	2099	699.6		1543.2	514.4		338.8	112.9	
0.3	2309	769.6		1750.3	583.4		378.3	126.1	
0.4	2767	922.3		2092.8	697.6		460.8	153.6	
0.5	3204	1067.9		2490.2	830.1		531.8	177.3	

**PRESIÓN vs PENETRACIÓN**

Penetración (plg*10 <sup>-3</sup> )	Resistencia (lb/plg <sup>2</sup> ) - 11 golpes	Resistencia (lb/plg <sup>2</sup> ) - 27 golpes	Resistencia (lb/plg <sup>2</sup> ) - 56 golpes
0	0	0	0
25	50	100	150
50	60	200	300
75	70	250	400
100	80	300	500
150	100	400	600
200	110	450	700
250	120	500	780
300	130	580	830
400	150	700	950
500	180	830	1070

MOLDE		1	2	3
CBR %	0.1"	38.41	28.10	6.85
	0.2"	39.51	29.83	6.58
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.779	1.719	1.620
Densidad seca máx.:		1.805		
Densidad seca máx. 95% DSM= 1.715		%CBR-0.1 plg 26	%CBR-0.2 plg 27.5	MAYOR % CBR 27.5

**%CBR vs. DENSIDAD SECA**

% CBR	Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> ) - 0.1 plg	Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> ) - 0.2 plg
6.85	1.620	1.620
28.10	1.719	1.719
38.41	1.779	1.779

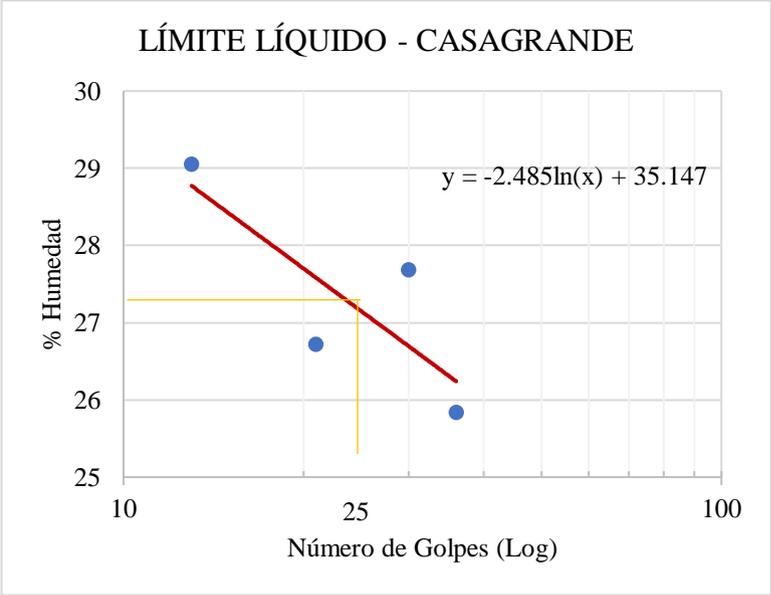
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 96. Ensayo 10 Contenido de Humedad y Granulometría

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>					
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.07 m		
<b>POZO:</b>	P10	<b>PROFUNDIDAD:</b>	1.00 m		
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844794m	797355m	
<b>HUMEDAD IN SITU 10</b>					
Muestra	Wrec (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	%Wnat	%Wprom
1	30.4	145.1	128.8	16.57%	15.82%
2	31.7	181.2	160.8	15.80%	
3	28.3	150.4	134.4	15.08%	
<b>GRANULOMETRÍA 10</b>					
		Winicial (gr) =		250	
TAMIZ	mm	Wret (gr)	Wret acum (gr)	% ret acum	% Pasa
#4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
#8	2.380	29.30	29.30	11.72	88.28
#10	2.000	7.53	36.83	14.73	85.27
#16	1.190	28.67	65.50	26.20	73.80
#30	0.595	49.60	115.10	46.04	53.96
#40	0.420	29.60	144.70	57.88	42.12
#50	0.297	27.55	172.25	68.90	31.10
#60	0.250	9.70	181.95	72.78	27.22
#100	0.149	24.85	206.80	82.72	17.28
#200	0.074	20.40	227.20	90.88	9.12
FUENTE		22.80	250.00	100.00	0
<b>CURVA GRANULOMÉTRICA</b>					
<b>D10 (mm)</b>	0.09		<b>Cu = D60/D10</b>		9.78
<b>D30 (mm)</b>	0.28		<b>Cc = D30<sup>2</sup>/(D60*D10)</b>		0.99
<b>D60 (mm)</b>	0.880		<b>Tamaño Nominal Máximo (TMN) mm</b>		2.00

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 97. Ensayo 10 Límites de Atterberg

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 					
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.07 m		
<b>POZO:</b>	P10	<b>PROFUNDIDAD:</b>	1.00 m		
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844794m	797355m	
LÍMITE LÍQUIDO 10					
Nº GOLPES	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% w	% Wprom
13	10.9	20.6	18.4	29.33	29.05
	11.2	20.6	18.5	28.77	
21	11.4	18.1	16.7	26.42	26.72
	11.5	20.9	18.9	27.03	
30	11.7	20.9	18.9	27.78	27.68
	11.5	18.9	17.3	27.59	
36	11.1	22.2	19.9	26.14	25.83
	11.0	22.8	20.4	25.53	
LÍMITE LÍQUIDO:				27.15	
<div style="text-align: center;">  <p><b>LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE</b></p> <p><math>y = -2.485\ln(x) + 35.147</math></p> </div>					
LÍMITE PLÁSTICO 10					
Identificación	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% w	
#37	27.0	28.9	28.5	26.67	
#36	39.3	40.9	40.6	23.08	
#25	44.5	46.4	46.0	26.67	
#35	24.5	26.2	25.8	30.77	
#18	26.2	28.0	27.6	28.57	
PROMEDIO W% (LP)				27.15	

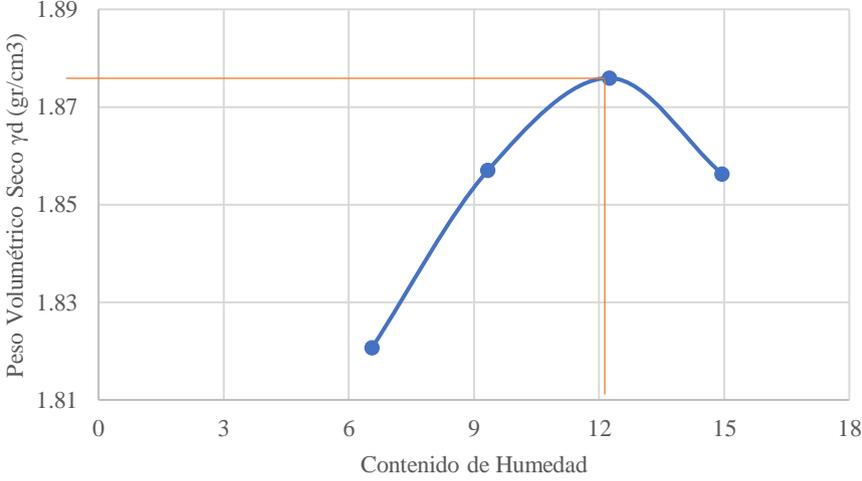
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 98. Ensayo 10 Densidad de Campo y Gravedad Específica

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
					
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.07 m		
<b>POZO:</b>	P10	<b>PROFUNDIDAD:</b>	1.00 m		
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844794m	797355m	
<b>DENSIDAD DE CAMPO 10</b>					
<b>DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO</b>					
Peso de la masa del suelo + funda	$W_{m+Rec}$	1521.80	gr		
Peso de la funda	Rec	2.50	gr		
Peso de la masa del suelo	$W_m = W_{m+Rec} - Rec$	1519.30	gr		
<b>DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO</b>					
Peso inicial frasco + cono + arena		4968.50	gr		
Peso final frasco + cono + arena		2016.80	gr		
Peso de la arena en el cono		1629.00	gr		
Peso arena en la perforación		1322.70	gr		
Densidad de la arena de ottawa		1.582	gr/cm <sup>3</sup>		
Volumen de la perforación	$V_m$	836.09	cm <sup>3</sup>		
<b>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
Identificación del recipiente		20	22		
Peso húmedo + recipiente	$W_{m+Wr}$	145.10	150.40		
Peso seco + recipiente	$W_s + Wr$	128.80	134.40		
Peso recipiente	Rec	30.40	28.30		
Peso del agua	$W_w$	16.30	16.00		
Peso de los sólidos	$W_s$	98.40	106.10		
Contenido de humedad	w%	16.57	15.08		
Contenido de humedad promedio	$W\%$	15.82			
<b>DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO</b>					
		<b>Volumen</b>	<b>Peso</b>		
Volumen de vacíos	$V_v$	25.99	-		
	$V_a$	9.69	0.00		
	$V_w$	16.30	16.30		
	$V_s$	37.13	98.40		
	$V_m$	63.12	114.70		
<b>DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO</b>					
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda) $\gamma_m$		1.817	gr/cm <sup>3</sup>		
Densidad seca $\gamma_d$		1.569	gr/cm <sup>3</sup>		
Contenido de humedad	w%	1582.26	%		
Relación de vacíos	$e = V_v/V_s$	0.70	natural		
Porosidad	$n\% = V_v/V_m * 100$	41.17	%		
Grado de saturación del agua	$G_w\% = V_w/V_v * 100$	62.72	%		
Grado de saturación del aire $G_a\%$		37.28	%		
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA 10</b>					
Temperatura del agua + suelo		23			
Peso del recipiente + suelo seco		307.8			
Peso del recipiente ( $W_r$ )		258.2			
Peso del suelo seco ( $W_s$ )		49.6			
Peso picnómetro+agua ( $W_{bw}$ )		650.1			
$W_s + W_{bw}$		699.7			
Peso picnómetro+agua+suelo ( $W_{bws}$ )		680.1			
Deslizamiento del agua ( $W_s + W_{bw} - W_{bws}$ )		19.6			
Factor de correlación por temperatura K		0.99933			
Gravedad específica ( $G_s$ )		2.529			

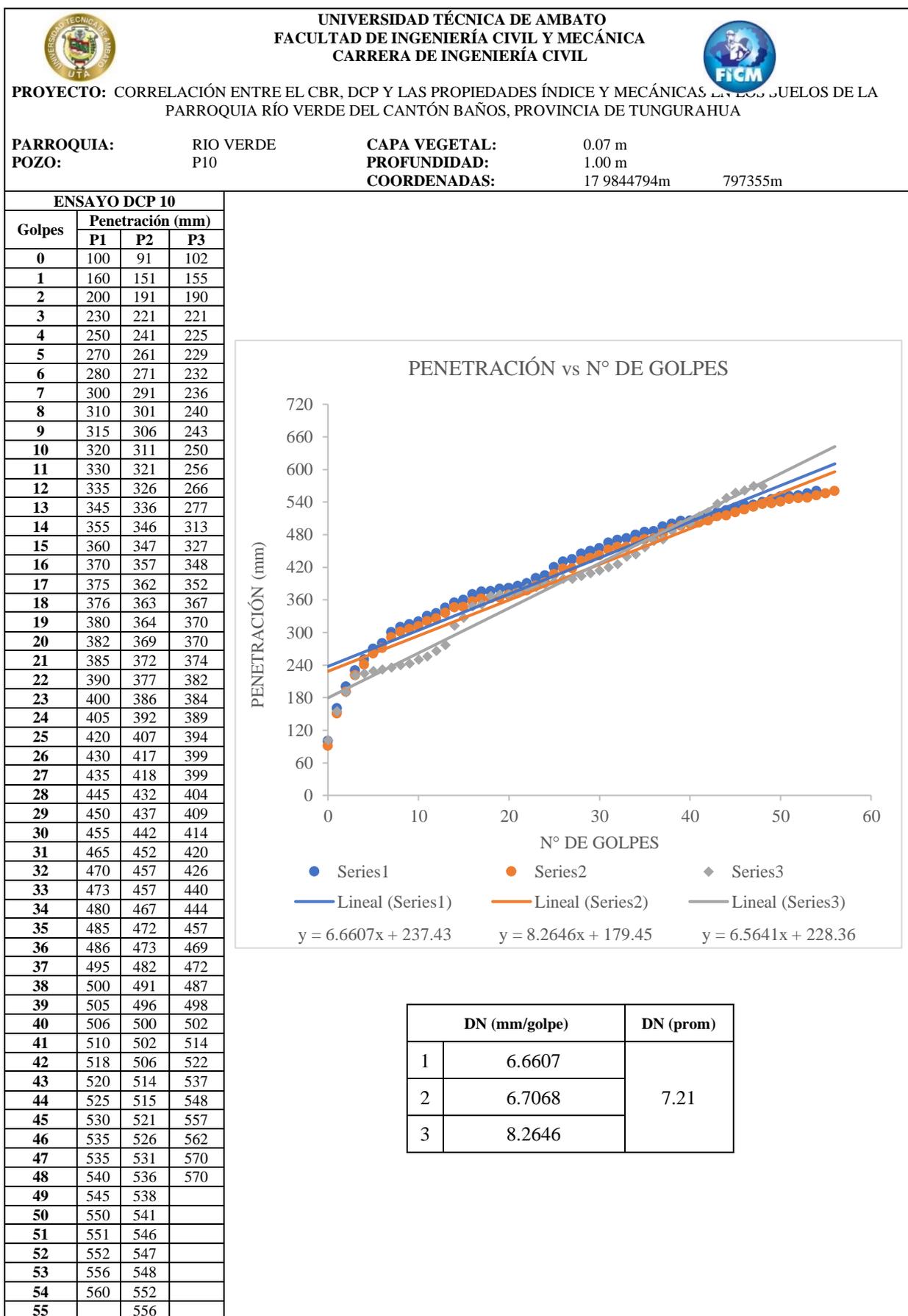
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 99. Ensayo 10 Proctor Modificado

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>						
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.07 m					
<b>POZO:</b>	P10	<b>PROFUNDIDAD:</b>	1.00 m					
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844794m 797355m					
<b>ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR 10</b>								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	12820	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2347.85	cm <sup>3</sup>		
Energía de Compactación (lb pie/pie <sup>3</sup> )	55986	Norma	AASHTO	T-180	Øint (cm)	15.17	h (cm)	12.99
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000		6000	
<b>PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	6%	9%	12%	15%				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	17375	17587	17764	17830				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4555	4767	4944	5010				
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.940	2.030	2.106	2.134				
<b>DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>								
Recipiente número	3	8	67	77	69	41	43	88
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	30.1	30.5	30.40	30.90	30.60	31.00	32.30	32.60
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	136.5	145.8	109.9	179.9	139.2	151.5	217.4	215.1
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	129.5	139.2	103.1	167.2	127.3	138.4	191.3	193.4
Peso sólidos W <sub>s</sub>	99.4	108.7	72.7	136.3	96.7	107.4	159.0	160.8
Peso del agua W <sub>w</sub>	7.0	6.6	6.8	12.7	11.9	13.1	26.1	21.7
Cont. Humedad $\omega$ %	7.04	6.07	9.35	9.32	12.31	12.20	16.42	13.50
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	6.56		9.34		12.25		14.96	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.821		1.857		1.876		1.856	
<b>DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA</b>								
Cont. Humedad promedio $\omega$ %					12.3			
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )					1.875			
<b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b>								
								

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 100. Ensayo 10 DCP

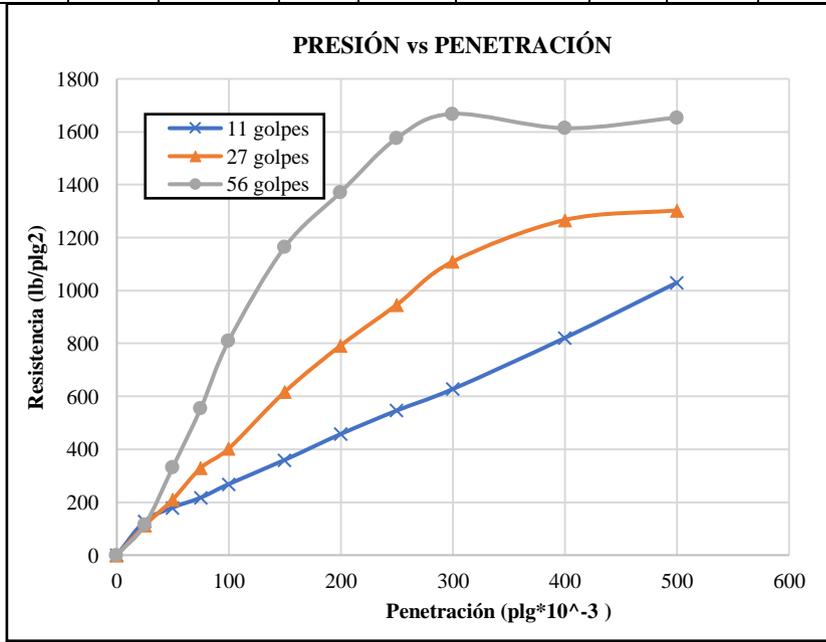


AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

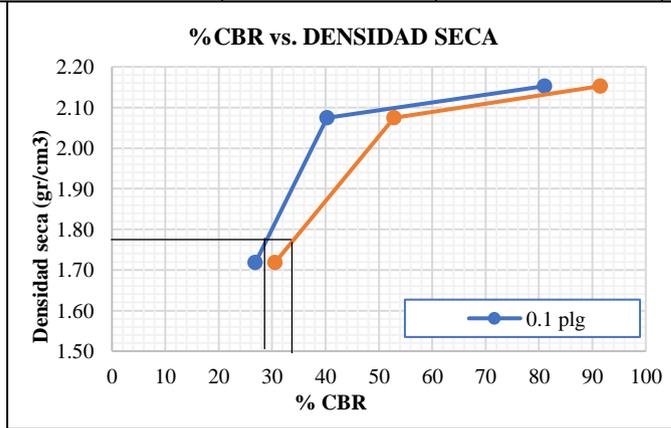
Tabla 101. Ensayo 10 CBR

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>										
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA												
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.07 m									
<b>POZO:</b>	P10	<b>PROFUNDIDAD:</b>	1.00 m									
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844794m		797355m							
<b>CBR 10</b>												
<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>												
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO		<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb							
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180		<b>ALTURA DE CAÍDA:</b>		18"							
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000		<b>DENSIDAD MÁX SECA (gr/cm3)</b>		1.828	<b>W% ÓPTIMO</b>	12					
<b>ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.</b>												
<b>MOLDE</b>	1		2		3							
<b>N° de Capas</b>	5		5		5							
<b>N° de Golpes</b>	56		27		11							
<b>Cond. Muestra</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>P. Hum. + Molde (gr)</b>	13716	13908	12283	12506	13387	13654						
<b>Peso Molde (gr)</b>	8255	8255	6980	6980	8982	8982						
<b>P. Humedo (gr)</b>	5461	5653	5303	5526	4405	4672						
<b>Volumen Muestra (cm3)</b>	2244.28	2244.28	2262.37	2262.37	2283.34	2283.34						
<b>Densidad Húmeda (gr/cm3)</b>	2.433	2.519	2.344	2.443	1.929	2.046						
<b>Densidad Seca (gr/cm3)</b>	2.161	2.145	2.077	2.073	1.717	1.719						
<b>Den. Seca Prom. (gr/cm3)</b>	2.153		2.075		1.718							
<b>CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>												
<b>Cond. Muestra</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>Recipiente N°</b>	16	59	2	1	84	73	16	88	27	85	42	89
<b>P. Hum. + Recipiente (gr)</b>	140.6	109.8	157.2	199.8	175.8	132.9	190.9	195.3	132.9	163.9	230.8	188.0
<b>P. Seco + Recipiente (gr)</b>	127.4	101.1	138.6	174.6	159.9	121.0	166.3	171.0	121.1	149.5	198.7	163.2
<b>Peso Recipiente (gr)</b>	24.4	30.9	30.5	32.2	32.4	31.2	30.6	32.6	25.3	33.1	31.7	31.7
<b>Peso Agua (gr)</b>	13.2	8.7	18.6	25.2	15.9	11.9	24.6	24.3	11.8	14.4	32.1	24.8
<b>Peso de Sólidos (gr)</b>	103.0	70.2	108.1	142.4	127.5	89.8	135.7	138.4	95.8	116.4	167.0	131.5
<b>Contenido Humedad %</b>	12.82	12.39	17.21	17.70	12.47	13.25	18.13	17.56	12.32	12.37	19.22	18.86
<b>Con. Hum. Prom. %</b>	12.60%		17.45%		12.86%		17.84%		12.34%		19.04%	

ENSAYO DE COMPRESIÓN CBR									
ÁREA DE PISTÓN: 3 plg <sup>2</sup>					NORMA: ASTM D-1883				
PENETRACIÓ N (plg)	MOLDE N° 1 (56 Golpes)			MOLDE N° 2 (27 Golpes)			MOLDE N° 3 (11 Golpes)		
	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ] Leída	CBR %	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ] Leída	CBR %	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ] Leída	CBR %
0	0	0		0	0		0	0	
0.025	346	115		338.2	112.7		386.6	128.9	
0.05	999	333		633.5	211.2		540.1	180.0	
0.075	1667	556		990.5	330.2		653.3	217.8	
0.1	2433	811	81.09	1210.1	403.4	40.3	806.3	268.8	26.88
0.15	3494	1165		1852.8	617.6		1080	360.2	
0.2	4117	1372	91.48	2378.6	792.9	52.8	1373	458.0	30.53
0.25	4729	1576		2840.3	946.8		1640	546.7	
0.3	5004	1668		3329.6	1109.9		1883	627.9	
0.4	4841	1614		3800.1	1266.7		2463	821.3	
0.5	4961	1654		3909.6	1303.2		3090	1030.2	



MOLDE	1	2	3
CBR %	81.09	40.34	26.88
	91.48	52.86	30.53
Densidad Seca	2.153	2.075	1.718
Densidad seca máx.:	1.875		
Densidad seca máx. 95% DSM= 1.781	%CBR-0.1 plg 29.5	%CBR-0.2 plg 34.9	MAYOR % CBR 34.9



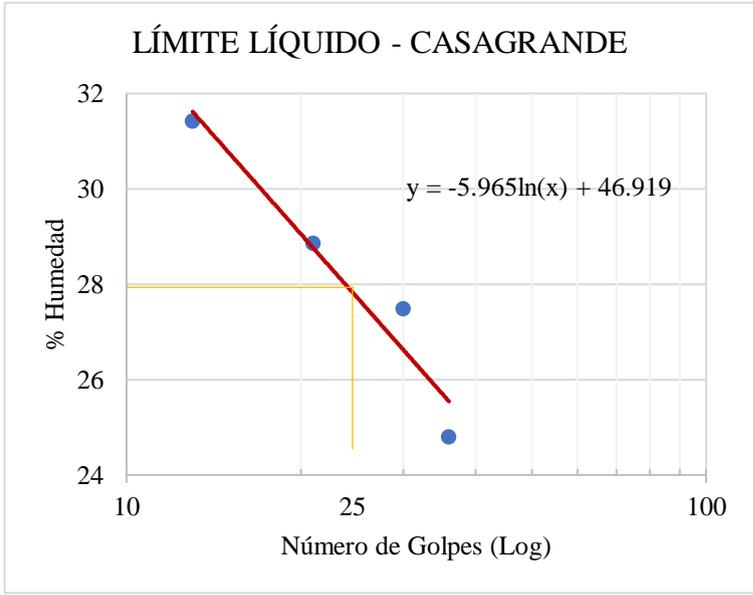
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 102. Ensayo 11 Contenido de Humedad y Granulometría

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>					
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.08 m		
<b>POZO:</b>	P11	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.80 m		
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844955m	796446m	
<b>HUMEDAD IN SITU 11</b>					
Muestra	Wrec (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	%Wnat	%Wprom
1	29.9	136.5	122.4	15.24%	16.91%
2	32.9	186.3	164.6	16.48%	
3	30.8	194.3	168.2	19.00%	
<b>GRANULOMETRÍA 11</b>					
		Winicial (gr) =		250	
TAMIZ	mm	Wret (gr)	Wret acum (gr)	% ret acum	% Pasa
#4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
#8	2.380	138.10	138.10	55.24	44.76
#10	2.000	9.70	147.80	59.12	40.88
#16	1.190	21.60	169.40	67.76	32.24
#30	0.595	22.10	191.50	76.60	23.40
#40	0.420	10.20	201.70	80.68	19.32
#50	0.297	7.40	209.10	83.64	16.36
#60	0.250	5.30	214.40	85.76	14.24
#100	0.149	9.60	224.00	89.60	10.40
#200	0.074	10.60	234.60	93.84	6.16
FUENTE		15.40	250.00	100.00	0
<b>CURVA GRANULOMÉTRICA</b>					
<b>D10 (mm)</b>	0.15	<b>Cu = D60/D10</b>		19.80	
<b>D30 (mm)</b>	1.1	<b>Cc = D30<sup>2</sup>/(D60*D10)</b>		2.72	
<b>D60 (mm)</b>	2.970	<b>Tamaño Nominal Máximo (TMN) mm</b>		2.38	

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 103. Ensayo 11 Límites de Atterberg

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
					
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.08 m		
<b>POZO:</b>	P11	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.80 m		
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844955m	796446m	
LÍMITE LÍQUIDO 11					
Nº GOLPES	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% w	% Wprom
13	11.3	21.8	19.3	31.25	31.41
	12.1	22.1	19.7	31.58	
21	10.6	19.4	17.4	29.41	28.86
	11.8	18.6	17.1	28.30	
30	12.1	20.4	18.6	27.69	27.48
	10.8	19.2	17.4	27.27	
36	11.6	20.4	18.6	25.71	24.80
	11.5	19.8	18.2	23.88	
LÍMITE LÍQUIDO:				27.72	
<div style="text-align: center;">  <p>LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE</p> <p><math>y = -5.965\ln(x) + 46.919</math></p> </div>					
LÍMITE PLÁSTICO 11					
Identificación	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% w	
#37	27.4	28.3	28.1	28.57	
#36	26.5	27.9	27.6	27.27	
#25	24.8	25.7	25.5	28.57	
#35	24.8	26.8	26.4	25.00	
#18	24.0	25.4	25.1	27.27	
PROMEDIO W% (LP)				27.34	

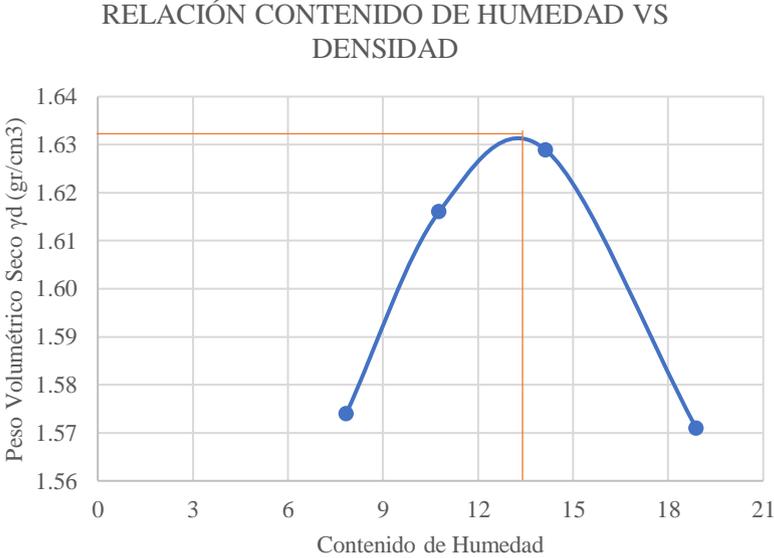
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 104. Ensayo 11 Densidad de Campo y Gravedad Específica

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
					
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.08 m		
<b>POZO:</b>	P11	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.80 m		
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844955m	796446m	
<b>DENSIDAD DE CAMPO 111</b>					
<b>DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO</b>					
Peso de la masa del suelo + funda	$W_{m+Rec}$	1056.80	gr		
Peso de la funda	Rec	2.50	gr		
Peso de la masa del suelo	$W_m = W_{m+Rec} - Rec$	1054.30	gr		
<b>DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO</b>					
Peso inicial frasco + cono + arena		5068.20	gr		
Peso final frasco + cono + arena		2124.60	gr		
Peso de la arena en el cono		1629.00	gr		
Peso arena en la perforación		1314.60	gr		
Densidad de la arena de ottawa		1.582	gr/cm <sup>3</sup>		
Volumen de la perforación	$V_m$	830.97	cm <sup>3</sup>		
<b>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
Identificación del recipiente		82	6		
Peso húmedo + recipiente	$W_{m+Wr}$	181.80	145.60		
Peso seco + recipiente	$W_s + Wr$	155.20	124.80		
Peso recipiente	Rec	30.60	35.60		
Peso del agua	$W_w$	26.60	20.80		
Peso de los sólidos	$W_s$	124.60	89.20		
Contenido de humedad	w%	21.35	23.32		
Contenido de humedad promedio	$W\%$	20.76			
<b>DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO</b>					
		<b>Volumen</b>	<b>Peso</b>		
Volumen de vacíos	$V_v$	50.62	-		
	$V_a$	32.52	0.00		
	$V_w$	18.10	18.10		
	$V_s$	33.40	88.50		
	$V_m$	84.02	106.60		
		$W_a$			
		$W_w$			
		$W_s$			
		$W_m$			
<b>DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO</b>					
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda) $\gamma_m$		1.269	gr/cm <sup>3</sup>		
Densidad seca $\gamma_d$		1.051	gr/cm <sup>3</sup>		
Contenido de humedad	w%	2076.27	%		
Relación de vacíos	$e = V_v/V_s$	1.52	natural		
Porosidad	$n\% = V_v/V_m * 100$	60.25	%		
Grado de saturación del agua	$G_w\% = V_w/V_v * 100$	35.75	%		
Grado de saturación del aire $G_a\%$		64.25	%		
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA 11</b>					
Temperatura del agua + suelo		24			
Peso del recipiente + suelo seco		114.7			
Peso del recipiente ( $W_r$ )		64.7			
Peso del suelo seco ( $W_s$ )		50			
Peso picnómetro+agua ( $W_{bw}$ )		648.80			
$W_s + W_{bw}$		698.8			
Peso picnómetro+agua+suelo ( $W_{bws}$ )		678.2			
Deslizamiento del agua ( $W_s + W_{bw} - W_{bws}$ )		20.6			
Factor de correlación por temperatura K		0.99909			
Gravedad específica ( $G_s$ )		2.425			

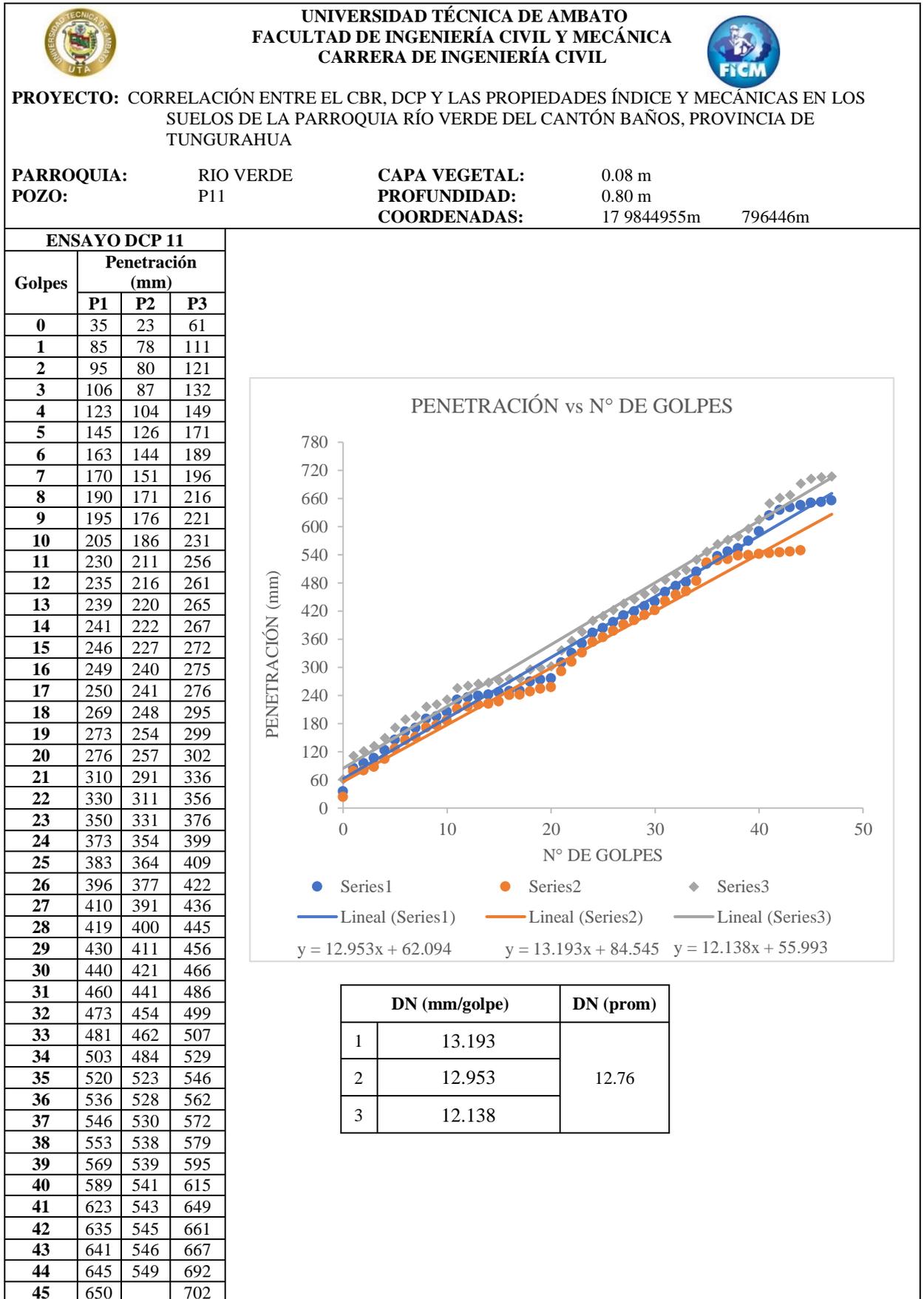
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 105. Ensayo 11 Proctor Modificado

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>						
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.08 m					
<b>POZO:</b>	P11	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.80 m					
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844955m		796446m			
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR 11								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	12820	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2347.85	cm <sup>3</sup>		
Energía de Compactación (lb pie/pie <sup>3</sup> )	55986	Norma	AASHTO	T-180	Øint (cm)	15.17	h (cm)	12.99
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000		6000	
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	6%	9%	12%	15%				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	16805	17023	17185	17205				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3985	4203	4365	4385				
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.697	1.790	1.859	1.868				
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	45	18	67	88	35	19	24	38
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	31.50	30.80	30.70	31.00	30.80	31.10	30.50	30.10
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	168.7	152.4	113.8	109.2	163.7	129.4	137.8	163.2
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	159.6	142.8	105.5	101.8	147.0	117.4	120.4	142.5
Peso sólidos W <sub>s</sub>	128.1	112.0	74.8	70.8	116.2	86.3	89.9	112.4
Peso del agua W <sub>w</sub>	9.1	9.6	8.3	7.4	16.7	12.0	17.4	20.7
Cont. Humedad $\omega$ %	7.10	8.57	11.10	10.45	14.37	13.90	19.35	18.42
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	7.84		10.77		14.14		18.89	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.574		1.616		1.629		1.571	
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
Cont. Humedad promedio $\omega$ %					13.1			
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )					1.635			
<p style="text-align: center;"><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p> 								

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 106. Ensayo 11 DCP



AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 107. Ensayo 11 CBR

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>										
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA												
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.08 m									
<b>POZO:</b>	P11	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.80 m									
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9844955m	796446m								
<b>CBR 11</b>												
<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>												
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO		<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb							
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180		<b>ALTURA DE CAÍDA:</b>		18"							
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000		<b>DENSIDAD MÁX SECA (gr/cm3)</b>	1.828	<b>W% ÓPTIMO</b>	12						
<b>ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.</b>												
<b>MOLDE</b>	1		2		3							
<b>N° de Capas</b>	5		5		5							
<b>N° de Golpes</b>	56		27		11							
<b>Cond. Muestra</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>P. Hum. + Molde (gr)</b>	11058	11154	12966	13098	13205	13309						
<b>Peso Molde (gr)</b>	6895	6895	8879.6	8879.6	9785	9785						
<b>P. Humedo (gr)</b>	4163	4259	4086.4	4218.4	3420	3524						
<b>Volumen Muestra (cm3)</b>	2244.28	2244.28	2262.37	2262.37	2283.34	2283.34						
<b>Densidad Húmeda (gr/cm3)</b>	1.855	1.898	1.806	1.865	1.498	1.543						
<b>Densidad Seca (gr/cm3)</b>	1.618	1.531	1.575	1.538	1.300	1.235						
<b>Den. Seca Prom. (gr/cm3)</b>	1.574		1.556		1.267							
<b>CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>												
<b>Cond. Muestra</b>	<b>Antes del remojo</b>		<b>Después del remojo</b>		<b>Antes del remojo</b>		<b>Después del remojo</b>					
<b>Recipiente N°</b>	15	19	21	56	54	59	84	99	105	16	18	75
<b>P. Hum. + Recipiente (gr)</b>	185.6	142.1	163.5	196.5	185.2	172.4	165.4	158.0	198.5	170.4	145.8	130.4
<b>P. Seco + Recipiente (gr)</b>	165.4	128.2	137.5	165.6	165.5	154.2	143.1	134.4	175.8	152.4	122.8	110.8
<b>Peso Recipiente (gr)</b>	31.1	30.9	32.8	31.8	31.2	30.8	30.2	30.6	30.8	31.2	31.9	31.1
<b>Peso Agua (gr)</b>	20.2	13.9	26.0	30.9	19.7	18.2	22.3	23.6	22.7	18.0	23.0	19.6
<b>Peso de Sólidos (gr)</b>	134.3	97.3	104.7	133.8	134.3	123.4	112.9	103.8	145.0	121.2	90.9	79.7
<b>Contenido Humedad %</b>	15.04	14.29	24.83	23.09	14.67	14.75	19.75	22.74	15.66	14.85	25.30	24.59
<b>Con. Hum. Prom. %</b>	14.66%		23.96%		14.71%		21.24%		15.25%		24.95%	

ENSAYO DE COMPRESIÓN CBR									
ÁREA DE PISTÓN: 3 plg <sup>2</sup>					NORMA: ASTM D-1883				
PENETRACIÓ N (plg)	MOLDE N° 1 (56 Golpes)			MOLDE N° 2 (27 Golpes)			MOLDE N° 3 (11 Golpes)		
	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ] Leída	CBR %	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ] Leída	CBR %	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ] Leída	CBR %
0	0	0		0	0		0	0	
0.025	556.4	185.5		302.5	100.8		59.8	19.9	
0.05	768.9	256.3		598.5	199.5		184.5	61.5	
0.075	1056.0	352.0		765.7	255.2		267.8	89.3	
0.1	1194.0	398.0	39.80	856.0	285.3	28.53	367.0	122.3	12.23
0.15	1556.2	518.7		968.9	323.0		456.3	152.1	
0.2	1765.5	588.5	39.23	1095.6	365.2	24.35	528.9	176.3	11.75
0.25	2045.9	682.0		1256.2	418.7		696.8	232.3	
0.3	2234.7	744.9		1436.5	478.8		790.8	263.6	
0.4	2656.8	885.6		1756.8	585.6		1030.5	343.5	
0.5	3056.8	1018.9		2085.9	695.3		1270.5	423.5	

**PRESIÓN vs PENETRACIÓN**

Penetración (plg*10 <sup>-3</sup> )	11 golpes (lb/plg <sup>2</sup> )	27 golpes (lb/plg <sup>2</sup> )	56 golpes (lb/plg <sup>2</sup> )
0	0	0	0
~25	~50	~100	~180
~50	~80	~180	~280
~75	~100	~250	~380
~100	~120	~300	~450
~150	~150	~350	~550
~200	~180	~400	~600
~250	~220	~450	~700
~300	~250	~500	~750
~400	~350	~600	~900
~500	~420	~700	~1020

MOLDE		1	2	3
CBR %	0.1"	39.80	28.53	12.23
	0.2"	39.23	24.35	11.75
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.574	1.556	1.267
Densidad seca máx.:		1.635		
Densidad seca máx. 95% DSM=	1.553	%CBR-0.1 plg	%CBR-0.2 plg	MAYOR % CBR
		28.2	24.2	28.2

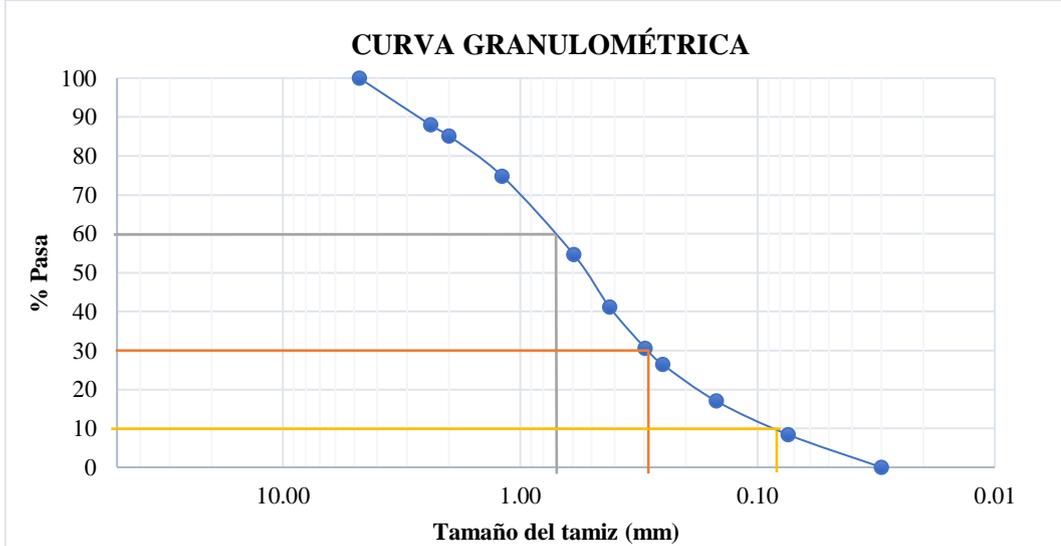
  

**%CBR vs. DENSIDAD SECA**

% CBR	0.1 plg (gr/cm <sup>3</sup> )	0.2 plg (gr/cm <sup>3</sup> )
~12	~1.27	~1.27
~25	~1.55	~1.55
~28	~1.55	~1.55
~40	~1.57	~1.57

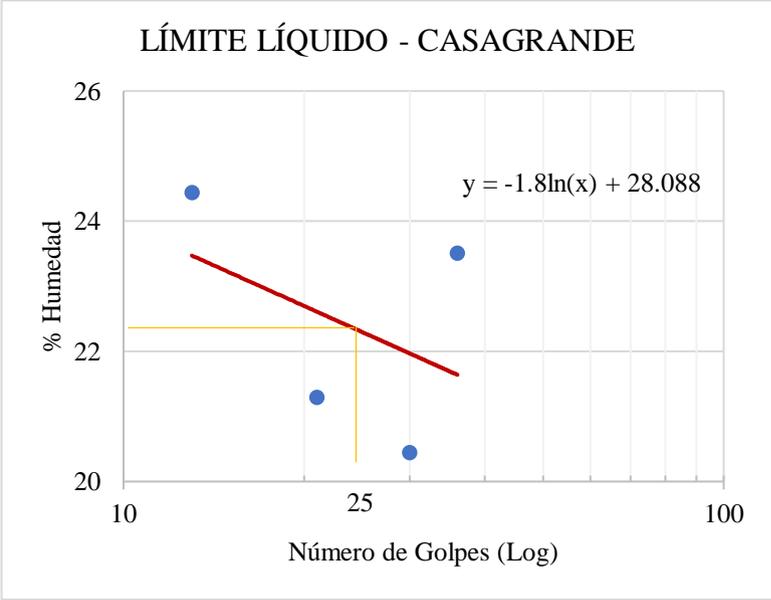
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 108. Ensayo 12 Contenido de Humedad y Granulometría

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>					
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA							
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.05 m				
<b>POZO:</b>	P12	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.80 m				
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9845105m	795179m			
HUMEDAD IN SITU 12							
Muestra	Wrec (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	%Wnat	%Wprom		
1	31.2	181.4	153.6	22.71%	22.66%		
2	30.2	146.8	125.3	22.61%			
3	30.7	146.6	125.2	22.65%			
GRANULOMETRÍA 12							
Winicial (gr) =			250				
TAMIZ	mm	Wret (gr)	Wret acum (gr)	% ret acum	% Pasa		
#4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00		
#8	2.380	30.20	30.20	12.08	87.92		
#10	2.000	6.90	37.10	14.84	85.16		
#16	1.190	25.90	63.00	25.20	74.80		
#30	0.595	50.30	113.30	45.32	54.68		
#40	0.420	33.80	147.10	58.84	41.16		
#50	0.297	26.40	173.50	69.40	30.60		
#60	0.250	10.60	184.10	73.64	26.36		
#100	0.149	23.40	207.50	83.00	17.00		
#200	0.074	21.60	229.10	91.64	8.36		
FUENTE		20.90	250.00	100.00	0		
<b>CURVA GRANULOMÉTRICA</b>							
							
<b>D10 (mm)</b>	0.1		<b>Cu = D60/D10</b>		8.80		
<b>D30 (mm)</b>	0.29		<b>Cc = D30<sup>2</sup>/(D60*D10)</b>		0.96		
<b>D60 (mm)</b>	0.880		<b>Tamaño Nominal Máximo (TMN) mm</b>		2.00		

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 109. Ensayo 12 Límites de Atterberg

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
					
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.05 m		
<b>POZO:</b>	P12	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.80 m		
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9845105m	795179m	
LÍMITE LÍQUIDO 12					
Nº GOLPES	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% w	% Wprom
13	11.1	19.7	18	24.64	24.44
	10.0	18.2	16.6	24.24	
21	11.5	20.7	19.1	21.05	21.30
	11.5	19.4	18	21.54	
30	10.8	20.3	18.7	20.25	20.44
	11.6	19.2	17.9	20.63	
36	11.6	20.6	18.9	23.29	23.51
	11.7	19	17.6	23.73	
LÍMITE LÍQUIDO:				22.29	
<div style="text-align: center;">  <p>LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE</p> <p><math>y = -1.8\ln(x) + 28.088</math></p> </div>					
LÍMITE PLÁSTICO 12					
Identificación	Wcaps (gr)	Whum (gr)	Wseco (gr)	% w	
#37	26.3	28.9	28.4	23.81	
#36	25.7	26.8	26.6	22.22	
#25	26.1	27.3	27.1	20.00	
#35	27.0	28.7	28.4	21.43	
#18	25.5	27.1	26.8	23.08	
PROMEDIO W% (LP)				22.11	

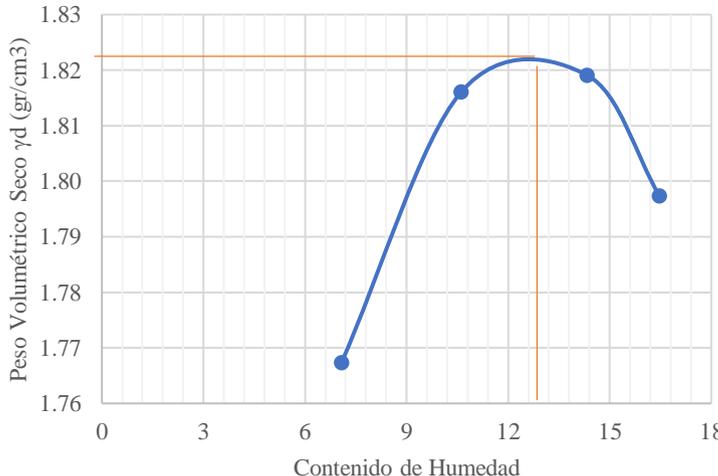
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 110. Ensayo 12 Densidad de Campo y Gravedad Específica

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA			
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.05 m
<b>POZO:</b>	P12	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.80 m
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9845105m 795179m
<b>DENSIDAD DE CAMPO 12</b>			
<b>DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO</b>			
Peso de la masa del suelo + funda	$W_{m+Rec}$	1756.90	gr
Peso de la funda	Rec	2.50	gr
Peso de la masa del suelo	$W_m = W_{m+Rec} - Rec$	1754.40	gr
<b>DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO</b>			
Peso inicial frasco + cono + arena		5468.30	gr
Peso final frasco + cono + arena		2286.20	gr
Peso de la arena en el cono		1629.00	gr
Peso arena en la perforación		1553.10	gr
Densidad de la arena de ottawa		1.582	gr/cm <sup>3</sup>
Volumen de la perforación	$V_m$	981.73	cm <sup>3</sup>
<b>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			
Identificación del recipiente		40	41
Peso húmedo + recipiente	$W_{m+Wr}$	181.40	146.80
Peso seco + recipiente	$W_s + Wr$	153.60	125.30
Peso recipiente	Rec	31.20	30.20
Peso del agua	$W_w$	27.80	21.50
Peso de los sólidos	$W_s$	122.40	95.10
Contenido de humedad	w%	22.71	22.61
Contenido de humedad promedio	$W\%$	22.66	
<b>DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO</b>			
		<b>Volumen</b>	<b>Peso</b>
Volumen de vacíos	$V_v$	37.86	-
	$V_a$	10.06	0.00
	$V_w$	27.80	27.80
	$V_s$	46.19	122.40
	$V_m$	84.05	150.20
		$W_a$	
		$W_w$	
		$W_s$	
		$W_m$	
<b>DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO</b>			
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda) $\gamma_m$		1.787	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca $\gamma_d$		1.457	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad	w%	2266.01	%
Relación de vacíos	$e = V_v/V_s$	0.82	natural
Porosidad	$n\% = V_v/V_m * 100$	45.05	%
Grado de saturación del agua	$G_w\% = W_w/V_w * 100$	73.43	%
Grado de saturación del aire $G_a\%$		26.57	%
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA 12</b>			
Temperatura del agua + suelo		24	
Peso del recipiente + suelo seco		311.8	
Peso del recipiente ( $W_r$ )		263.4	
Peso del suelo seco ( $W_s$ )		48.4	
Peso picnómetro+agua ( $W_{bw}$ )		648.80	
$W_s + W_{bw}$		697.2	
Peso picnómetro+agua+suelo ( $W_{bws}$ )		678.2	
Deslizamiento del agua ( $W_s + W_{bw} - W_{bws}$ )		19	
Factor de correlación por temperatura K		0.99909	
Gravedad específica ( $G_s$ )		2.545	

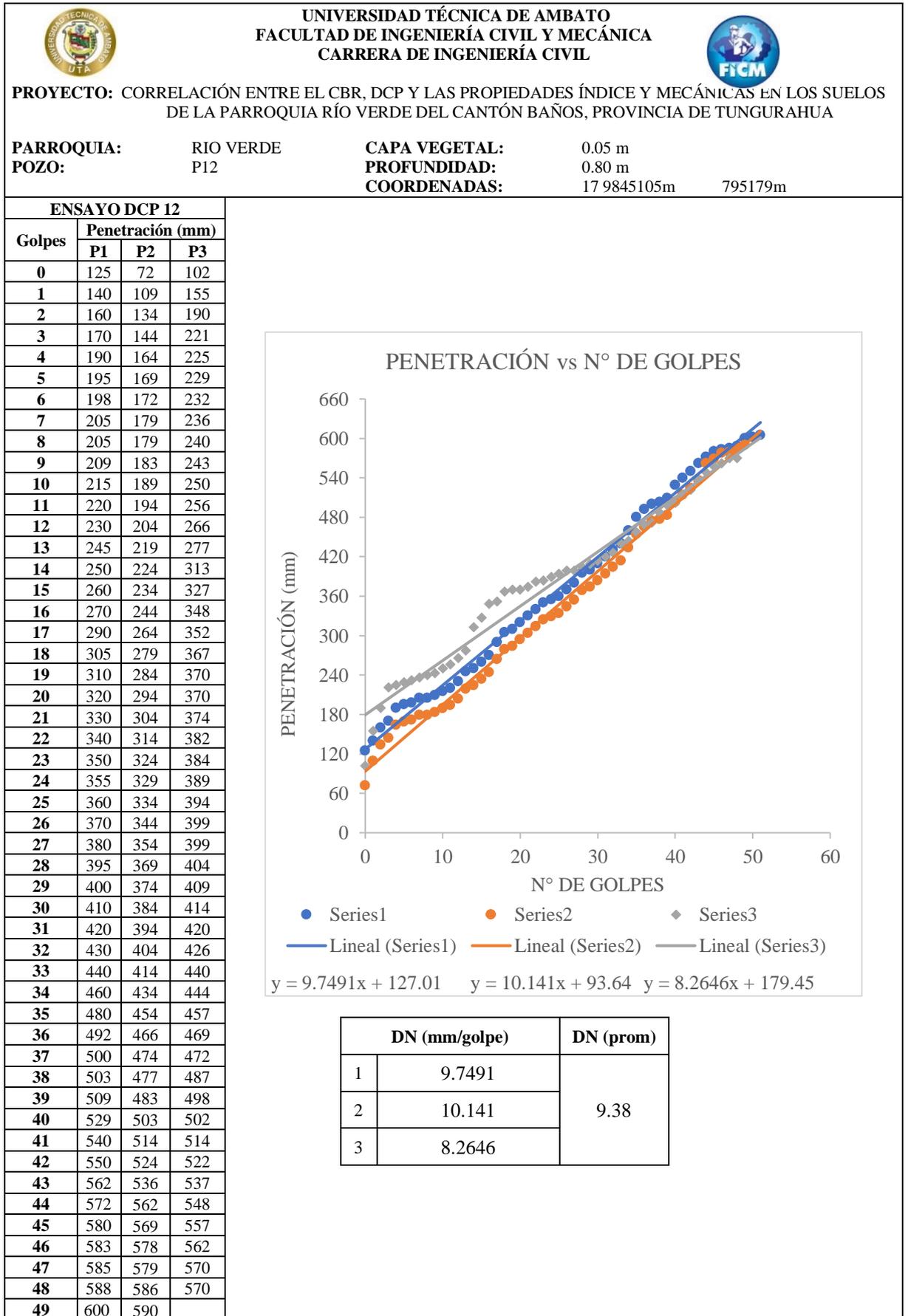
AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 111. Ensayo 12 Proctor Modificado

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>						
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.05 m					
<b>POZO:</b>	P12	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.80 m					
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9845105m		795179m			
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR 12								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	12820	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2347.85	cm <sup>3</sup>		
Energía de Compactación (lb pie/pie <sup>3</sup> )	55986	Norma	AASHTO	T-180	Øint (cm)	15.17	h (cm)	12.99
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000		6000	
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	6%	9%	12%	15%				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	17263	17536	17703	17735				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4443	4716	4883	4915				
Peso unitario húmedo γm (gr/cm <sup>3</sup> )	1.892	2.009	2.080	2.093				
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	25	15	16	19	17	20	21	37
Peso del recipiente Wr	30.8	31.5	30.1	30.8	31.0	31.6	30.9	30.1
Rec+suelo húmedo Wr+Wm	185.9	175.6	138.4	165.8	163.5	152.4	177.2	128.9
Rec+suelo seco Ws + Wm	175.2	166.5	127.5	153.5	147.4	136.8	156.7	114.8
Peso sólidos Ws	144.4	135.0	97.4	122.7	116.4	105.2	125.8	84.7
Peso del agua Ww	10.7	9.1	10.9	12.3	16.1	15.6	20.5	14.1
Cont. Humedad ω%	7.41	6.74	11.19	10.02	13.83	14.83	16.30	16.65
Cont. Humedad promedio ω%	7.08		10.61		14.33		16.47	
Peso Volumétrico Seco γd (gr/cm <sup>3</sup> )	1.767		1.816		1.819		1.797	
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
Cont. Humedad promedio ω%					12.5			
Peso Volumétrico Seco γd (gr/cm <sup>3</sup> )					1.824			
<p style="text-align: center;"><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p> 								

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 112. Ensayo 12 DCP



AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

Tabla 113. Ensayo 12 CBR

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>										
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO VERDE DEL CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA												
<b>PARROQUIA:</b>	RIO VERDE	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.05 m									
<b>POZO:</b>	P12	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.80 m									
		<b>COORDENADAS:</b>	17 9845105m	795179m								
<b>CBR 12</b>												
<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>												
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO		<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb							
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180		<b>ALTURA DE CAÍDA:</b>		18"							
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000		<b>DENSIDAD MÁX SECA (gr/cm3)</b>	1.828	<b>W% ÓPTIMO</b>	12						
<b>ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.</b>												
<b>MOLDE</b>	1		2		3							
<b>N° de Capas</b>	5		5		5							
<b>N° de Golpes</b>	56		27		11							
<b>Cond. Muestra</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>P. Hum. + Molde (gr)</b>	12106	12378	11096	11245	10066	10158						
<b>Peso Molde (gr)</b>	6925	6925	6428	6428	5978	5978						
<b>P. Humedo (gr)</b>	5181	5453	4668	4817	4088	4180						
<b>Volumen Muestra (cm3)</b>	2244.28	2244.28	2262.37	2262.37	2283.34	2283.34						
<b>Densidad Húmeda (gr/cm3)</b>	2.309	2.430	2.063	2.129	1.790	1.831						
<b>Densidad Seca (gr/cm3)</b>	2.028	1.915	1.808	1.698	1.580	1.439						
<b>Den. Seca Prom. (gr/cm3)</b>	1.971		1.753		1.509							
<b>CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>												
<b>Cond. Muestra</b>	<b>Antes del remojo</b>		<b>Después del remojo</b>		<b>Antes del remojo</b>		<b>Después del remojo</b>					
<b>Recipiente N°</b>	5	8	9	11	25	27	32	37	45	44	43	99
<b>P. Hum. + Recipiente (gr)</b>	181.2	160.8	129.5	145.8	162.8	145.8	137.5	179.8	182.5	191.5	194.4	189.2
<b>P. Seco + Recipiente (gr)</b>	162.4	144.2	107.5	120.3	145.5	131.8	115.6	150.1	164.5	172.8	160.4	155.2
<b>Peso Recipiente (gr)</b>	25.6	24.9	26.5	24.5	25.5	30.1	31.1	30.8	31.1	30.7	32.4	33.2
<b>Peso Agua (gr)</b>	18.8	16.6	22.0	25.5	17.3	14.0	21.9	29.7	18.0	18.7	34.0	34.0
<b>Peso de Sólidos (gr)</b>	136.8	119.3	81.0	95.8	120.0	101.7	84.5	119.3	133.4	142.1	128.0	122.0
<b>Contenido Humedad %</b>	13.74	13.91	27.16	26.62	14.42	13.77	25.92	24.90	13.49	13.16	26.56	27.87
<b>Con. Hum. Prom. %</b>	13.83%		26.89%		14.09%		25.41%		13.33%		27.22%	

ENSAYO DE COMPRESIÓN CBR									
ÁREA DE PISTÓN: 3 plg <sup>2</sup>					NORMA: ASTM D-1883				
PENETRACIÓ N (plg)	MOLDE N° 1 (56 Golpes)			MOLDE N° 2 (27 Golpes)			MOLDE N° 3 (11 Golpes)		
	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ] Leída	CBR %	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ] Leída	CBR %	Q Carga	Presiones [lb/plg <sup>2</sup> ] Leída	CBR %
0	0	0		0	0		0	0	
0.025	359.7	119.9		189.7	63.2		135.9	45.3	
0.05	778.6	259.5		456.7	152.2		245.4	81.8	
0.075	1087.6	362.5		678.4	226.1		356.7	118.9	
0.1	1385.1	461.7	46.17	989.7	329.9	32.99	450.6	150.2	15.02
0.15	1645.8	548.6		1153.6	384.5		536.7	178.9	
0.2	1847.4	615.8	41.05	1356.8	452.3	30.15	605.8	201.9	13.46
0.25	2096.5	698.8		1526.3	508.8		786.9	262.3	
0.3	2345.3	781.8		1725.8	575.3		856.1	285.4	
0.4	2869.4	956.5		1869.1	623.0		946.2	315.4	
0.5	3125.7	1041.9		1999.8	666.6		1045.8	348.6	

**PRESIÓN vs PENETRACIÓN**

MOLDE	1	2	3
CBR %	46.17	32.99	15.02
Densidad Seca	1.971	1.753	1.509
Densidad seca máx.:	1.824		
Densidad seca máx. 95% DSM= 1.733	%CBR-0.1 plg 31.1	%CBR-0.2 plg 28.8	MAYOR % CBR 31.1

**%CBR vs. DENSIDAD SECA**

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña

## C. CONTEO DE TRÁFICO VEHICULAR

Tabla 114. Conteo vehicular día más transitado

CONTEO TRÁFICO VEHICULAR								
FECHA:	06/04/2021		VÍA:			La merced - Ulba		
HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS			ΣPesados	TOTAL	ACUMULADO POR HORA
			2DA	2DB	3A			
6:00 - 6:15	34	4	1	1	0	2	40	
6:15 - 6:30	36	2	4	1	1	6	44	
6:30 - 6:45	38	3	3	4	0	7	48	
6:45 - 7:00	37	4	3	2	1	6	47	179
7:00 - 7:15	39	3	5	2	0	7	49	188
7:15 - 7:30	36	4	5	3	1	9	49	193
7:30 - 7:45	45	5	4	4	0	8	58	203
7:45 - 8:00	36	5	5	4	0	9	50	206
8:00 - 8:15	45	5	1	1	1	3	53	210
8:15 - 8:30	46	2	6	1	1	8	56	217
8:30 - 8:45	44	3	4	5	1	10	57	216
8:45 - 9:00	59	9	2	3	0	5	73	239
9:00 - 9:15	61	5	6	6	0	12	78	264
9:15 - 9:30	60	5	4	3	3	10	75	283
9:30 - 9:45	73	13	6	3	4	13	99	325
9:45 - 10:00	85	7	7	5	1	13	105	357
10:00 - 10:15	79	9	7	2	3	12	100	379
10:15 - 10:30	92	10	7	0	0	7	109	413
10:30 - 10:45	79	8	7	4	0	11	98	412
10:45 - 11:00	81	6	6	2	2	10	97	404
11:00 - 11:15	105	10	5	3	0	8	123	427
11:15 - 11:30	97	7	2	2	1	5	109	427
11:30 - 11:45	105	8	11	5	1	17	130	459
11:45 - 12:00	101	8	4	3	2	9	118	480
12:00 - 12:15	94	8	12	3	3	18	120	477
12:15 - 12:30	90	17	20	2	0	22	129	497
12:30 - 12:45	89	9	12	3	2	17	115	482
12:45 - 13:00	107	10	16	4	2	22	139	503
13:00 - 13:15	97	13	6	11	3	20	130	513
13:15 - 13:30	94	8	6	11	0	17	119	503
13:30 - 13:45	80	10	6	5	2	13	103	491
13:45 - 14:00	90	10	5	4	1	10	110	462
14:00 - 14:15	72	5	5	6	3	14	91	423
14:15 - 14:30	85	8	7	5	4	16	109	413
14:30 - 14:45	91	9	7	7	1	15	115	425
14:45 - 15:00	90	11	15	0	2	17	118	433
15:00 - 15:15	75	8	5	5	2	12	95	437
15:15 - 15:30	85	8	4	4	1	9	102	430
15:30 - 15:45	68	11	5	3	4	12	91	406
15:45 - 16:00	80	5	6	5	1	12	97	385
16:00 - 16:15	74	7	6	2	3	11	92	382
16:15 - 16:30	50	8	9	8	5	22	80	360
16:30 - 16:45	56	5	6	3	0	9	70	339
16:45 - 17:00	62	7	12	8	1	21	90	332
17:00 - 17:15	65	5	8	2	0	10	80	320
17:15 - 17:30	63	4	5	4	0	9	76	316
17:30 - 17:45	72	4	8	6	3	17	93	339
17:45 - 18:00	70	8	9	3	0	12	90	339

AUTORA: Evelyn Yanileysi Cortez Pastuña