



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

TEMA:

**“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP,
PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA
PILALÓ DEL CANTÓN PUJILÍ DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**

AUTOR: Saúl Alejandro Trávez Vargas

TUTOR: Ing. Mg. Favio Paúl Portilla Yandún

AMBATO – ECUADOR

Marzo - 2023

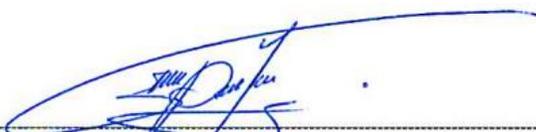
CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA PILALÓ DEL CANTÓN PUJILÍ DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, realizado por el estudiante Saúl Alejandro Trávez Vargas, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 0503477846, 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.
- Está culminado en su totalidad

Ambato, marzo 2023



Ing. Mg. Favio Paúl Portilla Yandún
TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, Saúl Alejandro Trávez Vargas, con C.I. 0503477846, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el siguiente trabajo experimental con el tema: **“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA PILALÓ DEL CANTÓN PUJILÍ DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, así como también los resultados y análisis estadísticos, gráficas, conclusiones y recomendaciones, son de mi exclusiva responsabilidad como autor del trabajo, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, marzo 2023



Saúl Alejandro Trávez Vargas

C.I. 0503477846

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

Cedo los Derechos en línea personales 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, marzo 2023



Saúl Alejandro Trávez Vargas

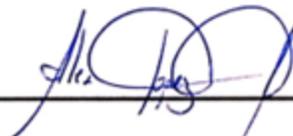
C.I. 0503477846

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del presente Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Saúl Alejandro Trávez Vargas, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, bajo el tema: **“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA PILALÓ DEL CANTÓN PUJILÍ DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**.

Ambato, marzo 2023



Ing. Mg. Alex Gustavo López Arboleda

MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Mg. Galo Wilfrido Núñez Aldaz

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

A mis padres Fernando y Gladys, que a pesar de los inconvenientes de la vida han sido mi principal pilar en toda mi formación estudiantil con sus consejos y experiencias que me han llevado a la culminación de esta etapa tan importante en mi camino.

A mis hermanos Cristian y Melany que con sus deseos de superación que me han transmitido en el día a día de nuestra convivencia junto a nuestros padres.

Saúl Alejandro Trávez Vargas

AGRADECIMIENTO

A toda mi familia que incondicionalmente me han inculcado la responsabilidad, comprensión y la valoración de tener metas en mi vida, no solo académica sino también personal, que con el tiempo y dedicación las llevaré a cabo sin importar las adversidades de la vida.

A la Universidad Técnica de Ambato y dando énfasis a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por permitirme estar en sus aulas aprendiendo y llenándome de conocimiento en la carrera tan anhelada, a mis docentes que impartieron sus conocimientos en cada uno de los ciclos culminados para mi carrera como profesional.

A mi tutor, Ing. Favio Portilla por guiarme en el transcurso del desarrollo de este proyecto que con su paciencia y dedicación conjunta hacia este trabajo experimental.

A todas las amistades que han llegado a mi vida y han formado parte de mi formación académica y personal, agradezco su empatía y amistad que perdurarán por siempre.

Saúl Alejandro Trávez Vargas

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xviii
RESUMEN.....	xxiii
ABSTRACT.....	xxiv
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO	1
1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	1
1.1.1. Antecedentes	1
1.1.2. Fundamentación Teórica.....	4
1.1.2.1. El Suelo	4
1.1.2.2. Tamaño de partículas del suelo	4
1.1.2.3. Sistema unificado de Clasificación de suelos S.U.C.S	5
1.1.2.4. Sistema de Clasificación de suelos AASHTO	8

1.1.2.5. Propiedades de los suelos.....	10
1.1.2.5.1. Propiedades Índice	10
1.1.2.5.2. Propiedades Mecánicas	17
1.1.2.6. Pavimentos	24
1.1.2.6.1. Definición.....	24
1.1.2.6.2. Componentes.....	24
1.1.2.6.3. Tipos de Pavimentos	26
1.1.2.6.4. Diseño de Pavimento Flexible	28
1.1.2.7. Análisis de Correlaciones.....	35
1.1.2.7.1. Correlación Lineal.....	35
1.1.2.7.2. Método de los mínimos cuadrados.....	38
1.1.2.7.3. Correlación Múltiple	39
1.2 Hipótesis.....	40
1.3 OBJETIVOS	41
1.3.1. Objetivo General	41
1.3.2. Objetivos Específicos.....	41
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA	42
2.1 MATERIALES	42
2.2 MÉTODOS	48
2.2.1. Tipos de Investigación	48

2.2.1.1. Fase 1	48
2.2.1.1.1. Investigación Exploratoria	48
2.2.1.2. Fase 2	48
2.2.1.2.1. Investigación Experimental.....	48
2.2.1.3. Fase 3	50
2.2.1.3.1. Investigación Aplicada.....	50
2.2.1.4. Fase 4	50
2.2.1.4.1. Investigación Analítica	50
2.2.2. Población y Muestra.....	51
2.2.2.1. Población.....	51
2.2.2.2. Muestra.....	51
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
3.1 Análisis y discusión de los resultados.....	54
3.1.1. Resultados correspondientes a la Fase 1	55
3.1.2. Resultados y Análisis correspondientes a la Fase 2	58
3.1.2.1. Correlaciones Resultantes y Discusión	60
3.1.3. Aplicación de Resultados correspondientes a la Fase 3.....	87
3.1.3.1. Diseño de Espesores de Pavimento Flexible según AASHTO 93	87
3.2 Verificación de Hipótesis.....	108
3.2.1. Zonificación de los Resultados correspondientes a la Fase 4	109

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	111
4.1 Conclusiones	111
4.2 Recomendaciones.....	114
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
ANEXOS	120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites de separación de tamaño de suelo.....	5
Tabla 2. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS.....	6
Tabla 3. Sistema de Clasificación de Suelos AASHTO	9
Tabla 4. Fases que componen el suelo – Volumen y Peso.....	11
Tabla 5. Especificaciones de la prueba Proctor Estándar – Norma ASTM 698.	19
Tabla 6. Especificaciones de la prueba Proctor Modificado – Norma ASTM D 1577..	20
Tabla 7. Valores de carga unitaria para cada profundidad.....	23
Tabla 8. Clasificación de acuerdo con el número CBR	24
Tabla 9. Estructura de un Pavimento	25
Tabla 10. Período de análisis para diferentes volúmenes de tránsito.....	28
Tabla 11. Niveles Sugeridos de Confiabilidad.....	31
Tabla 12. Desviación Estándar Normal correspondientes a Niveles de Confiabilidad..	32
Tabla 13. Espesores Mínimos de Carpeta Asfáltica y Capa Base.....	34
Tabla 14. Coeficiente de drenaje (m) para bases y sub bases granulares.....	34
Tabla 15. Grado de correlación (r) de Pearson.....	37
Tabla 16. Bondad de Ajuste del Modelo R2	38
Tabla 17. Equipos y Materiales.....	42
Tabla 18. Coordenadas de las muestras	51
Tabla 19. Nomenclatura de variables.....	54

Tabla 20. Resultados Propiedades Índice.....	55
Tabla 21. Resultados Propiedades Mecánicas.....	56
Tabla 22. Resumen Correlaciones Resultantes	58
Tabla 23. Volumen Horario de Máxima Demanda	88
Tabla 24. Tránsito Actual Total	89
Tabla 25. Tasa de crecimiento poblacional según datos del INEC	90
Tabla 26. Tráfico futuro y Numero de Ejes Equivalentes.....	91
Tabla 27. Calidad del drenaje de la capa base.....	95
Tabla 28. Variables de entrada para SN.....	97
Tabla 29. Propuesta de Diseño de Espesores	103
Tabla 30. Variables de entrada para SN.....	105
Tabla 31. Propuesta de Diseño de Espesores	107
Tabla 32. Comparación de diseños	108
Tabla 33. Muestra 1, “ACH1” Humedad Natural y Granulometría.....	125
Tabla 34. Muestra 1, “ACH1” Límite Líquido y Límite Plástico	126
Tabla 35. Muestra 1, “ACH1” Densidad de Campo y Gravedad Específica	127
Tabla 36. Muestra 1, “ACH1” Proctor Modificado	128
Tabla 37. Muestra 1, “ACH1” Índice de Penetración	129
Tabla 38. Muestra 1, “ACH1” Relación de Soporte de California (CBR).....	130
Tabla 39. Muestra 2, “ACH2” Humedad Natural y Granulometría.....	132

Tabla 40. Muestra 2, “ACH2” Límite Líquido y Límite Plástico	133
Tabla 41. Muestra 2, “ACH2” Densidad de Campo y Gravedad Específica	134
Tabla 42. Muestra 2, “ACH2” Proctor Modificado	135
Tabla 43. Muestra 2, “ACH2” Índice de Penetración	136
Tabla 44. Muestra 2, “ACH2” Relación de Soporte de California (CBR).....	137
Tabla 45. Muestra 3, “ACH3” Humedad Natural y Granulometría.....	139
Tabla 46. Muestra 3, “ACH3” Límite Líquido y Límite Plástico	140
Tabla 47. Muestra 3, “ACH3” Densidad de Campo y Gravedad Específica	141
Tabla 48. Muestra 3, “ACH3” Proctor Modificado	142
Tabla 49. Muestra 3, “ACH3” Índice de Penetración	143
Tabla 50. Muestra 3, “ACH3” Relación de Soporte de California (CBR).....	144
Tabla 51. Muestra 4, “AM1” Humedad Natural y Granulometría.....	146
Tabla 52. Muestra 4, “AM1” Límite Líquido y Límite Plástico	147
Tabla 53. Muestra 4, “AM1” Densidad de Campo y Gravedad Específica	148
Tabla 54. Muestra 4, “AM1” Proctor Modificado	149
Tabla 55. Muestra 4, “AM1” Índice de Penetración	150
Tabla 56. Muestra 4, “AM1” Relación de Soporte de California (CBR).....	151
Tabla 57. Muestra 5, “AM2” Humedad Natural y Granulometría.....	153
Tabla 58. Muestra 5, “AM2” Límite Líquido y Límite Plástico	154
Tabla 59. Muestra 5, “AM2” Densidad de Campo y Gravedad Específica	155

Tabla 60. Muestra 5, “AM2” Proctor Modificado	156
Tabla 61. Muestra 5, “AM2” Índice de Penetración	157
Tabla 62. Muestra 5, “AM2” Relación de Soporte de California (CBR).....	158
Tabla 63. Muestra 6, “AM3” Humedad Natural y Granulometría.....	160
Tabla 64. Muestra 6, “AM3” Límite Líquido y Límite Plástico	161
Tabla 65. Muestra 6, “AM3” Densidad de Campo y Gravedad Específica	162
Tabla 66. Muestra 6, “AM3” Proctor Modificado	163
Tabla 67. Muestra 6, “AM3” Índice de Penetración	164
Tabla 68. Muestra 6, “AM3” Relación de Soporte de California (CBR).....	165
Tabla 69. Muestra 7, “Choa1” Humedad Natural y Granulometría.....	167
Tabla 70. Muestra 7, “Choa1” Límite Líquido y Límite Plástico	168
Tabla 71. Muestra 7, “Choa1” Densidad de Campo y Gravedad Específica	169
Tabla 72. Muestra 7, “Choa1” Proctor Modificado	170
Tabla 73. Muestra 7, “Choa1” Índice de Penetración	171
Tabla 74. Muestra 7, “Choa1” Relación de Soporte de California (CBR)	172
Tabla 75. Muestra 8, “Choa2” Humedad Natural y Granulometría.....	174
Tabla 76. Muestra 8, “Choa2” Límite Líquido y Límite Plástico	175
Tabla 77. Muestra 8, “Choa2” Densidad de Campo y Gravedad Específica	176
Tabla 78. Muestra 8, “Choa2” Proctor Modificado	177
Tabla 79. Muestra 8, “Choa2” Índice de Penetración	178

Tabla 80. Muestra 8, “Choa2” Relación de Soporte de California (CBR)	179
Tabla 81. Muestra 9, “Choa3” Humedad Natural y Granulometría.....	181
Tabla 82. Muestra 9, “Choa3” Límite Líquido y Límite Plástico	182
Tabla 83. Muestra 9, “Choa3” Densidad de Campo y Gravedad Específica	183
Tabla 84. Muestra 9, “Choa3” Proctor Modificado	184
Tabla 85. Muestra 9, “Choa3” Índice de Penetración	185
Tabla 86. Muestra 9, “Choa3” Relación de Soporte de California (CBR)	186
Tabla 87. Muestra 10, “ELPa1” Humedad Natural y Granulometría	188
Tabla 88. Muestra 10, “ELPa1” Límite Líquido y Límite Plástico.....	189
Tabla 89. Muestra 10, “ELPa1” Densidad de Campo y Gravedad Específica.....	190
Tabla 90. Muestra 10, “ELPa1” Proctor Modificado.....	191
Tabla 91. Muestra 10, “ELPa1” Índice de Penetración.....	192
Tabla 92. Muestra 10, “ELPa1” Relación de Soporte de California (CBR)	193
Tabla 93. Muestra 11, “ELPa2” Humedad Natural y Granulometría	195
Tabla 94. Muestra 11, “ELPa2” Límite Líquido y Límite Plástico.....	196
Tabla 95. Muestra 11, “ELPa2” Densidad de Campo y Gravedad Específica.....	197
Tabla 96. Muestra 11, “ELPa2” Proctor Modificado.....	198
Tabla 97. Muestra 11, “ELPa2” Índice de Penetración.....	199
Tabla 98. Muestra 11, “ELPa2” Relación de Soporte de California (CBR)	200
Tabla 99. Muestra 12, “ELPa3” Humedad Natural y Granulometría	202

Tabla 100. Muestra 12, “ELPa3” Límite Líquido y Límite Plástico.....	203
Tabla 101. Muestra 12, “ELPa3” Densidad de Campo y Gravedad Específica.....	204
Tabla 102. Muestra 12, “ELPa3” Proctor Modificado.....	205
Tabla 103. Muestra 12, “ELPa3” Índice de Penetración.....	206
Tabla 104. Muestra 12, “ELPa3” Relación de Soporte de California (CBR)	207
Tabla 105. Conteo de Tránsito Vehicular Día 1	209
Tabla 106. Conteo de Tránsito Vehicular Día 2	210
Tabla 107. Conteo de Tránsito Vehicular Día 3	211
Tabla 108. Conteo de Tránsito Vehicular Día 4	212
Tabla 109. Conteo de Tránsito Vehicular Día 5	213
Tabla 110. Conteo de Tránsito Vehicular Día 6	214
Tabla 111. Conteo de Tránsito Vehicular Día 1	215

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Carta de rangos de Plasticidad SUCS.....	8
Figura 2. Rangos del límite líquido e índice de plasticidad para suelos en los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7	10
Figura 3. Esquema de fases que comprenden el suelo.....	11
Figura 4. Representación Semilogarítmica de los resultados de un análisis granulométrico	13
Figura 5. Límites de Atterberg.....	16
Figura 6. Tipos de curvas de compactación en diferentes suelos	18
Figura 7. Esquema del equipo DCP según norma ASTM D 6951 M-09.....	22
Figura 8. Estructura típica de un pavimento	25
Figura 9. Capas de un pavimento flexible.....	26
Figura 10. Capas de un pavimento rígido	27
Figura 11. Capas de un pavimento semirrígido	27
Figura 12. Ábaco de diseño AASHTO para pavimentos flexibles	34
Figura 13. Correlación lineal positiva.....	35
Figura 14. Correlación lineal negativa.....	36
Figura 15. Comportamiento del coeficiente de correlación (r).....	37
Figura 16. Ejemplo en Excel Método de los Mínimos Cuadrados	49
Figura 17. Ubicación de Calicatas y Vías seleccionadas	53

Figura 18. Carta de Plasticidad SUCS	57
Figura 19. Carta de Plasticidad AASHTO	57
Figura 20. Correlación #1. Suelo que pasa Tamiz Nro. 200 (vs) Grado de Saturación del Agua	60
Figura 21. Correlación #2. Limite Plástico (vs) Limite Liquido	61
Figura 22. Correlación #3. Limite Plástico (vs) Humedad Natural	62
Figura 23. Correlación #4. Índice de Plasticidad (vs) Humedad Natural	63
Figura 24. Correlación #5. Relación de Soporte de California (vs) Índice de Penetración	64
Figura 25. Comparación de la correlación #5 con la Norma ASTM D 6951-03.....	65
Figura 26. Correlación #6. Densidad Seca Máxima (vs) Densidad Húmeda in situ.....	66
Figura 27. Correlación #7. Humedad Óptima (vs) Densidad seca in situ.....	67
Figura 28. Correlación #8. Relación de Soporte de California (vs) Densidad Seca Máxima	68
Figura 29. Correlación #9. Relación de Soporte de California (vs) Porcentaje de Arena	69
Figura 30. Correlación #10. Densidad Seca in situ (vs) Humedad Natural	70
Figura 31. Correlación #11. Densidad Seca Máxima (vs) Porcentaje de Arena.....	71
Figura 32. Correlación #12. Índice de Penetración (vs) Suelo que pasa el Tamiz 200 .	72
Figura 33. Correlación #13. Humedad Óptima (vs) Humedad Natural	73
Figura 34. Correlación #14. Humedad Óptima (vs) Límite Plastico	74

Figura 35. Correlación #15. Índice de Plasticidad (vs) Densidad Húmeda in situ	75
Figura 36. Correlación #16. Límite Líquido (vs) Densidad Seca in situ	76
Figura 37. Correlación #17. Límite Plástico (vs) Densidad Seca in situ	77
Figura 38. Correlación #18. Relación de Soporte de California (vs) Porcentaje de Arena (vs) Humedad Natural	78
Figura 39. Correlación #19. Relación de Soporte de California (vs) Humedad Natural (vs) Límite Líquido	79
Figura 40. Correlación #20. Índice de Penetración (vs) Límite Líquido (vs) Porcentaje de Arena	80
Figura 41. Correlación #21. Densidad Seca Máxima (vs) Densidad Seca in situ (vs) Humedad Natural	81
Figura 42. Correlación #22. Densidad Seca Máxima (vs) Densidad Seca in situ (vs) Porcentaje de Arena	82
Figura 43. Correlación #23. Índice de Plasticidad (vs) Porcentaje de Arena (vs) Densidad Seca in situ	83
Figura 44. Correlación #24. Humedad Óptima (vs) Límite Plástico (vs) Humedad Natural.....	85
Figura 45. Correlación #25. Límite Plástico (vs) Límite Líquido (vs) Índice de Penetración.....	86
Figura 46. Clasificación de pesos de vehículos por eje	88
Figura 47. Estimación del coeficiente estructural “a1” de la carpeta asfáltica	93
Figura 48. Estimación del coeficiente estructural “a2” de una capa base granular	94

Figura 49. Estimación del coeficiente estructural “a3” de una capa sub base granular.	95
Figura 50. Cálculo del Número Estructural Principal o de Subrasante	98
Figura 51. Relación entre Módulo Resiliente y CBR para Bases y Subbases	99
Figura 52. Cálculo del Número Estructural SN1 que protege a la Base	100
Figura 53. Cálculo del Número Estructural SN2 que protege a la Subbase	101
Figura 54. Cálculo del Número Estructural SN3 que protege a la Subrasante	102
Figura 55. Correlación #8. CBR (vs) Sa para Diseño de Pavimento	104
Figura 56. Cálculo del Número Estructural de Subrasante para CBR 13%	106
Figura 57. Mapa Clasificación de suelos SUCS y AASHTO	110
Figura 58. Visita en campo para excavar las calicatas.....	120
Figura 59. Excavación de calicatas	120
Figura 60. Ensayo DCP en campo	121
Figura 61. Ensayo Cono y Arena	121
Figura 62. Ensayo de Contenido de Humedad Natural.....	122
Figura 63. Ensayo de Granulometría	122
Figura 64. Ensayo para Límites de Atterberg	122
Figura 65. Ensayo de Gravedad Específica de sólidos	123
Figura 66. Ensayo de Proctor Modificado	123
Figura 67. Sumergir moldes para ensayo posterior de CBR	124
Figura 68. Ensayo en máquina Multispeed para CBR.....	124

RESUMEN

Este trabajo experimental nace a partir de la necesidad de ampliar la base de datos de estudios de suelos que representan a las zonas de la provincia de Cotopaxi para servir como apoyo en los estudios preliminares de pavimentos flexibles al analizar las correlaciones entre el CBR de laboratorio, DCP, y las propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi.

Para el presente trabajo se escogió 4 vías de tercer orden alrededor de toda la superficie de la parroquia donde se tomaron 12 muestras de suelo realizando calicatas de 1,50m x 1.50m y por 1m de profundidad tomando en cada calicata más de 30 kg de suelo alterado de subrasante.

Se desarrollaron ensayos de campo y laboratorio para conocer las propiedades de los suelos obtenidos, donde se los analizaron y se obtuvieron 25 correlaciones donde su coeficiente de determinación global está entre 56 y 99 por ciento, donde se obtuvo correlaciones de moderadas a muy fuertes.

Las ecuaciones obtenidas de la correlación de las diferentes propiedades servirán como apoyo para una guía de diseño preliminar de pavimentos, además de que se aportará en la ampliación de la base de datos de la provincia de Cotopaxi con la zonificación de los diferentes suelos encontrados.

Palabras claves: Ingeniería civil, Correlaciones, Pavimentos, Propiedades índice, Propiedades mecánicas, Zonificación, Ensayos.

ABSTRACT

This experimental work arises from the need to expand the database of soils that represent the areas of the Cotopaxi province to serve as support in the preliminary studies of flexible pavements, for which the main objective is to analyze the correlations between the laboratory CBR, DCP, and the index and mechanical properties in soils of the Pilaló parish of the Pujilí canton of the Cotopaxi province.

For the present work, 4 third-order roads were chosen around the entire surface of the parish where 12 soil samples were taken, making pits of 1.50m x 1.50m and 1m deep, taking in each pit more than 30 kg of altered soil. of subgrade.

Field and laboratory tests were developed to know the properties of the soils obtained, once their results were known, they were analyzed and 25 correlations were obtained where their R^2 global correlation coefficient is between 56% and 99% What we want to argue that moderate to very strong correlations were obtained.

The equations obtained from the correlation of the different properties serve as a guide for preliminary pavement designs since the tests with which the correlations were obtained serve primarily to evaluate the conditions of the subgrade of roads, bases and subbases, in addition to providing in the expansion of the database of the Ecuadorian territory with the zoning of the different soils found in the Pilaló parish of the Pujilí canton of the Cotopaxi province.

Keywords: Civil engineering, Correlations, Pavements, Index properties, Mechanical properties, Zoning, Testing.

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

1.1.1. Antecedentes

A nivel mundial existen diferentes investigaciones y experimentos que recalcan la correlación entre propiedades índice de suelos, DCP y la capacidad portante, donde Van Vuuren en su artículo “Determinación rápida del CBR con el penetrómetro dinámico de cono portátil” asegura haber obtenido una ecuación correlacional entre CBR y DCP en suelos de Sudáfrica, donde su principal característica es que es apta para todo tipo de suelos.[1]

José Bermúdez y Oswaldo Vásquez en su artículo “Validación del Método de DCP aplicado en campo en relación al ensayo CBR en laboratorio” manifiestan que para suelos arenosos limosos y gravosos arenosos en Tegucigalpa, Honduras, se puede ensayar con toda seguridad un DCP in situ para conseguir un valor de CBR, ya que según el coeficiente de correlación de 0.94 de sus resultados es totalmente válido para utilizar la función de CBR vs DCP in situ correspondiente a la norma ASTM D 6951 que tiene un coeficiente de 0.88, a lo cual, en conclusión es netamente aceptable realizar investigaciones o experimentos de pregrado o posgrado que tomen en consideración los parámetros de CBR y DCP.[2]

Álvaro Angamarca en su tesis “Determinación del CBR de laboratorio y natural en suelos finos y su correlación con el DCP para la determinación de la capacidad portante de la sub rasante, en el diseño de pavimentos flexibles de la ciudad de Quito”, afirma que los valores obtenidos de CBR por el método de anillo cortante son similares a los de la norma ASTM D 6951 (CBR correlacionado con DCP en campo), por lo que existe una ratificación del 99.99% para que este trabajo pueda realizarse en suelos de la ciudad de Quito.[3]

Rafael Blanco Sepúlveda en su artículo “La relación entre la densidad aparente y la resistencia mecánica como indicadores de la compactación del suelo” afirma que existe una estrecha relación entre la plasticidad y la consistencia de suelos con alto contenido de grava, por lo que esta cualidad puede ser usada para caracterizar un comportamiento mecánico del suelo mencionado ya que en su ecuación generada la plasticidad y la resistencia mecánica explica el 60% de los resultados de la densidad aparente lo que supone que la plasticidad explica un 12% de ese total.[4]

Gustavo O. en su artículo “Correlación entre parámetros de compactación y propiedades geotécnicas en suelos tropicales misioneros” asegura que para suelos residuales de la Provincia de Misiones en Argentina existe una alta mejora del coeficiente de correlación r^2 en ecuaciones empíricas, teniendo en cuenta a las variables dependientes contenido de humedad natural y densidad seca máxima que al añadirles a sus ecuaciones el porcentaje que pasa el tamiz Nro. 200 a las variables independientes Limite Líquido y Plástico el coeficiente alcanza valores de hasta el 0.70, ya que solo con LL Y LP se conseguía coeficientes de máximo 0.40.[5]

Kevin Banda en su tesis “Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades índice y mecánicas en los suelos de las parroquias: Baños de Agua Santa y Lligua del cantón Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua, Ecuador”, revela que los suelos de ese lugar generaron una correlación con coeficiente de determinación del 88.23% correspondiente a Humedad natural, Humedad óptima de compactación y Limite plástico por lo que para estudios posteriores se puede tomar en cuenta que el Límite plástico ayuda a mejorar una correlación para suelos finos.[6]

Julián Vidal en su artículo “Módulo Resiliente de Suelos Fino granulares” manifiesta que ecuaciones correlacionales de Módulo Resiliente en función de un CBR son de gran importancia al momento de diseñar espesores de estructuras de pavimentos, pero es importante tener en cuenta que dichas correlaciones son específicas para la región o zona donde se ensayó las muestras para obtener las ecuaciones, por lo que para utilizarlas para cualquier tipo de suelo se necesitaría de una gran experiencia y criterio del diseñador o calculista para tomarlas en cuenta en otros proyectos.[7]

Caren Jiménez e Iván Ruíz en su tesis “Diseño por confiabilidad de la estructura de pavimento considerando correlaciones y ensayos aplicado a la Vía Rovira Ibagué, Colombia” manifiestan que su diseño de espesores de pavimento flexible calculado con correlaciones tanto para CBR como para Módulo Resiliente de Subrasante presentan una pequeña diferencia de espesores en comparación con el diseño de un Consorcio mencionado en su trabajo, donde los parámetros de CBR y Modulo Resiliente de dicho consorcio se obtuvieron mediante ensayos normados. A esto argumentan que la carpeta asfáltica difiere en promedio 2 cm, la base granular 1 cm y la sub base granular 8 cm, lo que quiere decir que un diseño de pavimentos flexibles realizado con correlaciones puede tener variaciones significativas a tener en cuenta en relación a un diseño con todas las reglamentaciones por ley.[8]

Luis Cevallos en su tesis “Correlación entre el CBR, DCP y las propiedades índice y mecánicas de los suelos de las parroquias: Chiquicha, El Rosario, Salasaca, García Moreno y Benítez del cantón Pelileo, provincia de Tungurahua” afirma que en su diseño de espesores de pavimento flexible se obtuvo los mismos espesores tanto para un CBR realizado en laboratorio como un CBR calculado por su ecuación correlacional CBR vs DCP, donde el porcentaje dado en laboratorio fue de 26% y de la regresión 27%, por lo que para suelos del centro del país puede resultar conveniente encontrar una correlación entre CBR y DCP para aplicarlo en el diseño de espesores de pavimentos flexibles.[9]

En lo que respecta al presente Trabajo de Integración Curricular se ensayó las 12 muestras recolectadas en vías de tercer orden de la parroquia Pilaló para obtener sus propiedades índice y mecánicas en laboratorio, además de parámetros de campo para después crear ecuaciones empíricas con todos los parámetros obtenidos y aplicarlos en el diseño de espesores de pavimentos. Adicionalmente se realizó una zonificación de los tipos de suelos presentes en la parroquia según la clasificación de suelos SUCS y AASHTO.

1.1.2. Fundamentación Teórica

1.1.2.1. El Suelo

Suelo se define como cualquier material no consolidado conformado de distintas partículas sólidas con gases o líquidos incluidos. El tamaño máximo de partículas que pueden considerarse como suelo no es fijo, pero lo determina la función en que ellas están participando dentro de su estructura. El suelo contiene una extensa variedad de materiales tales como la arena, la grava y las mezclas arcillosas depositadas por glaciares, las arenas aluviales y los limos y arcillas de los depósitos aluviales de los ríos, las arcillas marinas blandas y las arenas de las playas de la costa. Los suelos pueden ser mezclas bien definidos de unos cuantos minerales en específico o mezclas heterogéneas de cualquier otro material.[10]

Todo ingeniero civil está intrínsecamente involucrado con los conceptos de todo lo que conlleva el estudio de los suelos. Esto satisface a que casi todo el empeño de construcción de este profesional se relaciona con la conducta del suelo, bien porque se use como material de construcción o porque una estructura se coloque sobre él. Como un ejemplo, la ingeniería de cimentaciones es una especialidad del diseño, directamente relacionada con el comportamiento del suelo, su conducta y su interrelación entre la súper estructura y la subestructura con el suelo.[11]

1.1.2.2. Tamaño de partículas del suelo

Los tamaños de partículas dentro de la estructura del suelo varían en un amplio intervalo donde principalmente son llamados grava, arena, limo o arcilla, dependiendo del tamaño que predominan dentro del suelo.

Las gravas son fragmentos de rocas con partículas casuales de cuarzo, feldespato y otros materiales. En las partículas de arena prevalecen el cuarzo y el feldespato y de otros tipos de minerales.

Los limos son partículas muy pequeñas del suelo que consisten en trozos de cuarzo muy finos y algunas partículas en forma laminar que son fragmentados de minerales semejantes a los esquistos de mica.

Las arcillas son en su mayoría partículas en forma de láminas microscópicas y submicroscópicas de mica que en su gran mayoría no son deseadas en el asentamiento de cualquier estructura civil.[12]

Tabla 1. Límites de separación de tamaño de suelo

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

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Braja M. Das [12]

1.1.2.3. Sistema unificado de Clasificación de suelos S.U.C.S

El sistema desde sus inicios fue perfeccionado para uso en la construcción de aeropuertos, fue hecho público por el investigador Casagrande en 1948. Había estado ya en uso desde 1942, pero fue modificado ligeramente en 1952 para que se puedan construir presas y todo tipo de construcciones u obras civiles.[11]

Ante esto los suelos de partículas gruesas y suelos de partículas finas se diferencian mediante el tamizado de una muestra de suelo por el tamiz Nro. 200. Los suelos gruesos corresponden a los retenidos en dicho tamiz y los finos a los que lo pasan, y así un suelo se lo puede nombrar grueso si más del 50% de las partículas del suelo son retenidas por el tamiz Nro. 200, y fino si más del 50% de sus partículas son menores que dicho tamiz.[13]

Los suelos se pueden etiquetar por símbolos de grupo. El símbolo de cada grupo está constituido de un prefijo y un sufijo. Los prefijos son las iniciales de los nombres en inglés de los seis principales tipos de suelos (grava, arena, limo, arcilla, suelo orgánico de grano fino y turba), mientras que los sufijos señalan subdivisiones de los grupos ya mencionados.[13]

Tabla 2. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS

Divisiones Mayores		Símbolo de Grupo	Nombres Típicos	Criterios de Clasificación para suelos Granulares		
Suelos de grano grueso (más del 50% de la fracción gruesa es menor que el tamiz Nro. 200)	Gravas (más de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz Nro. 4)	Gravas Limpias (pocos o ningún fino)	GW	Gravas bien graduadas, mezclas gravosas, pocos o ningún fino.	$C_u = D_{60}/D_{10} > 4$ $C_c = 1 < D_{30}^2/D_{10} * D_{60} < 3$	
		Gravas con finos (Cantidad apreciable de finos)	GP	Gravas pobremente graduadas, mezclas grava-arena, pocos o ningún fino.	No cumplir todos los requisitos de gradación para GW.	
			GM	Gravas limosas, mezclas grava arena-limo.	Límite de Atterberg por debajo de la línea A ó $I_p < 4$	A los materiales sobre la línea A con $4 < I_p < 7$ se considera de frontera y se les asigna doble símbolo.
		GC	Grava arcillosa, mezcla grava arena-arcillosa.	Límite de Atterberg por encima de la línea A ó $I_p > 7$		
	Arenas (más de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz Nro. 4)	Arenas Limpias (Poco o ningún fino)	SW	Arenas bien graduadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino.	$C_u = D_{60}/D_{10} > 6$ $C_c = 1 < D_{30}^2/D_{10} * D_{60} < 3$	
			SP	Arenas pobremente graduadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino.	No cumplir todos los requisitos de gradación para SW.	
		Arenas con finos (Cantidad apreciable de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas arena-limo.	Límite de Atterberg por debajo de la línea A ó $I_p < 4$	Si el material esta con $4 < I_p < 7$ se considera de frontera y se les asigna doble símbolo.
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.	Límite de Atterberg por encima de la línea A ó $I_p > 7$	
	Suelos de grano fino (más del 50% del material pasa el tamiz Nro. 200)	Limos y arcillas (Límite Líquido $WL < 50$)	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas con poca plasticidad.	1.Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva de granulometría. 2.Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz Nro. 200) los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% - GW, GP, SW, SP Más del 12% - GM, GC, SM, SC. De 5 a 12% - Casos de frontera que requieren doble símbolo.	
			CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a mediana, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.		
OL			Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.			
Limos y arcillas (Límite Líquido $WL > 50$)		MH	Limos inorgánicos, suelos limosos arenosos finos, suelos elásticos.			
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.			
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad medias a alta, limos orgánicos.			
Suelos altamente orgánicos		Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos.			

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil. Joseph E. Bowles [14]

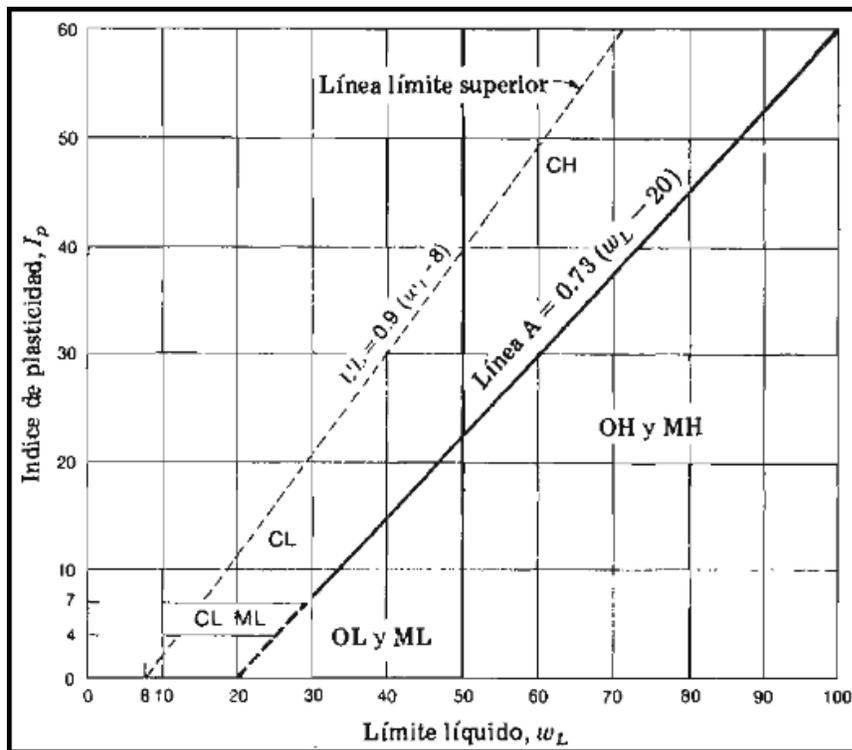


Figura 1. Carta de rangos de Plasticidad SUCS

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil. Joseph E. Bowles[14]

1.1.2.4. Sistema de Clasificación de suelos AASHTO

Este sistema de clasificación de suelos fue desarrollado en 1929 como el Sistema de Clasificación de Administración de carreteras por la Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales del Transporte (AASHTO) donde de acuerdo a este sistema el suelo se clasifica en 7 grupos principales que van desde A-1 a A-7. Los suelos granulares se clasifican en los grupos A-1, A-2 y A-3, donde el 35% o menos de las partículas pasan a través del tamiz Nro. 200. Los suelos donde más del 35% pasa a través del tamiz Nro. 200 se clasifican en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 a los cuales se refiere a limo y arcillas.[12]

Tabla 3. Sistema de Clasificación de Suelos AASHTO

Clasificación General	Materiales Granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el Tamiz Nro. 200)							Materiales limo-arcillosos (más del 35% del total de la muestra pasa el Tamiz Nro. 200)			
Clasificación de Grupo	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Porcentaje de material que pasa el tamiz Nro. 10 Nro. 40 Nro. 200	50 max		51								
	30 max	50 max	max								
	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min
Características de la fracción que pasa el tamiz Nro. 40 Límite Líquido, WL Índice Plástico, Ip	6 max		NP	40 max 10 max	41 min 10 max	40 max 11 min	41 min 11 min	40 max 10 max	41 max 10 max	40 max 11 min	41 min 11 min
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Limo o grava arcillosa y arena				Suelos limosos		Suelos Arcillosos	
Clasificación general de la Subrasante	Excelente a bueno							Regular a malo			

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das.[12]

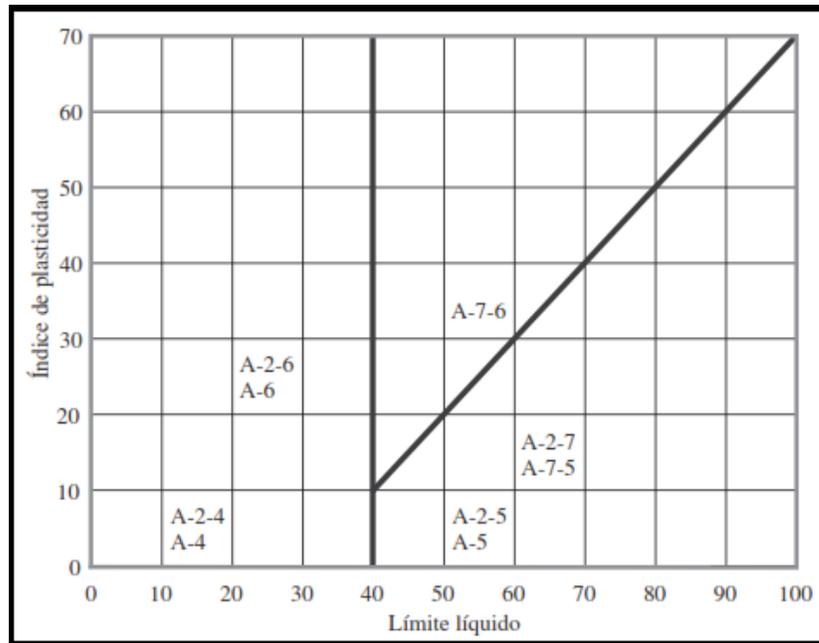


Figura 2. Rangos del límite líquido e índice de plasticidad para suelos en los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das.[12]

1.1.2.5. Propiedades de los suelos

1.1.2.5.1. Propiedades Índice

En un suelo se pueden diferenciar tres fases constituyentes como son la sólida, líquida y gaseosa. La fase sólida está compuesta de partículas minerales del suelo, la líquida por el agua y otros líquidos de menor significación, por último, la gaseosa que prácticamente es el aire u otros gases como vapores sulfurosos, anhídrido carbónico, etc.[15]

Cada fase tiene índices como el peso (W) y el volumen (V), donde dependiendo de con qué elemento se trabaje se utilizan los subíndices (a) para el aire, (w) para agua y (s) para sólidos. La fase líquida (Vw) y gaseosa (Va) del suelo suelen comprenderse en el Volumen de vacíos (Vv), mientras que la fase sólida en volumen de los sólidos (Vs).[15]

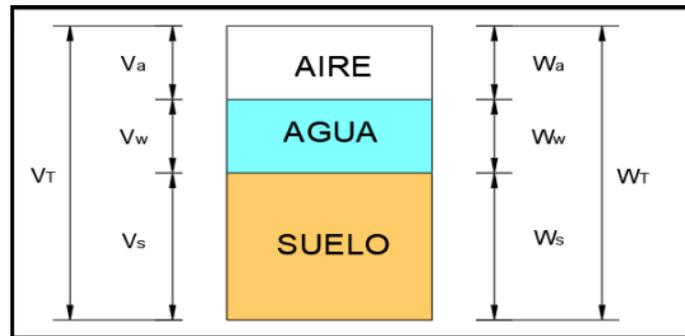


Figura 3. Esquema de fases que comprenden el suelo

Fuente: Mecánica de suelos, Juárez Badillo.[15]

Tabla 4. Fases que componen el suelo – Volumen y Peso

Volumen total del suelo	VT	Peso total del suelo	WT
Volumen de Sólidos	Vs	Peso de sólidos	Ws
Volumen de Vacíos	Vv	Peso de vacíos	Wv
Volumen del agua	Vw	Peso del agua	Ww
Volumen de aire	Va	Peso de aire que se supone igual a cero	Wa=0

Fuente: Mecánica de suelos, Juárez Badillo.[15]

1.1.2.5.1.1. Peso Específico de Masa (γ_m)

Se define como el peso de la masa de suelo por unidad de volumen y generalmente sus unidades se los trabaja en gr/cm^3 . [16]

$$\gamma_m = \frac{W_m}{V_m}$$

1.1.2.5.1.2. Contenido de Humedad ($\omega\%$)

Se define como la relación entre el peso del agua contenida en una muestra de suelo y el peso del suelo ya seco expresándose comúnmente en porcentaje.[16]

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Cuando el grado de saturación de un suelo es 100% el porcentaje de contenido de humedad oscila en un rango de 15% a 30% para suelos granulares, 60 a 70% para suelos arcillosos y más de 100% de contenido de humedad cuando se encuentran suelos con materia orgánica o turba.[16]

1.1.2.5.1.3. Granulometría

Los tamaños de las partículas del suelo se determinan pasando a través de varios tamices progresivamente más pequeños desde arriba hacia el fondo del conjunto de tamices seleccionados. Los parámetros más importantes son los pesos retenidos y los que pasan a cada tamiz. Los tamaños de tamices varían desde 4 pulgadas a 0.037 (400).[11]

El análisis del tamaño de partículas es ventajoso y ayuda a identificar propiedades y comportamiento de un suelo como: Si un suelo puede ser fácilmente drenado, si es apropiado para el uso en construcción, altura estimada de capilaridad, y si se puede utilizar para mezclas de asfaltos, etc. El procesamiento de este ensayo permite obtener una curva logarítmica del porcentaje de suelo que pasa en función de las aberturas de tamices para conocer su distribución y diámetros de partículas en específico.[11]

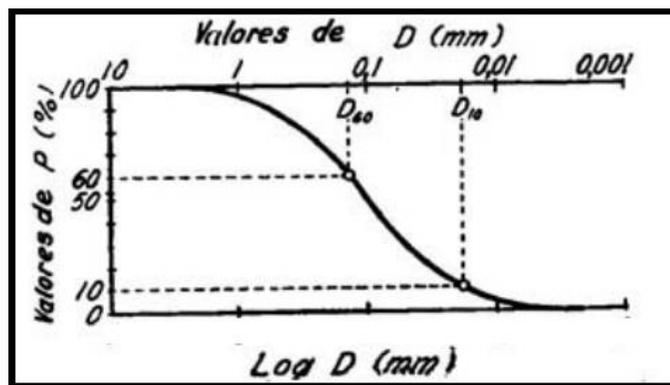


Figura 4. Representación Semilogarítmica de los resultados de un análisis granulométrico

Fuente: Mecánica de suelos en la Ingeniería Práctica, Karl Terzaghi

1.1.2.5.1.4. Peso Específico de Sólidos (γ_s)

Se define como la división matemática entre el peso y el volumen de la fase sólida de un suelo.[15]

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s}$$

1.1.2.5.1.5. Peso Específico Seco (γ_d)

Es la relación entre el peso de un suelo seco y el volumen de la masa. Este es un valor especial del peso específico de la masa para el caso en que el grado de saturación del suelo sea cero.[15]

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V_m}$$

1.1.2.5.1.6. Gravedad Específica (G_s)

O también llamado peso específico relativo de la fase sólida del suelo. Es el peso específico de la fase sólida dividido para el peso específico del agua, a 4°C (1 gr/cm³). No tiene unidades.[15]

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

1.1.2.5.1.7. Densidad Aparente (γ)

También se la denomina densidad húmeda o natural de un suelo que es la relación entre la masa y el volumen del mismo.[15]

$$\gamma = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} = \frac{W_m}{V_m}$$

1.1.2.5.1.8. Relación de Vacíos (e)

Es el cociente entre el volumen de los vacíos y el volumen solo de los sólidos de un suelo. En la práctica no suelen hallarse valores menores al 25% que son arenas con finos muy compactas, ni mayores de 15 en el caso de arcillas que tienen una alta compresibilidad.[15]

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V_w + V_a}{V_s}$$

1.1.2.5.1.9. Porosidad (n)

Es la división matemática entre el volumen de vacíos y el volumen total de un suelo, entendiéndose como volumen de vacíos aquella parte del volumen total que no ha sido ocupada por granos. Se expresa en porcentaje y sus valores realmente puede oscilar entre un 20% a 95%.[16]

$$n = \frac{V_v}{V_m}$$

Porosidad y relación de vacíos están altamente relacionados entre sí.[16]

1.1.2.5.1.10. Grado de Saturación del Agua (S_ω%)

Es la relación del volumen de agua que contiene un suelo al volumen de vacíos del mismo donde sí se encuentra totalmente saturado tendrá un valor del 100% y si es totalmente seco tendrá un valor de 0. Normalmente los valores oscilarían entre los ya mencionados.[13]

$$S_{\omega} = \frac{V_w}{V_v} \times 100$$

1.1.2.5.1.11. Grado de saturación del Aire (Sa%)

Aunque es una relación de escasa importancia práctica se define como la división entre el Volumen de aire y el volumen de vacíos de un suelo que se expresa en porcentaje.[15]

$$Sa = \frac{Va}{Vv} \times 100$$

1.1.2.5.1.12. Plasticidad

Es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse hasta cierto punto sin romperse. Para establecer la plasticidad de un suelo se hace uso de los límites de Atterberg donde se nos muestra cuatro estados de consistencia. Estos son el Límite Líquido, Límite Plástico y Límite de Contracción. Todos estos límites de consistencia se trabajan con un suelo que haya pasado el tamiz Nro. 40.[13]

El índice de plasticidad o índice Plástico (IP) de un suelo es la diferencia entre los valores de Límite Líquido y Límite Plástico. Este índice depende generalmente de la cantidad de arcilla del suelo e indica el rango de humedad a través del cual los suelos con cohesión tienen propiedades de un material plástico.[13]

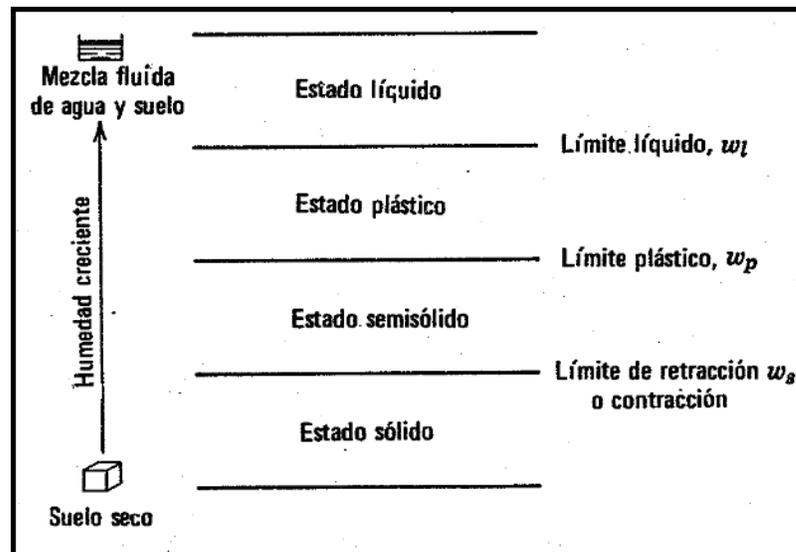


Figura 5. Límites de Atterberg

Fuente: Mecánica de Suelos, Lambe y Whitman.[17]

Según Atterberg cuando un suelo tiene un (IP) igual a 0 el suelo no es plástico, cuando es menor a 7, el suelo presenta baja plasticidad, cuando está comprendido entre 7 y 17 es medianamente plástico y cuando es mayor de 17 es altamente plástico.[13]

Límite Líquido (LL)

Es el contenido de humedad con respecto al peso seco de la muestra por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. En este contenido de humedad el suelo está al borde de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso. [15] En este límite los suelos plásticos tienen una resistencia al corte muy pequeño de 25 gr/cm^2 , además de que la cohesión es prácticamente nula.[13]

Límite Plástico (LP)

Es el contenido de humedad con respecto al peso seco de la muestra por debajo del cual se puede considerar al suelo como un material no plástico. [15] Para el cual los suelos cohesivos pueden pasar de un estado semisólido a un estado plástico.[13]

Límite de Contracción (LC)

Es el contenido de humedad con respecto al peso seco de la muestra por debajo del cual no se produce reducción adicional de volumen o contracción en un suelo.[14] La resta matemática entre el límite plástico y el de contracción se llama Índice de Contracción (IC) y muestra el rango de humedad para el cual el suelo tiene una consistencia semisólida.[13]

1.1.2.5.2. Propiedades Mecánicas

1.1.2.5.2.1. Compactación

Es la densificación de los suelos mediante la aplicación de energía mecánica que reduce asentamientos debido a la disminución de la relación de vacíos, aumenta de la resistencia del suelo y reduce las posibles contracciones del mismo. Es altamente utilizado en la construcción de vías, aeropuertos y muelles.[11]

Existe una alta relación entre el contenido de humedad y el peso específico para asegurar la compactación de un suelo. Esta humedad y el peso de los sólidos por metro cúbico de suelo compactado que se denomina como peso específico seco generan una curva donde el peso específico seco aumenta cuando se incrementa progresivamente la humedad, pero el valor que en realidad importa es el peso específico máximo de suelo compactado que obligatoriamente conlleva a la humedad óptima. Cuanto mayor es el peso específico seco, se tiene una relación de vacíos y porosidad mínima.[11]

Los valores típicos del peso específico seco máximo oscilan entre 16 a 20 kN/m³, con valores máximos entre 13 a 24 kN/m³. Los valores de peso específico seco máximo mayores a 23 kN/m³ son raros. Los contenidos típicos de humedad óptima oscilan entre 10 y 20% con un intervalo máximo de 5 a 30%.[11]

Factores que afectan la compactación del suelo

Además del contenido de humedad otros factores importantes que afectan la compactación son el tipo de suelo y el esfuerzo o energía de compactación.

Lee y Suedkamp (1972) estudiaron las curvas de compactación de 35 muestras de suelo diferentes. Se observaron 4 tipos diferentes de curvas de compactación. La curva de compactación tipo A poseían un límite líquido entre 30 y 70. El tipo de curva B y C conllevan un Límite líquido menor que 30 y las curvas tipo D con límites líquidos de más 70. Los suelos que producen curvas tipo C y D no son muy comunes.[12]

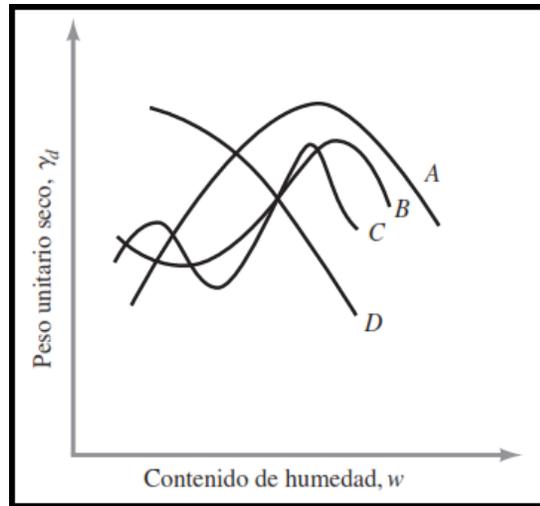


Figura 6. Tipos de curvas de compactación en diferentes suelos

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Braja M. Das[12]

El esfuerzo o energía de compactación es una medida de la energía mecánica aplicada sobre una muestra de suelo. En laboratorio la energía de compactación puede ser generada por impacto, un martillo cae varias veces donde se especifica la siguiente ecuación.

$$E = \frac{W * H * N * n}{V}$$

En donde:

- E = Energía de compactación en $\text{kg} - \text{cm}/\text{cm}^3$
- W = Peso del martillo en kg
- H = Altura de caída del martillo en cm

- N = Número de golpes
- n = Numero de capas de suelo
- V = Volumen total del suelo compactado

En términos generales, al aumentar la energía de compactación para un mismo suelo se eleva su peso específico seco máximo y se reduce su contenido de humedad óptimo.[13]

1.1.2.5.2.2. Prueba de Proctor

Hace referencia a la determinación del peso por unidad de volumen de un suelo que ha sido compactado por un procedimiento definido para diferentes contenidos de humedad donde principalmente se establece el peso específico seco máximo que puede alcanzar un suelo, así como su humedad óptima, además del grado de compactación alcanzado por el material durante la construcción o cuando ya se encuentren construidos. Esta prueba está limitada a los suelos que pasen totalmente el tamiz Nro. 4.[13]

Proctor Estándar

Para la realización de esta prueba se requiere de un molde de 943.3 cm³ que dentro de este se colocará 3 capas de suelo que serán compactados con un martillo de 24.4 N con una caída de 304.8 mm. El número de golpes es de 25 por cada capa y consta de 3 métodos como lo dicta la norma ASTM 698.

Tabla 5. Especificaciones de la prueba Proctor Estándar – Norma ASTM 698.

Elemento	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde	101.6 mm	101.6 mm	152.4 mm
Volumen del molde	943.3 cm ³	943.3 cm ³	2124 cm ³
Peso del martillo	24.4 N	24.4 N	24.4 N
Altura de la caída del martillo	304.8 mm	304.8 mm	304.8 mm

Número de golpes de martillo por capa de suelo	25	25	25
Número de capas de compactación	3	3	3
Energía de compactación	591.3 kN-m/m ³	591.3 kN-m/m ³	591.3 kN-m/m ³
Suelo utilizado	Porción que pasa el tamiz Nro. 4. Puede ser utilizada si 20% o menos del peso es retenido en el tamiz Nro.4	Porción que pasa el tamiz de 9.5 mm. Puede utilizarse si el suelo retenido en el tamiz Nro. 4 es más de 20% y 20% o menos del peso es retenido en el tamiz de 9.5 mm.	Porción que pasa el tamiz de 19 mm. Puede utilizarse si más de 20% del material es retenido en el tamiz de 9.5 mm y menos de 30% de peso es retenido en el tamiz de 19 mm.

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Braja M. Das[12]

Proctor Modificado

Esta prueba modificada de Proctor tiene la intención de acercarse más a lo realizado en campo. Para el desarrollo de esta prueba se requiere de un molde de 943.3 cm³ que dentro de este se colocará 5 capas de suelo que serán compactados con un martillo de 44.5 N con una caída de 457.2 mm. El número de golpes es de 25 por cada capa y consta de 3 métodos al igual que el estándar como lo dicta la norma ASTM D 1577.

Tabla 6. Especificaciones de la prueba Proctor Modificado – Norma ASTM D 1577.

Elemento	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde	101.6 mm	101.6 mm	152.4 mm
Volumen del molde	943.3 cm ³	943.3 cm ³	2124 cm ³
Peso del martillo	44.5 N	44.5 N	44.5 N

Altura de la caída del martillo	457.2 mm	457.2 mm	457.2 mm
Número de golpes de martillo por capa de suelo	25	25	56
Número de capas de compactación	5	5	5
Energía de compactación	2696 kN-m/m ³	2696 kN-m/m ³	2696 kN-m/m ³
Suelo utilizado	Porción que pasa el tamiz Nro. 4. Puede ser utilizada si 20% o menos del peso es retenido en el tamiz Nro.4	Porción que pasa el tamiz de 9.5 mm. Puede utilizarse si el suelo retenido en el tamiz Nro. 4 es más de 20% y 20% o menos del peso es retenido en el tamiz de 9.5 mm.	Porción que pasa el tamiz de 19 mm. Puede utilizarse si más de 20% del material es retenido en el tamiz de 9.5 mm y menos de 30% de peso es retenido en el tamiz de 19 mm.

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Braja M. Das[12]

1.1.2.5.2.3. Densidad de campo (Cono y Arena)

Ensayo de campo que consiste en determinar la densidad de un suelo húmedo y el volumen de una pequeña excavación irregular hecho sobre una superficie de suelo en lo cual el método de Cono y Arena representa una manera indirecta de obtener el volumen de un agujero excavado irregularmente con herramientas manuales.

La arena utilizada tiene una distribución de granos y densidad conocida, generalmente debe ser una arena que pase el tamiz 20 y se encuentre retenida en el tamiz 30 y no mayor que el tamiz 40. [18]

1.1.2.5.2.4. Cono Dinámico de Penetración

Fue desarrollado por SCALA en 1956 y estudios realizados en campo por LIVNEH, ISHAL y KLEIN en 1987 y 1975 que han sido referencias básicas en la evaluación de pavimentos.[19]

Es un equipo geotécnico diseñado para el uso en estudios de pavimentos que permite obtener varias propiedades del suelo a través de la obtención del índice de penetración en suelos inalterados o en campo de una manera rápida y fácil en zonas de difícil ingreso.[19]

Especificaciones

Según la normativa ASTM D 6951 M-09 determina el equipo a utilizar en la aplicación del DCP, la cual utiliza un martillo de 8 Kg donde este tiene una caída de martillo de 575 mm y una punta de cono con un ángulo de 60° con un diámetro de 20 mm que es intercambiable.[19]

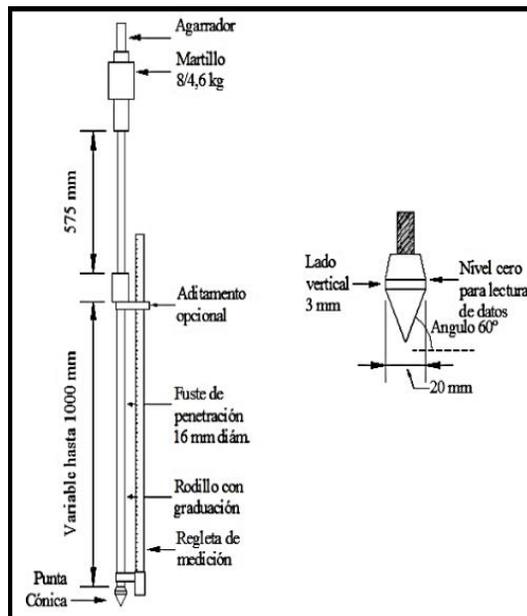


Figura 7. Esquema del equipo DCP según norma ASTM D 6951 M-09

Fuente: Estudio para determinar la capacidad portante del suelo como parámetro geotécnico, aplicando el ensayo de cono dinámico de penetración (DCP), en los terrenos aledaños a la facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas. Aragundi M.[19]

El índice de este ensayo representa la penetración obtenida por golpe y se expresa en mm/golpe que es un valor de la pendiente de una curva DCP para cada capa de suelo de estudio, mientras más vertical sea la gradiente, menor será la capacidad del suelo estudiado.[20]

1.1.2.5.2.5. Relación de Soporte de California

Se desarrolló por parte de la división de carreteras de California en 1929 como una clasificación de la capacidad de un suelo para ser utilizado como sub rasante base en la construcción de vías terrestres. En este ensayo se calcula la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas (suelo compactado) que permite obtener un número de relación de soporte en base a una relación de carga unitaria necesaria para lograr una cierta profundidad de un pistón de penetración dentro de una muestra compactada de suelo con respecto a una Carga Unitaria Patrón siendo la relación un porcentaje de esta carga patrón.

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

Tabla 7. Valores de carga unitaria para cada profundidad

Penetración		Carga Unitaria Patrón	
Mm	Plug.	MPa	Psi
2.5	0.10	6.9	1000
5.0	0.20	10.3	1500
7.5	0.30	13.0	1900
10.0	0.40	16.0	2300
12.7	0.50	18.0	2600

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil. Joseph E. Bowles[14]

El valor de CBR se utiliza para construir una relación entre el comportamiento de los suelos a usarse principalmente en bases y subrasantes de vías terrestres y aeropuertos,

donde dependiendo del CBR obtenido se clasifica en los posibles tipos de suelos según la clasificación SUCS y AASHTO.

Tabla 8. Clasificación de acuerdo con el número CBR

CBR	Clasificación General	Usos	Sistema de Clasificación	
			SUCS	AASHTO
0-3	Muy Pobre	Subrasante	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3-7	Pobre a Regular	Subrasante	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7-20	Regular	Subbase	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20-50	Bueno	Base, subbase	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3, A2-6
>50	Excelente	Base	GW, GM	A1a, A2-4, A3

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil. Joseph E. Bowles[14]

1.1.2.6. Pavimentos

1.1.2.6.1. Definición

Un pavimento está conformado por un conjunto de capas colocadas una sobre la otra, relativamente horizontales que se diseñan y construyen con materiales seleccionados apropiados y adecuadamente compactados que han de resistir los esfuerzos y deformaciones que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el período para el cual fue planteada.[21]

Un pavimento bien diseñado y construido debe ser resistente a los agentes del intemperismo, poseer una textura superficial adaptada a las velocidades de los vehículos, ser resistente al desgaste abrasivo de las llantas, tener un adecuado drenaje y obviamente debe ser económico.[21]

1.1.2.6.2. Componentes

Se puede asimilar que la estructura de un pavimento está conformada por una superestructura encima de la subrasante, que a la vez está constituida por una capa de revestimiento (carpeta asfáltica) y la capa base, la fundación está formada por las capas de sub base y suelo compactado si se lo requiere.[22]

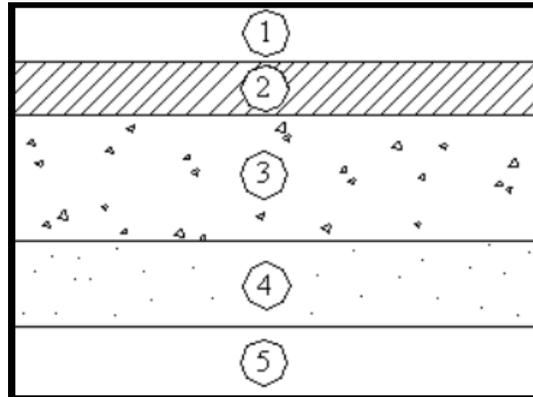


Figura 8. Estructura típica de un pavimento

Fuente: Pavimentos – Universidad Mayor de San Simón[22]

Tabla 9. Estructura de un Pavimento

1	Capa de rodadura
2	Base
3	Subbase
4	Suelo mejorado
5	Subrasante

Fuente: Pavimentos – Universidad Mayor de San Simón[22]

La capa de rodadura impermeabiliza el pavimento para que las capas de abajo mantengan su capacidad de soporte, además de proveer una superficie resistente al deslizamiento y reduce las tensiones verticales para controlar deformaciones plásticas en la base. La capa base al igual que la de rodadura reduce las tensiones para que las capas de subbase y subrasante no se deformen, además de permitir el drenaje de agua

que se filtra a través de la capa de rodadura. La capa subbase reduce el espesor de la capa base al poder ser más robusta con materiales un poco más pobres que la base, también el suelo mejorado compactado correspondiente a un terraplén al estar presente en la estructura aplica en la reducción de la base.[22]

1.1.2.6.3. Tipos de Pavimentos

1.1.2.6.3.1. Pavimentos Flexibles

Este tipo de pavimento está conformado por una carpeta bituminosa (asfalto) apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base, subbase y debajo de estas la subrasante. No obstante, puede ser posible que solo quede una sola de estas capas o incluso se necesite capas adicionales de suelo compactado o terraplén dependiendo de las necesidades particulares de cada obra.[21]

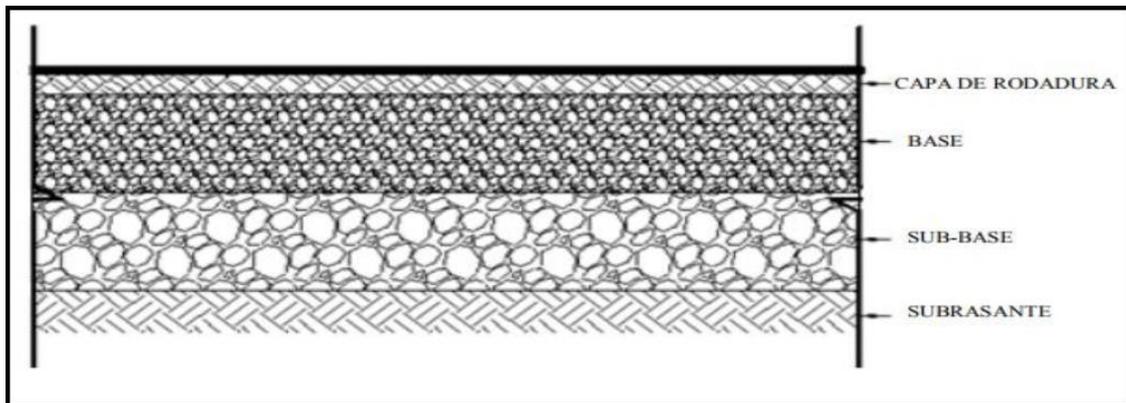


Figura 9. Capas de un pavimento flexible

Fuente: Diseño del Pavimento flexible de la vía Los Laureles – El Corocito de la parroquia Noboa cantón 24 de mayo. L. Jimmy[23]

1.1.2.6.3.2. Pavimentos Rígidos

Son aquellos que básicamente están conformados por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre el suelo de fundación o subrasante, o a la vez sobre una capa de material seleccionado, la cual se denomina subbase del pavimento rígido. El comportamiento de

un pavimento rígido es autosuficiente aun cuando existan zonas débiles en el suelo de fundación por lo que no requiere de una capa base.[21]

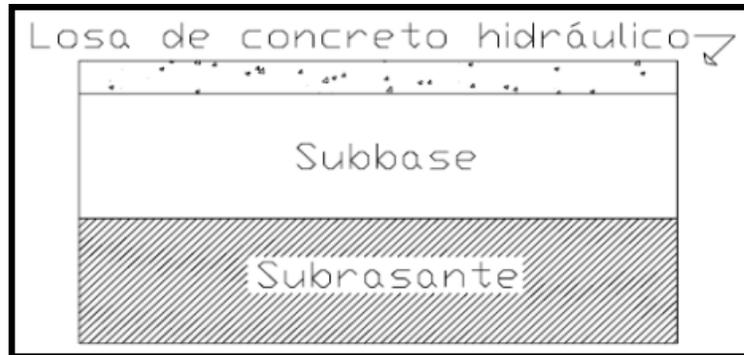


Figura 10. Capas de un pavimento rígido

Fuente: Diseño del Pavimento flexible de la vía Los Laureles – El Corocito de la parroquia Noboa cantón 24 de mayo. L. Jimmy[23]

1.1.2.6.3.3. Pavimentos Semirrígidos

Guarda la casi la misma estructura que la de un pavimento flexible, aunque una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal u otros químicos. Estos tienen el propósito de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales de las capas seleccionadas locales que no han sido aptos para la construcción de las capas del pavimento.[21]

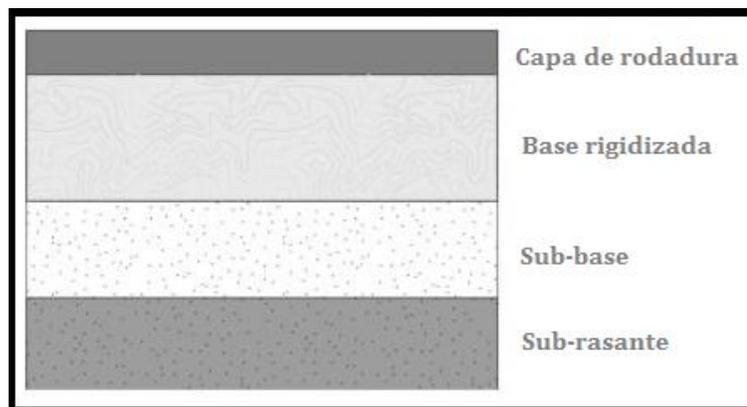


Figura 11. Capas de un pavimento semirrígido

Fuente: Diseño del Pavimento flexible de la vía Los Laureles – El Corocito de la parroquia Noboa cantón 24 de mayo. L. Jimmy[23]

1.1.2.6.4. Diseño de Pavimento Flexible

Uno de los métodos más utilizados en el diseño de pavimentos flexibles es el método desarrollado por la AASHTO llamado “AASHTO 93, “Guía de Diseño de Estructuras de Pavimentos 1993”. Que establece que una capa de rodadura (concreto asfáltico) está sometida a cargas significativas vehiculares de un flujo de tránsito.[24]

Período de Diseño

Representa el rango temporal en el que se diseñan pavimentos y que dentro de este intervalo debe existir por lo menos una actuación de mantenimiento o rehabilitación de la misma para su debida conservación. Por lo que en términos simples deberá ser lo suficientemente largo para abarcar el período de servicio del nuevo diseño y su rehabilitación.[25]

Tabla 10. Período de análisis para diferentes volúmenes de tránsito

Tipo de Camino	Período de análisis
Gran volumen de tránsito Urbano	30-50 años
Gran volumen de tránsito rural	20-50 años
Bajo volumen pavimentado	15-25 años

Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993 [26]

Tránsito promedio diario anual (TPDA)

Es un parámetro muy importante para el estudio de vías donde está definido como el número total de vehículos que pasan por una sección determinada durante un período de tiempo indicado, debe estar dado como días completos y además estar percibido entre 1 a 365 días.[27]

Volumen horario de máxima demanda (VHMD)

Es el máximo número de vehículos que pasan a través de una sección de una vía durante 60 minutos consecutivos y que representa el período de máxima demanda que se obtiene de un aforo vehicular en un día entero.[27]

Factor horario de máxima demanda (FHMD)

Taza de flujo vehicular mayor a la de la hora misma del VHMD sin una distribución uniforme o en mejores términos significa que existen períodos cortos con tazas de flujo mucho mayores a los 60 minutos y es la relación entre el VHMD y el flujo máximo vehicular.[28]

Volumen horario trigésimo anual (30ava Hora)

Se define el volumen horario trigésimo anual como aquel que es excedido por 29 volúmenes horarios y encuentra el volumen horario como el porcentaje del tránsito promedio diario anual k. La 30ava hora es comúnmente utilizada pensando a futuro (TPDAf) para fines de proyecto.[28]

Tránsito futuro (TPDAf)

Pronostica la composición del tránsito que tendrá una vía en el futuro basándose en el tránsito actual tomando en consideración el período de diseño n.[27]

Ecuación de diseño AASHTO 93

La ecuación desarrollada por varios años por la AASHTO para el diseño de pavimentos flexibles con el objetivo de encontrar el número estructural es la siguiente:

$$\log W_{18} = Z_r S_o + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log(Mr) - 8.07$$

Donde:

- SN = Número Estructural (pulg)
- W_{18} = Número de cargas revistas de 18 kips (80 KN)
- Z_r = Desviación estándar normal
- S_o = Desviación estándar global
- SN = Número estructural
- ΔPSI = Pérdida de serviciabilidad
- Mr = Módulo de resiliencia de la subrasante (Psi)

Módulo de Resiliencia (Mr)

Es una medida que indica la capacidad de un material para almacenar o absorber energía sin deformarse, el cual, para la aplicación en la capa subrasante, deberá determinarse mediante ensayos de laboratorio, pero existen correlaciones que permiten obtenerla mediante distintos valores de CBR.[24]

- (CBR \leq 7)

$$Mr(psi) = 1500 * CBR$$

- (7 < CBR \leq 20)

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

- (CBR > 20)

$$Mr(psi) = 4326 * \ln(CBR) + 241$$

Tránsito Equivalente (W_{18})

Principalmente W_{18} es el número acumulado de ejes simples equivalentes a 18000 lb (80Kn) para el período de diseño escogido del proyecto que hace alusión al número de

repeticiones de ejes equivalentes (EE) de 8.2 Ton, el cual se lo obtiene en base a los resultados del estudio del tráfico TPDAf.[24]

Índice de serviciabilidad (Δ PSI)

Es la comodidad de circulación ofrecida a los vehículos. Su valor varía de 0 a 5 donde un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica, aunque difícil de alcanzar y por el contrario un valor de 0 demuestra una comodidad nula. También cuando la condición de la vía se deteriora, el valor también decrece.

Existe tanto la serviciabilidad inicial (P_i) como la final (P_t) donde la inicial es la condición de una vía recientemente construida, su valor según ASHTO 93 para pavimentos flexibles es de 4.2 y la final indica que una vía a alcanzado su necesidad de rehabilitación, su valor varía de 2.5 a 3 para autopistas y un valor de 2 para vías locales.[24]

$$\Delta\text{PSI} = P_i - P_t$$

Nivel de Confianza

Representa la probabilidad que una determinada estructura se comporte de acuerdo a lo planificado. Esta probabilidad está en función de la variabilidad de los factores que influyen sobre la estructura y su comportamiento. A mayor nivel de confianza se incrementará el espesor de la estructura del pavimento donde este parámetro depende de la desviación estándar normal y viceversa (Z_r).[24]

Tabla 11. Niveles Sugeridos de Confiabilidad

Tipo de vía	Rangos de Confiabilidad Recomendados	
	Urbana	Rural
Interestatales	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias Principales	80 – 99	75 - 95
Colectoras	80 – 95	75 - 95
Local	50 – 80	50 – 80

Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993 [26]

Desviación Estándar Normal (Zr)

El coeficiente estadístico de desviación estándar normal (Zr) representa el valor del nivel de confianza seleccionado, en cambio la desviación estándar global (So) toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito. AASHTO recomienda valores de So entre 0.40 y 0.50 para pavimentos flexibles pudiéndose tomar exactamente un valor de 0.45.

Tabla 12. Desviación Estándar Normal correspondientes a Niveles de Confiabilidad

Nivel de Confiabilidad	Desviación Estándar Normal (Zr)	Nivel de Confiabilidad	Desviación Estándar Normal (Zr)
50	-0.000	93	-1.476
60	-0.253	94	-1.555
70	-0.524	95	-1.645
75	-0.674	96	-1.751
80	-0.841	97	-1.881
85	-1.037	98	-2.054
90	-1.282	99	-2.327
91	-1.340	99.9	-3.090
92	-1.405	99.99	-3.750

Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993 [26]

Determinación de espesores de las capas

Los datos obtenidos se aplican a la ecuación AASHTO para así obtener el número estructural SN principal de toda la estructura que conllevará a la obtención de cada uno

de los espesores efectivos de la estructura del pavimento mediante los coeficientes estructurales aplicando la ecuación indicada.[24]

$$SN = a_1 * d_1 + a_2 * d_2 * m_2 + a_3 * d_3 * m_3$$

Siendo:

a_1, a_2, a_3 = coeficientes estructurales de las capas superficial, base y sub base.

d_1, d_2, d_3 = espesores (en cm) de las capas superficial, base y sub base.

m_2 y m_3 = coeficientes de drenaje para las capas base y sub base.

Los coeficientes estructurales a_1, a_2, a_3 se obtienen utilizando los ábacos de correlaciones de diferentes pruebas de laboratorio generadas por la AASTHO, en las que intervienen el Módulo resiliente, Texas Trial, Valor R y CBR.[22]

Para obtener el número estructural (SN1) correspondiente a la carpeta asfáltica que protege a la capa base, el número estructural (SN2) correspondiente a la capa base que protege a la sub base y el número estructural (SN3) correspondiente a la capa sub base que protege a la sub rasante, normalmente se utiliza el “Ábaco de diseño AASHTO para pavimentos flexibles”, que además es usado para obtener el número estructural principal.

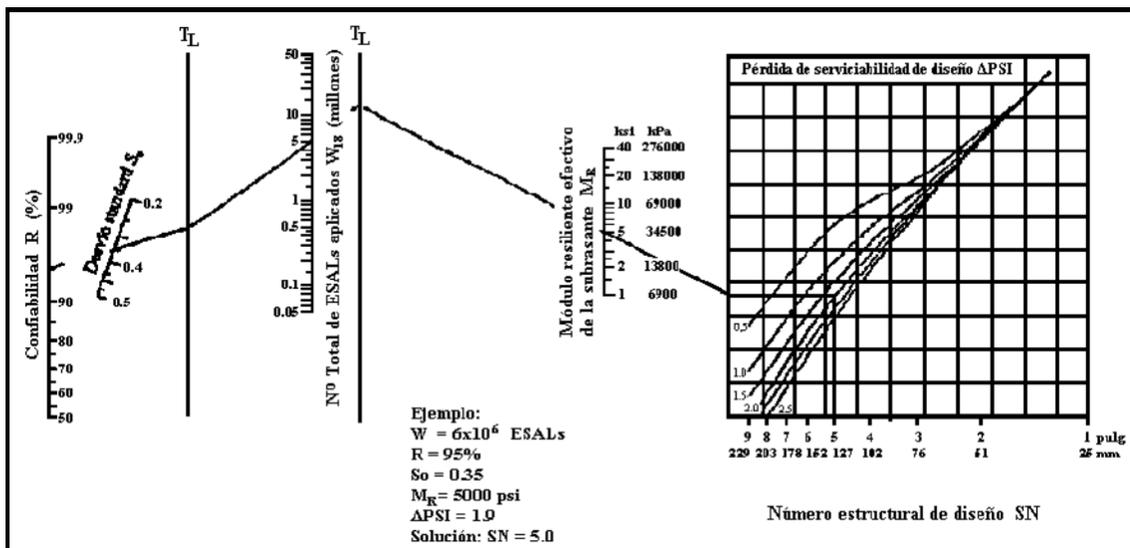


Figura 12. Ábaco de diseño AASHTO para pavimentos flexibles

Fuente: Pavimentos – Universidad Mayor de San Simón[22]

Tabla 13. Espesores Mínimos de Carpeta Asfáltica y Capa Base

Ejes Equivalentes en el carril de diseño	Carpeta Asfáltica (pulg.)	Carpeta Asfáltica (mm)	Capa Base (pulg)	Capa Base (mm)
< 50 000	1	25.40	4	101.60
50 001 a 150 000	2	50.80	4	101.60
150 001 a 500 000	2.5	63.50	4	101.60
500 001 a 2 000 000	3	76.20	6	152.40
2 000 001 a 7 000 000	3.5	88.90	6	152.40
> 7 000 000	4	101.60	6	152.40

Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993 [26]

Coefficiente de Drenaje

Las ecuaciones de espesores D requieren del coeficiente de drenaje de las capas granulares de base y sub base donde este coeficiente tiene por finalidad tomar en cuenta la influencia del drenaje en la estructura del pavimento donde está dado por la variable de la calidad del drenaje y la exposición a la saturación.[24]

Tabla 14. Coeficiente de drenaje (m) para bases y sub bases granulares

Calidad del Drenaje	% del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercano a la saturación			
	Menor que 1%	1% a 5%	5% a 25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35- 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00- 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60

Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
-----------	-------------	-------------	-------------	------

Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993 [26]

1.1.2.7. Análisis de Correlaciones

El análisis de correlación hace referencia el grado o fuerza de relación existente entre dos o más variables dentro de un plano cartesiano en lo cual se utilizará una medida conocida como el coeficiente de correlación de Pearson (r). El análisis puede tener dos o más variables donde el estudio de dos variables se la conoce como correlación simple y de más de dos variables correlación múltiple.[29]

1.1.2.7.1. Correlación Lineal

Hay que tener en cuenta que correlación no es lo mismo que regresión ya que el primero es la fuerza en las que están relacionadas dos variables en forma de un coeficiente, en cambio la regresión muestra la relación entre dos variables en forma de una ecuación que las relaciona entre sí.

Así la correlación lineal es una línea recta que representa el grado de asociación entre puntos dispersos de dos variables X (variable independiente) e Y (variable dependiente), donde la inclinación de la misma indica el signo del coeficiente de correlación.[29]

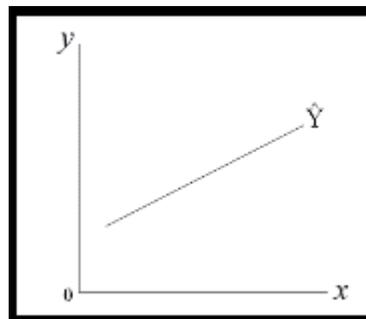


Figura 13. Correlación lineal positiva

Fuente: Estadística y Muestreo. M. Ciro[29]

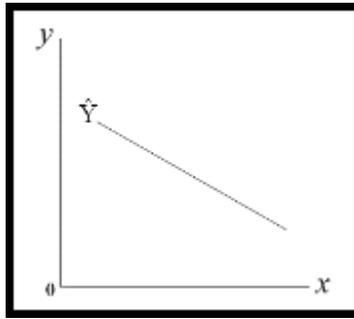


Figura 14. Correlación lineal negativa

Fuente: Estadística y Muestreo. M. Ciro[29]

Coefficiente de correlación lineal

Este coeficiente es un valor de interdependencia entre dos variables aleatorias a lo cual existen dos tipos de valores, el R^2 que es el coeficiente de determinación que debe cumplir con la condición $0 \leq R^2 \leq 1$. Cuando es igual a 1 hay una correlación perfecta ya que los valores observados (Puntos dispersos) son exactamente iguales a los estimados (línea), cuando es ≤ 0 indica que no hay correlación entre las variables.[29]

El coeficiente de correlación de Pearson (r ó R) es la raíz cuadrada del coeficiente de determinación, pero para calcularlo con los valores de X e Y se lo hará de la siguiente manera:

$$r = \frac{n\Sigma yx - (\Sigma x)(\Sigma y)}{\sqrt{[n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2][n\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2]}}$$

Donde:

n = Número de pares de datos

La inclinación de la recta indicará el signo del coeficiente donde su valor está comprendido entre $-1 \leq r \leq 1$, la relación será perfecta cuando r es 1 o -1, no hay ninguna relación cuando $r = 0$, ó menor que 0.30.[29]

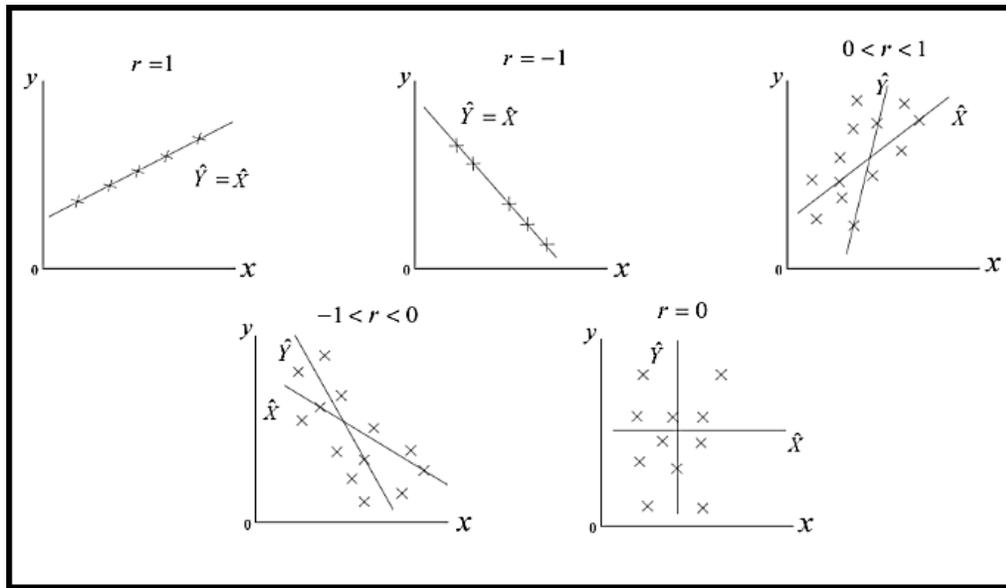


Figura 15. Comportamiento del coeficiente de correlación (r)

Fuente: Estadística y Muestreo. M. Ciro[29]

Tabla 15. Grado de correlación (r) de Pearson

Rango Negativo	Rango Positivo	Calificación
$r = -1$	$r = 1$	Correlación perfecta
$-1 < r < 0.9$	$0.9 < r < 1$	Correlación excelente
$-0.9 < r < -0.8$	$0.8 < r < 0.9$	Correlación aceptable
$-0.8 < r < -0.6$	$0.6 < r < 0.8$	Correlación regular
$-0.6 < r < -0.3$	$0.3 < r < 0.6$	Correlación mínima
$-0.3 < r < 0$	$0 < r < 0.3$	No hay correlación

Fuente: Estadística y Muestreo. M. Ciro[29]

Tabla 16. Bondad de Ajuste del Modelo R^2

Coefficiente de Determinación	Fiabilidad del Modelo
$R^2 = 1$	Perfecta
$0.90 < R^2 < 1$	Muy fuerte
$0.75 < R^2 < 0.90$	Fuerte
$0.50 < R^2 < 0.75$	Moderada
$0.25 < R^2 < 0.50$	Débil
$0 < R^2 < 0.25$	Muy débil
$R^2 = 0$	No existe

Fuente: Estadística y Muestreo. M. Ciro[29]

1.1.2.7.2. Método de los mínimos cuadrados

Es un método válido de cálculo, por el cual las cantidades a encontrar son determinadas, reduciendo la suma de los cuadrados de las diferencias entre los valores observados dispersos (y) y los valores estimados de la recta (Y).[29]

$$\Sigma e^2 = \Sigma(y - Y)^2 = \text{mínimo}$$

Donde:

e = error mínimo que se puede cometer en la estimación para proporcionar una buena representación de los puntos dispersos por la línea calculada.[29]

Se tiene la ecuación general de la línea $Y = bx + c$, las nuevas incógnitas a establecerse son b y c que se las obtiene de la siguiente manera:

$$b = \frac{n\Sigma yx - (\Sigma x)(\Sigma y)}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$$

$$c = \bar{y} - b\bar{x}$$

Donde:

\bar{y} y \bar{x} = son las medias de los valores en (y) y (x) respectivamente.[29]

1.1.2.7.3. Correlación Múltiple

Cuando se trabaja con más de dos variables independientes, relacionadas entre sí, al análisis se lo puede llamar regresión y correlación múltiple. El grado de relación que puede haber entre estas variables es generado mediante el cálculo del coeficiente de correlación múltiple. Estos cálculos obligan a la utilización del álgebra matricial en tres dimensiones o el manejo de softwares respecto al tema.[29]

Las ecuaciones a utilizar para el análisis de las rectas relacionadas entre la variable dependiente y las dos o más variables independientes serán aquellas tomadas en referencia al método de los mínimos cuadrados.[29]

$$\Sigma Z = a_0 N + a_1 \Sigma X + a_2 \Sigma Y$$

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

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

El coeficiente de determinación R^2 para este caso de variables múltiples se lo obtiene entendiendo que para una regresión lineal simple el coeficiente parte de una recta, en cambio para múltiples esa recta pasa a ser un plano en dos dimensiones ya que se trabaja en 3 dimensiones. A esto es necesario conocer las siguientes ecuaciones para saber su valor.[30]

$$R^2 = \frac{S_t - S_r}{S_t}$$

Donde:

S_t = Suma total de los cuadrados de las diferencias entre los datos y la media

S_r = Suma de los cuadrados de los residuos

$$S_t = \Sigma(z_i - \bar{z})^2$$

Donde:

z_i = sumatoria de los valores de la variable dependiente

\bar{z} = media de los valores de la variable dependiente

$$S_r = \sum_{i=1}^n (z_i - a_0 - a_1x_i - a_2y_i)^2$$

Donde:

x_i = Sumatoria de los valores de la variable independiente

y_i = Sumatoria de los valores de la otra variable independiente (función)

1.2 Hipótesis

Existe correlación entre el CBR, DCP y las propiedades índice y mecánicas en los suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Analizar las correlaciones entre el CBR de laboratorio, DCP, y las propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Reforzar el conocimiento de las propiedades índice y mecánicas de los suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi, por medio del análisis de campo y laboratorio.
- Ampliar la base de datos existente, referente a estudios de correlación entre el CBR de laboratorio, DCP y las propiedades índice y mecánicas de los suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi.
- Aplicar los resultados de la investigación en el diseño de pavimentos para vías rurales de las parroquias y cantones de la provincia de Cotopaxi.
- Zonificar las diferentes áreas de los cantones estudiados, de acuerdo con la clasificación de suelos SUCS y AASHTO y las propiedades físicas y mecánicas obtenidas.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

2.1 MATERIALES

Tabla 17. Equipos y Materiales

ENSAYOS DE CAMPO			
Ensayos	Materiales	Equipos	Referencia Normativa
Pozo a cielo Abierto	Muestra in situ	<ul style="list-style-type: none"> - Pico - Barra - Pala - Costales 	AASHTO T87-70
			
		Utilizados para excavar las 12 calicatas de 1m de profundidad.	
Densidad de Campo (Método del Cono y Arena de Ottawa)	Muestra in situ	<ul style="list-style-type: none"> - Cuchareta - Cincel - Placa metálica - Brocha - Martillo - Clavos - Cono y Arena de Ottawa - Fundas Plásticas 	AASHTO T 191 2014

			
		Utilizados para obtener la densidad del suelo in situ.	
Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP)	Muestra in situ	Equipo DCP	ASTM D 6951
			
		Utilizado para obtener el índice de golpes de un sueño in situ.	
ENSAYOS DE LABORATORIO			
Ensayos	Materiales	Equipos	Referencia Normativa
Gravedad Específica de Sólidos	50 gr. De Suelo que pase el Tamiz Nro. 40. Agua Destilada	<ul style="list-style-type: none"> - Tamiz Nro. 40 - Picnómetro - Embudo - Pipeta - Termómetro - Recipiente metálico - Balanza electrónica - Horno de secado 	AASHTO T 100-2015

			
		Utilizados para obtener la gravedad específica de los suelos.	
Contenido de Humedad	20 gr. De suelo como mínimo	<ul style="list-style-type: none"> - Horno de secado - Balanza electrónica - Recipientes metálicos 	AASHTO T-265 2015
			
		Utilizado para secar muestras de suelo y obtener su contenido de agua.	
Límite Líquido (Copa de Casagrande)	150 a 200 gr. De suelo que pase el Tamiz Nro. 40 Agua	<ul style="list-style-type: none"> - Copa de Casagrande - Acanalador - Recipientes metálicos - Mortero de porcelana - Balanza electrónica - Tamiz Nro. 40 	AASHTO T 89 2013

			
		Utilizado para obtener el Límite Líquido de suelos que pasan el tamiz Nro. 40.	
Límite Plástico	15 a 20 gr. De suelo que pase el Tamiz Nro. 40 Agua	<ul style="list-style-type: none"> - Placa de vidrio - Mortero de Porcelana - Recipientes metálicos - Balanza electrónica - Tamiz Nro. 40 	AASHTO T 90 2016
			
Utilizados para obtener filamentos de 5cm y así su Límite Plástico.			
Granulometría	1000 gr. de suelo	<ul style="list-style-type: none"> - Tamizadora eléctrica - Juego de tamices redondos - Fuente redonda - Brocha - Recipientes - Balanza electrónica 	AASHTO T 88 2013

			
		Utilizado para obtener la distribución de granos de un suelo.	
Proctor Modificado	6000 gr de suelo que pase el Tamiz Nro. 4 Agua	<ul style="list-style-type: none"> - Martillo de compactación de 44.5N - Molde de 152.4mm con collarín - Fuente metálica cuadrada - Probeta graduada - Palustre - Enrasador - Tamiz Nro. 4 - Balanza electrónica 	AASTHO T 180 2018
			
		Utilizados para obtener la compactación óptima de un suelo.	
Relación de Soporte de California (CBR)	18 kg de suelo que pase el Tamiz Nro. 4	<ul style="list-style-type: none"> - Máquina de compresión (Multispeed 34-V1172) - Tamiz Nro. 4 	AASTHO T 193 2013

			
		Utilizado para obtener la capacidad resistente de un suelo.	
DISEÑO DE PAVIMENTO			
Actividad	Materiales	Equipos	Referencias Normativas
Diseño de espesores de pavimento	TPDA Resultados Correlacionales	- Computador	AASHTO 1993
			
		Utilizado para el diseño y cálculo de pavimentos.	
ZONIFICACIÓN DEL ÁREA ESTUDIADA			
Actividad	Materiales	Equipos	Referencias Normativas
Zonificación y clasificación de los suelos estudiados	Clasificación AASHTO y SUCS	- Computador	Ninguna
			
		Utilizado para zonificar y clasificar mediante softwares.	

2.2 MÉTODOS

2.2.1. Tipos de Investigación

2.2.1.1. Fase 1

2.2.1.1.1. Investigación Exploratoria

Para el desarrollo del proyecto se recorrió las vías de tercer orden de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí en busca de los 12 puntos que se excavaron para la obtención de las muestras de suelo representativas y así realizar los respectivos ensayos de campo y laboratorio.

Esta fase se enfoca en determinar las propiedades índice y mecánicas de los suelos de la Parroquia Pilaló donde en el transcurso de la lectura de normativa y desarrollo de ensayos se busca reforzar los conocimientos adquiridos en materia de Mecánica de Suelos.

2.2.1.2. Fase 2

2.2.1.2.1. Investigación Experimental

Para la obtención de las propiedades índice y características propias de cada muestra se realizó ensayos de laboratorio como: Contenido de Humedad natural, Granulometría, Gravedad Específica, Límites de Atterberg y CBR en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

En cuanto a la determinación de los parámetros en campo se realizaron ensayos in situ como la Densidad de Campo con el Método del Cono y Arena de Ottawa, además del ensayo DCP.

Tanto los ensayos en campo como en laboratorio dentro de este proyecto se enfocan en conocer los parámetros que proporcionan el soporte de esta investigación ya que según el segundo objetivo se puede ampliar la base de datos correlacionales de las vías del país con los resultados proporcionados por los ensayos de campo y laboratorio.

- **Correlaciones por el método de Mínimos Cuadrados**

Para proceder con las correlaciones se utilizó el método de los Mínimos Cuadrados para obtener una línea recta que represente a los puntos dispersos de cualquier variable que se desee conocer en función de otra.

La línea o pendiente está conformada por su respectiva ecuación:

$$y = mx + b$$

Donde es necesario conocer las variables, pendiente (m) y la intersección de la recta con el eje de las ordenadas (b), las ecuaciones de las mismas son:

$$m = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}$$

$$b = \frac{\sum y}{n} - m \left(\frac{\sum x}{n} \right)$$

Donde:

n = número de muestras estudiadas

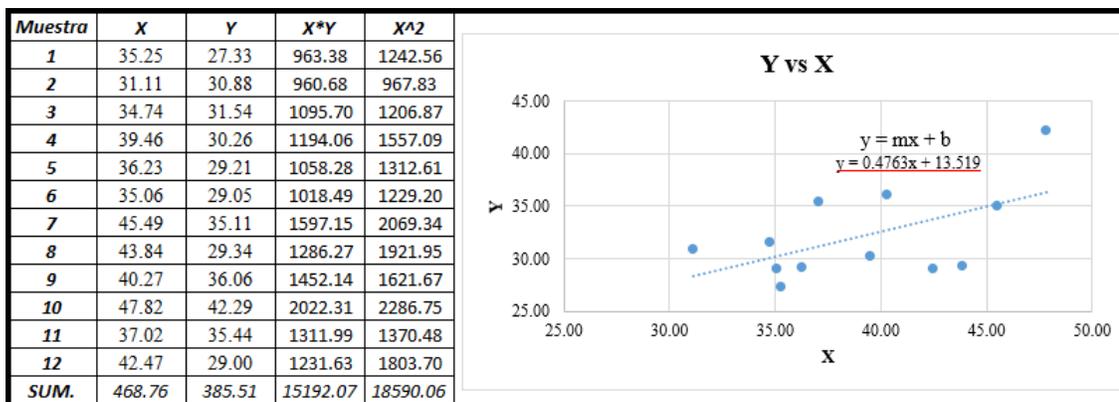


Figura 16. Ejemplo en Excel Método de los Mínimos Cuadrados

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

2.2.1.3. Fase 3

2.2.1.3.1. Investigación Aplicada

Con los resultados correlacionales obtenidos se los aplican en un diseño de espesores de un pavimento flexible correspondiente a una vía seleccionada dentro de la ubicación del proyecto siguiendo la norma de diseño de pavimentos flexibles AASTHO 93.

Este tipo de investigación se enfoca en aplicar los resultados obtenidos para llegar a un fin establecido con antelación tal y como se lo describe en el tercer objetivo de este trabajo.

2.2.1.4. Fase 4

2.2.1.4.1. Investigación Analítica

Con los parámetros de Límites de Atterberg anteriormente obtenidos se realiza una interpretación y análisis con el objetivo de clasificar los suelos estudiados dentro de la parroquia Pilaló y generar mapas con la clasificación SUCS y AASTHO, además de dar a conocer la carta de plasticidad de la zona.

Según el último objetivo esta investigación se enfoca en analizar parámetros para clasificarlos en mapas georreferenciales y gráficas para el entendimiento de terceras personas.

2.2.2. Población y Muestra

2.2.2.1. Población

El presente proyecto se encuentra distribuido en la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi, a lo cual la parroquia posee una superficie de 20 594 hectáreas, posee un clima frío y subtropical ya que el 50% de su superficie forma parte de la región costa. La población consta de 3050 habitantes para 2020. [32]

2.2.2.2. Muestra

Las muestras o puntos a utilizarse en este trabajo son obtenidas de calicatas de 1.50x1.50x1m de profundidad excavadas a un lado de las vías de tercer orden seleccionadas anteriormente. Se desbrozó la capa vegetal o cualquier otro impedimento para obtener una muestra de más de 30 kg.

Tabla 18. Coordenadas de las muestras

Nro. Calicata	Vía Seleccionada	Denominación Calicata	Coordenadas	
			Norte	Este
1	Apagua – Recinto Chilca	ACH1	9892768	730322
2		ACH2	9892121	728701
3		ACH3	9893481	728162
4	Apagua – Milín	AM1	9893285	730789
5		AM2	9890405	730964
6		AM3	9887944	729912
7	Límite Norte El Tingo Pilaló – Recinto Choasillí	Choa1	9894701	715678
8		Choa2	9892184	715289
9		Choa3	9890368	715020
10	Límite Sur El Corazón	ELPa1	9882917	721906
11	Pilaló – Comuna El Paraíso	ELPa2	9883488	721873

12		ELPa3	9885623	721794
----	--	-------	---------	--------

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

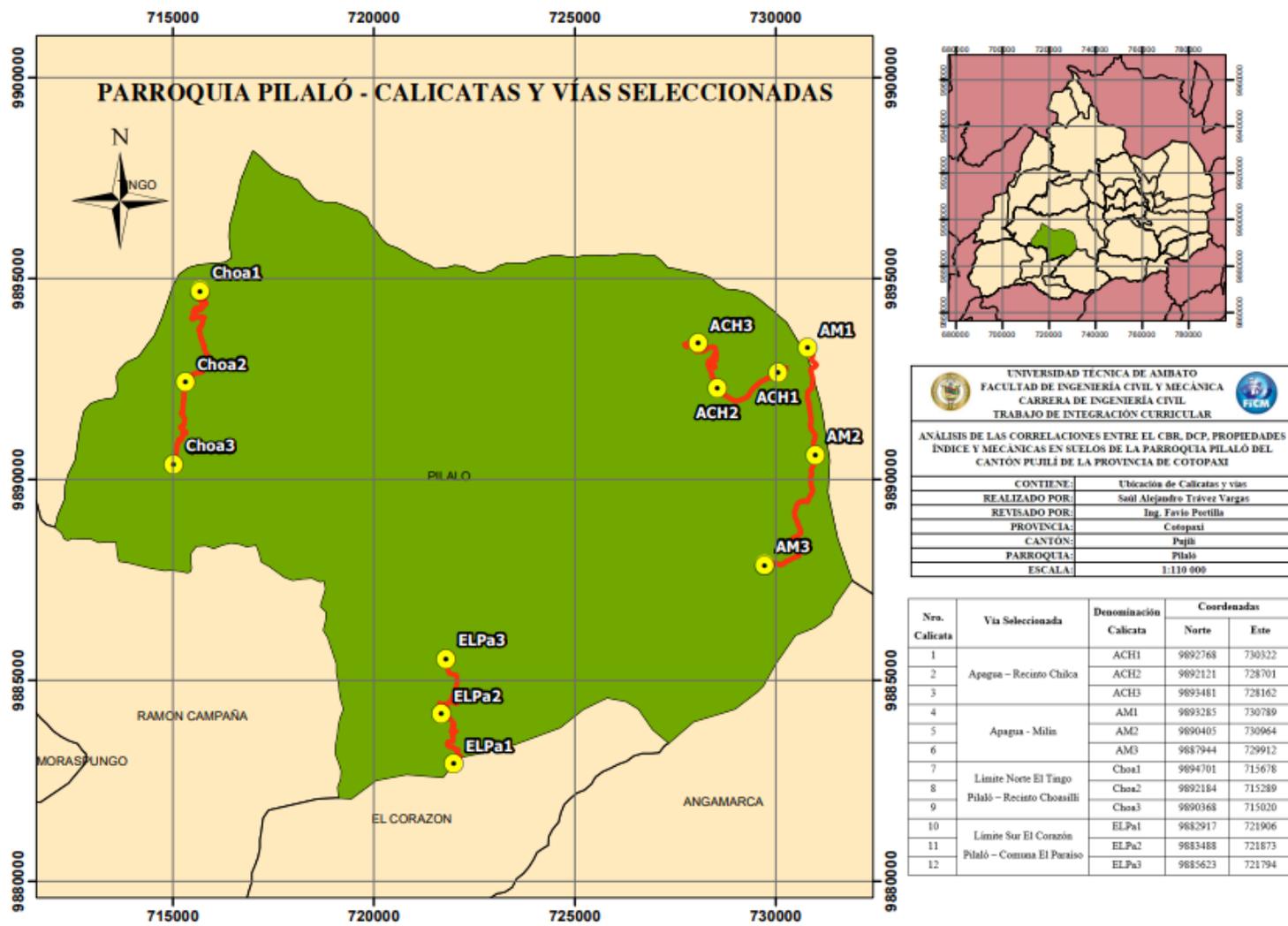


Figura 17. Ubicación de Calicatas y Vías seleccionadas

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

Tabla 19. Nomenclatura de variables

Nomenclatura	Descripción	Unidad
W _{natural}	Humedad Natural	%
G _s	Gravedad Específica	adim
S _w	Grado de Saturación del Agua	%
S _a	Grado de Saturación del Aire	%
LL	Limite Líquido	%
LP	Limite Plástico	%
IP	Índice de Plasticidad	%
n	Porosidad	%
e	Relación de Vacíos	%
W _{óptima}	Humedad Óptima	%
γ_h (in situ)	Densidad Natural in situ	gr/cm ³
γ_d (in situ)	Densidad Seca in situ	gr/cm ³
γ_d (max)	Densidad Seca Máxima	gr/cm ³
CBR	Relación de Soporte de California	%
DN	Índice de Penetración	mm/golpe
Pasa200	Suelo que pasa el Tamiz200	%

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

3.1.1. Resultados correspondientes a la Fase 1

Tabla 20. Resultados Propiedades Índice

Muestra	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Wnat. (%)	Gs	e (%)	n (%)	Sw (%)	Sa (%)	Clasificación		Granulometría		
										SUCS	AASHTO	% de Grava	% de Arena	% de Limo
ACH1	35.25	27.33	7.92	34.83	2.648	63.23	56.58	60.14	39.86	SC	A-2-4	0.00	78.51	21.49
ACH2	31.11	30.88	0.23	35.47	2.667	83.24	52.94	71.47	28.53	SM	A-2-4	0.00	85.35	14.65
ACH3	34.74	31.54	3.20	46.39	2.652	72.34	62.32	65.17	34.83	SM	A-2-4	0.00	78.54	21.46
AM1	39.46	30.26	9.20	29.46	2.655	64.21	47.08	77.05	22.95	SC	A-2-4	0.00	79.97	20.03
AM2	36.23	29.21	7.02	41.25	2.642	71.24	59.22	66.24	33.76	SC	A-2-4	0.00	99.72	0.28
AM3	35.06	29.05	6.41	50.38	2.666	68.67	54.11	95.06	4.94	SM-SC	A-2-4	0.00	97.83	2.17
Choa1	45.49	35.11	10.38	23.95	2.651	65.89	31.22	99.27	0.73	SC	A-2-7	39.91	55.75	4.34
Choa2	43.84	29.34	14.50	30.72	2.647	73.23	50.67	74.46	25.54	SC	A-2-7	23.80	54.32	21.88
Choa3	40.27	36.06	4.21	53.23	2.664	72.11	63.13	72.49	27.51	SM-SC	A-2-4	0.00	67.95	32.05
ELPa1	47.82	42.29	5.53	93.34	2.641	64.55	72.66	81.73	18.27	SM-SC	A-2-5	0.00	92.51	7.49
ELPa2	37.02	35.44	1.58	91.20	2.658	62.32	68.66	96.65	3.35	SM	A-2-4	0.00	95.54	4.46
ELPa3	42.47	29.00	13.47	60.45	2.644	68.77	51.71	73.23	2.24	SC	A-2-7	0.00	87.16	12.84

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Tabla 21. Resultados Propiedades Mecánicas

Muestra	γ_d en campo (gr/cm ³)	γ_h en campo (gr/cm ³)	Compactación			CBR (%)				DCP DN (mm/golpe)	
			γ_d máx (gr/cm ³)	W óptima (%)	Gc (%)	al 90% γ_d (máx)		al 95% γ_d (máx)			Puntual
						0.1''	0.2''	0.1''	0.2''		
ACH1	0.977	1.317	1.060	22.30	92.17	7.50	9.00	8.00	10.00	10.00	7.098
ACH2	1.068	1.446	1.129	19.92	94.56	4.20	5.70	5.00	6.50	6.50	4.645
ACH3	0.875	1.282	0.921	29.50	95.06	5.45	6.25	6.20	6.80	6.80	34.522
AM1	1.231	1.593	1.335	25.60	92.18	12.20	18.00	12.50	19.50	19.50	3.316
AM2	0.951	1.343	1.481	25.00	64.20	20.00	40.00	20.00	42.50	42.50	4.625
AM3	1.021	1.535	1.404	38.41	72.71	17.90	26.20	21.90	30.40	30.40	5.929
Choa1	1.369	1.697	1.654	21.71	82.76	36.20	54.00	38.00	56.00	56.00	1.656
Choa2	1.228	1.606	1.615	21.50	76.05	11.50	14.60	12.20	15.70	15.70	2.117
Choa3	0.860	1.317	0.895	39.15	96.04	3.00	4.00	4.00	5.00	5.00	5.569
ELPa1	0.584	1.178	1.062	27.85	54.96	17.50	19.50	18.20	20.10	20.10	5.904
ELPa2	0.727	1.391	1.336	35.28	54.45	22.80	27.50	25.00	31.70	31.70	6.446
ELPa3	1.064	1.707	1.091	32.60	97.54	22.60	25.00	23.70	27.40	27.40	3.569

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

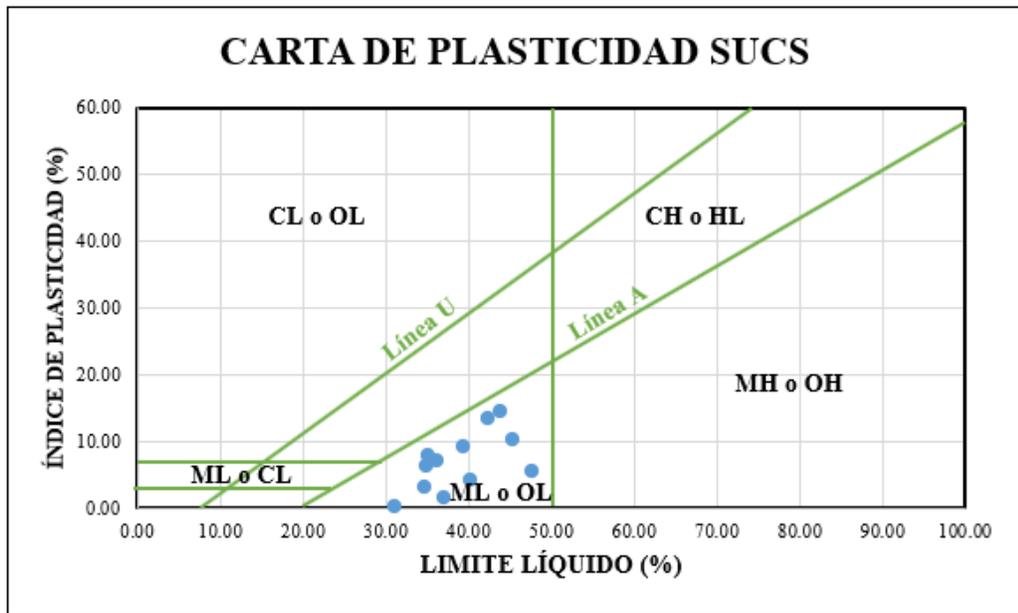


Figura 18. Carta de Plasticidad SUCS

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

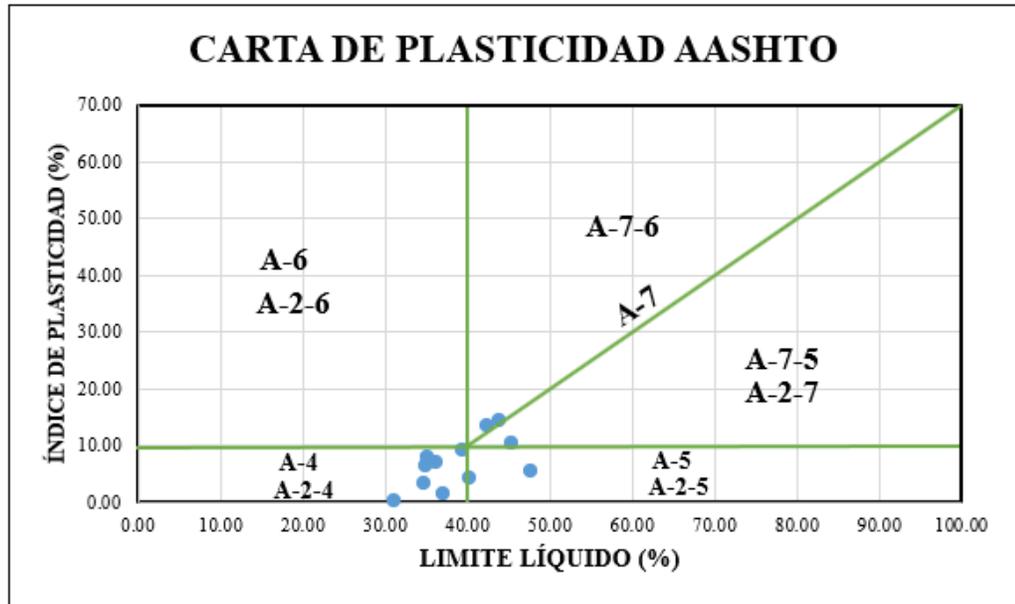


Figura 19. Carta de Plasticidad AASHTO

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

3.1.2. Resultados y Análisis correspondientes a la Fase 2

Tabla 22. Resumen Correlaciones Resultantes

Nro.	Ecuación	Coefficiente de Correlación R ²	Tipo	Nro. De Muestras
Entre Propiedades Índice				
1	$Pasa200 = -0.002(Sw)^2 - 0.116(Sw) + 38.453$	0.79	Simple Polinómica	10
2	$LP = 0.114(LL)^2 - 8.593(LL) + 189.16$	0.80	Simple Polinómica	10
3	$LP = 0.006(Wnat)^2 - 0.584(Wnat) + 43.417$	0.77	Simple Polinómica	11
4	$IP = 365.62(Wnat)^{-1.082}$	0.62	Simple Potencial	10
Entre Propiedades Mecánicas				
5	$CBR = 45.272(DN)^{-0.598}$	0.54	Simple Potencial	10
6	$\gamma_{dmax} = 1.209(\gamma_{hinsitu})^2 - 2.207(\gamma_{hinsitu}) + 1.92$	0.62	Simple Polinómica	11
7	$Wopt = 42.7(\gamma_{dinsitu})^2 - 114.56(\gamma_{dinsitu}) + 99.162$	0.66	Simple Polinómica	11
Entre Propiedades Mecánicas e Índices				
8	$CBR = 8.405(\gamma_{dmax})^{3.778}$	0.91	Simple Potencial	10
9	$CBR = 0.034(\%Arena)^2 - 4.768(\%Arena) + 173.06$	0.78	Simple Polinómica	11
10	$\gamma_{d\ insitu} = 6.394(Wnat)^{-0.495}$	0.80	Simple Potencial	12
11	$\gamma_{dmax} = 0.0011(\%Arena)^2 - 0.171(\%Arena) + 7.78$	0.93	Simple Polinómica	10
12	$DN = 0.013(Pasa200)^2 - 0.482(Pasa200) - 7.425$	0.62	Simple Polinómica	10

13	$W_{opt} = -0.005(W_{nat})^2 + 0.952(W_{nat}) - 1.613$	0.74	Simple Polinómica	11
14	$W_{opt} = 0.078(LP)^2 - 3.679(LP) + 63.773$	0.75	Simple Polinómica	10
Entre Propiedades Índices y Mecánicas				
15	$IP = 53.111(\gamma_{hinsitu})^2 - 141.31(\gamma_{hinsitu}) + 98.676$	0.70	Simple Polinómica	10
16	$LL = 69.924(\gamma_{dinsitu})^2 - 136.04(\gamma_{dinsitu}) + 102.01$	0.79	Simple Polinómica	10
17	$LP = 60.262(\gamma_{dinsitu})^2 - 127.59(\gamma_{dinsitu}) + 96.33$	0.94	Simple Polinómica	11
Correlaciones Múltiples				
18	$CBR = 11.854 + 0.255(\%Arena) - 0.165(W_{nat})$	0.80	Múltiple Lineal	11
19	$CBR = 9.188 - 0.084(W_{nat}) + 0.548(LP)$	0.83	Múltiple Lineal	12
20	$DN = -1.765 + 0.060(LL) + 0.051(\%Arena)$	0.85	Múltiple Lineal	11
21	$\gamma_{dmax} = -0.429 + 1.332(\gamma_{dinsitu}) + 0.007(W_{nat})$	0.88	Múltiple Lineal	12
22	$\gamma_{dmax} = 0.122 + 0.845(\gamma_{dinsitu}) + 0.004(\%Arena)$	0.99	Múltiple Lineal	12
23	$IP = 0.942 - 0.047(\%Arena) + 0.004(\gamma_{dinsitu})$	0.98	Múltiple Lineal	12
24	$W_{opt} = 1.513 + 0.481(LP) + 0.260(W_{nat})$	0.99	Múltiple Lineal	11
25	$LP = 11.222 + 0.454(LL) + 0.716(DN)$	0.88	Múltiple Lineal	11

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

3.1.2.1. Correlaciones Resultantes y Discusión

- **CORRELACIÓN #1**

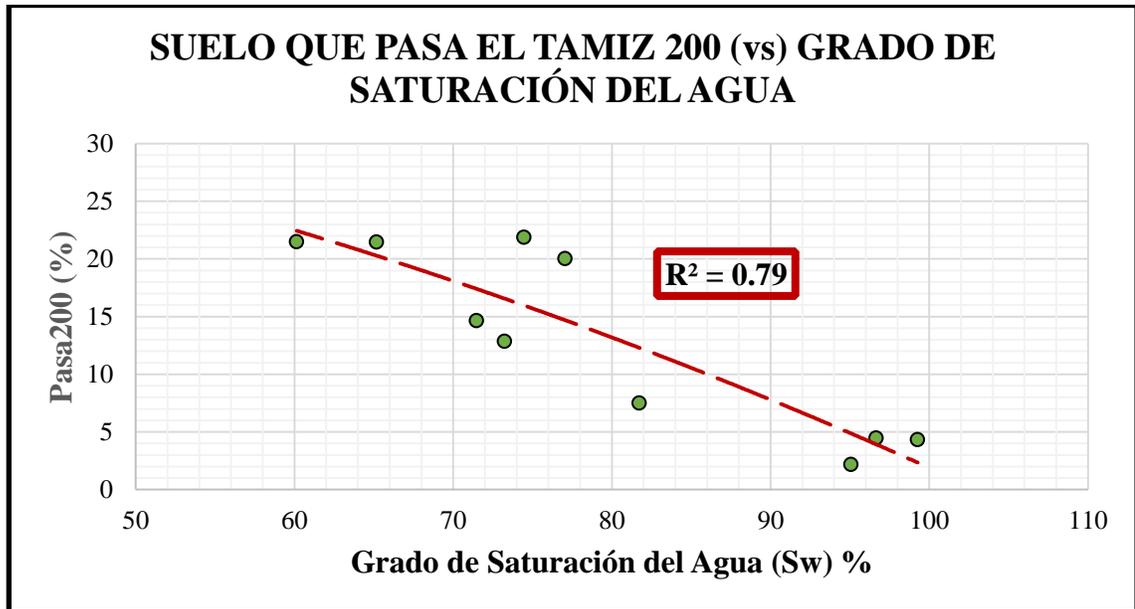


Figura 20. Correlación #1. Suelo que pasa Tamiz Nro. 200 (vs) Grado de Saturación del Agua

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Ecuación: $Pasa200 = -0.002(Sw)^2 - 0.116(Sw) + 38.453$

Coefficiente R^2 : 79%

Número de Muestras: 10

Se tiene una curva de ajuste Polinómica de segundo grado donde el modelo o curva indica que tiene una fiabilidad fuerte del 79% con su variable de entrada (Grado de Saturación del agua), para conocer el porcentaje de suelo que pasa el tamiz Nro. 200. Se argumenta que este valor es posible ya que no es necesario que las variables estén directamente relacionadas entre sí, sino que también es posible que variables aleatorias hayan obtenido un ajuste óptimo para entrar en este análisis.

- **CORRELACIÓN #2**

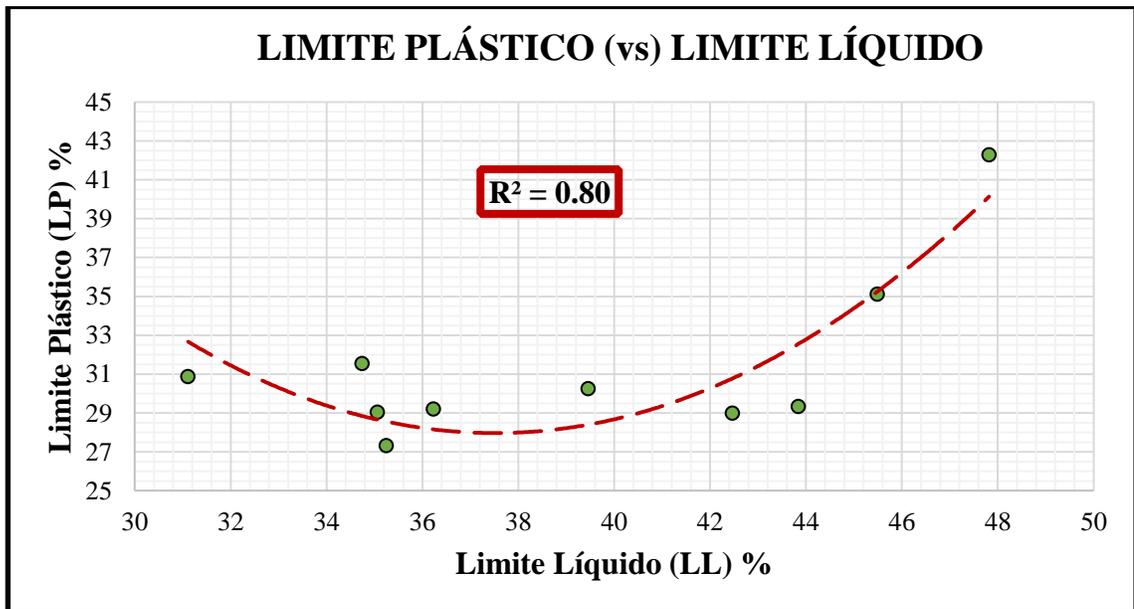


Figura 21. Correlación #2. Límite Plástico (vs) Límite Líquido

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Ecuación: $LP = 0.114(LL)^2 - 8.593(LL) + 189.16$

Coefficiente R^2 : 80%

Número de Muestras: 10

Esta correlación presenta una curva polinómica de segundo grado con una fiabilidad del modelo resultante de 80%, que representa una confianza fuerte de los valores de Límite Líquido para poder encontrar valores de Límite Plástico. Estos parámetros están directamente relacionados ya que ambos ensayos se los trabaja con el mismo suelo pasante del tamiz Nro. 40 y se centran en conocer la humedad para un estado específico, por lo que no debería sorprender que se haya tenido una correlación fuerte.

- **CORRELACIÓN #3**

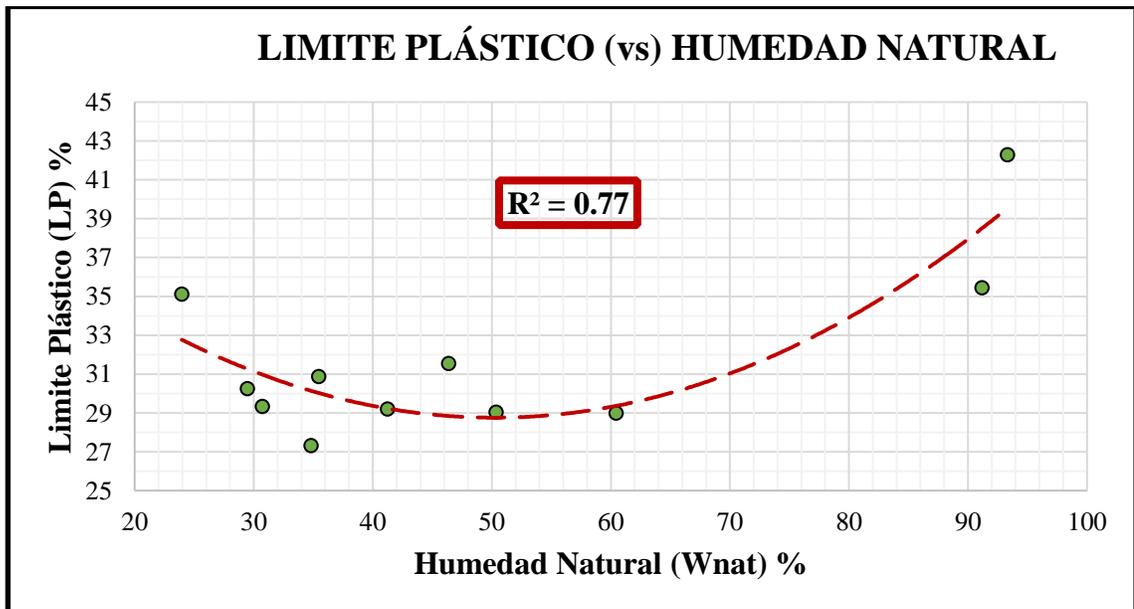


Figura 22. Correlación #3. Límite Plástico (vs) Humedad Natural

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Ecuación: $LP = 0.006(Wnat)^2 - 0.584(Wnat) + 43.417$

Coefficiente R^2 : 77%

Número de Muestras: 11

El presente modelo polinómico de segundo grado se ajusta a los puntos dispersos con una bondad de ajuste del 77%, lo que quiere decir que los valores de humedad natural son fuertemente fiables para conocer parámetros de Límite plástico. Esta relación es posible ya que con pequeñas adiciones de agua se llega a conocer el contenido de humedad antes de que el suelo se vuelva plástico volviéndolos proporcionales entre sí.

- **CORRELACIÓN #4**

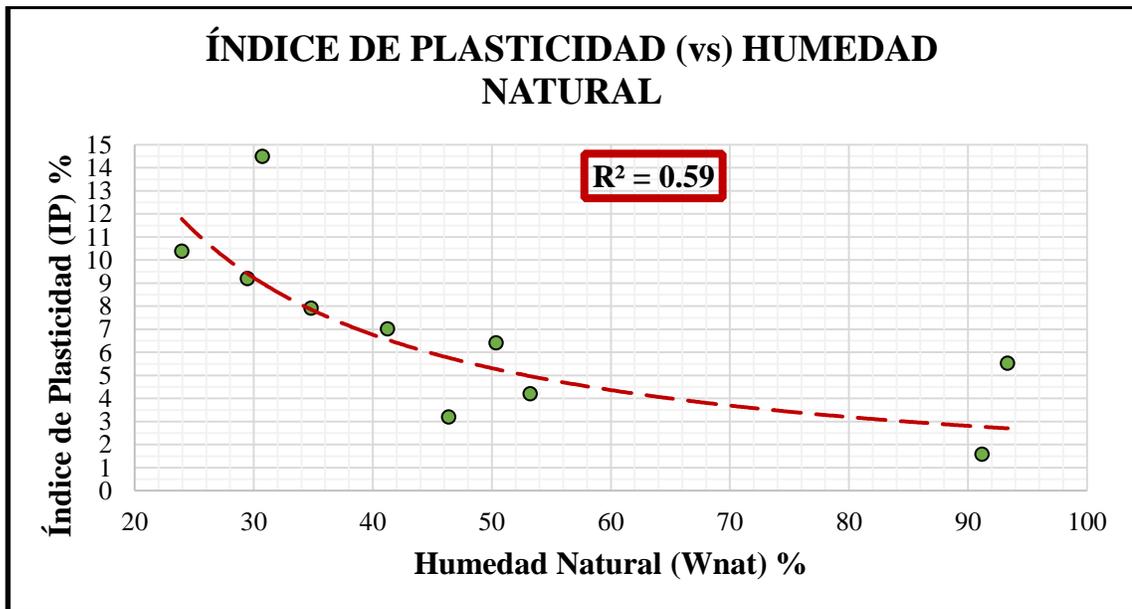


Figura 23. Correlación #4. Índice de Plasticidad (vs) Humedad Natural

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Ecuación: $IP = 365.62(Wnat)^{-1.082}$

Coefficiente R^2 : 62%

Número de Muestras: 10

El tipo de curva presentada es una potencial donde de acuerdo a la regresión de los datos se obtiene una ecuación que la representa, la fiabilidad de la variable independiente (Humedad natural) hacia la variable dependiente (índice de plasticidad) tiene un coeficiente de 62%, lo cual la hace una correlación moderada, esto se debe ya que el Índice de plasticidad requiere de los valores de Límite líquido y plástico, por esto mismo la relación moderada de su ajuste es potencialmente buena teniendo en consideración que se debe realizar dos ensayos para conocer la variable (y).

- **CORRELACIÓN #5**

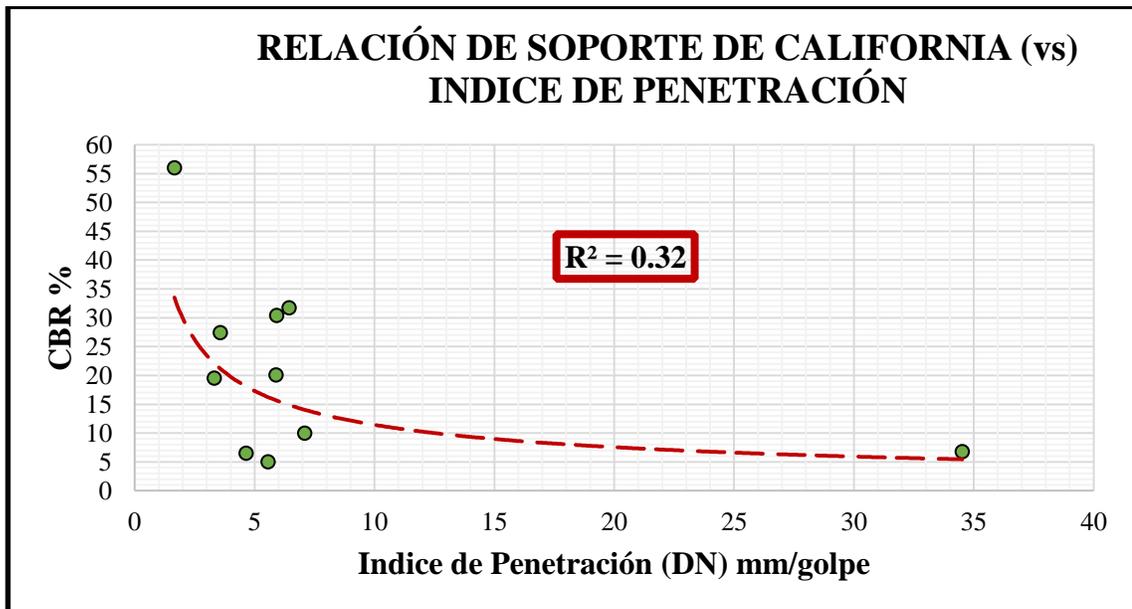


Figura 24. Correlación #5. Relación de Soporte de California (vs) Índice de Penetración

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Ecuación: $CBR = 45.272(DN)^{-0.598}$

Coefficiente R²: 54%

Número de Muestras: 10

El ajuste de los datos dispersos muestra una ecuación correlacional que demuestra la confiabilidad de los datos de Índice de penetración a usarse para conocer valores de CBR, estas dos variables cumplen una correlación moderadamente significativa ya que poseen un coeficiente de determinación de 56%.

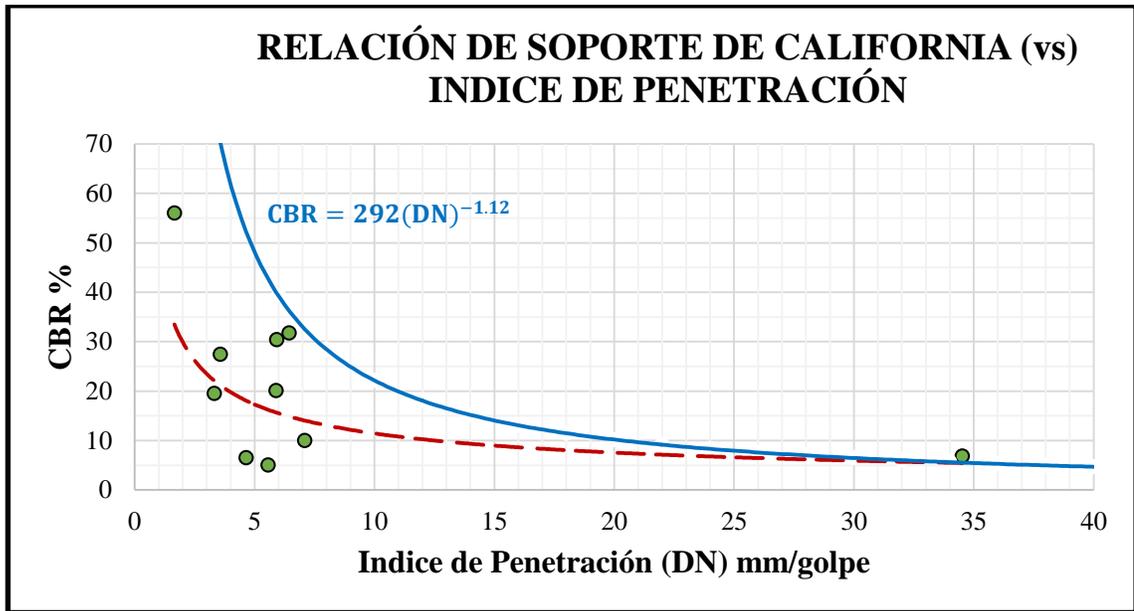


Figura 25. Comparación de la correlación #5 con la Norma ASTM D 6951-03

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Según la norma ASTM D 6951-03 sobre el uso del equipo DCP, muestra la ecuación $CBR = 292(DN)^{-1.12}$, que según el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos se lo puede utilizar para todo tipo de suelos exceptuando suelos arcillosos de baja plasticidad (CL) con CBR por debajo de 10%, donde el comportamiento de los datos del documento da a conocer que mientras más pequeño sea el CBR el Índice de penetración será mayor tal y como se puede apreciar en el modelo presentado.

- **CORRELACIÓN #6**

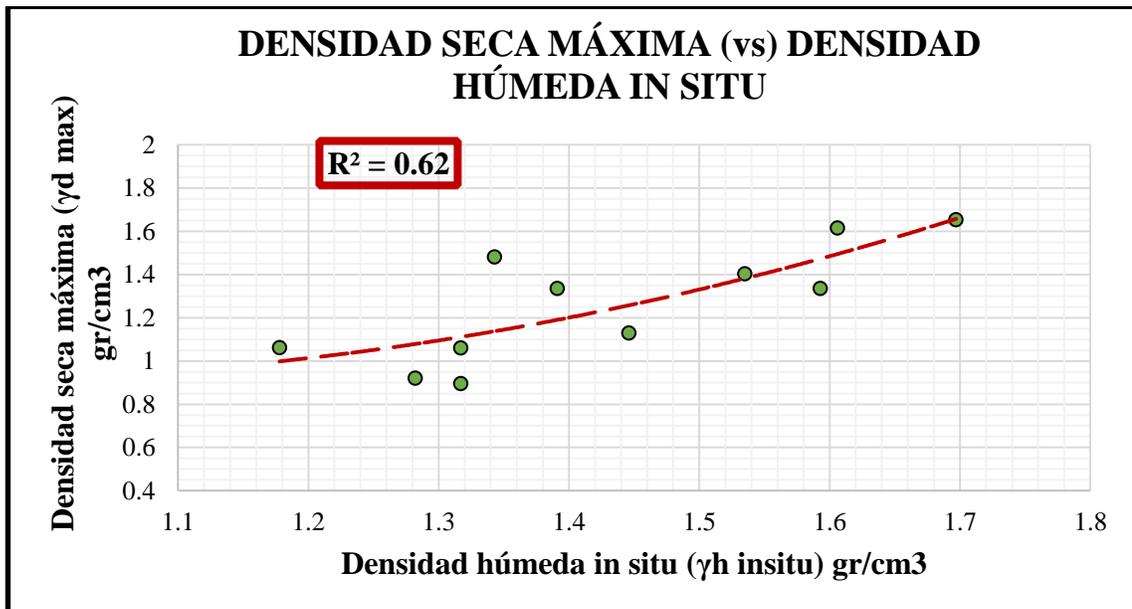


Figura 26. Correlación #6. Densidad Seca Máxima (vs) Densidad Húmeda in situ

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Ecuación: $\gamma_{dmax} = 1.209(\gamma_{hinsitu})^2 - 2.207(\gamma_{hinsitu}) + 1.92$

Coefficiente R²: 62%

Número de Muestras: 11

Para este modelo o curva se tiene una fidelidad de datos de entrada de 62%, que indica que la Densidad húmeda in situ es moderadamente aceptable para calcular valores de Densidad seca máxima. Con los 11 datos muestrales se obtuvo una ecuación que es aceptable utilizarla, pero teniendo en cuenta que el valor de R² demuestra que para cada ensayo no se tienen las mismas condiciones de entorno por lo que se evidencia en su coeficiente mostrado.

- **CORRELACIÓN #7**

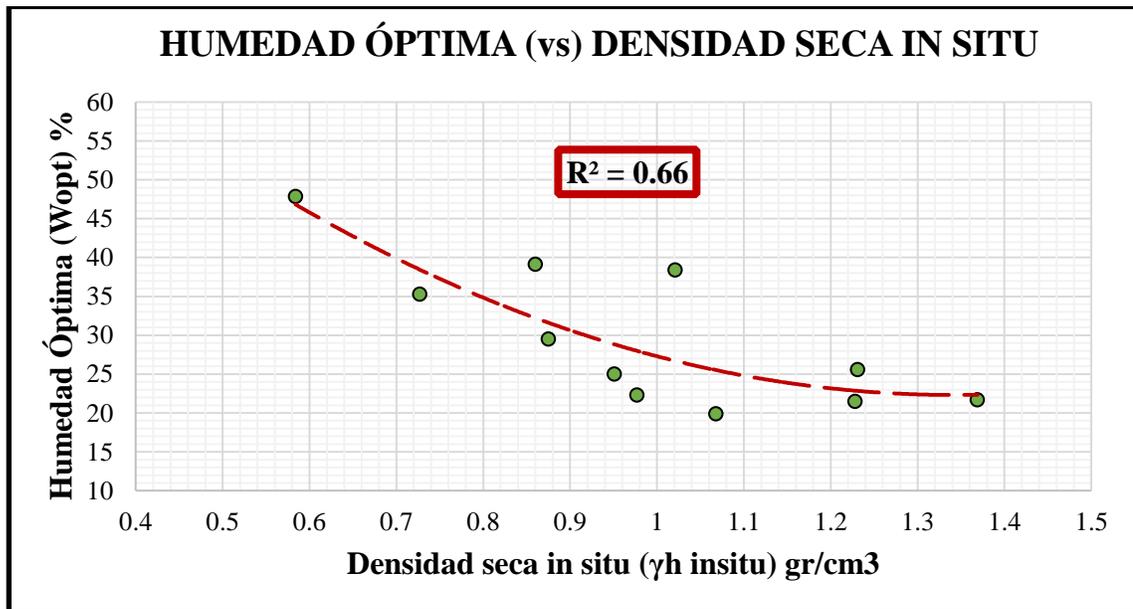


Figura 27. Correlación #7. Humedad Óptima (vs) Densidad seca in situ

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Ecuación: $W_{opt} = 42.7(\gamma_{dinsitu})^2 - 114.56(\gamma_{dinsitu}) + 99.162$

Coefficiente R²: 66%

Número de Muestras: 11

El modelo de regresión presenta un coeficiente de determinación de 66% lo que lo hace una curva que con datos de Densidad seca in situ se encuentre Humedades óptimas con una fiabilidad moderada en sus datos. La dificultad de obtener la Humedad óptima ya sea por tiempo o dinero, hace que se genere esta correlación donde si se obtuvo dicho coeficiente no lo hace indigno de ser utilizada ya que las variables están relacionadas entre sí, entre más densidad seca se tenga quiere decir que más espacios vacíos se han llenado de agua para tener una compactación apropiada.

- **CORRELACIÓN #8**

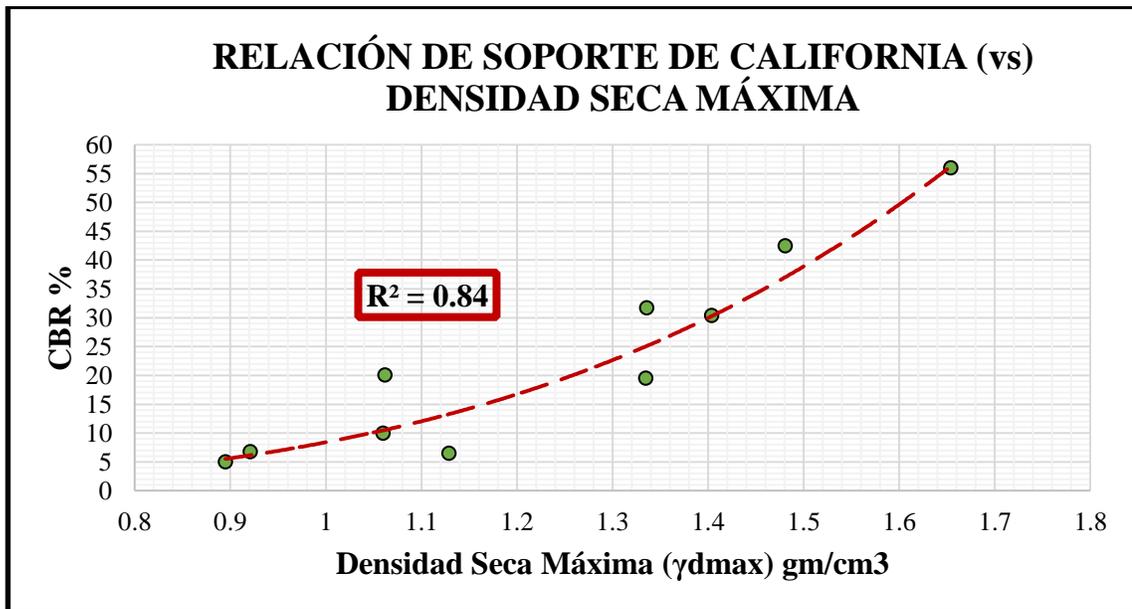


Figura 28. Correlación #8. Relación de Soporte de California (vs) Densidad Seca Máxima

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Ecuación: $CBR = 8.405(\gamma d_{max})^{3.778}$

Coefficiente R²: 91%

Número de Muestras: 10

La curva de ajuste entre la Relación de soporte de California vs la densidad seca máxima tiene un coeficiente de determinación de 91% a lo cual muestra que los datos de la variable dependiente tienen una certeza muy fuerte si se trata de encontrar valores de CBR, a esto es importante mencionar que ambas variables están directamente relacionadas entre sí por lo que solo se necesitaría realizar el ensayo de Proctor Modificado para obtener valores de CBR reduciendo varios días de ensayo de CBR de laboratorio ya que se necesita sumergir la muestra por lo menos 2 días más antes de conocer el verdadero valor.

- **CORRELACIÓN #9**

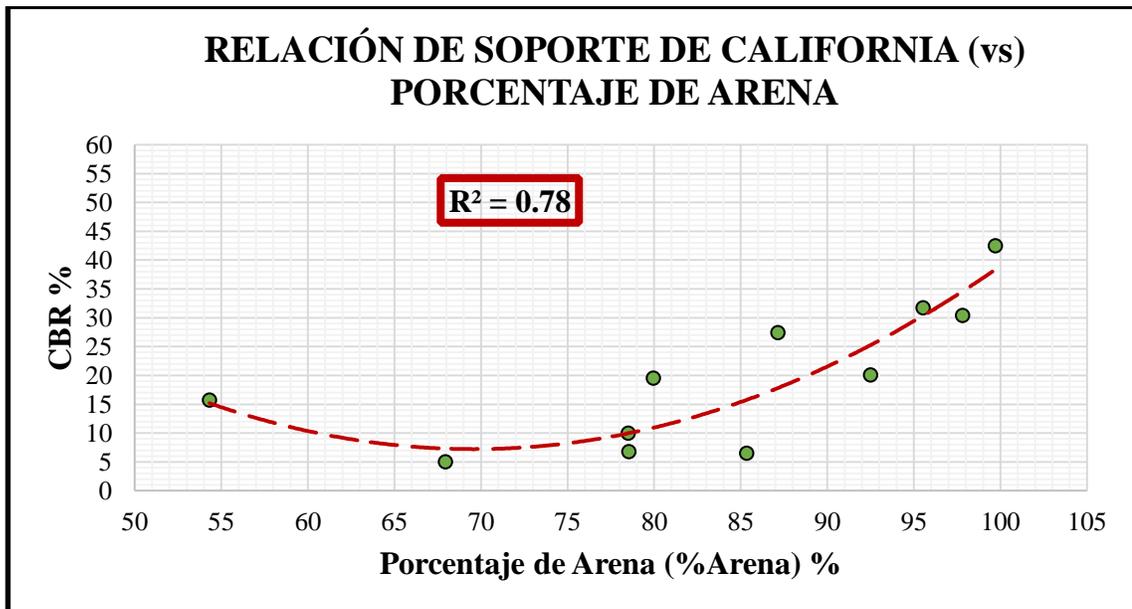


Figura 29. Correlación #9. Relación de Soporte de California (vs) Porcentaje de Arena

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Ecuación: $CBR = 0.034(\%Arena)^2 - 4.768(\%Arena) + 173.06$

Coefficiente R²: 78%

Número de Muestras: 11

Se tiene una curva de ajuste Polinómica de segundo grado donde el modelo o curva indica que tiene una fiabilidad fuerte del 78% con su variable de entrada (Porcentaje de Arena), para conocer la Relación de Soporte de California. Se argumenta que las variables presentes tienen ese coeficiente ya que para obtener porcentajes altos de CBR el porcentaje de arenas o partículas gruesas dentro del suelo debe ser mayor al de los finos, además se argumenta que conocer el porcentaje de arena es más barato y rápido que el ensayo de CBR.

- **CORRELACIÓN #10**

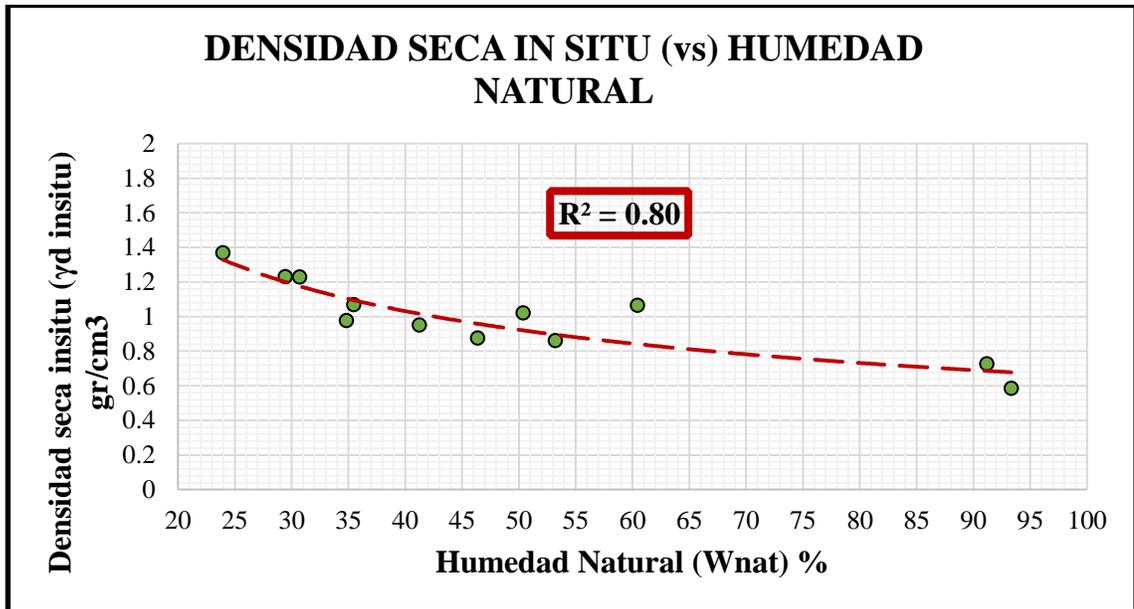


Figura 30. Correlación #10. Densidad Seca in situ (vs) Humedad Natural

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Ecuación: $\gamma_d \text{ insitu} = 6.394(Wnat)^{-0.495}$

Coefficiente R²: 80%

Número de Muestras: 12

Esta correlación presenta una curva potencial con una fiabilidad del modelo resultante de 80%, que representa una confianza fuerte de los valores de Humedad Natural para poder encontrar valores de Densidad seca in situ. Estos parámetros están relacionados entre sí ya que para obtener una buena compactación en campo se debe adicionar el agua necesaria para llenar los poros y obtener una masa compactada óptima para las necesidades de un proyecto vial. Cabe recalcar que conocer la Humedad natural de un suelo es más simple que obtener la densidad seca in situ en cuanto a equipamientos se refiere.

- **CORRELACIÓN #11**

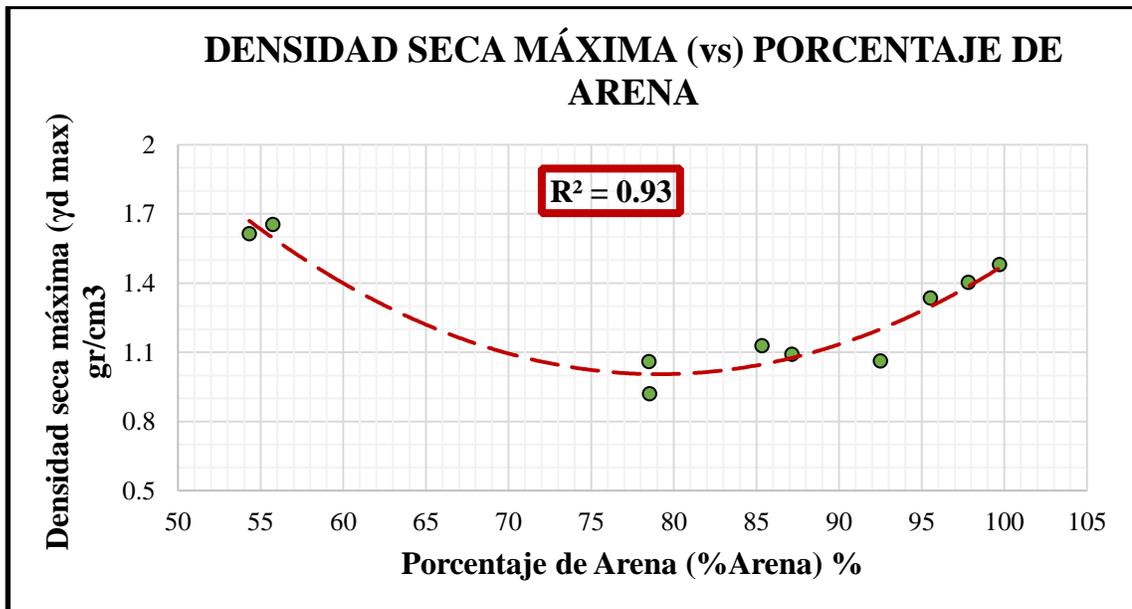


Figura 31. Correlación #11. Densidad Seca Máxima (vs) Porcentaje de Arena

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Ecuación: $\gamma_{dmax} = 0.0011(\%Arena)^2 - 0.171(\%Arena) + 7.78$

Coefficiente R²: 93%

Número de Muestras: 10

El presente modelo polinómico de segundo grado se ajusta a los puntos dispersos con una bondad de ajuste del 93%, lo que quiere decir que los valores de Porcentaje de arena tienen una fiabilidad muy fuerte para conocer parámetros de Densidad seca máxima. Esta relación es posible ya que el porcentaje de arena influye en la densidad seca de un suelo debido a que a menor cantidad de granos gruesos se obtiene una mayor densidad por tener más presencia de finos que llenen los vacíos presentes en una masa compactada. Además de que es más rápido obtener dicho valor.

- **CORRELACIÓN #12**

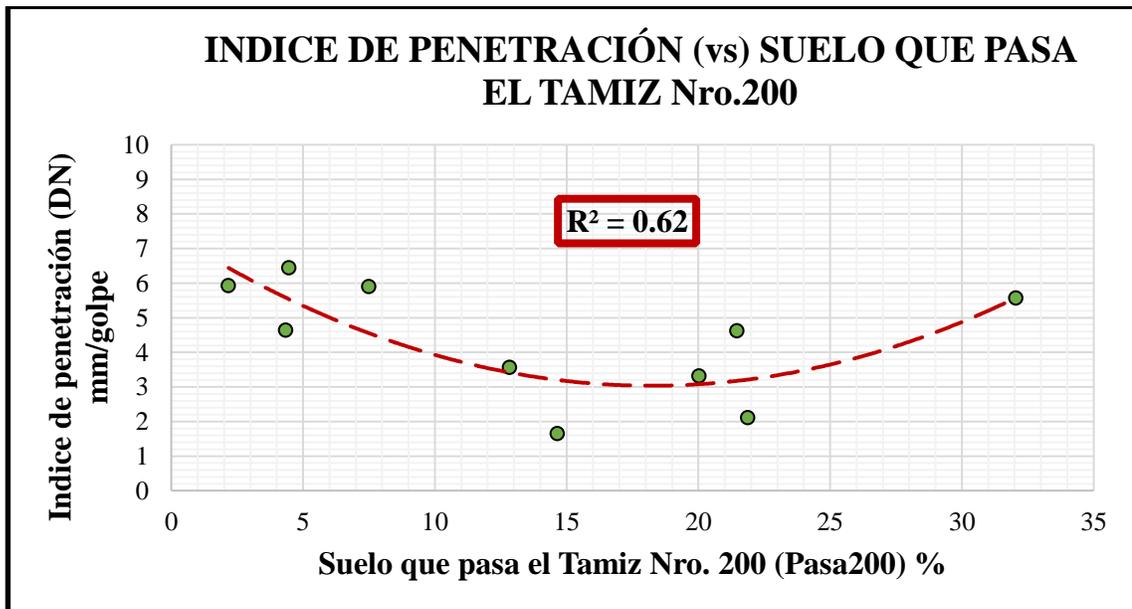


Figura 32. Correlación #12. Índice de Penetración (vs) Suelo que pasa el Tamiz 200

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Ecuación: $DN = 0.013(Pasa200)^2 - 0.482(Pasa200) - 7.425$

Coefficiente R^2 : 62%

Número de Muestras: 10

El tipo de curva presentada es una polinómica de grado 2 donde de acuerdo a la regresión de los datos se obtiene una ecuación que la representa, la fiabilidad de la variable independiente (Suelo que pasa el tamiz Nro. 200) hacia la variable dependiente (índice de penetración) tiene un coeficiente de 62%, lo cual la hace una correlación moderada, esto se debe a que no existe una relación proporcional entre las dos variables ya que el índice de penetración se basa en función del estado o la condición del suelo independientemente de cuánto material grueso o fino esté estructurado. Aunque resulta interesante saber que estas variables estén relacionadas debido a la aleatoriedad de correlaciones entre distintas variables.

- **CORRELACIÓN #13**

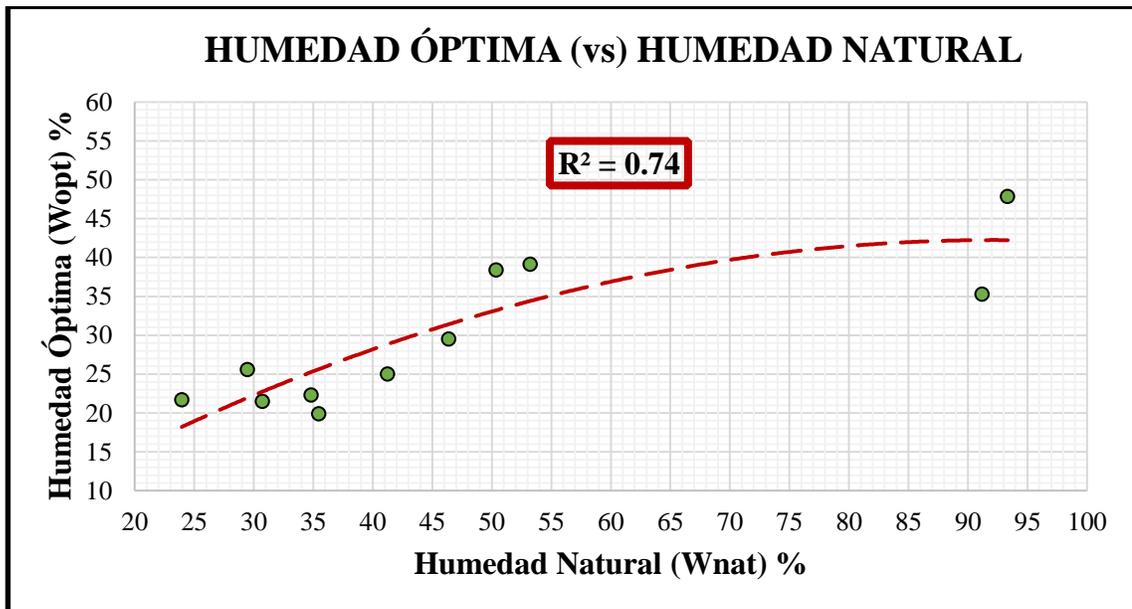


Figura 33. Correlación #13. Humedad Óptima (vs) Humedad Natural

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Ecuación: $Wopt = -0.005(Wnat)^2 + 0.952(Wnat) - 1.613$

Coefficiente R^2 : 74%

Número de Muestras: 11

El ajuste de los datos dispersos muestra una ecuación empírica que demuestra la confiabilidad de los datos de Humedad natural a usarse para conocer valores de Humedad óptima, estas dos variables cumplen una correlación moderadamente significativa ya que poseen un coeficiente de determinación de 74% y demuestran que tienen mucho que ver una de la otra al saber que, para obtener una densidad seca máxima consecuentemente se obtendrá su respectiva humedad óptima al añadirse diferentes porcentajes de agua, y lo más probable es que la humedad natural pueda ser la humedad óptima de una determinada muestra. Asu vez resulta mucho más rápido y económico encontrar el contenido de humedad natural.

- **CORRELACIÓN #14**

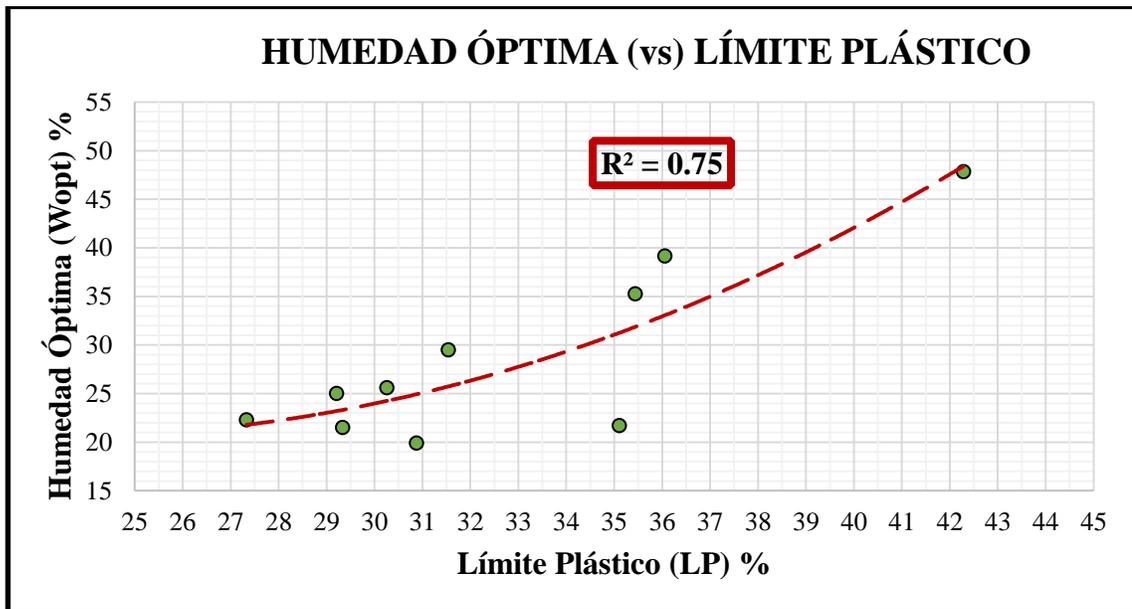


Figura 34. Correlación #14. Humedad Óptima (vs) Límite Plástico

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Ecuación: $W_{opt} = 0.078(LP)^2 - 3.679(LP) + 63.773$

Coefficiente R^2 : 75%

Número de Muestras: 10

El modelo presenta una fidelidad de datos de entrada de 75%, que indica que el Límite Plástico es un valor con una bondad de ajuste fuerte para calcular valores de Humedad óptima. El artículo Científico desarrollado por [5] en la provincia de Misiones en Argentina específicamente para suelos residuales, manifiesta que para la misma correlación obtuvo un coeficiente R^2 de 38% que a simple vista la diferencia de valores entre la presente correlación y la del artículo es significativa, a esto hay que tener en cuenta que casi siempre se va a tener diferentes resultados si se intentara trabajar con una ecuación de diferente ubicación para una zona en específica, ya que existe una variabilidad geográfica y geotécnica importantísima a nivel mundial o si se tratase a

nivel local debido a que las propiedades geológicas de cada suelo son diferentes tanto en dirección horizontal como en profundidad.

- **CORRELACIÓN #15**

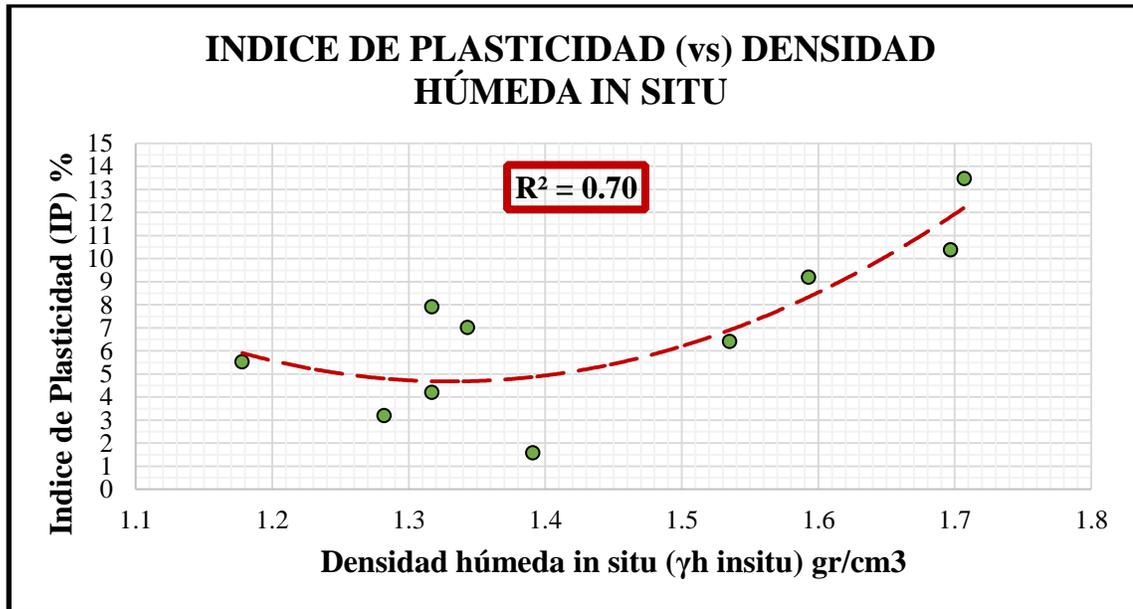


Figura 35. Correlación #15. Índice de Plasticidad (vs) Densidad Húmeda in situ

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Ecuación: $IP = 53.111(\gamma_{hinsitu})^2 - 141.31(\gamma_{hinsitu}) + 98.676$

Coefficiente R²: 70%

Número de Muestras: 10

El modelo de regresión presenta un coeficiente de determinación de 70% lo que lo hace una curva que con datos de Densidad húmeda in situ se encuentre Índices de plasticidad con una fiabilidad moderada en sus datos. La dificultad de obtener el índice de plasticidad debido a que depende principalmente de dos ensayos de laboratorio, hace que se genere esta correlación, donde a la vez, al no haber una relación específica se pretende facilitar la obtención del parámetro de las ordenadas con valores de densidad

húmeda in situ lo que la hace una correlación interesante a tener en cuenta si de un estudio preliminar de vías se tratase.

- **CORRELACIÓN #16**

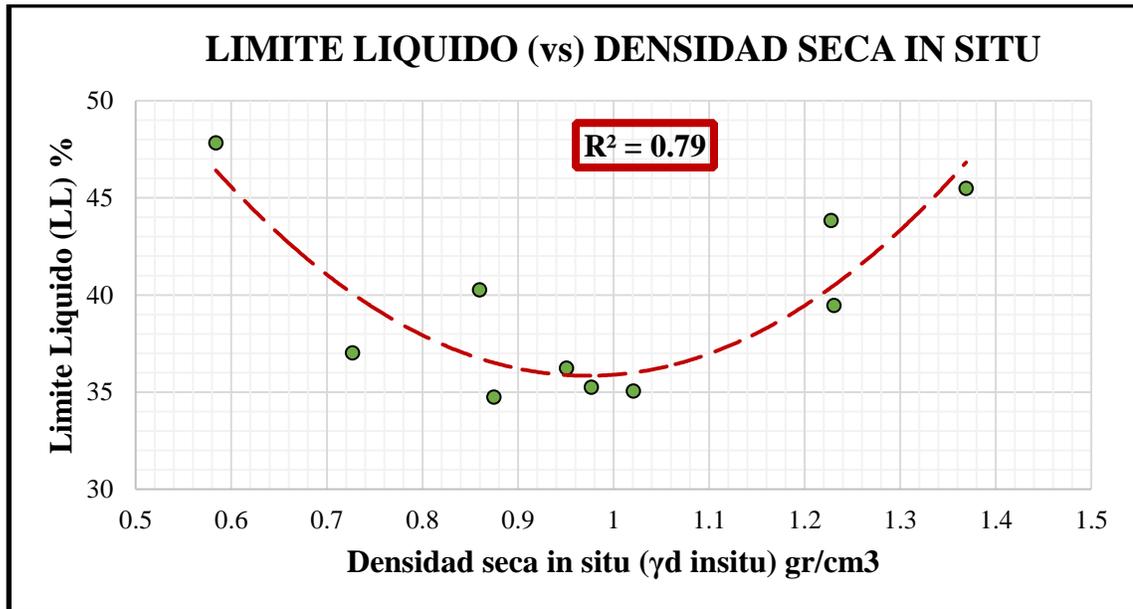


Figura 36. Correlación #16. Límite Líquido (vs) Densidad Seca in situ

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Ecuación: $LL = 69.924(\gamma_{d\text{insitu}})^2 - 136.04(\gamma_{d\text{insitu}}) + 102.01$

Coefficiente R²: 79%

Número de Muestras: 10

La curva de ajuste entre el Límite Líquido vs la Densidad seca in situ tiene un coeficiente de determinación de 79% a lo cual muestra que los datos de la variable dependiente tienen una certeza fuerte si se trata de encontrar valores de Límite Líquido, a esto es necesario mencionar que ambas variables si pueden relacionarse entre sí ya que con importantes adiciones de agua ambos parámetros llegan a saturarse, en el caso del Límite Líquido, llegaría a comportarse como un fluido viscoso y en la densidad seca in situ el valor sería demasiado bajo al contener demasiada humedad.

- **CORRELACIÓN #17**

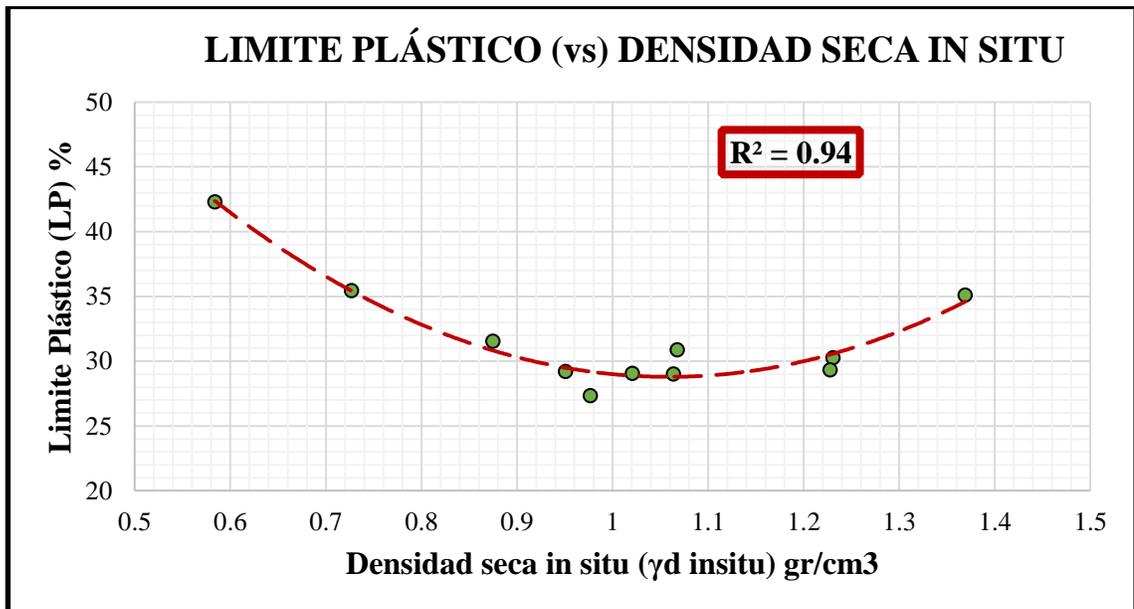


Figura 37. Correlación #17. Límite Plástico (vs) Densidad Seca in situ

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Ecuación: $LP = 60.262(\gamma_{d\text{insitu}})^2 - 127.59(\gamma_{d\text{insitu}}) + 96.33$

Coefficiente R^2 : 94%

Número de Muestras: 11

El modelo presenta una correlación de 94% que tendría una fiabilidad muy fuerte en cuanto a la Densidad seca in situ se refiere, ya que al usar la ecuación correlacional los valores de Límite plástico serían muy bien explicados aunque no se presente una relación neta entre sí, ya que al haberse tratado con datos relacionados aleatoriamente hubo la posibilidad de obtener correlaciones fuertes sin que una variable sea directamente proporcional a la otra lo que produce correlaciones interesantes como esta.

- **CORRELACIÓN #18**

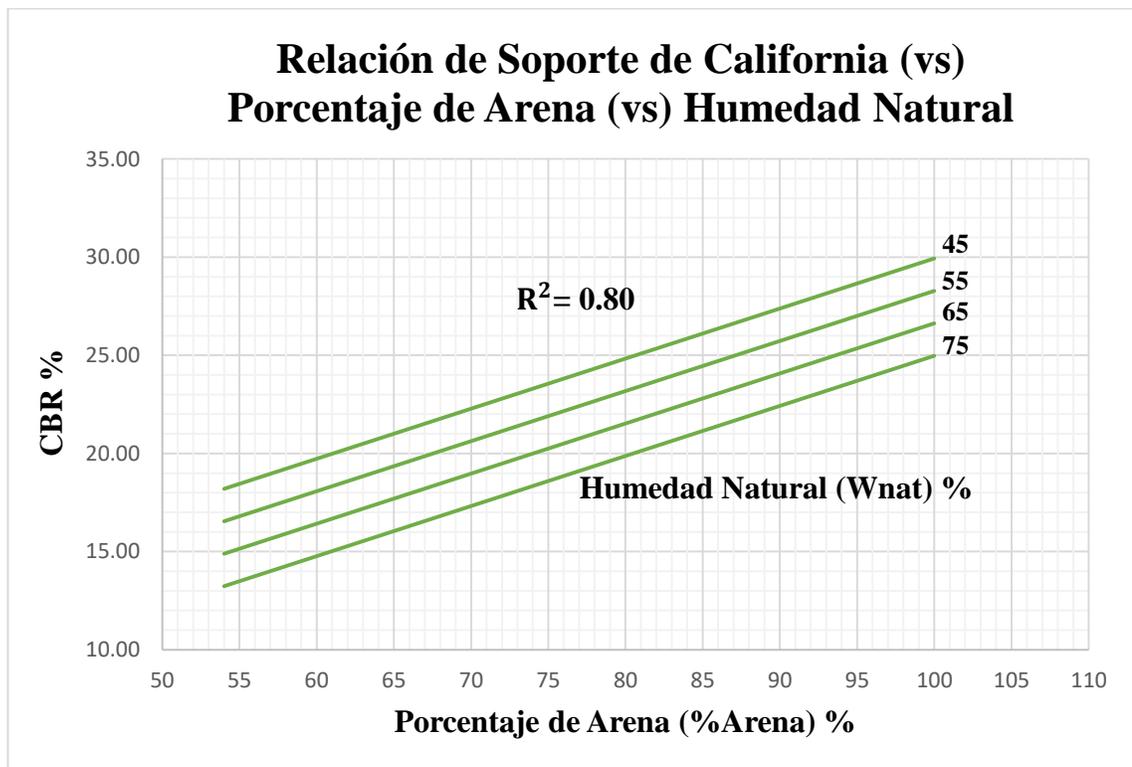


Figura 38. Correlación #18. Relación de Soporte de California (vs) Porcentaje de Arena (vs) Humedad Natural

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Ecuación: $CBR = 11.854 + 0.255(\%Arena) - 0.165(Wnat)$

Coefficiente R^2 : 80%

Número de Muestras: 11

La presente correlación múltiple lineal que relaciona a las variables de Porcentaje de arena y a la función obtenida con Humedades naturales presentan una fiabilidad fuerte para valores de CBR con un coeficiente de 80%. A simple vista las variables independientes de Porcentaje de Arena y Humedad natural no tienen alguna relación entre sí, pero en función de la variable a conocer (CBR) existe la discusión que el Porcentaje de arena o granos gruesos aumentan el valor de CBR y la humedad natural

puede llegar a ser humedad óptima para encontrar densidades secas que son necesarias para conocer el valor de la Relación de soporte de California.

- **CORRELACIÓN #19**

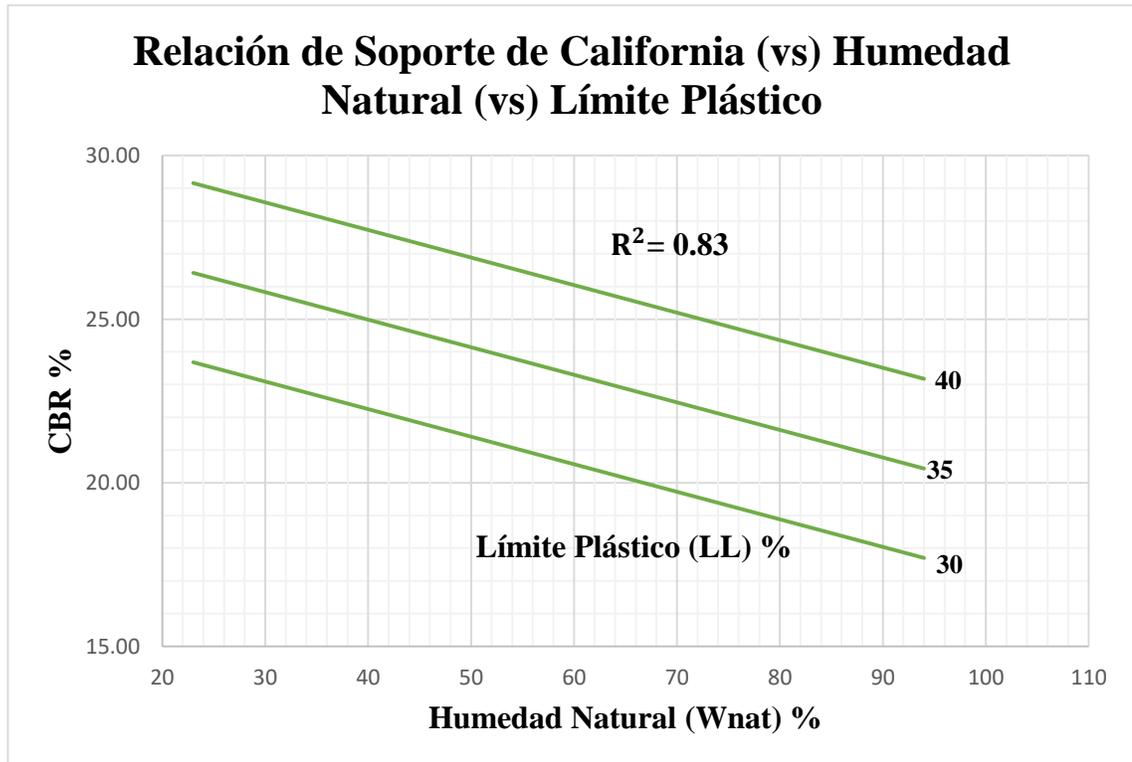


Figura 39. Correlación #19. Relación de Soporte de California (vs) Humedad Natural (vs) Límite Líquido

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Ecuación: $CBR = 9.188 - 0.084(Wnat) + 0.548(LP)$

Coefficiente R^2 : 83%

Número de Muestras: 12

La correlación múltiple lineal presentada que relaciona a las variables de Humedad natural y a la función obtenida de Límite Líquido, presentan una correlación fuerte para valores de CBR con un coeficiente de 83%. Las variables independientes si se

relacionan entre sí al tener al agua como principal elemento de desarrollo y a la vez están relacionadas con el CBR por la misma razón.

- **CORRELACIÓN #20**

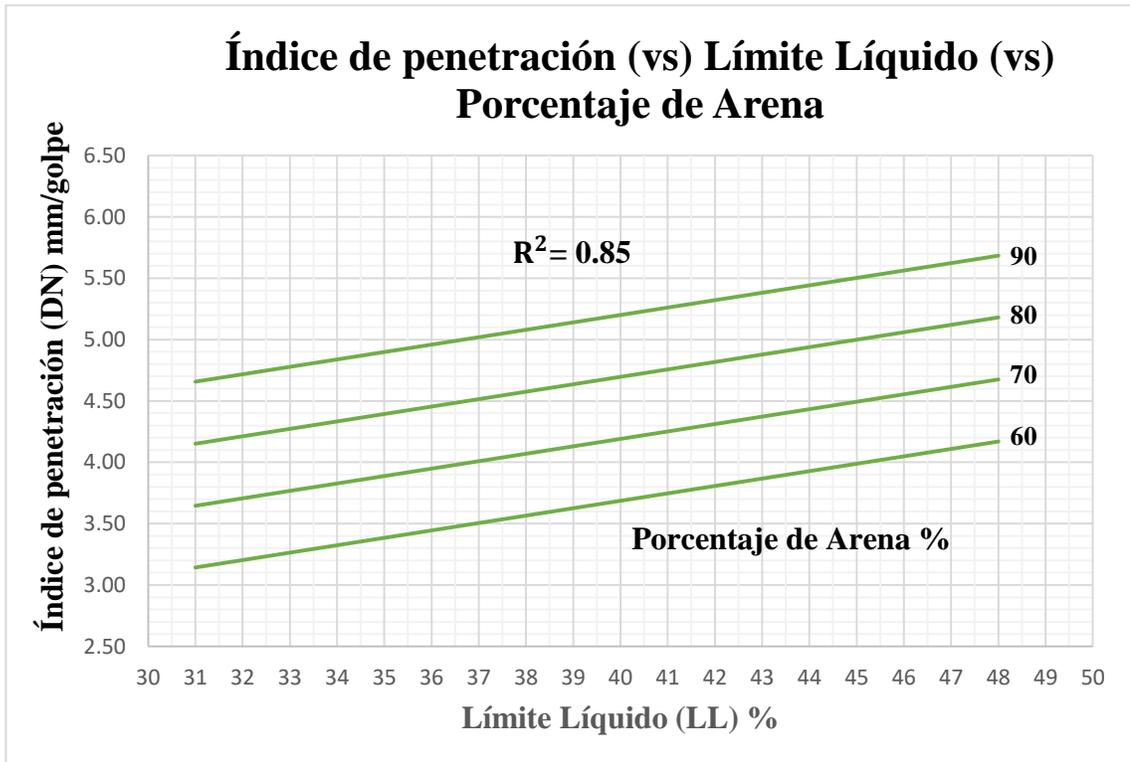


Figura 40. Correlación #20. Índice de Penetración (vs) Límite Líquido (vs) Porcentaje de Arena

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Ecuación: $DN = -1.765 + 0.060(LL) + 0.051(\%Arena)$

Coefficiente R^2 : 85%

Número de Muestras: 11

La correlación múltiple lineal obtenida que relaciona a las variables de Limite Líquido y a la función obtenida del Porcentaje de arena, presentan una correlación fuerte para valores de Índice de penetración con un coeficiente de 85%. Resulta totalmente interesante correlacionar tres variables que no estén relacionadas entre sí y aun así obtener una fiabilidad de ajuste significativa debido a la unión de variables aleatoriamente.

- **CORRELACIÓN #21**

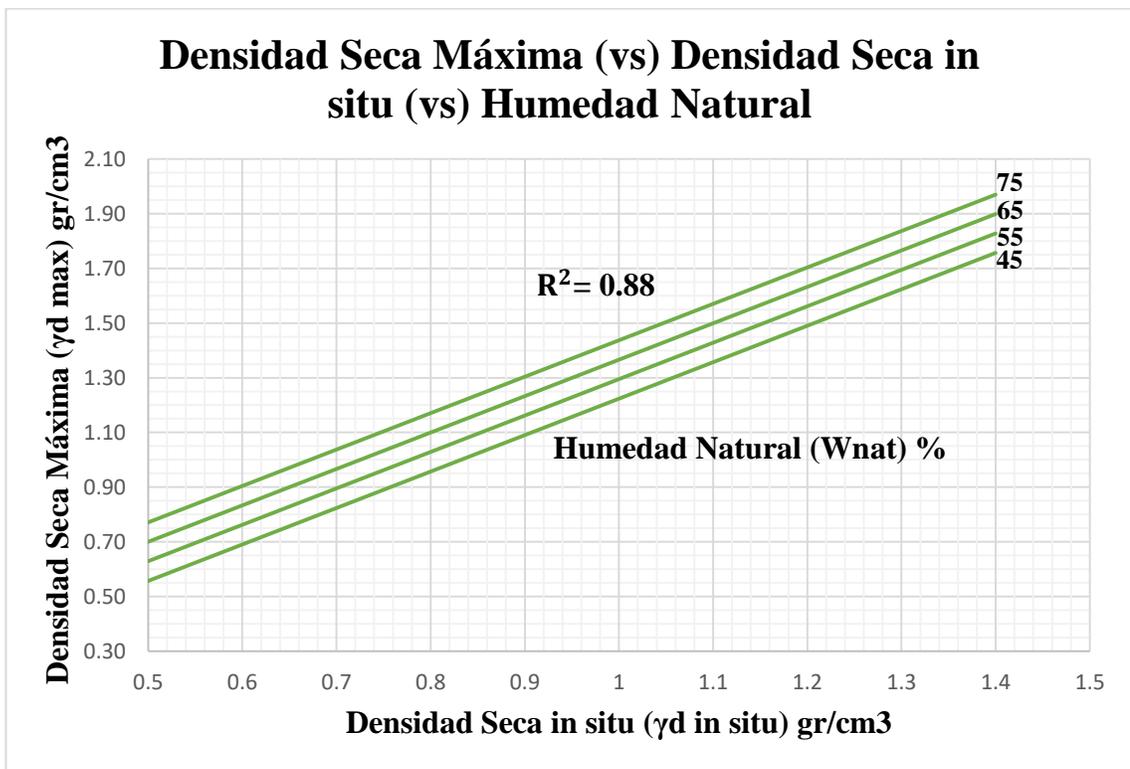


Figura 41. Correlación #21. Densidad Seca Máxima (vs) Densidad Seca in situ (vs) Humedad Natural

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Ecuación: $\gamma_{dmax} = -0.429 + 1.332(\gamma_{dinsitu}) + 0.007(Wnat)$

Coeficiente R^2 : 88%

Número de Muestras: 12

La correlación múltiple lineal mostrada que relaciona a las variables de Densidad Seca in situ y a la función obtenida de Humedad natural, presentan una correlación fuerte para valores de Densidad seca máxima con una fiabilidad del 83%. Las variables tanto independientes como dependiente si se relacionan entre sí al saber que la densidad seca depende de la humedad presente en los vacíos de una masa de suelo y a la vez la humedad natural es el referente en la obtención de cada valor ya que de este porcentaje depende si los valores de densidad seca son muy pobres, tanto para la máxima como in situ.

- **CORRELACION #22**

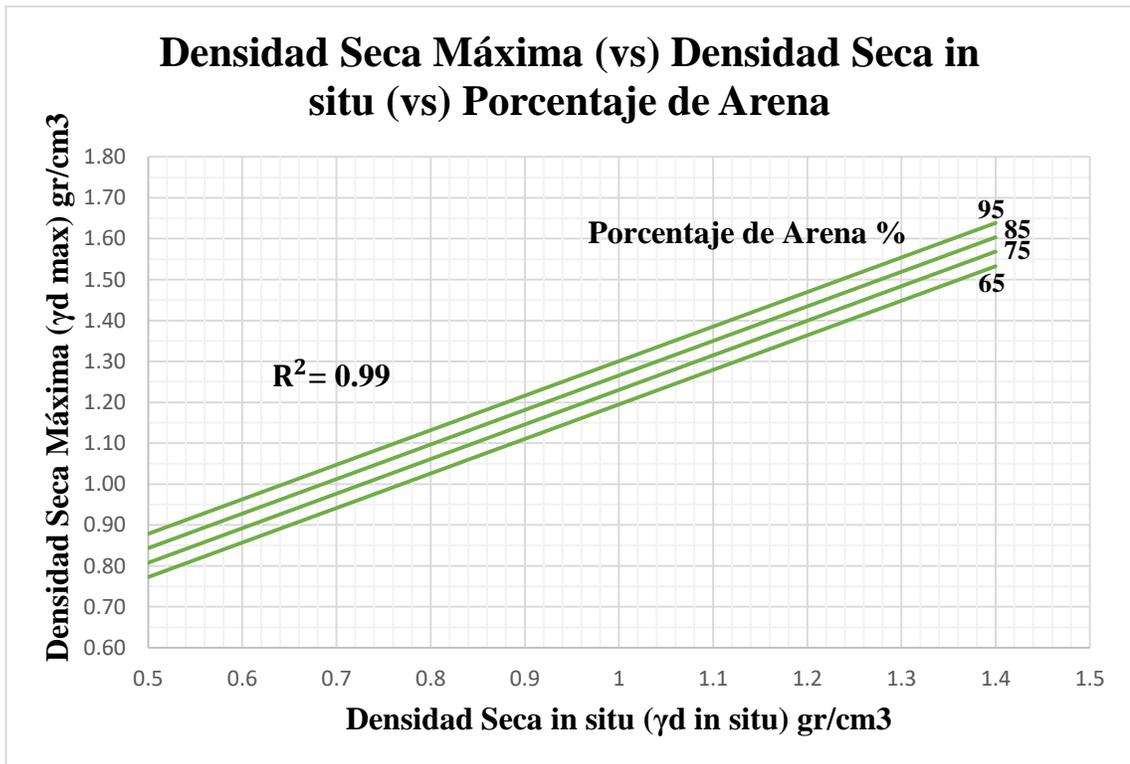


Figura 42. Correlación #22. Densidad Seca Máxima (vs) Densidad Seca in situ (vs) Porcentaje de Arena

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Ecuación: $\gamma_{dmax} = 0.122 + 0.845(\gamma_{dinsitu}) + 0.004(\%Arena)$

Coefficiente R^2 : 99%

Número de Muestras: 12

La correlación múltiple lineal evidenciada que relaciona a las variables de Densidad Seca in situ y a la función obtenida de Porcentaje de arena, presentan una correlación casi perfecta para valores de Densidad seca máxima con una fiabilidad del 99%. Las variables tanto independientes como dependiente si se relacionan entre sí al saber que para una mayor densidad seca se requiere de un menor porcentaje de arena o granos gruesos, y consecuentemente se tiene más porcentaje de finos que ingresen en los vacíos de una masa de suelo aumentando el valor de la densidad seca máxima como in situ.

- **CORRELACIÓN #23**

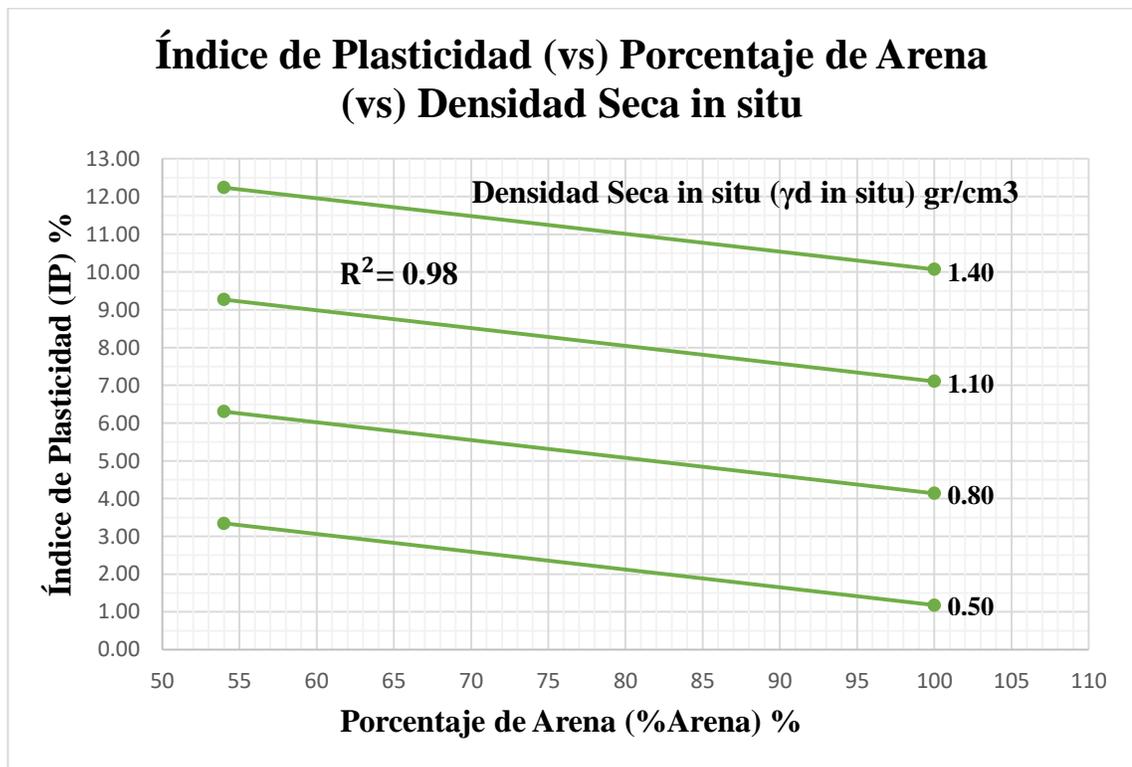


Figura 43. Correlación #23. Índice de Plasticidad (vs) Porcentaje de Arena (vs) Densidad Seca in situ

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Ecuación: $IP = 0.942 - 0.047(\%Arena) + 0.004(\gamma_{d\text{in situ}})$

Coefficiente R²: 98%

Número de Muestras: 12

La correlación múltiple lineal realizada que relaciona a las variables de Porcentaje de arena y a la función obtenida de Densidad seca in situ, presentan una correlación muy fuerte para valores de Índice de plasticidad con una confianza de uso del 98%. Las variables independientes se relacionan entre si al saber que para una mayor densidad seca se requiere de un menor porcentaje de arena o granos gruesos, y consecuentemente se tiene más porcentaje de finos que ingresen en los vacíos de una masa de suelo aumentando el valor de la densidad seca. La densidad seca in situ puede relacionarse con el DN ya que la cantidad de materia compactada en un volumen en específico influye en la penetración del equipo DCP independientemente si se tratase con arena o con finos.

- **CORRELACIÓN #24**

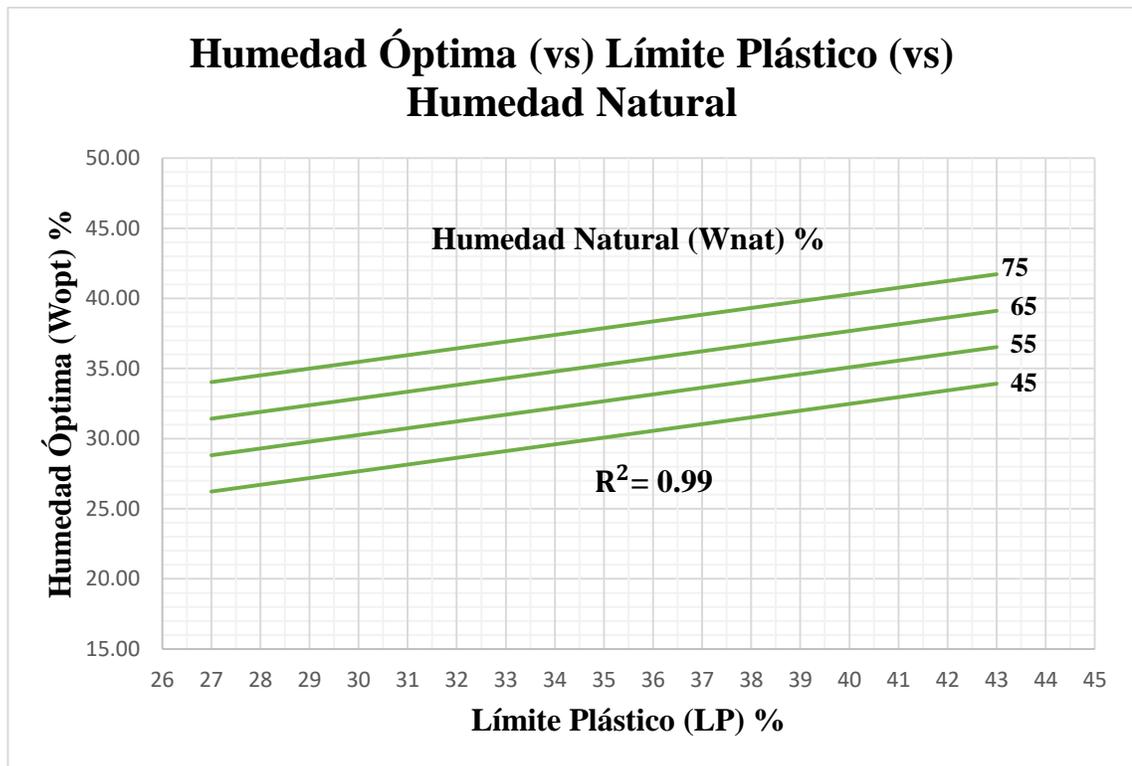


Figura 44. Correlación #24. Humedad Óptima (vs) Límite Plástico (vs) Humedad Natural

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Ecuación: $W_{opt} = 1.513 + 0.481(LP) + 0.260(W_{nat})$

Coefficiente R²: 99%

Número de Muestras: 11

La correlación múltiple lineal presentada que relaciona a las variables de Límite Líquido y a la función obtenida de Humedad natural, presentan una correlación casi perfecta para valores de Humedad Óptima con un coeficiente de 99%. Las variables independientes se relacionan entre sí al tener al agua como principal elemento de desarrollo y a la vez están relacionadas con la Humedad óptima por la misma razón.

- **CORRELACIÓN #25**

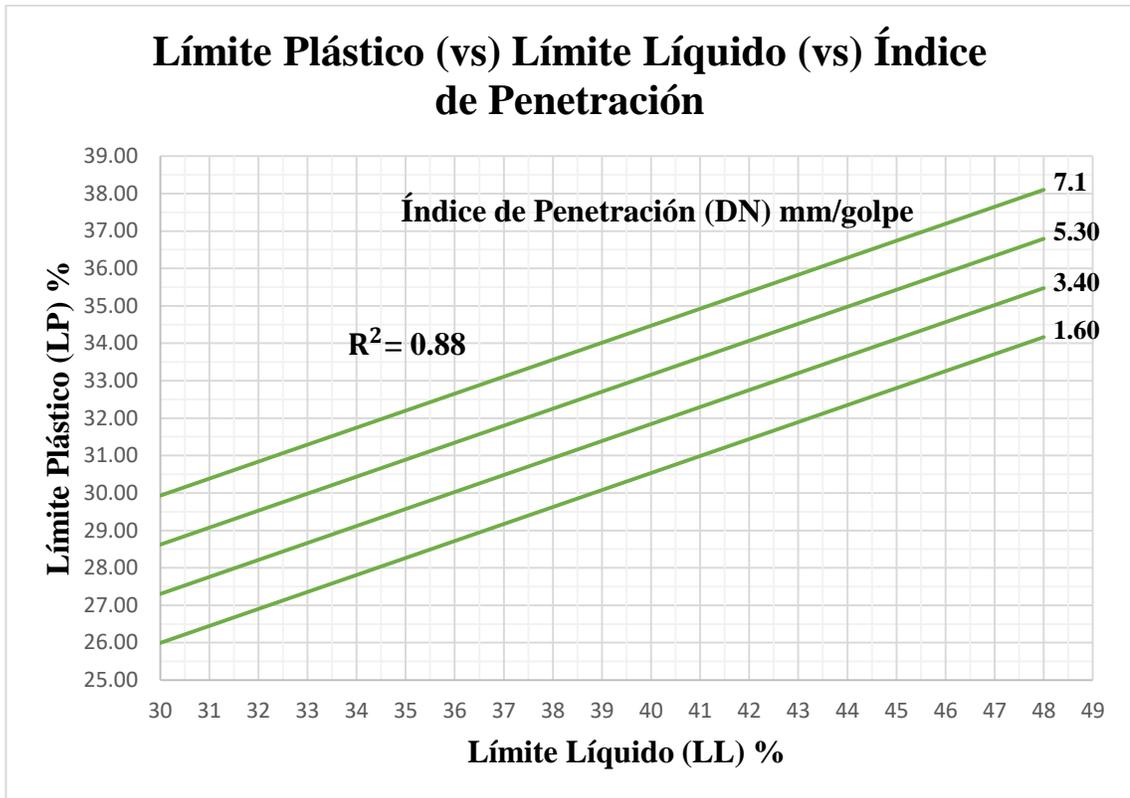


Figura 45. Correlación #25. Límite Plástico (vs) Límite Líquido (vs) Índice de Penetración

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Ecuación: $LP = 11.222 + 0.454(LL) + 0.716(DN)$

Coefficiente R^2 : 88%

Número de Muestras: 11

La correlación múltiple lineal presentada que relaciona a las variables de Límite Líquido y a la función obtenida del Índice de penetración, presentan una correlación fuerte para valores de Límite plástico con un coeficiente de 88%. El límite líquido y plástico se relacionan entre sí al trabajarse con humedades controladas mientras que las variables independientes no se relacionan entre sí, pero la correlación al tener un coeficiente alto se puede utilizar debido a que resulta interesante saber la fiabilidad de

valores en función de si son o no proporcionales para llegar a conocer un parámetro importante en el estudio preliminar de vías.

3.1.3. Aplicación de Resultados correspondientes a la Fase 3

3.1.3.1. Diseño de Espesores de Pavimento Flexible según AASHTO 93

- **Período de Diseño (n)**

Se selecciona la vía Apagua - Chilca para el diseño, donde por razones obvias al ser un camino vecinal se escogerá un período de diseño de 20 años según la Tabla#10.

- **Tránsito Promedio Diario Anual por tipo de vehículo (TPDA_t)**

Para la obtención del TPDA para el período de diseño se partió de un conteo vehicular de 7 días en un lapso de 12 horas a lo cual se utiliza la metodología del Volumen Horario de Máxima Demanda y su factor tomando en cuenta la 30ava hora del volumen máximo de tránsito futuro normalizado para fines de proyecto.

CUADRO DEMOSTRATIVOS DEL TIPO DE VEHICULOS MOTORIZADOS REMOLQUES Y SEMREMOLQUES								
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO [Ton.]	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS [metros]				
				largo	Ancho	Alto		
2 D			7	5,00	2,60	3,00		
2DA			10	7,50	2,60	3,50		
2DB			18	12,20	2,60	4,10		
3-A			27	12,20	2,60	4,10		
4-C			31	12,20	2,60	4,10		
4-0			32	12,20	2,60	4,10		
V2DB			18	12,20	2,60	4,10		
V3A			27	12,20	2,60	4,10		
VZS			27	12,20	2,60	4,10		
T2			18	8,50	2,60	4,10		
T3			27	8,50	2,60	4,10		

Figura 46. Clasificación de pesos de vehículos por eje

Fuente: Norma Ecuatoriana vial NEVI 12, Volumen Nro. 2A.[31]

Tabla 23. Volumen Horario de Máxima Demanda

Hora	Livianos 2D	Buses 2DA	Pesados 2DA	Sumatoria
10:00 – 10:15	49	3	5	57
10:15 – 10:30	53	6	1	60
10:30 – 10:45	39	4	2	45
10:45 – 11:00	50	1	3	54
Total	191	14	11	216

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Cálculo del Factor Horario de máxima demanda.

$$FHMD = \frac{VHMD}{N * (q_{max15})}$$

Donde:

N = Número de períodos durante la hora de máxima demanda

q_{max15} = flujo máximo que se presenta en un período de 15 minutos

$$FHMD = \frac{216}{4 * 60} = 0.9 = 1$$

Para calcular el TPDA_t según la 30ava hora de máximo volumen se tiene:

$$TPDA_t = \frac{T_t * FHMD}{k}$$

Donde:

T_t = Total de vehículos por tipo

k = Porcentaje de reducción esperado entre la 30(ava) hora y el TPDA actual (k=0.12 para carreteras rurales secundarias según [28])

$$TPDA_{t(2022)}_{\text{Livianos}} = \frac{191 * 1}{0.12} = 1591 \text{ Veh/día}$$

$$TPDA_{t(2022)}_{\text{Buses}} = \frac{11 * 1}{0.12} = 117 \text{ Veh/día}$$

$$TPDA_{t(2022)}_{\text{Pesados}} = \frac{191 * 1}{0.12} = 92 \text{ Veh/día}$$

Ahora al TPDA total también se le debe añadir el tránsito generado y tránsito desarrollado por lo que sus tasas de incremento son de 5 a 25% del TPDA actual para el tránsito generado y la tasa de incremento para el tránsito desarrollado es del 5% del TPDA actual según [28].

Tabla 24. Tránsito Actual Total

Tipo	TPDA_t	Tránsito Generado	Tránsito Desarrollado	TPDA total
Livianos	1591	239	80	1910
Buses	117	18	6	141
Pesados	92	14	1	107
Total	1800	271	87	2158

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

- **Número de Ejes Equivalentes (W18)**

Para obtener el número de ejes equivalentes se requiere del TPDA al período de diseño o futuro (TPDA_f) por lo que se utiliza la siguiente ecuación.

$$TPDA_f = TPDA_{\text{Total}}(1 + i)^n$$

Donde:

i = tasa de crecimiento poblacional

Tabla 25. Tasa de crecimiento poblacional según datos del INEC

Períodos	Tasa de Crecimiento Geométrico (i%)
1990 – 2001	2.21
2001 – 2010	3.21
2010 – 2021	3.21
2021 – 2031	3.21
2021 – 2041	3.21
2041 – 2051	3.21

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Adicionalmente se requiere conocer el Factor de daño o Factor de carga equivalente (Fd) conocido a través de la carga producida por los ejes de los vehículos pesados ya que según la AASHTO 93 éste es el vehículo de diseño, ahora según la NEVI 12 el valor del tipo 2DA de 3 Ton para el eje delantero y 7 toneladas para el eje trasero es 1.308 según la siguiente fórmula.

$$Fd = \left(\frac{Lss}{6.6}\right)^4$$

Donde:

Lss = Carga proporcionada por cada eje del tipo 2DA

$$Fd = \left(\frac{3}{6.6}\right)^4 + \left(\frac{7}{6.6}\right)^4 = 1.308$$

El cálculo de ejes equivalentes (W18) se basa en la siguiente formula.

$$W18 = 365 * TPDAf_{\text{pesado}} * Fd$$

Por último, según AASHTO 93 se considera la distribución por dirección o sentido donde a cada sentido se le confiere el 50% del total de ejes equivalentes totales acumulados o dependiendo de una encuesta realizada para saber por qué dirección se presenta un mayor volumen de tránsito donde puede variar a 60%.

Tabla 26. Tráfico futuro y Numero de Ejes Equivalentes

Año	% de Crecimiento			TPDAf (Veh/día)				W18	W18 Acumulado	W18 Por sentido
	Livianos	Buses	Pesados	Livianos	Buses	Pesados	Total			
2022	3.21	3.21	3.21	1910	141	107	2158	51084	51084	25542
2023	3.21	3.21	3.21	1972	146	111	2229	52994	104078	52039
2024	3.21	3.21	3.21	2035	151	114	2300	54426	158503	79252
2025	3.21	3.21	3.21	2100	156	118	2374	56336	214839	107420
2026	3.21	3.21	3.21	2168	160	122	2450	58245	273084	136542
2027	3.21	3.21	3.21	2237	166	126	2529	60155	333239	166620
2028	3.21	3.21	3.21	2309	171	130	2610	62065	395304	197652
2029	3.21	3.21	3.21	2383	176	134	2693	63974	459278	229639
2030	3.21	3.21	3.21	2460	182	138	2780	65884	525162	262581
2031	3.21	3.21	3.21	2539	188	143	2870	68271	593433	296717
2032	3.21	3.21	3.21	2620	194	147	2961	70181	663614	331807
2033	3.21	3.21	3.21	2704	200	152	3056	72568	736182	368091
2034	3.21	3.21	3.21	2791	207	157	3155	74955	811137	405568
2035	3.21	3.21	3.21	2881	213	162	3256	77342	888479	444239
2036	3.21	3.21	3.21	2973	220	167	3360	79729	968208	484104
2037	3.21	3.21	3.21	3069	227	172	3468	82116	1050324	525162
2038	3.21	3.21	3.21	3167	234	178	3579	84981	1135305	567652
2039	3.21	3.21	3.21	3269	242	184	3695	87845	1223150	611575
2040	3.21	3.21	3.21	3374	250	189	3813	90232	1313382	656691
2041	3.21	3.21	3.21	3482	257	196	3935	93574	1406957	703478
2042	3.21	3.21	3.21	3594	266	202	4062	96439	1503396	751698

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

- **Nivel de Confiabilidad (R)**

De acuerdo a la Tabla #11 para vías locales rurales se tiene un R de 80%.

- **Desviación Normal Estándar (Zr)**

De acuerdo a la Tabla #12 con un valor de R 80% se tiene un Zr de -0.841.

- **Desviación Estándar Global (So)**

Como los valores se encuentran entre el 0.40 y 0.50 AASHTO 93 recomienda trabajar con la media que es de 0.45.

- **Índice de Serviciabilidad (Δ PSI)**

De acuerdo a la norma AASHTO 93 para pavimentos flexibles la serviciabilidad inicial es de 4.2 y la final un valor de 2 para vías locales.

$$\Delta\text{PSI} = P_i - P_t$$

$$\Delta\text{PSI} = 4.20 - 2.00 = 2.2$$

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

Como la vía seleccionada es la vía Apagua – Chilca y el CBR de laboratorio encontrado más desfavorable a trabajar es de 6.50% por lo que se ocupa la siguiente ecuación.

$$Mr (CBR < 7\%) = 1500 * CBR$$

$$Mr (psi) = 1500 * 6.50 = 9750 (psi)$$

- **Coficiente Estructural de la Capa Superficial (a1)**

Según la AASHTO 93 el módulo de elasticidad de una carpeta asfáltica en caliente a 68°F de estar sobre los 450 000 Psi recomendada para todos los tipos de tráfico.

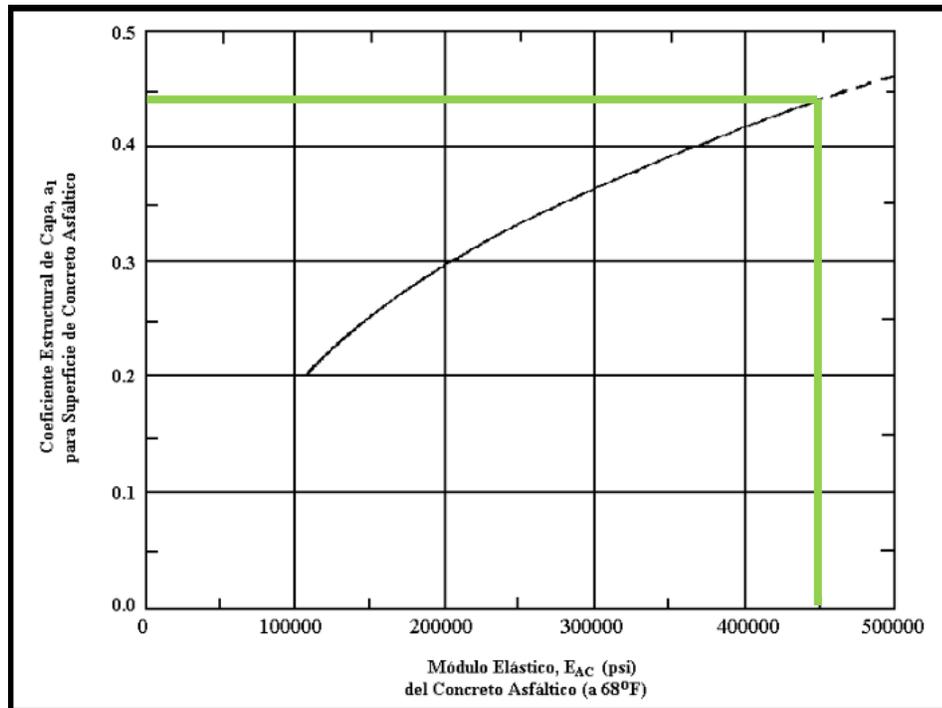


Figura 47. Estimación del coeficiente estructural “a1” de la carpeta asfáltica

Fuente: Pavimentos – Universidad Mayor de San Simón[22]

El valor de (a_1) es 0.445 y para trabajar en centímetros se lo divide para 2.54 obteniendo así un valor de 0.175.

- **Coeficiente Estructural de la capa Base (a_2)**

Según AASHTO 93 para W18 menores a 10 000 000 de ejes equivalentes, la base granular debe tener un CBR recomendado de 80% compactada al 100% de la densidad seca máxima.

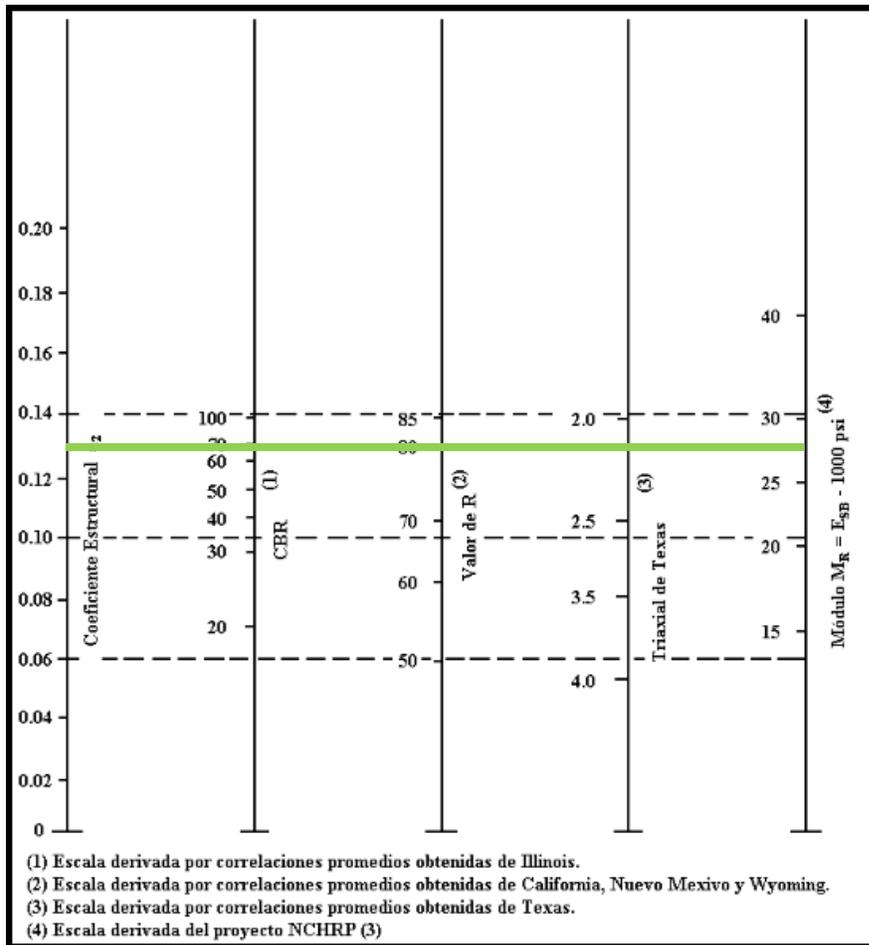


Figura 48. Estimación del coeficiente estructural “a2” de una capa base granular

Fuente: Pavimentos – Universidad Mayor de San Simón[22]

El valor de (a2) es de 0.13 y transformado para trabajar a cm es de 0.051. El módulo Resiliente de la capa Base es de 25 550 Psi.

- **Coeficiente Estructural de la capa Subbase (a3)**

Según AASHTO 93 la base granular debe tener un CBR recomendado de 40% compactada al 100% de la densidad seca máxima para todo tipo de tráfico.

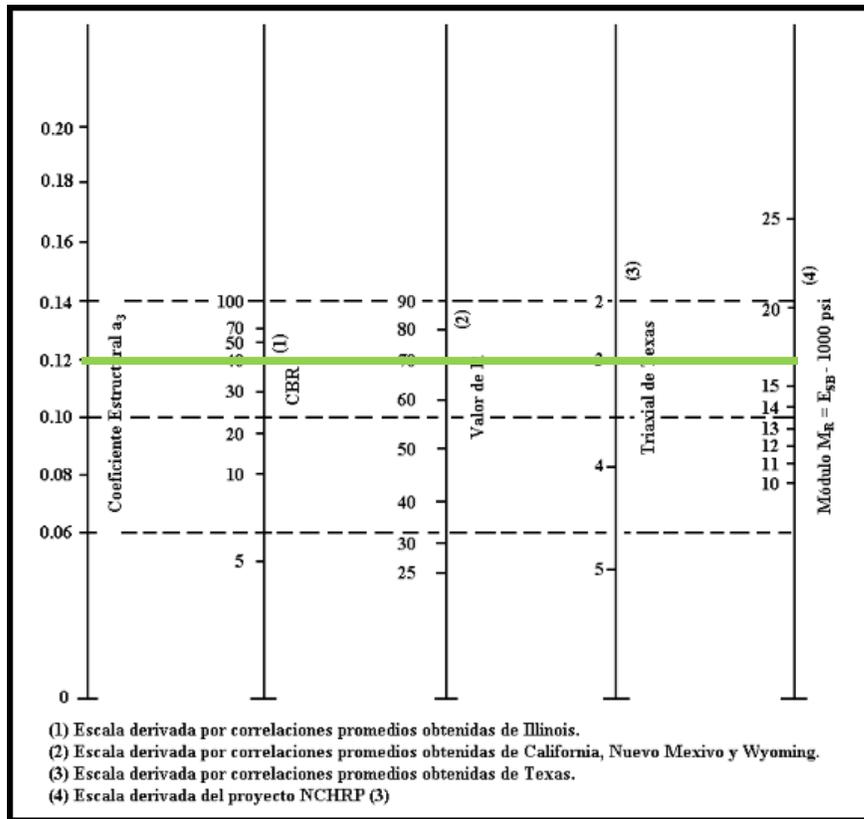


Figura 49. Estimación del coeficiente estructural “a3” de una capa sub base granular

Fuente: Pavimentos – Universidad Mayor de San Simón[22]

El valor de (a3) es de 0.12 y transformado para trabajar a cm es de 0.047. El módulo Resiliente de la capa Subbase es de 16 100 Psi.

- **Coefficientes de Drenaje (m2) y (m3)**

Para conocer estos valores la AASHTO 93 señala una tabla para drenar el agua de la capa base con grado de saturación del 50%.

Tabla 27. Calidad del drenaje de la capa base

Calidad del drenaje	Tiempo de eliminación del agua
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Deficiente	Agua no drenada

Fuente: Procedimiento de Diseño para nuevos Pavimentos AASHTO[26]

Por lo que se opta por un tiempo de eliminación de agua de 1 día suponiendo una construcción de calidad.

El porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación se la puede calcular mediante la siguiente ecuación formulada por la AASHTO 93.

$$P = \frac{(S + R)}{365} 100$$

Donde:

P = porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a la saturación.

S = días de deshielo de primavera (omitido).

R = número de días de lluvia si el agua de la capa base se puede drenar en 24 horas o menos.

Se omite los días de deshielo de primavera ya que en Ecuador no se presenta esta estación. El número de días de lluvia es de 120 ya que según el PDOT de la parroquia Pilaló los promedios de precipitaciones muestran que los meses más lluviosos son de enero a abril.[32]

$$P = \frac{(0 + 120)}{365} 100 = 32.88\%$$

Según la Tabla #14 con una calidad de drenaje buena y un porcentaje de exposición a la saturación de 32.88% los coeficientes m1 y m2 son 1.00 tanto para base y subbase.

- **Cálculo de Espesores del Pavimento**

Tabla 28. Variables de entrada para SN

Nivel de Confiabilidad (R)	80%
Desviación Estándar normal (Zr)	-0.841
Desviación Estándar Global (So)	0.45
Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi)	4.20
Índice de Serviciabilidad final (Pt)	2.00
Módulo de Resiliencia de la Subrasante (Mr)	9750 Psi
N(8.2Ton)	751 968

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Ecuación AASHTO 93

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 80 % Zr=-0.841 So 0.45

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial 4.20 PSI final 2.0

Módulo resiliente de la subrasante
 Mr 9750 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18 =** 751968 Calcular W18

Número Estructural
SN = 2.71

Observaciones

Calcular Salir

Figura 50. Cálculo del Número Estructural Principal o de Subrasante

Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993.[26]

Según la siguiente figura dada por la AASHTO 93 se puede obtener los Módulos Resilientes tanto de la capa Base como de Subbase mediante el CBR teniéndose así.

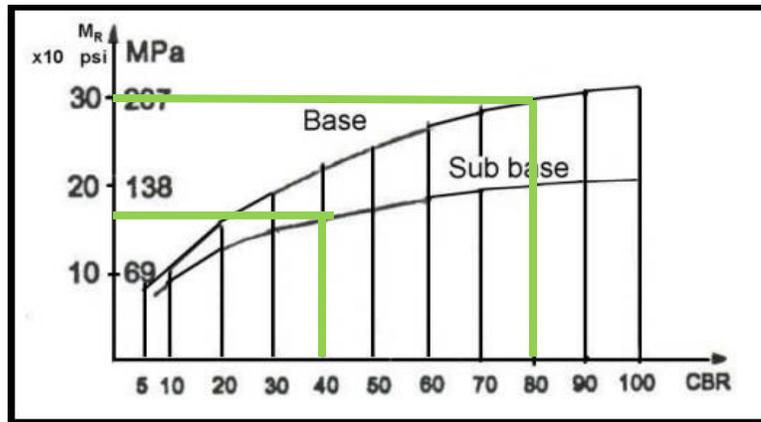


Figura 51. Relación entre Módulo Resiliente y CBR para Bases y Subbases

Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993.[26]

$$Mr(\text{Base}) = 30\,000 \text{ Psi}$$

$$Mr(\text{Subbase}) = 17\,000 \text{ Psi}$$

Se obtuvo los Números Estructurales de cada capa donde se utiliza el mismo programa de la AASHTO 93 con los mismos parámetros del Número Estructural Principal o de subrasante, pero con la diferencia de los Módulos resilientes obtenidos para base y subbase.

Ecuación AASHTO 93

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 80 % Zr=-0.841 So 0.45

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial 4.20 PSI final 2.0

Módulo resiliente de la subrasante
 Mr 30000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Módulo de rotura del concreto - S_c (psi) Coeficiente de drenaje - (C_d)

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18 = 751968** Calcular W18

Número Estructural
SN = 1.78

Observaciones

Calcular Salir

Figura 52. Cálculo del Número Estructural SN1 que protege a la Base

Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993.[26]

El espesor se lo obtiene mediante la siguiente fórmula.

$$D1 = \frac{SN1}{a1}$$

$$D1 = \frac{1.78}{0.175} = 10.17 \text{ cm}$$

Si se considera que según la Tabla #13 el espesor de la capa superficial para N(8.2Ton) 751 968 es de 3 pulg. o 7.62 cm, pero se tomó un valor de 5.0 cm debido a los costos influyentes en construcción, el valor de $SN1_{real}$ es:

$$SN1_{real} = \text{espesor}_{\min(\text{carpeta})} * a1$$

$$SN1_{real} 5.0 * 0.175 = 0.875$$

Ecuación AASHTO 93

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)

Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento <input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible <input type="radio"/> Pavimento rígido		Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So) 80 % Zr=-0.841 So 0.45	
Serviciabilidad inicial y final PSI inicial 4.20 PSI final 2.0		Módulo resiliente de la subrasante Mr 17000 psi	
Información adicional para pavimentos rígidos:			
Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)		Coefficiente de transmisión de carga - (J)	
Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)		Coefficiente de drenaje - (Cd)	
Tipo de Análisis <input checked="" type="radio"/> Calcular SN W18 = 751968 <input type="radio"/> Calcular W18		Número Estructural SN = 2.21	
Observaciones			

Figura 53. Cálculo del Número Estructural SN2 que protege a la Subbase

Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993. [26]

$$D2 = \frac{SN2 - SN1_{real}}{a2 * m2}$$

$$D2 = \frac{2.21 - 0.875}{0.051 * 1.0} = 26.18 \text{ cm}$$

Según la Tabla #13 el espesor de la capa base para N(8.2Ton) 751 968 es de 6 pulg. o 15.24 cm, pero se tomó un valor de 14 cm debido a los costos influyentes en construcción, el valor real de $SN2_{real}$ es:

$$SN2_{real} = espesor_{\min(base)} * a2 * m2$$

$$SN2_{real} = 14.0 * 0.051 * 1.0 = 0.714$$

Figura 54. Cálculo del Número Estructural SN3 que protege a la Subrasante

Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993. [26]

$$D3 = \frac{SN3 - SN1_{real} - (SN2_{real} * m2)}{a3 * m3}$$

$$D3 = \frac{2.71 - 1.31 - (0.765 * 1.0)}{0.047 * 1.0} = 13.51 \text{ cm}$$

Según la AASHTO 93 el espesor mínimo constructivo de la capa subbase es de 15 cm, pero se tomó el valor de 24 cm, el valor real de $SN3_{real}$ es:

$$SN3_{real} = \text{espesor}_{\min(\text{subbase})} * a3 * m3$$

$$SN3_{real} = 24.0 * 0.047 * 1.0 = 1.128$$

Tabla 29. Propuesta de Diseño de Espesores

Capa	Espesor Calculado (cm)	Espesor Propuesto (cm)	Números Estructurales Reales
Carpeta Asfáltica	10.17	5.0	0.875
Base	26.18	14.0	0.714
Subbase	23.85	24.0	1.128
Subrasante	Total		2.72

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

La suma de los Números Estructurales reales debe ser mayor o igual al Número Estructural principal o de Subrasante.

$$SN1_{\text{real}} + SN2_{\text{real}} + SN3_{\text{real}} \geq SN$$

$$0.875 + 0.714 + 1.128 \geq 2.71$$

$$2.72 \geq 2.71 \dots \text{Cumple}$$

- **Diseño de Pavimento Flexible Aplicando la Correlación #8**

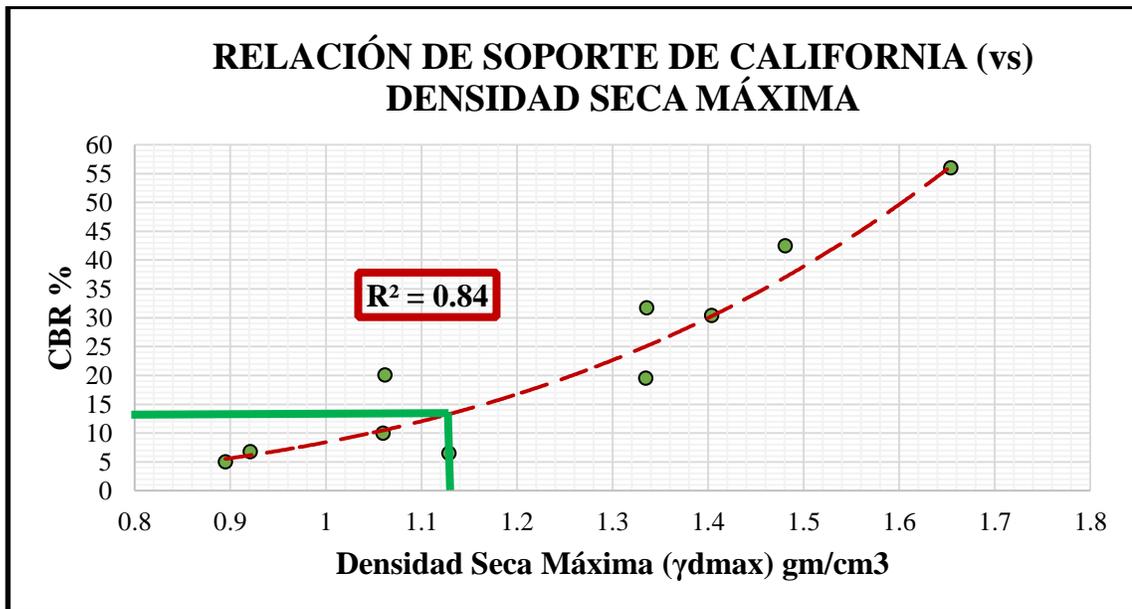


Figura 55. Correlación #8. CBR (vs) Sa para Diseño de Pavimento

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

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

El CBR obtenido es de 13% con el valor de 1.129 gr/cm³ de Densidad seca máxima del punto donde se tomó el CBR más desfavorable del anterior diseño.

$$Mr (7 < CBR < 20) = 3000 * CBR^{0.65}$$

$$Mr (psi) = 3000 * (13)^{0.65} = 15892 (psi)$$

- **Coefficiente Estructural de la Capa Superficial (a1)**

El valor de (a1) es 0.445 y para trabajar en centímetros se lo divide para 2.54 obteniendo así un valor de 0.175.

- **Coefficiente Estructural de la capa Base (a2)**

El valor de (a2) es de 0.13 y transformado para trabajar a cm es de 0.051. El módulo Resiliente de la capa Base es de 25 550 Psi.

- **Coefficiente Estructural de la capa Subbase (a3)**

El valor de (a3) es de 0.12 y transformado para trabajar a cm es de 0.047. El módulo Resiliente de la capa Subbase es de 16 100 Psi.

- **Coefficientes de Drenaje (m2) y (m3)**

Según la Tabla #14 con una calidad de drenaje buena y un porcentaje de exposición a la saturación de 32.88% los coeficientes m1 y m2 son 1.00 tanto para base y subbase.

- **Cálculo de Espesores del Pavimento**

Tabla 30. Variables de entrada para SN

Nivel de Confiabilidad (R)	80%
Desviación Estándar normal (Zr)	-0.841
Desviación Estándar Global (So)	0.45
Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi)	4.20
Índice de Serviciabilidad final (Pt)	2.00
Módulo de Resiliencia de la Subrasante (Mr)	15892 Psi
N(8.2Ton)	751 968

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

Figura 56. Cálculo del Número Estructural de Subrasante para CBR 13%

Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993. [26]

El cálculo del espesor de la capa superficial y base se mantiene al igual que el Número Estructural real, por lo que se prosigue a la capa Subbase.

$$D3 = \frac{SN3 - SN1_{real} - (SN2_{real} * m2)}{a3 * m3}$$

$$D3 = \frac{2.27 - 0.875 - (0.714 * 1.0)}{0.047 * 1.0} = 14.50 \text{ cm}$$

Según la AASHTO 93 el espesor mínimo constructivo de la capa subbase es de 15 cm, el valor real de $SN3_{real}$ es:

$$SN3_{real} = espesor_{\min(subbase)} * a3 * m3$$

$$SN3_{real} = 15.0 * 0.047 * 1.0 = 0.705$$

Tabla 31. Propuesta de Diseño de Espesores

Capa	Espesor Calculado (cm)	Espesor Propuesto (cm)	Números Estructurales Reales
Carpeta Asfáltica	10.17	5.0	0.875
Base	26.18	14.0	0.714
Subbase	14.50	15.0	0.705
Total			2.29

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

La suma de los Números Estructurales reales debe ser mayor o igual al Número Estructural principal o de Subrasante.

$$SN1_{real} + SN2_{real} + SN3_{real} \geq SN$$

$$0.875 + 0.714 + 0.705 \geq 2.27$$

$$2.29 \geq 2.27 \dots \text{Cumple}$$

Tabla 32. Comparación de diseños

Capa	CBR de Laboratorio (6.5%)		CBR Correlación #8 (13%)	
	Número Estructural Real	Espesor Propuesto	Número Estructural Real	Espesor Propuesto
Carpeta Asfáltica	0.875	5.0	0.875	5.0
Base	0.714	14.0	0.714	14.0
Subbase	1.128	24.0	0.705	15.0

Autor: Saúl Alejandro Trávez Vargas

3.2 Verificación de Hipótesis

Si existe correlaciones entre el CBR, DCP y propiedades índice y mecánicas en los suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi.

3.2.1. Zonificación de los Resultados correspondientes a la Fase 4

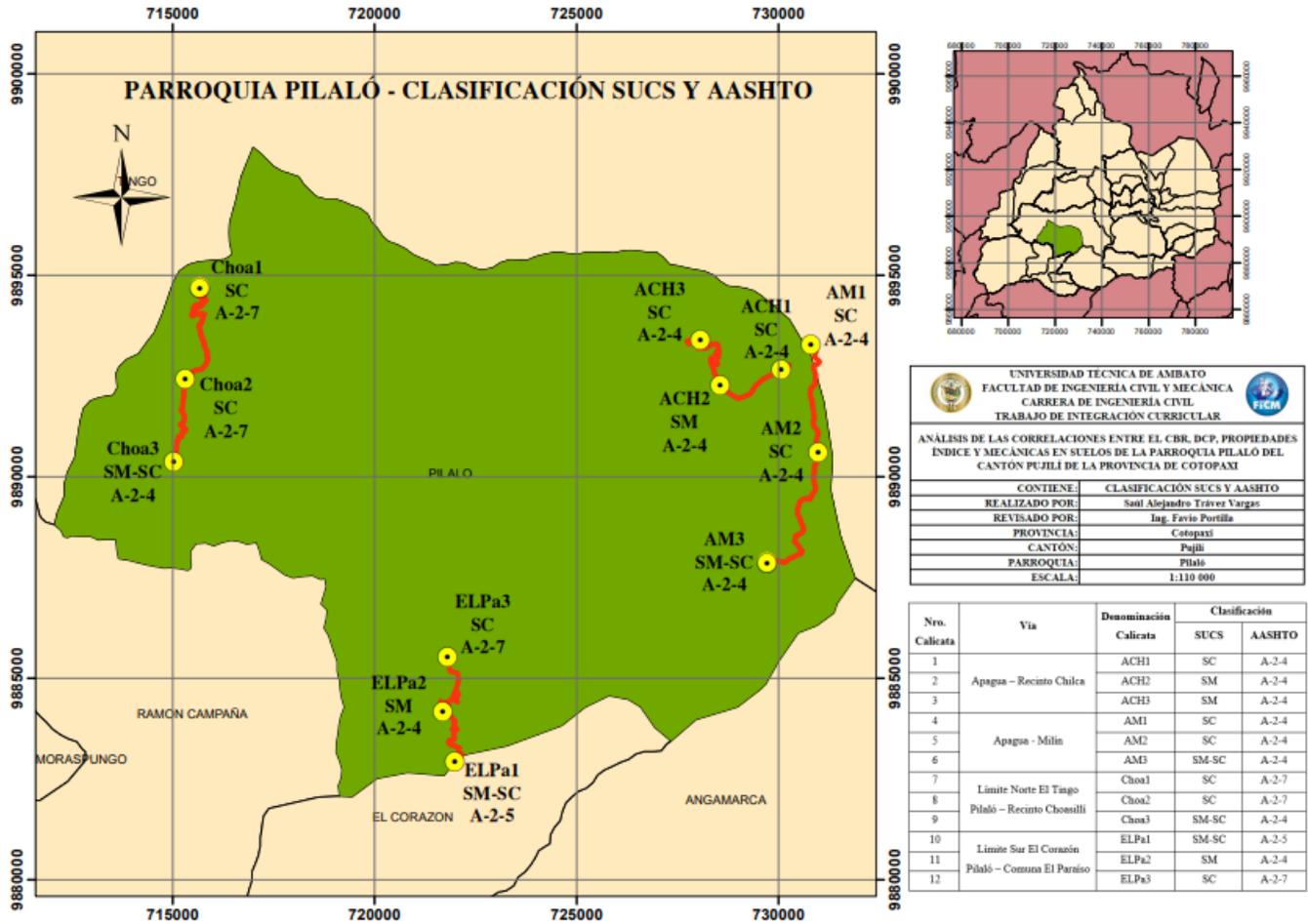


Figura 57. Mapa Clasificación de suelos SUCS y AASHTO

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Con los ensayos y correlaciones resultantes obtenidos se amplió los estudios de suelos de subrasante para vías sin pavimentar correspondientes a la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi.
- La aplicación de la correlación #8 correspondiente a CBR vs Densidad Seca Máxima, tuvo un gran éxito en relación al diseño de espesores del pavimento de la vía Apagua – Chilca, ya que la sumatoria de Números Estructurales Reales fue de 2.29, donde según la condición este valor debe ser mayor o igual al Número Estructural de la Subrasante de 2.27, que indudablemente cumple con la condición señalada, quedando así la carpeta asfáltica con un espesor de 5.0 cm, 14 cm para Base granular y 15 cm para Subbase granular.
- La aplicación de la correlación #8 para el diseño de pavimento fue utilizada ya que es la única correlación para encontrar valores de CBR que obtuvo el mejor coeficiente de determinación 91%, donde si se hubiera utilizado la Correlación entre CBR vs Índice de Penetración (DCP), los valores de DCP solo tienen una fiabilidad de uso del 54% para conocer valores de CBR, aunque el ensayo DCP fuese el ensayo alternativo para CBR, por lo que a la vez no es factible realizar este ensayo en futuros estudios preliminares para relacionarlo con CBR del área del proyecto.
- Al ensayar y calcular los parámetros de cada propiedad índice y mecánica de las muestras representativas de la parroquia Pilaló, tanto de campo como de laboratorio, resulta preciso dar por concluido que los conocimientos y experiencias obtenidas en este trabajo experimental sirven como complemento para ejercerlas en el ámbito profesional.
- Las propiedades más importantes o las que generan un mayor impacto para estudios de vías como Contenido de Humedad natural generó valores de 29 a 93%, Porcentajes de Arena de 54 a 97%, Porcentaje de finos de 4 a 32%,

Densidad seca máxima de 0.895 a 1.654 gr/cm³, Humedad Optima de 19 a 39%, CBR de 5 a 56% e Índice de Penetración de 1.656 a 34.522 mm/golpe.

- La zonificación de suelos de la parroquia Pilaló constó de arenas con cantidades apreciables de finos de las siglas SC (Arenas limosas) y SM (Arenas arcillosas) correspondientes a la clasificación SUCS, en tanto que para la clasificación AASHTO cuenta con Limos o gravas arcillosas y arenas A-2-4, A-2-5 y A-2-7.
- Se encontraron 12 correlaciones simples con tendencia polinómica, 4 con tendencia potencial y 1 logarítmica. Las correlaciones múltiples son en su totalidad lineales.
- Los coeficientes de correlación R^2 para las correlaciones simples van de 0.54 perteneciente a la correlación CBR vs Índice de penetración (DCP) a 0.94 correspondiente a la correlación Limite Líquido vs Densidad seca in situ.
- Los coeficientes de correlación R^2 para las correlaciones múltiples van de 0.76 a 0.99 lo que da a conocer que hay una mayor fuerza de relación entre las correlaciones múltiples a las simples.
- Con el valor de CBR más desfavorable de la vía Apagua – Chilca de 6.50 %, se obtuvo espesores de capa de 5 cm para carpeta asfáltica, 14 cm para Base granular y 24 cm para Subbase granular, lo que conllevó a que la sumatoria de Números Estructurales Reales 2.72 sea mayor o igual al Número Estructural de la Subrasante de 2.71 cumpliendo así con la condición mencionada.
- Puede haber una relación directa o proporcional entre las variables para formar correlaciones y a la vez esto no puede ser cierto ya que existen correlaciones que al no tener una relación directa o proporcional pueden generar coeficientes de determinación altos y válidos para una aplicación de diseño de pavimentos flexibles.
- Los resultados de CBR e Índice de Penetración (DN) reflejan que evidentemente al tener porcentajes altos de CBR los índices de DCP bajan ya que al tener suelos resistentes la penetración del equipo DCP realizado en campo sea más dificultosa lo que conlleva a tener bajos valores de índice de penetración.

- El valor de CBR de 56% correspondiente a la muestra “Choa 1” muestra que la vía a la que pertenece pasa por una zona en la cual puede considerarse una mina ya que todo el suelo excavado de la calicata podría clasificarse como subbase o base ya que tiene un Tamaño máximo nominal de grano de 12.70 mm.

4.2 Recomendaciones

- Para eventuales Trabajos de Integración Curricular de la misma índole, si inicialmente se desarrolló un diseño de espesores de pavimento con un CBR de laboratorio ya no es necesario seguir todos los cálculos anteriores para un diseño con CBR obtenido de una correlación ya que solo cambia el valor de Módulo Resiliente de la subrasante, el Número Estructural de la misma y si se requiere, disminuir el espesor de las demás capas para reducir una considerable diferencia entre la condición de números estructurales.
- En la construcción de las correlaciones, tratar de unir todas las variables estudiadas contra todas, ya que al hacer esto se generan correlaciones interesantes que al no haber una relación directa o proporcional entre sí se obtienen coeficientes de determinación altos.
- Se recomienda cambiar o dar mantenimiento a los moldes de CBR del Laboratorio de Suelos ya que se encuentran oxidados y no permiten un ensayo adecuado antes de ser llevados a la máquina de compresión.
- Tener cuidado con la adición de agua y suelo en el recipiente de porcelana en el ensayo de Límite líquido ya que si se agrega demasiada agua la muestra se vuelve demasiado fluida y la abertura realizada con el acanalador se cerrará casi inmediatamente, a su vez si se agrega demasiado suelo la muestra se seca y no se puede untar correctamente en la Copa de Casagrande.
- Para el ensayo de Proctor Modificado tener secada la muestra para incluir agua de manera ascendente (cada 3 a 4%) e ir verificando su consistencia para no saturarla tan temprano y así obtener una curva densidad seca vs porcentaje de humedad apreciable para obtener una densidad seca máxima y humedad óptima correctas para el ensayo de CBR.
- Revisar de manera diaria los diales de lectura de expansión de suelo de las muestras sumergidas en agua ya que si se toma la lectura después de los 3 días de haber sumergido no se tendrá una buena apreciación del valor real y es probable que habrá más de 1 revolución y será difícil obtener la verdadera lectura.

- Se recomienda ir acompañado al conteo vehicular para poder aforar una persona por sentido ya que es probable que haya un flujo grande de tránsito vehicular y no se tengan datos verdaderos del comportamiento de la vía seleccionada.
- Así mismo para posteriores Trabajos de Integración Curricular de la misma índole tratar de que sean totalmente visibles las clasificaciones de suelos dentro del mapa de zonificación y a la vez darle una apreciación formidable al trabajo realizado.
- En la aplicación de correlaciones para el diseño de espesores de pavimento flexible, se debe mantener los espesores normados, pero por motivo de costos que influyen directamente en la etapa de construcción de los espesores de una vía, sí se pueden reducir espesores, pero teniendo en cuenta la condición de Números Estructurales.
- En la visita en campo tratar de encontrar sitios para calicatas lo más cercano a las vías en estudio ya que no siempre se tiene la misma geología o tipo de suelo tanto en horizontal como en profundidad y a la vez tratar de escoger sitios con una posible falla geológica a que sería interesante tratar al estudio con esas fallas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] D. J. van Vuuren, «Rapid determination of CBR with the portable dynamic cone penetrometer», 1969.
- [2] J. D. B. Sierra y O. A. V. Sikaffy, «Validación del método de DCP aplicado en campo en relación al ensayo CBR en laboratorio». San José, Costa Rica, 2016.
- [3] A. Solano y A. Andres, «Determinación del CBR de Laboratorio y natural en suelos finos y su correlación con el DCP para la determinación de la capacidad portante de la sub-rasante, en el diseño de pavimentos flexibles de la Ciudad de Quito.», 2013.
- [4] R. Blanco-Sepúlveda, «La relación entre la densidad aparente y la resistencia mecánica como indicadores de la compactación del suelo», *Agrociencia*, vol. 43, n.º 3, pp. 231-239, 2009.
- [5] G. O. Bogado, N. A. Pintos, H. O. Reinert, y D. A. Bressan, «Correlación entre parámetros de compactación y propiedades geotécnicas en suelos tropicales misioneros», *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*, n.º 39, pp. 19-26, 2017.
- [6] K. A. Banda Casañas, «Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades índice y mecánicas en los suelos de las parroquias: Baños de Agua Santa y LLigua del cantón Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua, Ecuador.», Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, 2021.
- [7] J. Vidal, R. Osorio, y others, «Módulo resiliente de suelos finogranulares», *Revista Universidad EAFIT*, vol. 38, n.º 125, pp. 64-71, 2002.

- [8] C. V. Jiménez-Mendoza, I. J. Ruíz-Mora, y others, «Diseño por confiabilidad de la estructura de pavimento considerando correlaciones y ensayos aplicado a la vía Rovira Ibagué», 2021.
- [9] L. A. Cevallos Núñez, «Correlación entre el CBR, DCP y las propiedades índice y mecánicas de los suelos de las parroquias: Chiquicha, El Rosario, Salasaca, García Moreno y Benítez del cantón Pelileo, provincia de Tungurahua», Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, 2021.
- [10] G. B. Sowers, J. Menéndez Menéndez, y others, «Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones», 1972.
- [11] J. E. Bowles, «Propiedades geofísica de los suelos», 1982.
- [12] B. M. Das y S. R. C. González, *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. Cengage Learning, 2015.
- [13] C. C. Villalaz, *Mecánica de suelos y cimentaciones/Mechanics of Grounds and Laying of Foundations*. Editorial Limusa, 2005.
- [14] J. E. Bowles, *Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil*. McGraw-Hill, 1981.
- [15] E. J. Badillo, *Mecánica De Suelos I/Ground Mechanics I: Fundamentos de la Mecánica de Suelos/Fundamentals of Ground Mechanics*, vol. 1. Editorial Limusa, 1974.
- [16] K. Terzaghi y R. B. Peck, «Mecánica de suelos; en la ingeniería práctica», 1978.
- [17] T. W. Lambe y R. v Whitman, «Mecánica de Suelo México», *Limusa*, 2002.
- [18] Y. A. Saputro, K. Umam, y S. Fauziah, «Análisis Sandcone Test (AASHTO T 191 dan ASTM D 1556 64) Pada Peningkatan Jalan Jepara–Kedungmalang–Pecangaan», *Reviews in Civil Engineering*, vol. 4, n.º 2, 2020.

- [19] M. Aragundi y D. Carla, «Estudio para determinar la capacidad portante del suelo como parámetro geotécnico, aplicando el ensayo de cono dinámico de penetración (DCP), en los terrenos aledaños a la Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas», *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología*, vol. 4, n.º 2, pp. 39-43, 2019.
- [20] F. V. Agreda, «El cono dinámico de penetración y su aplicación en la evaluación de suelos», *Univ. Priv. Boliv*, p. 16, 2006.
- [21] A. Montejo Fonseca, *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. 1998.
- [22] G. de Pavimentos, «Universidad Mayor de San Simón. 644pp», 2004.
- [23] J. H. LÓPEZ POLANCO, «DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA LOS LAURELES–EL COROCITO DE LA PARROQUIA NOBOA CANTÓN 24 DE MAYO», JIPIJAPA-UNESUM, 2018.
- [24] M. d MTC, «MANUAL DE CARRETERAS: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos», *Lima.: MTC*, 2014.
- [25] L. E. E. Correa, «Análisis de alternativas en el diseño de pavimentos flexibles rígidos por el método AASHTO 93», UNIVERSIDAD DE CUENCA, 2018.
- [26] T. Officials, *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993*, vol. 1. Aashto, 1993.
- [27] J. Tapia y R. Veizaga, «Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de ingeniería de tráfico», *Bolivia. Universidad Mayor de San Simón. Ancho Ng (Micro/Bus)*, 2006.
- [28] R. C. y Mayor, *Ingeniería de tránsito. Representaciones y Servicios de Ingeniería*, 1972.
- [29] C. Martínez, *Estadística y muestreo-13ra Edición*. Ecoe ediciones, 2012.

- [30] S. C. Chapra, R. P. Canale, R. S. G. Ruiz, V. H. I. Mercado, E. M. Díaz, y G. E. Benites, *Métodos numéricos para ingenieros*, vol. 5. McGraw-Hill New York, NY, USA, 2011.
- [31] A. LIBRO, P. E. Y. D. V. NORMA, y N. E. VIAL, «MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DEL ECUADOR», 2013.
- [32] Consultora Construsat, «PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARROQUIA PILALÓ 2020-2025», 2020.

ANEXOS

- Anexo Fotográfico



Figura 58. Visita en campo para excavar las calicatas



Figura 59. Excavación de calicatas



Figura 60. Ensayo DCP en campo



Figura 61. Ensayo Cono y Arena



Figura 62. Ensayo de Contenido de Humedad Natural



Figura 63. Ensayo de Granulometría



Figura 64. Ensayo para Límites de Atterberg



Figura 65. Ensayo de Gravedad Específica de sólidos



Figura 66. Ensayo de Proctor Modificado



Figura 67. Sumergir moldes para ensayo posterior de CBR



Figura 68. Ensayo en máquina Multispeed para CBR

- **Tablas de Ensayos de Campo y Laboratorio**

Tabla 33. Muestra 1, “ACH1” Humedad Natural y Granulometría

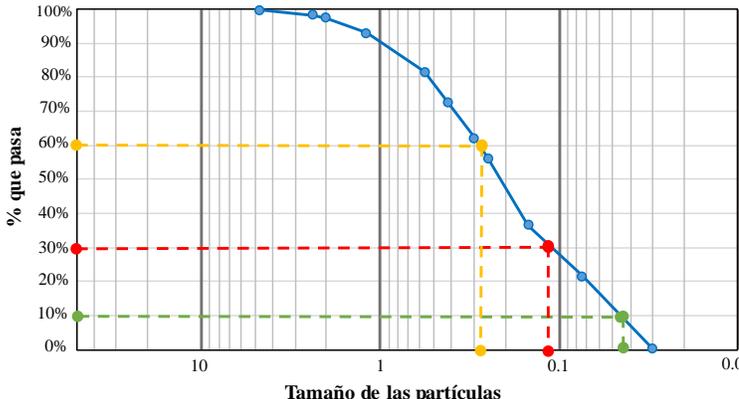
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR </div>  </div>					
Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, propiedades índice y					
Proyecto: mecánicas de los suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi					
Provincia: Cotopaxi		Muestra: ACH1			
Cantón: Pujilí		Coordenadas: 730322; 9892768			
Parroquia: Pilaló		Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas			
Revisado por: Ing. Favio Portilla					
HUMEDAD NATURAL - AASHTO T 265 -2015					
W tarro (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% w	% W Prom.	
10.84	23.27	17.26	34.82	34.83	
11.43	27.29	20.24	34.83		
GRANULOMETRÍA - AASHTO T 88					
Peso Muestra Seca				1060	
Tamiz (mm)	Tamiz N°	Pesos Retenidos	Pesos Retenidos Acumulados	% Retenidos	% Pasa
4.76	4	2.19	2.19	0.21	99.79
2.38	8	17.02	19.21	1.81	98.19
2.00	10	7.52	26.73	2.52	97.48
1.19	16	48.50	75.23	7.10	92.90
0.565	30	121.61	196.84	18.57	81.43
0.42	40	92.42	289.26	27.29	72.71
0.297	50	111.98	401.24	37.85	62.15
0.25	60	62.65	463.89	43.76	56.24
0.149	100	208.55	672.44	63.44	36.56
0.074	200	159.76	832.20	78.51	21.49
0.03	Fuente	226.20	1058.40	99.85	0.15
GRANULOMETRÍA					
					
D10mm	0.43	Cu = D60/D10	0.60		
D30mm	0.12	Cc = D30 ² /(D60 * D10)	0.13		
D60mm	0.26	Tamaño Nominal Máximo (TNM)	1.19 mm		

Tabla 34. Muestra 1, “ACH1” Límite Líquido y Límite Plástico

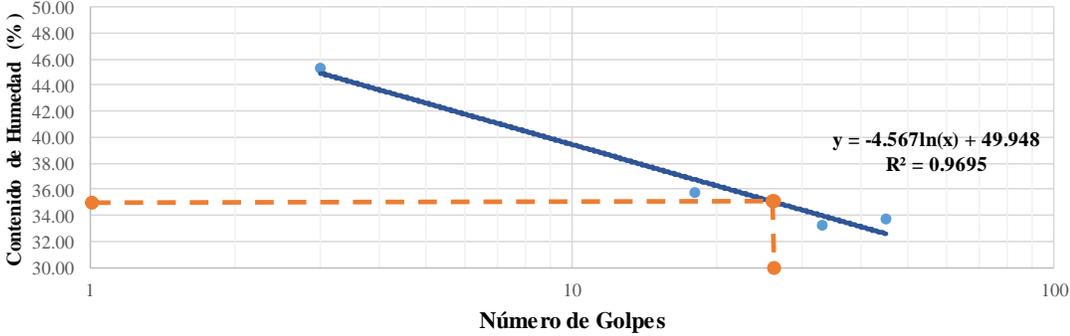
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR							
Proyecto:		Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, Propiedades Índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi							
Provincia: Cotopaxi		Nro. Muestra: ACH1							
Cantón: Pujilí		Coordenadas: 730322; 9892768							
Parroquia: Pilaló		Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas							
		Revisado por: Ing. Favio Portilla							
LÍMITE LÍQUIDO (COPA DE CASAGRANDE) - AASHTO T 89 2013									
Recipiente Nro.	Golpes	Masa Suelo Hum. + Rec.	Masa Suelo Seco + Rec.	Masa Rec.	Masa agua	Masa Sólidos	W%	Promedio W%	
61	3	16.32	14.81	11.44	1.51	3.37	44.81	45.31	
20		16.42	14.83	11.36	1.59	3.47	45.82		
23	18	15.53	14.36	11.14	1.17	3.22	36.34	35.85	
12		15.41	14.25	10.97	1.16	3.28	35.37		
64	33	15.69	14.57	11.28	1.12	3.29	34.04	33.29	
41		15.47	14.38	11.03	1.09	3.35	32.54		
75geo	45	16.27	14.92	10.89	1.35	4.03	33.50	33.77	
31		17.68	16.08	11.38	1.60	4.70	34.04		
LÍMITE LÍQUIDO									
									
LÍMITE PLÁSTICO - AASHTO T 90 2016									
Recipiente Nro.	Masa Suelo Hum. + Rec.	Masa Suelo Seco + Rec.	Masa Rec.	Masa agua	Masa Sólidos	W%	Promedio W%		
6	8.05	7.93	7.43	0.12	0.50	24.00	27.33		
11	8.03	7.88	7.37	0.15	0.51	29.41			
25	8.00	7.87	7.40	0.13	0.47	27.66			
3k	5.15	5.00	4.45	0.15	0.55	27.27			
48	6.78	6.63	6.10	0.15	0.53	28.30			
LÍMITES DE ATTERBERG				CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
Límite Líquido %	35.25			SISTEMA	AASHTO	A-2-4			
Límite Plástico %	27.33				SUCS	SC			
Índice Plástico %	7.92								

Tabla 35. Muestra 1, “ACH1” Densidad de Campo y Gravedad Específica

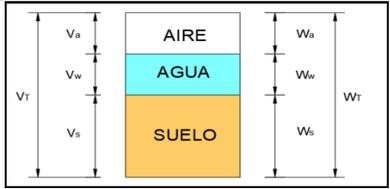
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 			
Proyecto: Análisis de las correlaciones entre CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi			
Provincia: Cotopaxi	Nro. Muestra: ACH1		
Cantón: Pujilí	Coordenadas: 730322; 9892768		
Parroquia: Pilaló	Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas		
	Revisado por: Ing. Favio Portilla		
DENSIDAD DE CAMPO CONO Y ARENA - AASTHO T 191 2014			
Determinación del peso del suelo extraído (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	Wm+Fun 1260		
Peso de la funda (gr)	Fun 2		
Peso de la masa de suelo (gr)	Wm= (Wm+Fun)-Fun 1258		
Volumen de la perforación del suelo (Vm)			
Peso inicial frasco+cono+arena	3300		
Peso final frasco+cono+arena	1150		
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	1606		
Peso arena en la perforación	1422		
Densidad de la Arena de Ottawa (calibración arena)	1.489		
Volumen de la perforación	Vm 955.00		
Determinación del contenido de humedad			
Recipiente Nro.	6 11		
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec 34.11 38.72		
Peso seco + recipiente	Ws+rec 28.10 31.67		
Peso del recipiente	rec 10.84 11.43		
Peso del agua	Ww 6.01 7.05		
Peso de los sólidos	Ws 17.26 20.24		
Contenido de humedad	w% 34.82 34.83		
Contenido de humedad promedio	w% prom 34.83		
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
Volumen (cm3)		Peso (gr)	
Vv	12.11	--	
Va	5.58	Wa 0	
Vw	6.53	Ww 6.53	
Vs	7.08	Ws 18.75	
Vm	19.19	Wm 25.28	
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso volumétrico del suelo	(γ_m)	1.317	gr/cm3
Densidad seca	(γ_d)	0.977	gr/cm3
Contenido de humedad	w%	34.83	%
Relación de vacíos	$e = (V_v/V_s) * 100$	63.23	%
Porosidad	$n\% = (V_v/V_m) * 100$	63.10	%
Grado de saturación del agua	$S_w\% = (V_w/V_v) * 100$	53.92	%
Grado de saturación del aire	$S_a\% = (V_a/V_v) * 100$	46.08	%
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SUELOS AASTHO T 100 2015			
Peso del picnómetro + agua	Wpw	650.52	gr
Picnómetro +agua + suelo sumergido	Wpws	677.60	gr
Desplazamiento del agua	Ws+Wpw-Wpws	21.67	gr
Temperatura de agua y suelo °C		19.50	°C
Factor de corrección por temperatura K		1.0002	adim
Recipiente + Peso de suelo seco		119.22	gr
Peso de recipiente		70.47	gr
Peso del suelo seco	Ws	48.75	gr
Gravedad específica	$G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{pw} - W_{pws})$	2.648	gr

Tabla 36. Muestra 1, “ACH1” Proctor Modificado

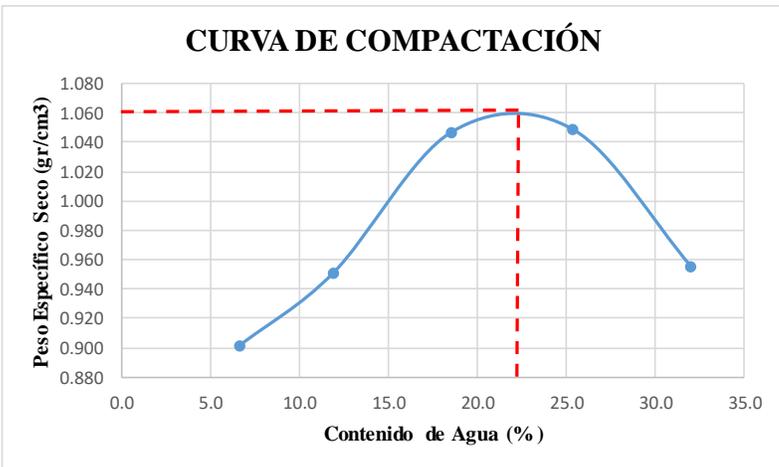
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR										
Proyecto:	Análisis de las correlaciones entre CBR, DCP, propiedades Índice y mecánicas de los suelos de la parroquia Pilaló del Cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi									
Provincia:	Cotopaxi	Muestra:	ACH1							
Cantón:	Pujilí	Coordenadas:	730322; 9892768							
Parroquia:	Pilaló	Ensayado por:	Saúl Alejandro Trávez Vargas							
		Revisado por:	Ing. Favio Portilla							
PROCTOR MODIFICADO - AASHTO T 180 2018										
TIPO DE PRUEBA:	Proctor Modificado				MASA MARTILLO:	10 Lb				
DATOS DEL MOLDE					ALTURA DE CAÍDA:	18 Pulg.				
VOLUMEN:	3176 cm ³				NÚMERO DE CAPAS:	5				
MASA:	12763 gr				GOLPES POR CAPA:	56				
PRUEBA Nro.	1		2		3		4		5	
% Rango en aumento	0		6		13		20		27	
Suelo húmedo + molde (gr)	15816		16145		16705		16940		16769	
Masa molde (gr)	12763		12763		12763		12763		12763	
Masa suelo húmedo (gr)	3053		3382		3942		4177		4006	
Peso unitario húm. (gr)	0.96		1.06		1.24		1.32		1.26	
Masa del tarro (gr)	11.82	30.36	128.38	50.02	127.33	127.19	130.78	127.36	33.48	31.53
Masa suelo húm. + tarro gr)	33.82	65.50	205.13	179.47	228.45	212.15	228.09	222.59	123.21	112.47
Masa suelo seco + tarro gr)	32.44	63.35	196.94	165.74	212.63	198.90	208.31	203.45	101.87	92.49
Masa del agua (gr)	1.38	2.15	8.19	13.73	15.82	13.25	19.78	19.14	21.34	19.98
Masa suelo seco (gr)	20.62	32.99	68.56	115.72	85.3	71.71	77.53	76.09	68.39	60.96
Contenido de agua (%)	6.69	6.52	11.95	11.86	18.55	18.48	25.51	25.15	31.20	32.78
w (%) Promedio	6.60		11.91		18.51		25.33		31.99	
Peso unitario Seco (gr/cm ³)	0.902		0.952		1.047		1.049		0.956	
Densidad Seca Máxima (gr/cm³):					1.060					
Humedad Óptima:					22.30%					
Grado de compactación:					92.17					
GRÁFICO DENSIDAD SECA MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA										
										

Tabla 37. Muestra 1, “ACH1” Índice de Penetración

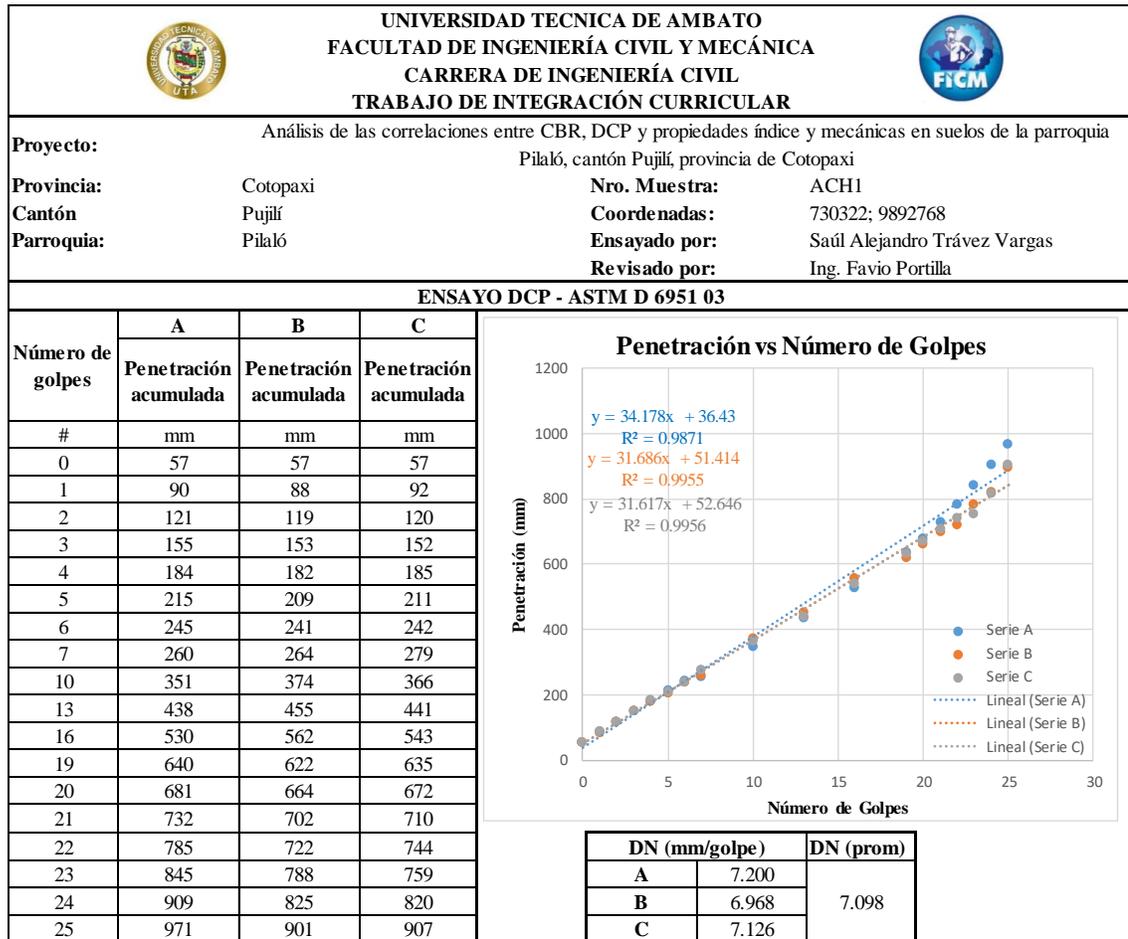
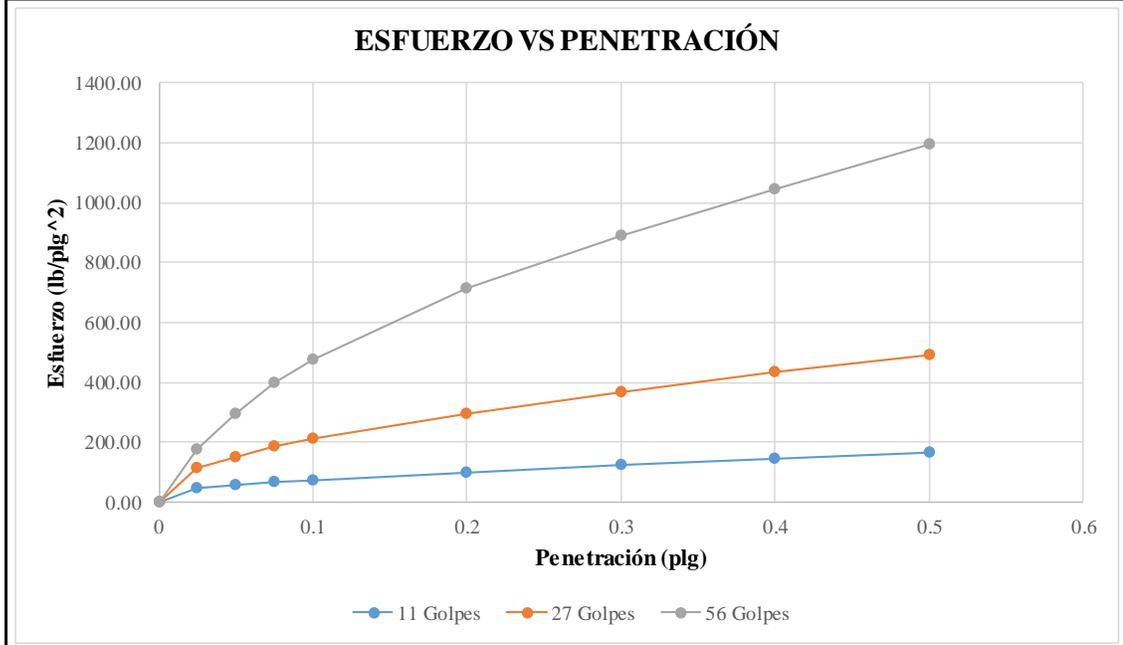


Tabla 38. Muestra 1, “ACH1” Relación de Soporte de California (CBR)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 						
Proyecto: Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi						
Provincia: Cotopaxi			Nro. Muestra: ACH1			
Cantón: Pujilí			Coordenadas: 730322; 9892768			
Parroquia: Pilaló			Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas			
Revisado por: Ing. Favio Portilla						
CBR de Laboratorio - AASHTO T 193-2013						
Espécimen Nro.	1		2		3	
Nro. De capas	5		5		5	
Nro. De golpes por capa	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	11778		11269		12225	
Masa del molde (gr)	9188		7555		8266	
Masa muestra húmeda (gr)	2590		3714		3959	
Volumen muestra (cm3)	2304		2286		2304	
Peso unitario húmedo (gr/cm3)	1.124		1.625		1.718	
Contenido de Humedad	Collarín	Bandeja	Collarín	Bandeja	Collarín	Bandeja
Masa suelo húmedo + recip (gr)	140.83	100.13	135.96	109.52	100.86	109.46
Masa suelo seco + recip. (gr)	120.21	87.78	117.24	95.51	87.74	94.62
Masa recipiente (gr)	30.24	30.58	32.26	30.88	24.08	26.50
Masa del agua (gr)	20.62	12.35	18.72	14.01	13.12	14.84
Masa suelo seco (gr)	89.97	57.20	84.98	64.63	63.66	68.12
Contenido de humedad w%	22.92	21.59	22.03	21.68	20.61	21.79
w% promedio	22.25		21.85		21.20	
Peso unitario seco (gr/cm3)	0.919		1.333		1.418	
Parámetros después de ser sumergido						
Muestra húmeda + molde (gr)	13035		11550		12413	
Masa del molde (gr)	9188		7555		8266	
Masa muestra húmeda (gr)	3847		3995		4147	
Masa de agua absorbida (gr)	1257		281		188	
% de agua absorbida	32.67		7.03		4.53	
Contenido de Humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + recip (gr)	114.55	121.27	95.62	89.27	43.47	94.25
Masa suelo seco + recip. (gr)	92.58	96.16	79.58	74.95	78.62	78.55
Masa recipiente (gr)	32.70	32.26	30.33	30.59	26.50	24.08
Masa del agua (gr)	21.97	25.11	16.04	14.32	-35.15	15.7
Masa suelo seco (gr)	59.88	63.9	49.25	44.36	52.12	54.47
Contenido de humedad w%	36.69	39.30	32.57	32.28	-67.44	28.82
w% promedio	37.99		32.42		-19.31	
Penetración en la máquina CBR						
Especimen Nro.	1		2		3	
	Dial	Presión (lb/plg2)	Dial	Presión (lb/plg2)	Dial	Presión (lb/plg2)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	142.30	47.43	335.90	111.97	530.00	176.67
0.05	172.80	57.60	450.60	150.20	888.80	296.27
0.075	195.00	65.00	553.30	184.43	1188.70	396.23
0.1	216.60	72.20	628.00	209.33	1423.30	474.43
0.2	294.30	98.10	880.00	293.33	2143.30	714.43
0.3	366.20	122.07	1098.00	366.00	2673.30	891.10
0.4	430.80	143.60	1297.00	432.33	3138.80	1046.27
0.5	492.00	164.00	1480.00	493.33	3578.00	1192.67

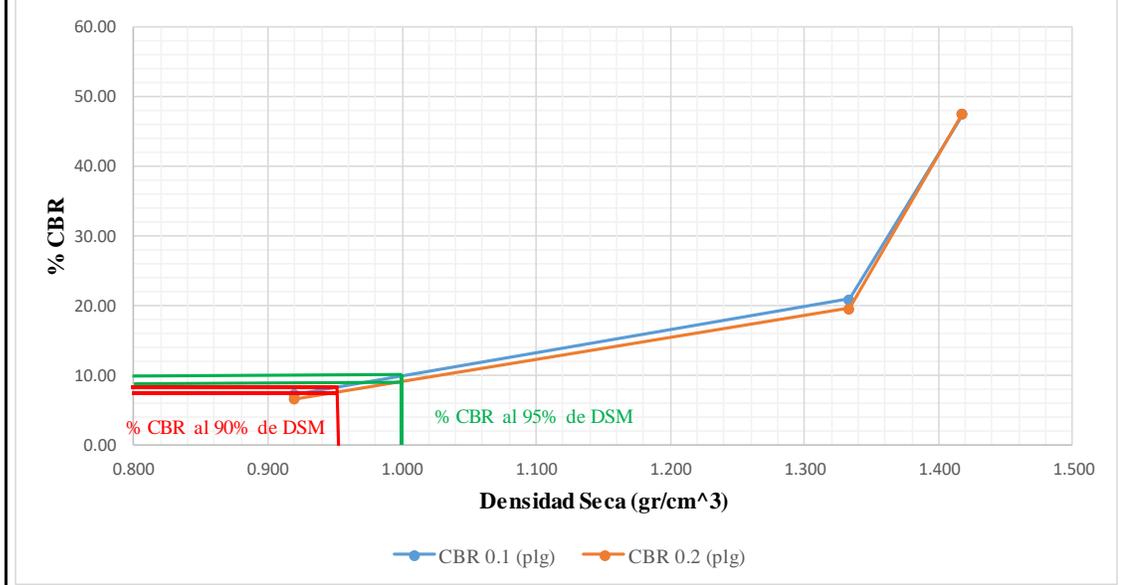
Gráfica de Esfuerzo vs Penetración



CBR Corregidos

Espécimen Nro.	Presión (lb/plg ²)	CBR 0.1 plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0.2 plg	Densidad Seca
1	72.20	7.22	0.919	98.10	6.54	0.919
2	209.33	20.93	1.333	293.33	19.56	1.333
3	474.43	47.44	1.418	714.43	47.63	1.418

% CBR VS DENSIDAD SECA



Densidad seca máxima (gr/cm ³)		1.06		
DSM		% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg	% CBR mayor
90%	0.954	7.50	9.00	9.00
95%	1.007	8.00	10.00	10.00
CBR PUNTUAL			10.00	%

Tabla 39. Muestra 2, “ACH2” Humedad Natural y Granulometría

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	
<p>Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, propiedades índice y</p> <p>Proyecto: mecánicas de los suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi</p> <p>Provincia: Cotopaxi Muestra: ACH2</p> <p>Cantón: Pujilí Coordenadas: 728701; 9892121</p> <p>Parroquia: Pilaló Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas</p> <p>Revisado por: Ing. Favio Portilla</p>							
HUMEDAD NATURAL - AASHTO T 265 -2015							
W tarro (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% w	% W Prom.			
11.05	23.79	17.69	34.48	35.47			
11.34	22.76	16.68	36.45				
GRANULOMETRÍA - AASHTO T 88							
Peso Muestra Seca				1086			
Tamiz (mm)	Tamiz N°	Pesos Retenidos	Pesos Retenidos Acumulados	% Retenidos	% Pasa		
4.76	4	17.20	17.20	1.58	98.42		
2.38	8	23.81	41.01	3.78	96.22		
2.00	10	6.58	47.59	4.38	95.62		
1.19	16	30.00	77.59	7.14	92.86		
0.565	30	128.47	206.06	18.97	81.03		
0.42	40	102.72	308.78	28.43	71.57		
0.297	50	143.16	451.94	41.62	58.38		
0.25	60	69.28	521.22	47.99	52.01		
0.149	100	189.67	710.89	65.46	34.54		
0.074	200	215.99	926.88	85.35	14.65		
0.03	Fuente	157.65	1084.53	99.86	0.14		
GRANULOMETRÍA							
D10mm	0.055	Cu = D60/D10		5.82			
D30mm	0.12	Cc = D30 ² /(D60 * D10)		0.82			
D60mm	0.32	Tamaño Nominal Máximo (TNM)		1.19 mm			

Tabla 40. Muestra 2, “ACH2” Límite Líquido y Límite Plástico

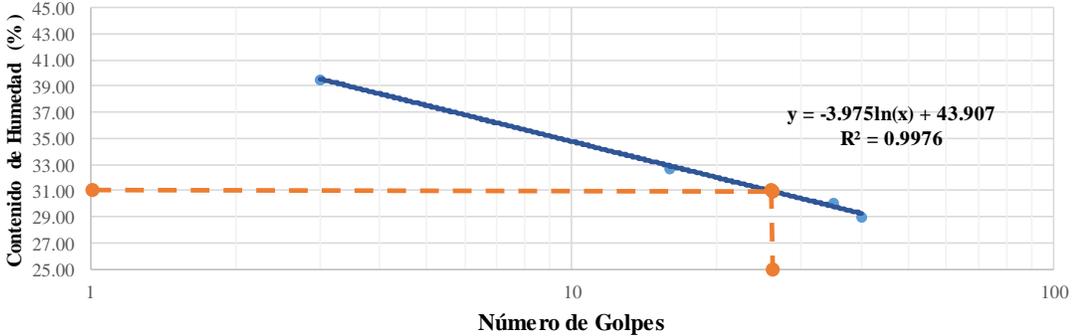
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR						
Proyecto:		Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, Propiedades Índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi						
Provincia:	Cotopaxi	Nro. Muestra:		ACH 2				
Cantón:	Pujilí	Coordenadas:		728701; 9892121				
Parroquia:	Pilaló	Ensayado por:		Saúl Alejandro Trávez Vargas				
		Revisado por:		Ing. Favio Portilla				
LÍMITE LÍQUIDO (COPA DE CASAGRANDE) - AASHTO T 89 2013								
Recipiente Nro.	Golpes	Masa Suelo Hum. + Rec.	Masa Suelo Seco + Rec.	Masa Rec.	Masa agua	Masa Sólidos	W%	Promedio W%
19	3	19.78	17.44	11.51	2.34	5.93	39.46	39.58
32I		19.40	17.07	11.20	2.33	5.87	39.69	
25I	16	18.57	16.67	10.84	1.90	5.83	32.59	32.73
47GEO		17.81	16.12	10.98	1.69	5.14	32.88	
77LA	35	17.93	16.42	11.41	1.51	5.01	30.14	30.09
17		17.98	16.46	11.40	1.52	5.06	30.04	
35A	40	15.91	14.87	11.25	1.04	3.62	28.73	29.04
6		17.23	15.78	10.84	1.45	4.94	29.35	
LÍMITE LÍQUIDO								
								
LÍMITE PLÁSTICO - AASHTO T 90 2016								
Recipiente Nro.	Masa Suelo Hum. + Rec.	Masa Suelo Seco + Rec.	Masa Rec.	Masa agua	Masa Sólidos	W%	Promedio W%	
68	8.12	7.92	7.45	0.20	0.47	42.55	30.88	
18	8.07	7.91	7.46	0.16	0.45	35.56		
30	7.8	7.69	7.46	0.11	0.23	47.83		
29	8.05	7.9	7.46	0.15	0.44	34.09		
9	6.59	6.45	6.07	0.14	0.38	36.84		
LÍMITES DE ATTERBERG				CLASIFICACIÓN DEL SUELO				
Límite Líquido %	31.11			SISTEMA	AASHTO	A-2-4		
Límite Plástico %	30.88				SUCS	SM		
Índice Plástico %	0.23							

Tabla 41. Muestra 2, “ACH2” Densidad de Campo y Gravedad Específica

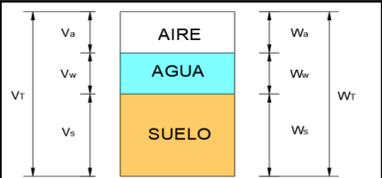
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 				
Proyecto: Análisis de las correlaciones entre CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi				
Provincia: Cotopaxi	Nro. Muestra: ACH2			
Cantón: Pujilí	Coordenadas: 728701; 9892121			
Parroquia: Pilaló	Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas			
	Revisado por: Ing. Favio Portilla			
DENSIDAD DE CAMPO CONO Y ARENA - AASTHO T 191 2014				
Determinación del peso del suelo extraído (Wm)				
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	Wm+Fun	1420		
Peso de la funda (gr)	Fun	2		
Peso de la masa de suelo (gr)	Wm=(Wm+Fun)-Fun	1418		
Volumen de la perforación del suelo (Vm)				
Peso inicial frasco+cono+arena		3300		
Peso final frasco+cono+arena		1950		
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		1601		
Peso arena en la perforación		1460		
Densidad de la Arena de Ottawa (calibración arena)		1.489		
Volumen de la perforación	Vm	980.52		
Determinación del contenido de humedad				
Recipiente Nro.	90AI	37		
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	34.84	34.10	
Peso seco + recipiente	Ws+rec	28.74	28.02	
Peso del recipiente	rec	11.05	11.34	
Peso del agua	Ww	6.10	6.08	
Peso de los sólidos	Ws	17.69	16.68	
Contenido de humedad	w%	34.48	36.45	
Contenido de humedad promedio	w% prom	35.47		
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO				
Volumen (cm3)			Peso (gr)	
Vv	9.65		--	
Va	3.56		Wa	0
Vw	6.09		Ww	6.09
Vs	6.44		Ws	17.19
Vm	16.09		Wm	23.28
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO				
Peso volumétrico del suelo	(γ_m)	1.446	gr/cm3	
Densidad seca	(γ_d)	1.068	gr/cm3	
Contenido de humedad	w%	35.47	%	
Relación de vacíos	$e = (V_v/V_s) \cdot 100$	83.24	%	
Porosidad	$n\% = (V_v/V_m) \cdot 100$	59.96	%	
Grado de saturación del agua	$Sw\% = (V_w/V_v) \cdot 100$	63.10	%	
Grado de saturación del aire	$Sa\% = (V_a/V_v) \cdot 100$	36.90	%	
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SUELOS AASTHO T 100 2015				
Peso del picnómetro + agua	Wpw	651.88	gr	
Picnómetro +agua + suelo sumergido	Wpws	679.18	gr	
Desplazamiento del agua	Ws+Wpw-Wpws	21.51	gr	
Temperatura de agua y suelo °C		20.03	°C	
Factor de corrección por temperatura K		1	adim	
Recipiente + Peso de suelo seco		119.54	gr	
Peso de recipiente		70.73	gr	
Peso del suelo seco	Ws	48.81	gr	
Gravedad específica	$G_s = (W_s \cdot K) / (W_s + W_{pw} - W_{pws})$	2.667	gr	

Tabla 42. Muestra 2, “ACH2” Proctor Modificado

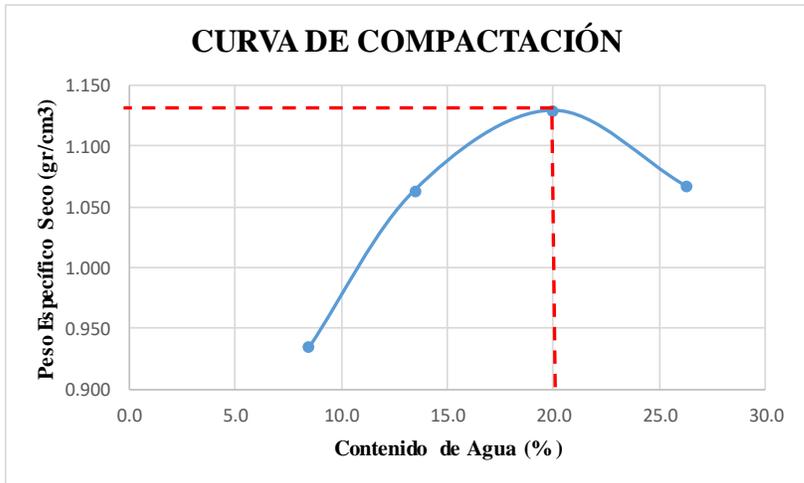
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 								
Proyecto:	Análisis de las correlaciones entre CBR, DCP, propiedades Índice y mecánicas de los suelos de la parroquia Pilaló del Cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi							
Provincia:	Cotopaxi Muestra: ACH2							
Cantón:	Pujilí Coordenadas: 728701; 9892121							
Parroquia:	Pilaló Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas							
	Revisado por: Ing. Favio Portilla							
PROCTOR MODIFICADO - AASHTO T 180 2018								
TIPO DE PRUEBA:	Proctor Modificado MASA MARTILLO: 10 Lb							
DATOS DEL MOLDE	ALTURA DE CAÍDA: 18 Pulg.							
VOLUMEN:	3176 cm ³ NÚMERO DE CAPAS 5							
MASA:	12763 gr GOLPES POR CAPA: 56							
PRUEBA Nro.	1	2	3	4				
% Rango en aumento	0	5	11	17				
Suelo húmedo + molde (gr)	15984	16597	17064	17042				
Masa molde (gr)	12763	12763	12763	12763				
Masa suelo húmedo (gr)	3221	3834	4301	4279				
Peso unitario húm. (gr)	1.01	1.21	1.35	1.35				
Masa del tarro (gr)	30.78	30.91	52.41	30.65	30.32	30.9	31.44	31.13
Masa suelo húm. + tarro (gr)	82.11	90.28	159.32	81.67	87.56	84.58	104.08	88.13
Masa suelo seco + tarro (gr)	78.02	85.74	146.51	75.68	78.31	75.42	88.96	76.30
Masa del agua (gr)	4.09	4.54	12.81	5.99	9.25	9.16	15.12	11.83
Masa suelo seco (gr)	47.24	54.83	94.1	45.03	47.99	44.52	57.52	45.17
Contenido de agua (%)	8.66	8.28	13.61	13.30	19.27	20.58	26.29	26.19
w (%) Promedio	8.47		13.46		19.92		26.24	
Peso unitario Seco (gr/cm ³)	0.935		1.064		1.129		1.067	
Densidad Seca Máxima (gr/cm³):	1.129							
Humedad Óptima:	19.92%							
Grado de compactación:	94.56							
GRÁFICO DENSIDAD SECA MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
 <p style="text-align: center;">CURVA DE COMPACTACIÓN</p>								

Tabla 43. Muestra 2, “ACH2” Índice de Penetración

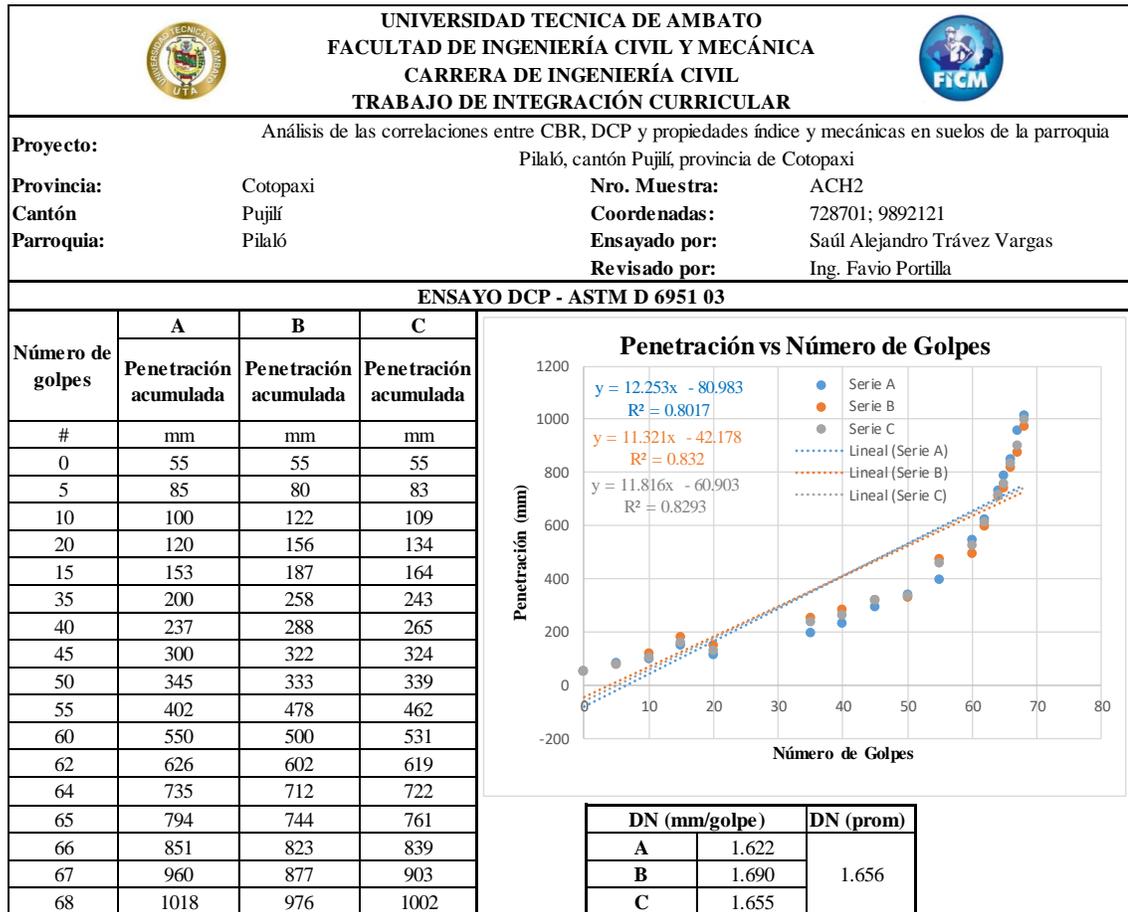
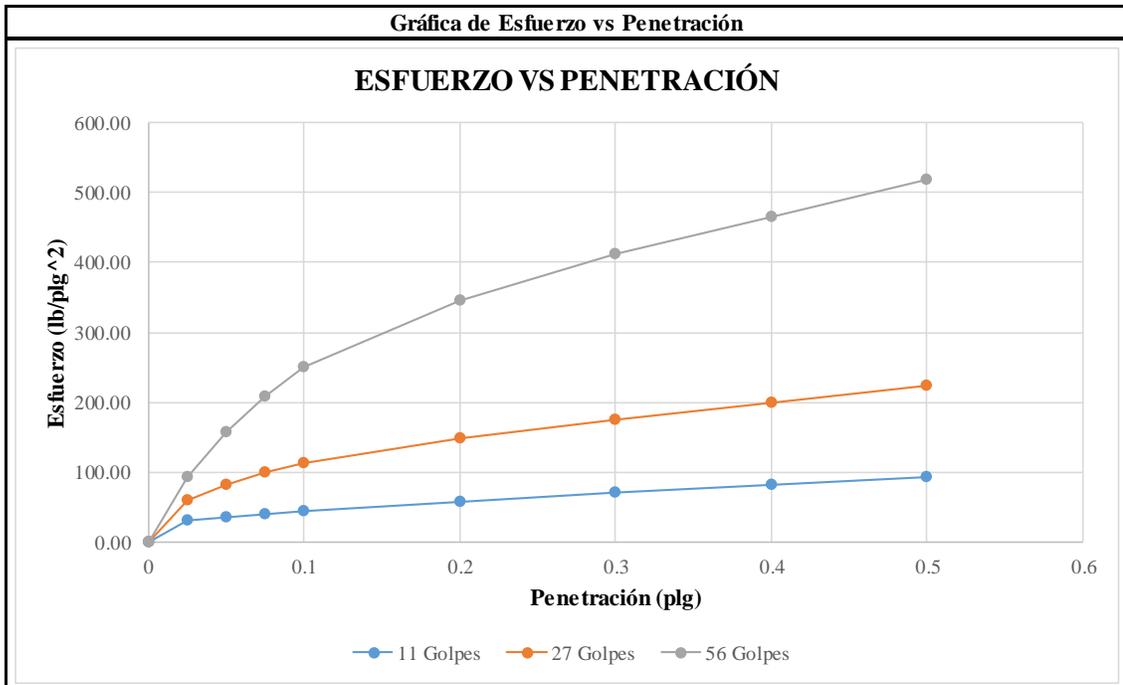


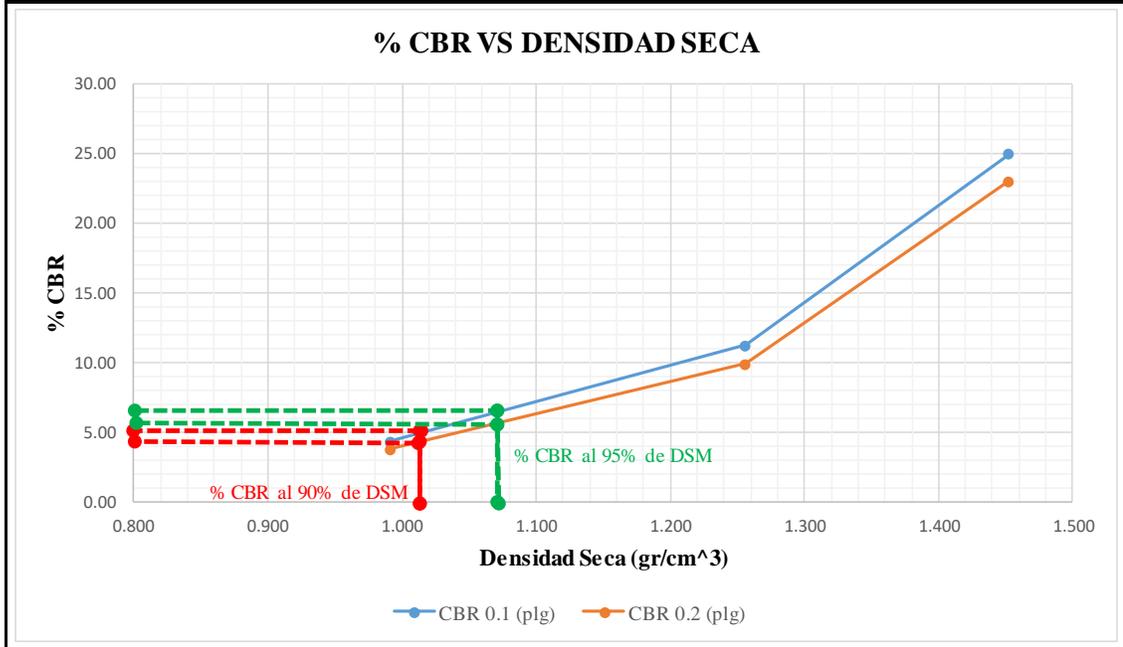
Tabla 44. Muestra 2, “ACH2” Relación de Soporte de California (CBR)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 						
Proyecto: Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi						
Provincia: Cotopaxi			Nro. Muestra: ACH2			
Cantón: Pujilí			Coordenadas: 728701; 9892121			
Parroquia: Pilaló			Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas			
Revisado por: Ing. Favio Portilla						
CBR de Laboratorio - AASHTO T 193-2013						
Espécimen Nro.	1		2		3	
Nro. De capas	5		5		5	
Nro. De golpes por capa	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	11890		10951		13560	
Masa del molde (gr)	9188		7555		8266	
Masa muestra húmeda (gr)	2702		3396		5294	
Volumen muestra (cm3)	2304		2286		3085	
Peso unitario húmedo (gr/cm3)	1.173		1.486		1.716	
Contenido de Humedad	Collarín	Bandeja	Collarín	Bandeja	Collarín	Bandeja
Masa suelo húmedo + recip (gr)	101.03	99.26	138.87	150.14	98.77	106.47
Masa suelo seco + recip. (gr)	90.21	88.63	122.05	132.42	87.67	93.81
Masa recipiente (gr)	30.88	30.58	32.26	32.70	26.50	24.08
Masa del agua (gr)	10.82	10.63	16.82	17.72	11.10	12.66
Masa suelo seco (gr)	59.33	58.05	89.79	99.72	61.17	69.73
Contenido de humedad w%	18.24	18.31	18.73	17.77	18.15	18.16
w% promedio	18.27		18.25		18.15	
Peso unitario seco (gr/cm3)	0.992		1.256		1.452	
Parámetros después de ser sumergido						
Muestra húmeda + molde (gr)	12963		11480		14100	
Masa del molde (gr)	9188		7555		8266	
Masa muestra húmeda (gr)	3775		3925		5834	
Masa de agua absorbida (gr)	1073		529		540	
% de agua absorbida	28.42		13.48		9.26	
Contenido de Humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + recip (gr)	91.63	95.69	103.45	99.02	124.53	117.75
Masa suelo seco + recip. (gr)	72.06	74.70	80.05	77.55	98.52	92.88
Masa recipiente (gr)	30.58	30.88	25.08	26.50	32.70	32.26
Masa del agua (gr)	19.57	20.99	23.4	21.47	26.01	24.87
Masa suelo seco (gr)	41.48	43.82	54.97	51.05	65.82	60.62
Contenido de humedad w%	47.18	47.90	42.57	42.06	39.52	41.03
w% promedio	47.54		42.31		40.27	
Penetración en la máquina CBR						
Espécimen Nro.	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg2)	Dial	Presión (lb/plg2)	Dial	Presión (lb/plg2)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	89.30	29.77	176.80	58.93	278.80	92.93
0.05	104.00	34.67	243.60	81.20	468.80	156.27
0.075	118.60	39.53	298.20	99.40	626.80	208.93
0.1	129.70	43.23	336.80	112.27	748.60	249.53
0.2	170.60	56.87	445.00	148.33	1036.00	345.33
0.3	209.00	69.67	522.60	174.20	1233.20	411.07
0.4	245.00	81.67	596.30	198.77	1396.00	465.33
0.5	280.00	93.33	670.80	223.60	1557.00	519.00



CBR Corregidos

Espécimen Nro.	Presión (lb/plg ²)	CBR 0.1 plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0.2 plg	Densidad Seca
1	43.23	4.32	0.992	56.87	3.79	0.992
2	112.27	11.23	1.256	148.33	9.89	1.256
3	249.53	24.95	1.452	345.33	23.02	1.452



Densidad seca máxima (gr/cm ³)		1.129		
DSM		% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg	% CBR mayor
90%	1.016	4.20	5.70	5.70
95%	1.073	5.00	6.50	6.50
CBR PUNTUAL			6.50	%

Tabla 45. Muestra 3, “ACH3” Humedad Natural y Granulometría

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	
<p>Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, propiedades índice y</p> <p>Proyecto: mecánicas de los suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi</p> <p>Provincia: Cotopaxi Muestra: ACH3</p> <p>Cantón: Pujilí Coordenadas: 728162; 9893481</p> <p>Parroquia: Pilaló Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas</p> <p>Revisado por: Ing. Favio Portilla</p>							
HUMEDAD NATURAL - AASHTO T 265 -2015							
W tarro (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% w	% W Prom.			
11.44	22.97	15.7	46.31	46.39			
11.09	23.23	15.86	46.47				
GRANULOMETRÍA - AASHTO T 88							
Peso Muestra Seca				859.5			
Tamiz (mm)	Tamiz N°	Pesos Retenidos	Pesos Retenidos Acumulados	% Retenidos	% Pasa		
4.76	4	0.00	0.00	0.00	100.00		
2.38	8	0.00	0.00	0.00	100.00		
2.00	10	0.00	0.00	0.00	100.00		
1.19	16	0.22	0.22	0.03	99.97		
0.565	30	4.48	4.70	0.55	99.45		
0.42	40	42.05	46.75	5.44	94.56		
0.297	50	121.43	168.18	19.57	80.43		
0.25	60	76.20	244.38	28.43	71.57		
0.149	100	222.57	466.95	54.33	45.67		
0.074	200	208.06	675.01	78.54	21.46		
0.03	Fuente	182.31	857.32	99.75	0.25		
<p style="text-align: center;">GRANULOMETRÍA</p>							
D10mm	0.43	Cu = D60/D10		0.47			
D30mm	0.094	Cc = D30 ² /(D60 * D10)		0.10			
D60mm	0.2	Tamaño Nominal Máximo (TNM)		0.42 mm			

Tabla 46. Muestra 3, “ACH3” Límite Líquido y Límite Plástico

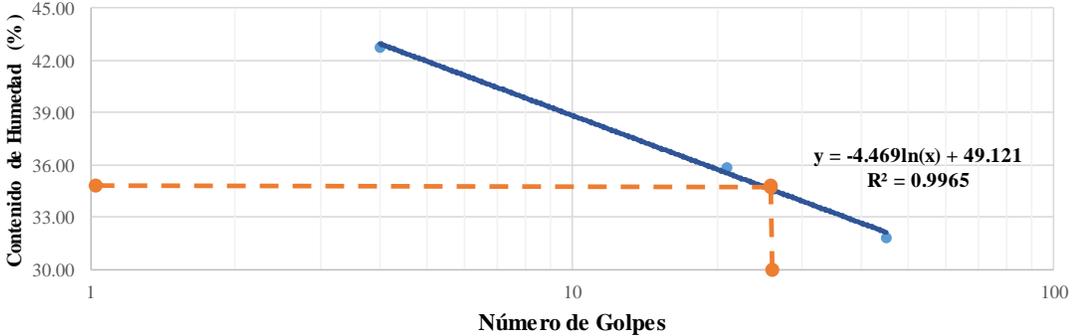
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR							
Proyecto:		Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, Propiedades Índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi							
Provincia: Cotopaxi		Nro. Muestra: ACH3							
Cantón: Pujilí		Coordenadas: 728162; 9893481							
Parroquia: Pilaló		Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas							
		Revisado por: Ing. Favio Portilla							
LÍMITE LÍQUIDO (COPA DE CASAGRANDE) - AASHTO T 89 2013									
Recipiente Nro.	Golpes	Masa Suelo Hum. + Rec.	Masa Suelo Seco + Rec.	Masa Rec.	Masa agua	Masa Sólidos	W%	Promedio W%	
1F3	4	17.57	15.75	11.31	1.82	4.44	40.99	42.80	
18		18.33	16.22	11.49	2.11	4.73	44.61		
72	21	16.15	15.08	12.11	1.07	2.97	36.03	35.85	
15		16.85	15.43	11.45	1.42	3.98	35.68		
11	26	15.53	14.49	11.45	1.04	3.04	34.21	34.65	
7AI		16.09	14.89	11.47	1.20	3.42	35.09		
78	45	15.26	14.37	11.54	0.89	2.83	31.45	31.81	
65		15.41	14.30	10.85	1.11	3.45	32.17		
LÍMITE LÍQUIDO									
									
LÍMITE PLÁSTICO - AASHTO T 90 2016									
Recipiente Nro.	Masa Suelo Hum. + Rec.	Masa Suelo Seco + Rec.	Masa Rec.	Masa agua	Masa Sólidos	W%	Promedio W%		
21	8.04	7.88	7.37	0.16	0.51	31.37	31.54		
23	8.29	8.1	7.5	0.19	0.60	31.67			
22	8.26	8.09	7.47	0.17	0.62	27.42			
31	8.22	8.02	7.45	0.20	0.57	35.09			
74	5.12	4.94	4.38	0.18	0.56	32.14			
LÍMITES DE ATTERBERG				CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
Límite Líquido %	34.74			SISTEMA	AASHTO	A-2-4			
Límite Plástico %	31.54				SUCS	SM			
Índice Plástico %	3.20								

Tabla 47. Muestra 3, “ACH3” Densidad de Campo y Gravedad Específica

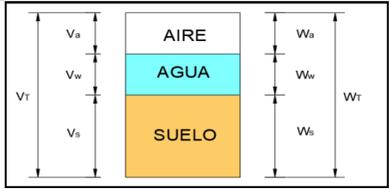
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 			
Proyecto: Análisis de las correlaciones entre CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi			
Provincia: Cotopaxi		Nro. Muestra: ACH3	
Cantón: Pujilí		Coordenadas: 728162; 9893481	
Parroquia: Pilaló		Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas	
Revisado por: Ing. Favio Portilla			
DENSIDAD DE CAMPO CONO Y ARENA - AASTHO T 191 2014			
Determinación del peso del suelo extraído (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda (gr)		Wm+Fun	1250
Peso de la funda (gr)		Fun	2
Peso de la masa de suelo (gr)		Wm= (Wm+Fun)-Fun	1248
Volumen de la perforación del suelo (Vm)			
Peso inicial frasco+cono+arena			3300
Peso final frasco+cono+arena			1850
Peso arena en el cono (Calibración del cono)			1606
Peso arena en la perforación			1450
Densidad de la Arena de Ottawa (calibración arena)			1.489
Volumen de la perforación		Vm	973.81
Determinación del contenido de humedad			
Recipiente Nro.		15	21A
Peso húmedo + recipiente		Wm+rec	34.41
Peso seco + recipiente		Ws+rec	27.14
Peso del recipiente		rec	11.44
Peso del agua		Ww	7.27
Peso de los sólidos		Ws	15.70
Contenido de humedad		w%	46.31
Contenido de humedad promedio		w% prom	46.39
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
Volumen (cm3)		Peso (gr)	
Vv	12.07	--	
Va	4.75	Wa	0
Vw	7.32	Ww	7.32
Vs	5.95	Ws	15.78
Vm	18.02	Wm	23.1
			
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso volumétrico del suelo		(γ_m)	1.282 gr/cm3
Densidad seca		(γ_d)	0.875 gr/cm3
Contenido de humedad		w%	46.39 %
Relación de vacíos		$e = (V_v/V_s)*100$	72.34 %
Porosidad		$n\% = (V_v/V_m)*100$	66.99 %
Grado de saturación del agua		$S_w\% = (V_w/V_v)*100$	60.62 %
Grado de saturación del aire		$S_a\% = (V_a/V_v)*100$	39.38 %
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SUELOS AASTHO T 100 2015			
Peso del picnómetro + agua		Wpw	650.52 gr
Picnómetro +agua + suelo sumergido		Wpws	678.52 gr
Desplazamiento del agua		Ws+Wpw-Wpws	21.16 gr
Temperatura de agua y suelo °C			20.03 °C
Factor de corrección por temperatura K			1 adim
Recipiente + Peso de suelo seco			222.92 gr
Peso de recipiente			173.76 gr
Peso del suelo seco		Ws	49.16 gr
Gravedad específica		$G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{pw} - W_{pws})$	2.652 gr

Tabla 48. Muestra 3, “ACH3” Proctor Modificado

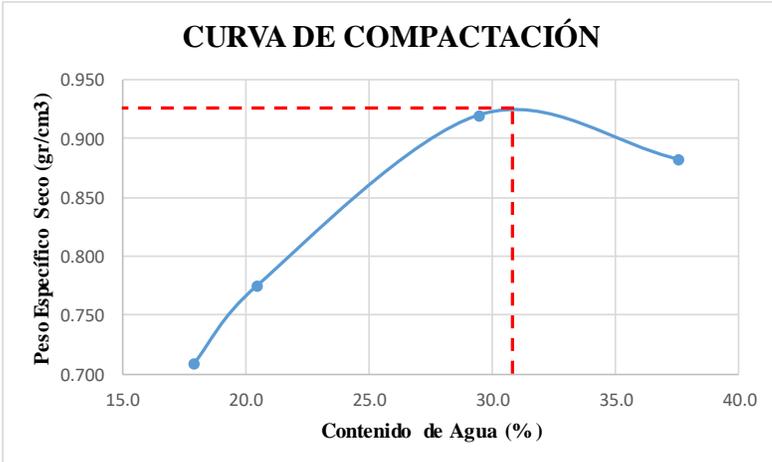
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 								
Proyecto:	Análisis de las correlaciones entre CBR, DCP, propiedades Índice y mecánicas de los suelos de la parroquia Pilaló del Cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi							
Provincia:	Cotopaxi Muestra: ACH3							
Cantón:	Pujilí Coordenadas: 728162; 9893481							
Parroquia:	Pilaló Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas							
	Revisado por: Ing.							
PROCTOR MODIFICADO - AASHTO T 180 2018								
TIPO DE PRUEBA:	Proctor Modificado MASA MARTILLO: 10 Lb							
DATOS DEL MOLDE	ALTURA DE CAÍDA: 18 Pulg.							
VOLUMEN:	3176 cm ³ NÚMERO DE CAPAS: 5							
MASA:	12763 gr GOLPES POR CAPA: 56							
PRUEBA Nro.	1	2	3	4				
% Rango en aumento	0	6	14	22				
Suelo húmedo + molde (gr)	15420	15726	16549	16618				
Masa molde (gr)	12763	12763	12763	12763				
Masa suelo húmedo (gr)	2657	2963	3786	3855				
Peso unitario húm. (gr)	0.84	0.93	1.19	1.21				
Masa del tarro (gr)	30.91	31.44	30.78	30.65	30.9	30.32	31.13	52.42
Masa suelo húm. + tarro gr)	79.09	90.39	64.23	77.23	86.45	73.69	86.07	146.11
Masa suelo seco + tarro gr)	70.94	82.49	58.59	69.28	73.85	63.77	71.01	120.62
Masa del agua (gr)	8.15	7.9	5.64	7.95	12.6	9.92	15.06	25.49
Masa suelo seco (gr)	40.03	51.05	27.81	38.63	42.95	33.45	39.88	68.2
Contenido de agua (%)	20.36	15.48	20.28	20.58	29.34	29.66	37.76	37.38
w (%) Promedio	17.92		20.43		29.50		37.57	
Peso unitario Seco (gr/cm ³)	0.709		0.775		0.921		0.882	
Densidad Seca Máxima (gr/cm³):	0.921							
Humedad Óptima:	29.50%							
Grado de compactación:	95.06							
GRÁFICO DENSIDAD SECA MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
								

Tabla 49. Muestra 3, “ACH3” Índice de Penetración

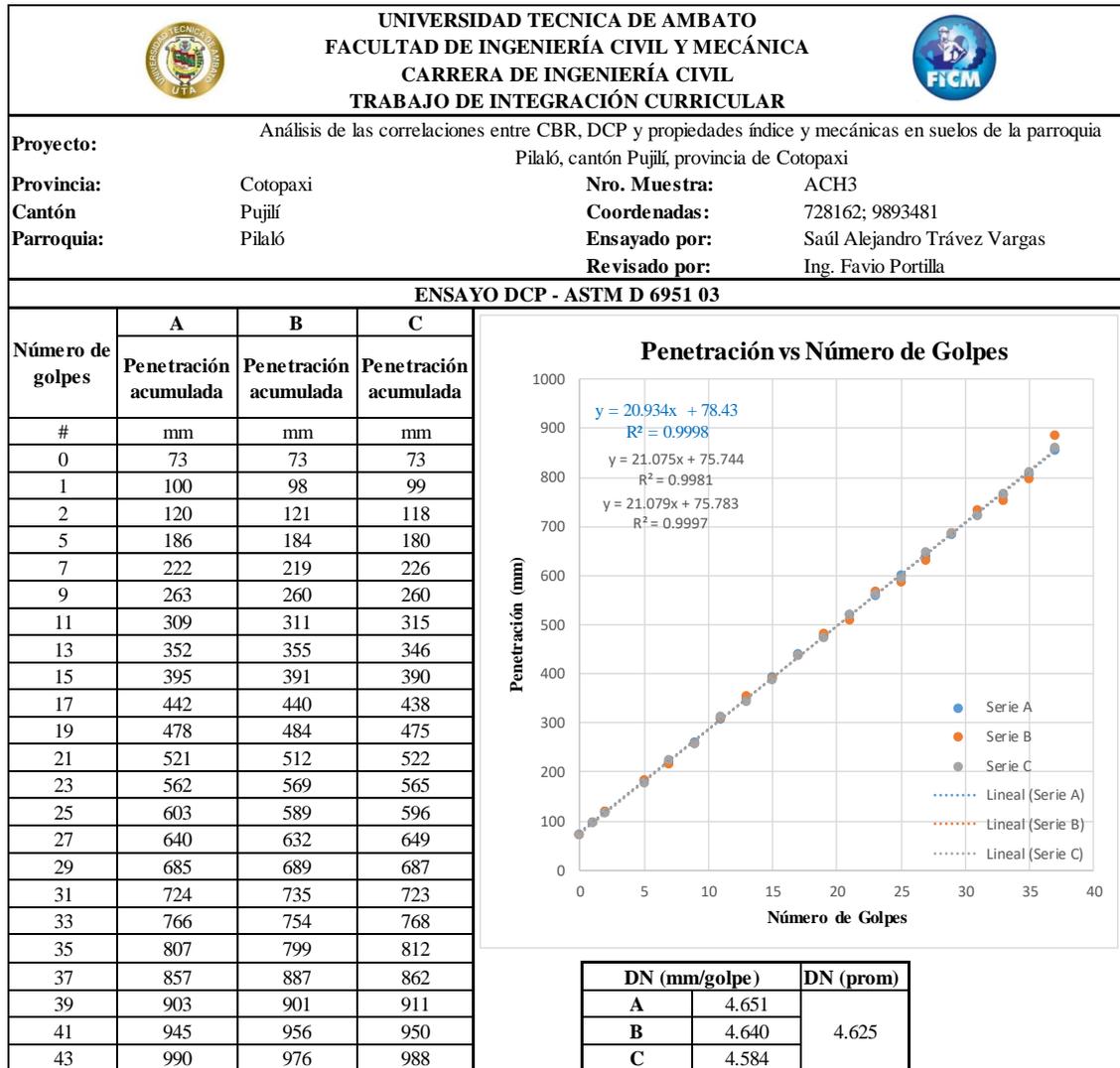
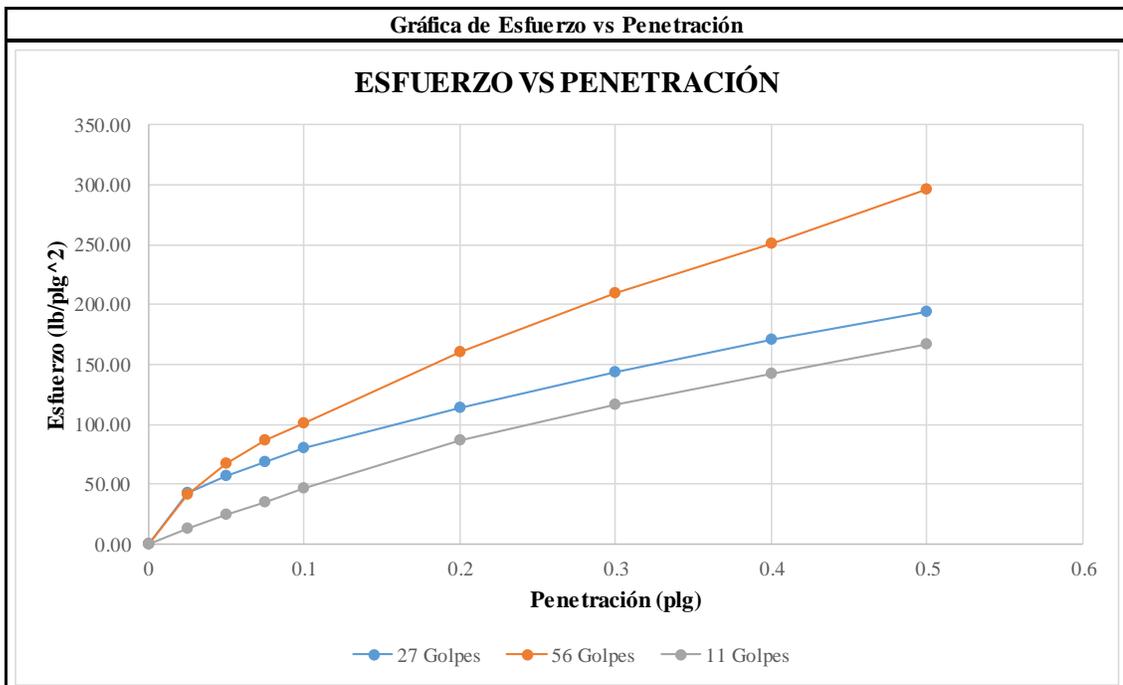


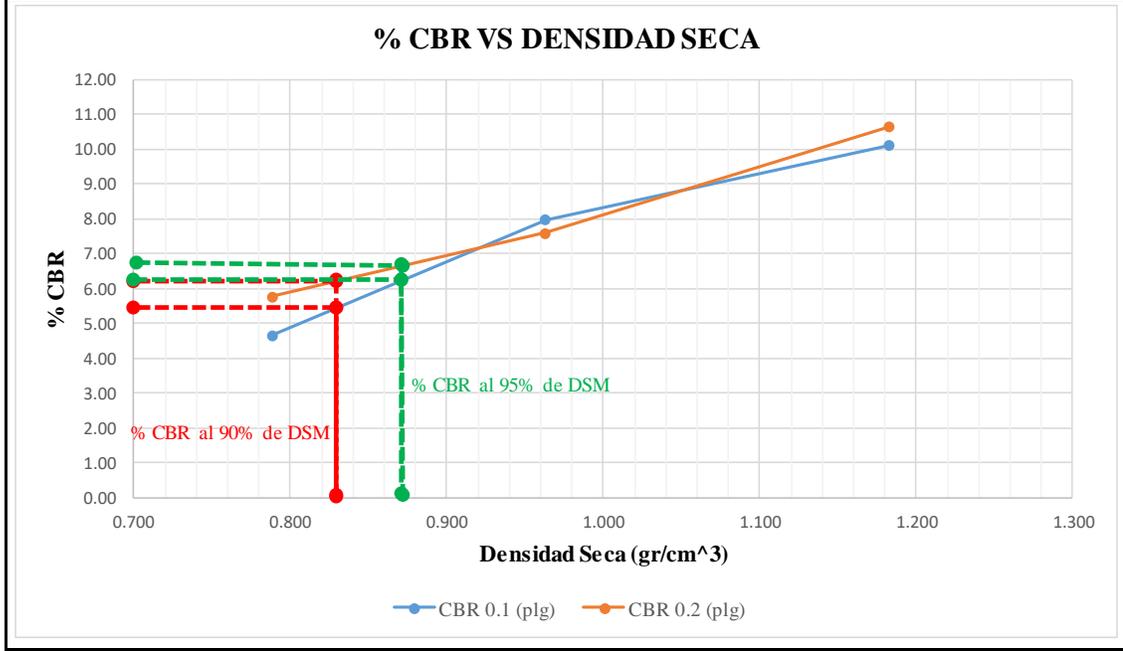
Tabla 50. Muestra 3, “ACH3” Relación de Soporte de California (CBR)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 						
Proyecto: Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi						
Provincia: Cotopaxi			Nro. Muestra: ACH3			
Cantón: Pujilí			Coordenadas: 728162; 9893481			
Parroquia: Pilaló			Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas			
Revisado por: Ing. Favio Portilla						
CBR de Laboratorio - AASHTO T 193-2013						
Espécimen Nro.	1		2		3	
Nro. De capas	5		5		5	
Nro. De golpes por capa	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	11822		10865		11373	
Masa del molde (gr)	8325		7452		7921	
Masa muestra húmeda (gr)	3497		3413		3452	
Volumen muestra (cm3)	2316		2188		2114	
Peso unitario húmedo (gr/cm3)	1.510		1.560		1.633	
Contenido de Humedad	Collarín	Bandeja	Collarín	Bandeja	Collarín	Bandeja
Masa suelo húmedo + recip (gr)	104.41	83.33	93.68	94.30	100.83	100.83
Masa suelo seco + recip. (gr)	84.00	66.46	76.33	77.27	85.85	85.85
Masa recipiente (gr)	30.73	24.11	30.12	30.77	46.54	46.54
Masa del agua (gr)	20.41	16.87	17.35	17.03	14.98	14.98
Masa suelo seco (gr)	53.27	42.35	46.21	46.50	39.31	39.31
Contenido de humedad w%	38.31	39.83	37.55	36.62	38.11	38.11
w% promedio	39.07		37.08		38.11	
Peso unitario seco (gr/cm3)	0.789		0.963		1.182	
Parámetros después de ser sumergido						
Muestra húmeda + molde (gr)	12010		10966		11401	
Masa del molde (gr)	8325		7452		7921	
Masa muestra húmeda (gr)	3685		3514		3480	
Masa de agua absorbida (gr)	188		101		28	
% de agua absorbida	5.10		2.87		0.80	
Contenido de Humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + recip (gr)	120.41	109.01	242.02	88.26	94.82	90.77
Masa suelo seco + recip. (gr)	95.33	83.81	204.47	70.22	71.96	71.55
Masa recipiente (gr)	46.54	30.73	128.45	30.77	42.11	30.12
Masa del agua (gr)	25.08	25.2	37.55	18.04	22.86	19.22
Masa suelo seco (gr)	48.79	53.08	76.02	39.45	29.85	41.43
Contenido de humedad w%	51.40	47.48	49.39	45.73	76.58	46.39
w% promedio	49.44		47.56		61.49	
Penetración en la máquina CBR						
Espécimen Nro.	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg2)	Dial	Presión (lb/plg2)	Dial	Presión (lb/plg2)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	126.00	42.00	123.30	41.10	40.00	13.33
0.05	169.90	56.63	199.80	66.60	75.00	25.00
0.075	206.80	68.93	258.90	86.30	105.00	35.00
0.1	239.70	79.90	303.60	101.20	140.00	46.67
0.2	342.80	114.27	479.00	159.67	260.00	86.67
0.3	429.90	143.30	628.60	209.53	350.00	116.67
0.4	510.30	170.10	753.60	251.20	425.00	141.67
0.5	582.00	194.00	889.60	296.53	500.00	166.67



CBR Corregidos

Espécimen Nro.	Presión (lb/plg ²)	CBR 0.1 plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0.2 plg	Densidad Seca
1	46.67	4.67	0.789	86.67	5.78	0.789
2	79.90	7.99	0.963	114.27	7.62	0.963
3	101.20	10.12	1.182	159.67	10.64	1.182



Densidad seca máxima (gr/cm ³)		0.921		
DSM		% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg	% CBR mayor
90%	0.829	5.45	6.25	6.25
95%	0.875	6.20	6.80	6.80
CBR PUNTUAL			6.80	%

Tabla 51. Muestra 4, “AM1” Humedad Natural y Granulometría

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	
Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, propiedades índice y Proyecto: mecánicas de los suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi Provincia: Cotopaxi Muestra: AM1 Cantón: Pujilí Coordenadas: 730789; 9893285 Parroquia: Pilaló Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas Revisado por: Ing. Favio Portilla							
HUMEDAD NATURAL - AASHTO T 265 -2015							
W tarro (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% w	% W Prom.			
11.50	12.90	9.92	30.04	29.46			
11.39	12.18	9.45	28.89				
GRANULOMETRÍA - AASHTO T 88							
Peso Muestra Seca				775			
Tamiz (mm)	Tamiz N°	Pesos Retenidos	Pesos Retenidos Acumulados	% Retenidos	% Pasa		
4.76	4	0.39	0.39	0.05	99.95		
2.38	8	4.75	5.14	0.66	99.34		
2.00	10	5.42	10.56	1.36	98.64		
1.19	16	25.30	35.86	4.63	95.37		
0.565	30	67.50	103.36	13.34	86.66		
0.42	40	63.45	166.81	21.52	78.48		
0.297	50	96.78	263.59	34.01	65.99		
0.25	60	57.20	320.79	41.39	58.61		
0.149	100	141.56	462.35	59.66	40.34		
0.074	200	157.41	619.76	79.97	20.03		
0.03	Fuente	154.79	774.55	99.94	0.06		
GRANULOMETRÍA							
D10mm	0.044	Cu = D60/D10		5.45			
D30mm	0.01	Cc = D30 ² / (D60 * D10)		0.01			
D60mm	0.24	Tamaño Nominal Máximo (TNM)		0.565mm			

Tabla 52. Muestra 4, “AM1” Límite Líquido y Límite Plástico

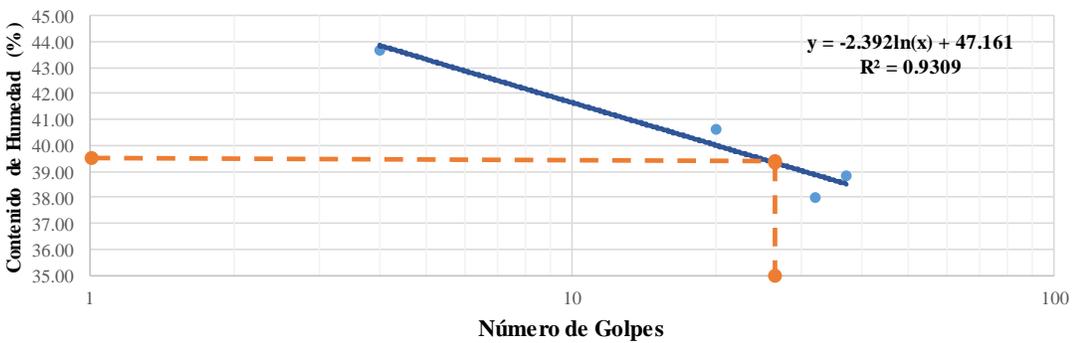
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR							
Proyecto:		Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, Propiedades Índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi							
Provincia:		Cotopaxi		Nro. Muestra:		AM1			
Cantón:		Pujilí		Coordenadas:		730789; 9893285			
Parroquia:		Pilaló		Ensayado por:		Saúl Alejandro Trávez Vargas			
				Revisado por:		Ing. Favio Portilla			
LÍMITE LÍQUIDO (COPA DE CASAGRANDE) - AASHTO T 89 2013									
Recipiente Nro.	Golpes	Masa Suelo Hum. + Rec.	Masa Suelo Seco + Rec.	Masa Rec.	Masa agua	Masa Sólidos	W%	Promedio W%	
090AI	4	14.60	13.52	11.06	1.08	2.46	43.90	43.71	
25I		14.83	13.62	10.84	1.21	2.78	43.53		
68	20	15.04	13.83	10.85	1.21	2.98	40.60	40.67	
26A		15.38	14.17	11.20	1.21	2.97	40.74		
76	32	16.60	15.17	11.40	1.43	3.77	37.93	38.01	
05A		15.47	14.24	11.01	1.23	3.23	38.08		
69	37	16.18	14.87	11.47	1.31	3.40	38.53	38.84	
ST4		22.10	20.71	17.16	1.39	3.55	39.15		
LÍMITE LÍQUIDO									
									
LÍMITE PLÁSTICO - AASHTO T 90 2016									
Recipiente Nro.	Masa Suelo Hum. + Rec.	Masa Suelo Seco + Rec.	Masa Rec.	Masa agua	Masa Sólidos	W%	Promedio W%		
202	11.55	11.37	10.68	0.18	0.69	26.09	30.26		
80	11.26	11.13	10.72	0.13	0.41	31.71			
10	11.51	11.32	10.74	0.19	0.58	32.76			
4AI	11.15	11.01	10.56	0.14	0.45	31.11			
3AL	11.34	11.18	10.64	0.16	0.54	29.63			
LÍMITES DE ATTERBERG					CLASIFICACIÓN DEL SUELO				
Límite Líquido %	39.46				SISTEMA	AASHTO	A-2-4		
Límite Plástico %	30.26					SUCS	SC		
Índice Plástico %	9.20								

Tabla 53. Muestra 4, “AM1” Densidad de Campo y Gravedad Específica

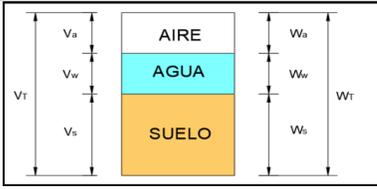
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 			
Proyecto: Análisis de las correlaciones entre CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi			
Provincia: Cotopaxi		Nro. Muestra: AM1	
Cantón: Pujilí		Coordenadas: 730789; 9893285	
Parroquia: Pilaló		Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas	
Revisado por: Ing. Favio Portilla			
DENSIDAD DE CAMPO CONO Y ARENA - AASTHO T 191 2014			
Determinación del peso del suelo extraído (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda (gr)		Wm+Fun	1500
Peso de la funda (gr)		Fun	2
Peso de la masa de suelo (gr)		Wm= (Wm+Fun)-Fun	1498
Volumen de la perforación del suelo (Vm)			
Peso inicial frasco+cono+arena			3300
Peso final frasco+cono+arena			1900
Peso arena en el cono (Calibración del cono)			1606
Peso arena en la perforación			1400
Densidad de la Arena de Ottawa (calibración arena)			1.489
Volumen de la perforación		Vm	940.23
Determinación del contenido de humedad			
Recipiente Nro.		69	8
Peso húmedo + recipiente		Wm+rec	24.40
Peso seco + recipiente		Ws+rec	21.42
Peso del recipiente		rec	11.50
Peso del agua		Ww	2.98
Peso de los sólidos		Ws	9.92
Contenido de humedad		w%	30.04
Contenido de humedad promedio		w% prom	29.46
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
Volumen (cm3)		Peso (gr)	
Vv	4.22	--	
Va	1.37	Wa	0
Vw	2.86	Ww	2.86
Vs	3.65	Ws	9.69
Vm	7.87	Wm	12.54
			
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso volumétrico del suelo		(γ_m)	1.593
Densidad seca		(γ_d)	1.231
Contenido de humedad		w%	29.46
Relación de vacíos		$e = (V_v/V_s) * 100$	64.21
Porosidad		$n\% = (V_v/V_m) * 100$	53.65
Grado de saturación del agua		$S_w\% = (V_w/V_v) * 100$	67.61
Grado de saturación del aire		$S_a\% = (V_a/V_v) * 100$	32.39
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SUELOS AASTHO T 100 2015			
Peso del picnómetro + agua		Wpw	643.64
Picnómetro + agua + suelo sumergido		Wpws	666.75
Desplazamiento del agua		Ws+Wpw-Wpws	17.38
Temperatura de agua y suelo °C			21.01
Factor de corrección por temperatura K			0.99799
Recipiente + Peso de suelo seco			100.87
Peso de recipiente			60.38
Peso del suelo seco		Ws	40.49
Gravedad específica		$G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{pw} - W_{pws})$	2.655

Tabla 54. Muestra 4, “AM1” Proctor Modificado

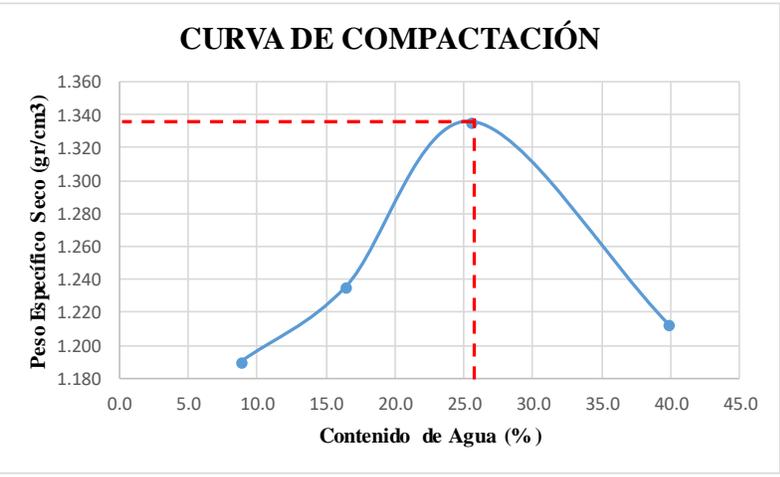
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 								
Proyecto:	Análisis de las correlaciones entre CBR, DCP, propiedades Índice y mecánicas de los suelos de la parroquia Pilaló del Cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi							
Provincia:	Cotopaxi Muestra: AM1							
Cantón:	Pujilí Coordenadas: 730789; 9893285							
Parroquia:	Pilaló Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas							
	Revisado por: Ing. Favio Portilla							
PROCTOR MODIFICADO - AASHTO T 180 2018								
TIPO DE PRUEBA:	Proctor Modificado MASA MARTILLO: 10 Lb							
DATOS DEL MOLDE	ALTURA DE CAÍDA: 18 Pulg.							
VOLUMEN:	2268 cm ³ NÚMERO DE CAPAS: 5							
MASA:	12747 gr GOLPES POR CAPA: 56							
PRUEBA Nro.	1	2	3	4				
% Rango en aumento	0	7	14	28				
Suelo húmedo + molde (gr)	15685	16009	16552	16594				
Masa molde (gr)	12747	12747	12747	12747				
Masa suelo húmedo (gr)	2938	3262	3805	3847				
Peso unitario húm. (gr)	1.30	1.44	1.68	1.70				
Masa del tarro (gr)	51.51	48.78	49.33	48.58	211.89	33.62	31.65	117.48
Masa suelo húm. + tarro (gr)	159.10	168.03	187.22	176.91	286.48	107.21	114.92	201.87
Masa suelo seco + tarro (gr)	150.27	158.40	167.54	158.98	271.31	92.17	91.50	177.49
Masa del agua (gr)	8.83	9.63	19.68	17.93	15.17	15.04	23.42	24.38
Masa suelo seco (gr)	98.76	109.62	118.21	110.4	59.42	58.55	59.85	60.01
Contenido de agua (%)	8.94	8.78	16.65	16.24	25.53	25.69	39.13	40.63
w (%) Promedio	8.86		16.44		25.61		39.88	
Peso unitario Seco (gr/cm ³)	1.19		1.24		1.34		1.21	
Densidad Seca Máxima (gr/cm³):	1.335							
Humedad Óptima:	25.60%							
Grado de compactación:	92.18							
GRÁFICO DENSIDAD SECA MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
								

Tabla 55. Muestra 4, “AM1” Índice de Penetración

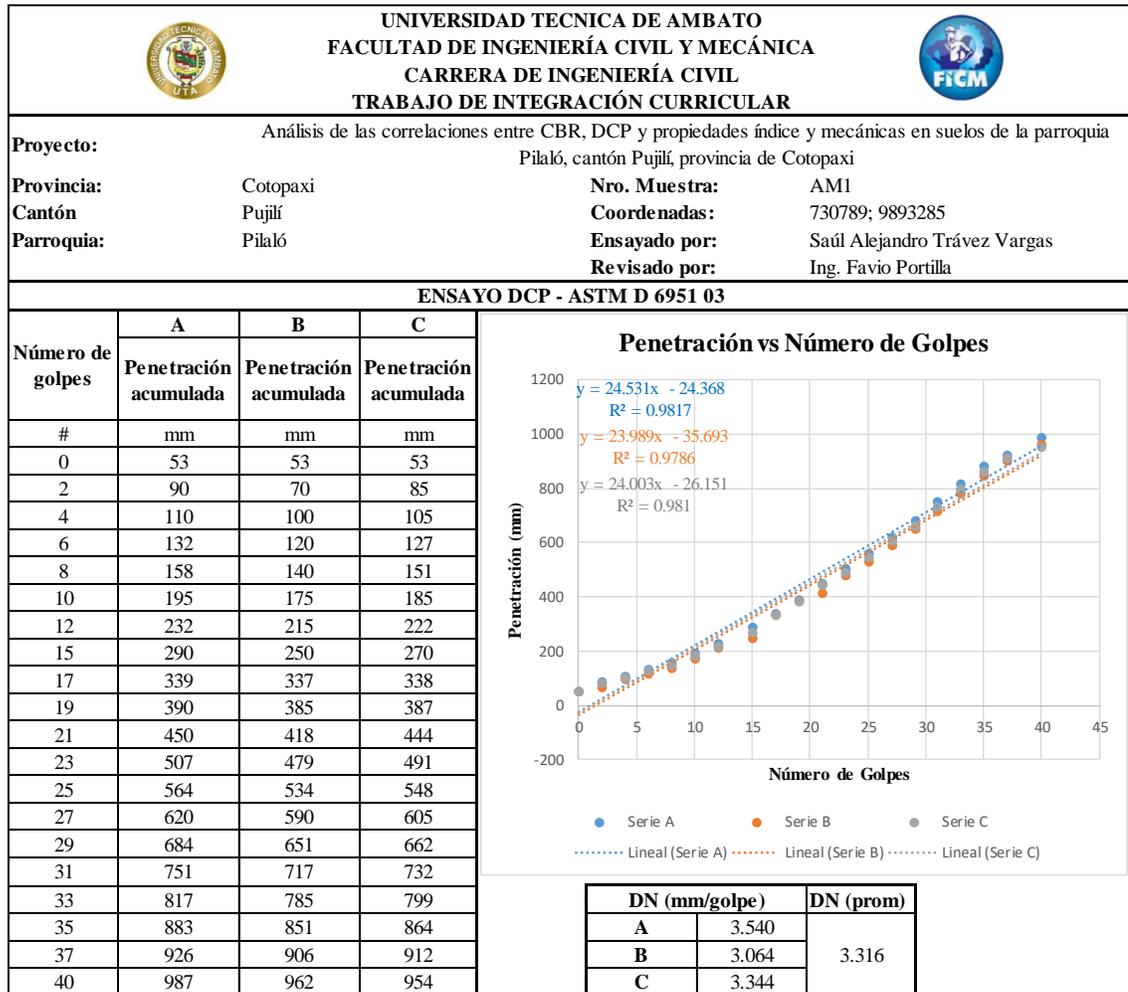
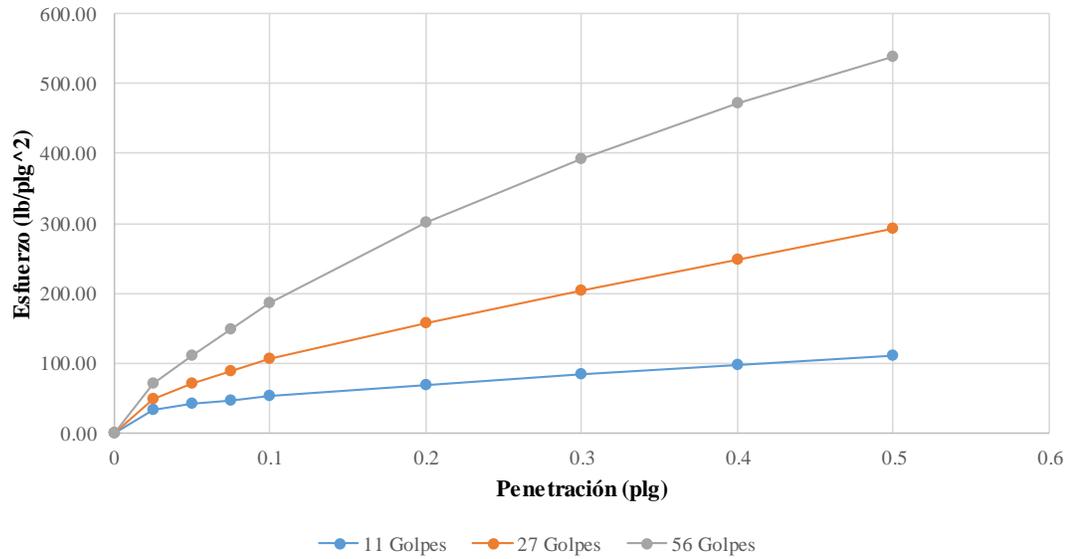


Tabla 56. Muestra 4, “AM1” Relación de Soporte de California (CBR)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 						
Proyecto: Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi						
Provincia: Cotopaxi			Nro. Muestra: AM1			
Cantón: Pujilí			Coordenadas: 730789; 9893285			
Parroquia: Pilaló			Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas			
Revisado por: Ing. Favio Portilla						
CBR de Laboratorio - AASHTO T 193-2013						
Espécimen Nro.	1		2		3	
Nro. De capas	5		5		5	
Nro. De golpes por capa	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	12361		12090		11367	
Masa del molde (gr)	9044		8436		7541	
Masa muestra húmeda (gr)	3317		3654		3826	
Volumen muestra (cm3)	2213		2323		2286	
Peso unitario húmedo (gr/cm3)	1.499		1.573		1.674	
Contenido de Humedad	Collarín	Bandeja	Collarín	Bandeja	Collarín	Bandeja
Masa suelo húmedo + recip (gr)	100.18	91.51	100.19	99.99	83.63	63.07
Masa suelo seco + recip. (gr)	82.96	76.58	81.38	81.60	69.49	55.44
Masa recipiente (gr)	30.59	30.58	24.08	26.50	24.68	30.69
Masa del agua (gr)	17.22	14.93	18.81	18.39	14.14	7.63
Masa suelo seco (gr)	52.37	46.00	57.30	55.10	44.81	24.75
Contenido de humedad w%	32.88	32.46	32.83	33.38	31.56	30.83
w% promedio	32.67		33.10		31.19	
Peso unitario seco (gr/cm3)	1.130		1.182		1.276	
Parámetros después de ser sumergido						
Muestra húmeda + molde (gr)	12771		12335		11515	
Masa del molde (gr)	9044		8436		7541	
Masa muestra húmeda (gr)	3727		3899		3974	
Masa de agua absorbida (gr)	410		245		148	
% de agua absorbida	11.00		6.28		3.72	
Contenido de Humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + recip (gr)	88.81	96.74	97.51	92.83	91.89	92.1
Masa suelo seco + recip. (gr)	69.85	74.29	75.88	74.54	71.29	73.09
Masa recipiente (gr)	30.69	30.88	30.58	30.59	26.5	31.36
Masa del agua (gr)	18.96	22.45	21.63	18.29	20.6	19.01
Masa suelo seco (gr)	39.16	43.41	45.3	43.95	44.79	41.73
Contenido de humedad w%	48.42	51.72	47.75	41.62	45.99	45.55
w% promedio	50.07		44.68		45.77	
Penetración en la máquina CBR						
Espécimen Nro.	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg2)	Dial	Presión (lb/plg2)	Dial	Presión (lb/plg2)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	99.60	33.20	148.60	49.53	213.60	71.20
0.05	128.20	42.73	209.80	69.93	333.20	111.07
0.075	140.00	46.67	268.60	89.53	443.00	147.67
0.1	156.80	52.27	316.30	105.43	558.60	186.20
0.2	208.60	69.53	471.60	157.20	903.50	301.17
0.3	253.60	84.53	610.00	203.33	1178.10	392.70
0.4	293.80	97.93	745.20	248.40	1413.90	471.30
0.5	332.60	110.87	875.80	291.93	1618.60	539.53

Gráfica de Esfuerzo vs Penetración

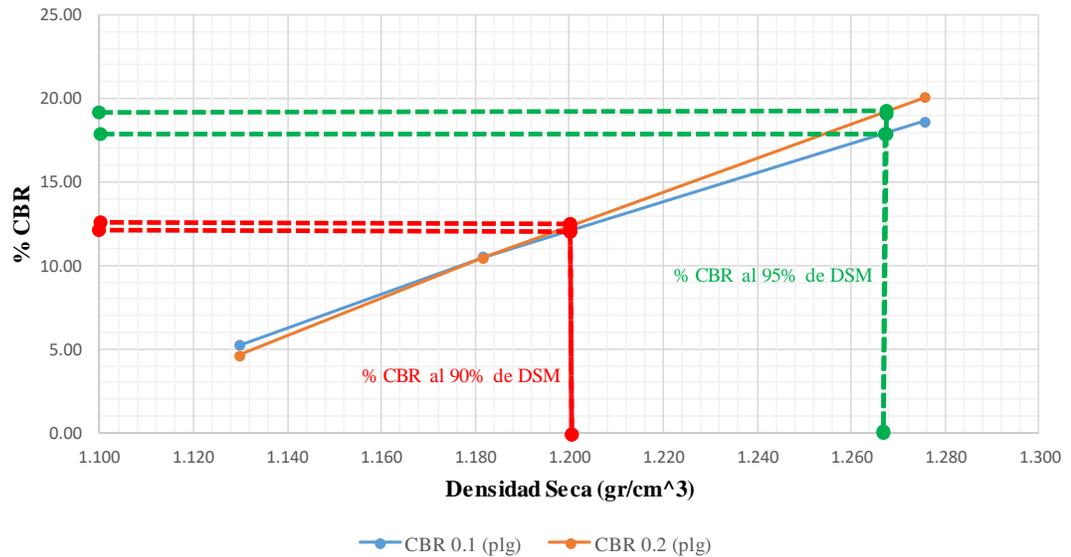
ESFUERZO VS PENETRACIÓN



CBR Corregidos

Espécimen Nro.	Presión (lb/plg ²)	CBR 0.1 plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0.2 plg	Densidad Seca
1	52.27	5.23	1.130	69.53	4.64	1.130
2	105.43	10.54	1.182	157.2	10.48	1.182
3	186.20	18.62	1.276	301.17	20.08	1.276

% CBR VS DENSIDAD SECA



Densidad seca máxima (gr/cm ³)		1.335		
DSM	% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg	% CBR mayor	
90%	1.202	12.20	18.00	18.00
95%	1.268	12.50	19.50	19.50
CBR PUNTUAL			19.50	%

Tabla 57. Muestra 5, “AM2” Humedad Natural y Granulometría

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA PARROQUIA PILALÓ DEL CANTÓN PUJILÍ DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI		PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	
Provincia: Cotopaxi		Muestra: AM2			
Cantón: Pujilí		Coordenadas: 730964; 9890405			
Parroquia: Pilaló		Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas			
		Revisado por: Ing. Favio Portilla			
HUMEDAD NATURAL - AASHTO T 265 -2015					
W tarro (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% w	% W Prom.	
10.61	22.42	15.86	41.36	41.25	
11.27	20.07	14.22	41.14		
GRANULOMETRÍA - AASHTO T 88					
Peso Muestra Seca				908	
Tamiz (mm)	Tamiz N°	Pesos Retenidos	Pesos Retenidos Acumulados	% Retenidos	% Pasa
4.76	4	0.59	0.59	0.06	99.94
2.38	8	59.67	60.26	6.64	93.36
2.00	10	36.03	96.29	10.60	89.40
1.19	16	124.48	220.77	24.31	75.69
0.565	30	136.22	356.99	39.32	60.68
0.42	40	129.09	486.08	53.53	46.47
0.297	50	175.06	661.14	72.81	27.19
0.25	60	106.70	767.84	84.56	15.44
0.149	100	123.34	891.18	98.15	1.85
0.074	200	14.31	905.49	99.72	0.28
0.03	Fuente	1.85	907.34	99.93	0.07
GRANULOMETRÍA					
D10mm	0.2	Cu = D60/D10	2.75		
D30mm	0.32	Cc = D30 ² /(D60 * D10)	0.93		
D60mm	0.55	Tamaño Nominal Máximo (TNM)	2.00 mm		

Tabla 58. Muestra 5, “AM2” Límite Líquido y Límite Plástico

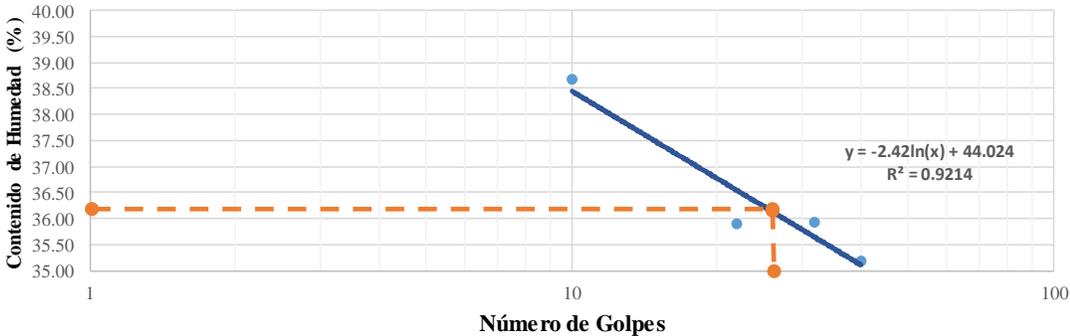
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR							
Proyecto:		Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, Propiedades Índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi							
Provincia: Cotopaxi		Nro. Muestra: AM2							
Cantón: Pujilí		Coordenadas: 730964; 9890405							
Parroquia: Pilaló		Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas							
		Revisado por: Ing. Favio Portilla							
LÍMITE LÍQUIDO (COPA DE CASAGRANDE) - AASHTO T 89 2013									
Recipiente Nro.	Golpes	Masa Suelo Hum. + Rec.	Masa Suelo Seco + Rec.	Masa Rec.	Masa agua	Masa Sólidos	W%	Promedio W%	
69	10	17.72	15.97	11.47	1.75	4.50	38.89	38.68	
76		17.16	15.56	11.40	1.60	4.16	38.46		
38GEO	22	16.18	15.02	11.76	1.16	3.26	35.58	35.91	
2		16.70	15.16	10.91	1.54	4.25	36.24		
090AI	32	16.35	14.95	11.06	1.40	3.89	35.99	35.94	
25I		15.27	14.10	10.84	1.17	3.26	35.89		
26A	40	16.86	15.39	11.20	1.47	4.19	35.08	35.20	
ST4		23.75	22.03	17.16	1.72	4.87	35.32		
LÍMITE LÍQUIDO									
									
LÍMITE PLÁSTICO - AASHTO T 90 2016									
Recipiente Nro.	Masa Suelo Hum. + Rec.	Masa Suelo Seco + Rec.	Masa Rec.	Masa agua	Masa Sólidos	W%	Promedio W%		
4AL	11.16	11.00	10.30	0.16	0.70	22.86	29.21		
104M	11.41	11.23	10.69	0.18	0.54	33.33			
1AL	11.41	11.25	10.75	0.16	0.50	32.00			
10	11.38	11.23	10.71	0.15	0.52	28.85			
3AL	11.44	11.26	10.64	0.18	0.62	29.03			
LÍMITES DE ATTERBERG				CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
Límite Líquido %	36.23			SISTEMA	AASHTO	A-2-4			
Límite Plástico %	29.21				SUCS	SC			
Índice Plástico %	7.02								

Tabla 59. Muestra 5, “AM2” Densidad de Campo y Gravedad Específica

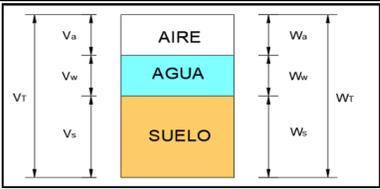
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 			
Proyecto: Análisis de las correlaciones entre CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi			
Provincia: Cotopaxi		Nro. Muestra: AM2	
Cantón: Pujilí		Coordenadas: 730964; 9890405	
Parroquia: Pilaló		Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas	
Revisado por: Ing. Favio Portilla			
DENSIDAD DE CAMPO CONO Y ARENA - AASTHO T 191 2014			
Determinación del peso del suelo extraído (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda (gr)		Wm+Fun	1400
Peso de la funda (gr)		Fun	2
Peso de la masa de suelo (gr)		Wm= (Wm+Fun)-Fun	1398
Volumen de la perforación del suelo (Vm)			
Peso inicial frasco+cono+arena			3300
Peso final frasco+cono+arena			1750
Peso arena en el cono (Calibración del cono)			1606
Peso arena en la perforación			1550
Densidad de la Arena de Ottawa (calibración arena)			1.489
Volumen de la perforación		Vm	1040.97
Determinación del contenido de humedad			
Recipiente Nro.		271	36
Peso húmedo + recipiente		Wm+rec	33.03
Peso seco + recipiente		Ws+rec	26.47
Peso del recipiente		rec	10.61
Peso del agua		Ww	6.56
Peso de los sólidos		Ws	15.86
Contenido de humedad		w%	41.36
Contenido de humedad promedio		w% prom	41.25
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
Volumen (cm3)		Peso (gr)	
Vv	10.13	--	
Va	3.92	Wa	0
Vw	6.21	Ww	6.21
Vs	5.69	Ws	15.04
Vm	15.82	Wm	21.25
			
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso volumétrico del suelo		(γ_m)	1.343
Densidad seca		(γ_d)	0.951
Contenido de humedad		w%	41.25
Relación de vacíos		$e = (V_v/V_s) * 100$	71.24
Porosidad		$n\% = (V_v/V_m) * 100$	64.01
Grado de saturación del agua		$S_w\% = (V_w/V_v) * 100$	61.27
Grado de saturación del aire		$S_a\% = (V_a/V_v) * 100$	38.73
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SUELOS AASTHO T 100 2015			
Peso del picnómetro + agua		Wpw	661.12
Picnómetro + agua + suelo sumergido		Wpws	683.03
Desplazamiento del agua		Ws+Wpw-Wpws	16.46
Temperatura de agua y suelo °C			19.71
Factor de corrección por temperatura K			1
Recipiente + Peso de suelo seco			183.85
Peso de recipiente			145.48
Peso del suelo seco		Ws	38.37
Gravedad específica		$G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{pw} - W_{pws})$	2.642

Tabla 60. Muestra 5, “AM2” Proctor Modificado

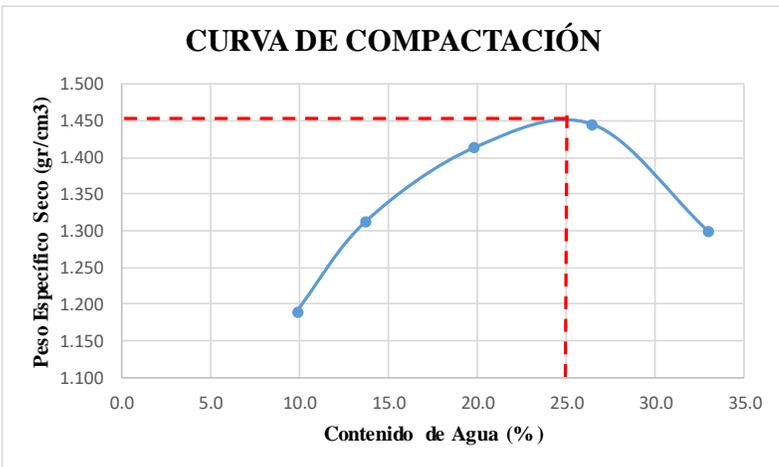
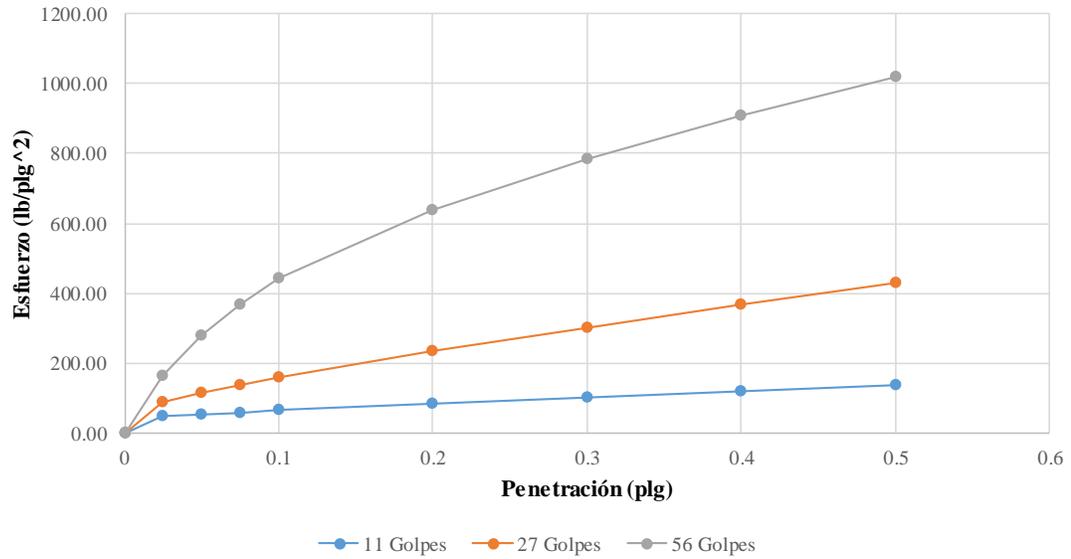
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR										
Proyecto:	Análisis de las correlaciones entre CBR, DCP, propiedades Índice y mecánicas de los suelos de la parroquia Pilaló del Cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi									
Provincia:	Cotopaxi	Muestra:	AM2							
Cantón:	Pujilí	Coordenadas:	730964; 9890405							
Parroquia:	Pilaló	Ensayado por:	Saúl Alejandro Trávez Vargas							
		Revisado por:	Ing. Favio Portilla							
PROCTOR MODIFICADO - AASHTO T 180 2018										
TIPO DE PRUEBA:	Proctor Modificado				MASA MARTILLO:	10 Lb				
DATOS DEL MOLDE					ALTURA DE CAÍDA:	18 Pulg.				
VOLUMEN:	2364 cm ³				NÚMERO DE CAPAS:	5				
MASA:	12766 gr				GOLPES POR CAPA:	56				
PRUEBA Nro.	1		2		3		4		5	
% Rango en aumento	0		6		12		18		24	
Suelo húmedo + molde (gr)	15858		16294		16770		17088		16852	
Masa molde (gr)	12766		12766		12766		12766		12766	
Masa suelo húmedo (gr)	3092		3528		4004		4322		4086	
Peso unitario húm. (gr)	1.31		1.49		1.69		1.83		1.73	
Masa del tarro (gr)	19.02	30.90	17.02	17.17	17.45	16.94	16.66	17.72	30.75	33.14
Masa suelo húm. + tarro gr)	58.05	83.81	50.87	51.10	52.39	60.76	63.43	61.78	92.21	95.50
Masa suelo seco + tarro gr)	52.27	79.72	46.85	46.94	46.59	53.53	53.68	52.52	76.83	80.19
Masa del agua (gr)	5.78	4.09	4.02	4.16	5.8	7.23	9.75	9.26	15.38	15.31
Masa suelo seco (gr)	33.25	48.82	29.83	29.77	29.14	36.59	37.02	34.8	46.08	47.05
Contenido de agua (%)	17.38	8.38	13.48	13.97	19.90	19.76	26.34	26.61	33.38	32.54
w (%) Promedio	9.88		13.73		19.83		26.47		32.96	
Peso unitario Seco (gr/cm ³)	1.19		1.31		1.41		1.45		1.30	
Densidad Seca Máxima (gr/cm³):	1.450									
Humedad Óptima:	25.00%									
Grado de compactación:	65.57									
GRÁFICO DENSIDAD SECA MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA										
										

Tabla 62. Muestra 5, “AM2” Relación de Soporte de California (CBR)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 						
Proyecto: Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi						
Provincia: Cotopaxi			Nro. Muestra: AM2			
Cantón: Pujilí			Coordenadas: 730964; 9890405			
Parroquia: Pilaló			Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas			
Revisado por: Ing. Favio Portilla						
CBR de Laboratorio - AASHTO T 193-2013						
Espécimen Nro.	1		2		3	
Nro. De capas	5		5		5	
Nro. De golpes por capa	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	12558		11205		12270	
Masa del molde (gr)	9188		7555		8266	
Masa muestra húmeda (gr)	3370		3650		4004	
Volumen muestra (cm ³)	2304		2286		2304	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.463		1.597		1.738	
Contenido de Humedad	Collarín	Bandeja	Collarín	Bandeja	Collarín	Bandeja
Masa suelo húmedo + recip (gr)	89.92	89.92	141.20	141.20	91.92	96.73
Masa suelo seco + recip. (gr)	78.89	78.89	122.19	122.19	80.56	84.51
Masa recipiente (gr)	30.29	30.29	32.70	32.70	30.08	30.33
Masa del agua (gr)	11.03	11.03	19.01	19.01	11.36	12.22
Masa suelo seco (gr)	48.60	48.60	89.49	89.49	50.48	54.18
Contenido de humedad w%	22.70	22.70	21.24	21.24	22.50	22.55
w% promedio	22.70		21.24		22.53	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.192		1.317		1.418	
Parámetros después de ser sumergido						
Muestra húmeda + molde (gr)	13071		11587		12495	
Masa del molde (gr)	9188		7555		8266	
Masa muestra húmeda (gr)	3883		4032		4229	
Masa de agua absorbida (gr)	513		382		225	
% de agua absorbida	13.21		9.47		5.32	
Contenido de Humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + recip (gr)	102.07	100.52	138.71	94.73	88.43	101.73
Masa suelo seco + recip. (gr)	82.70	79.21	112.09	76.18	74.29	84.00
Masa recipiente (gr)	30.88	31.36	32.70	30.33	30.69	30.59
Masa del agua (gr)	19.37	21.31	26.62	18.55	14.14	17.73
Masa suelo seco (gr)	51.82	47.85	79.39	45.85	43.6	53.41
Contenido de humedad w%	37.38	44.54	33.53	40.46	32.43	33.20
w% promedio	40.96		36.99		32.81	
Penetración en la máquina CBR						
Espécimen Nro.	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	142.30	47.43	260.50	86.83	493.30	164.43
0.05	162.70	54.23	343.10	114.37	843.00	281.00
0.075	178.10	59.37	408.30	136.10	1103.30	367.77
0.1	192.00	64.00	476.50	158.83	1328.50	442.83
0.2	246.00	82.00	702.30	234.10	1918.60	639.53
0.3	301.00	100.33	907.30	302.43	2356.20	785.40
0.4	353.30	117.77	1100.00	366.67	2726.60	908.87
0.5	406.00	135.33	1290.30	430.10	3058.60	1019.53

Gráfica de Esfuerzo vs Penetración

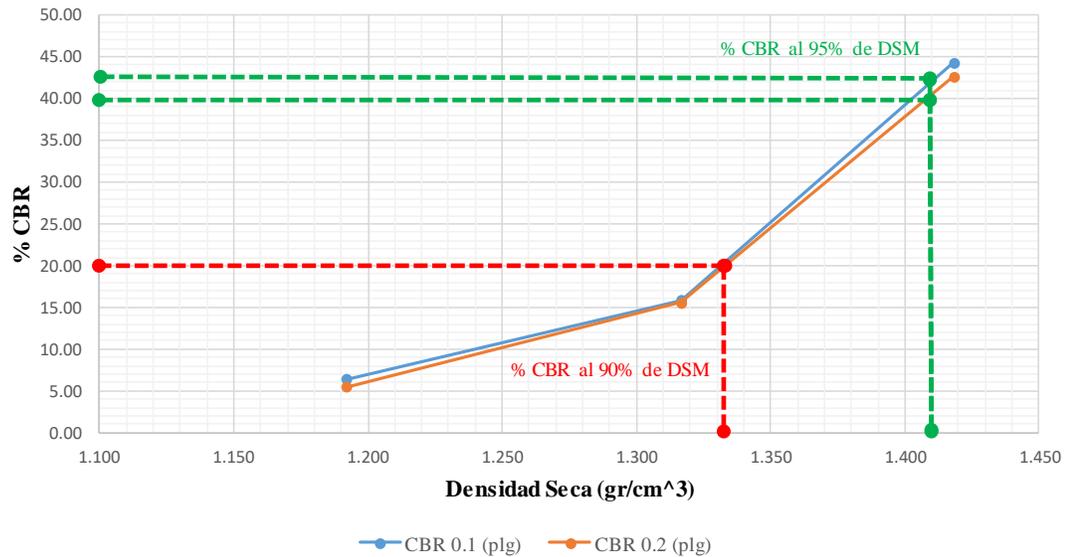
ESFUERZO VS PENETRACIÓN



CBR Corregidos

Espécimen Nro.	Presión (lb/plg ²)	CBR 0.1 plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0.2 plg	Densidad Seca
1	64.00	6.40	1.192	82.00	5.47	1.192
2	158.83	15.88	1.317	234.10	15.61	1.317
3	442.83	44.28	1.418	639.53	42.64	1.418

% CBR VS DENSIDAD SECA



Densidad seca máxima (gr/cm ³)		1.481		
DSM		% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg	% CBR mayor
90%	1.333	20.00	40.00	40.00
95%	1.407	20.00	42.50	42.50
CBR PUNTUAL			42.50	%

Tabla 63. Muestra 6, “AM3” Humedad Natural y Granulometría

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	
Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, propiedades índice y							
Proyecto: mecánicas de los suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi							
Provincia: Cotopaxi		Muestra: AM3					
Cantón: Pujilí		Coordenadas: 729912; 9887944					
Parroquia: Pilaló		Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas					
		Revisado por: Ing. Favio Portilla					
HUMEDAD NATURAL - AASHTO T 265 -2015							
W tarro (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% w	% W Prom.			
11.29	24.16	16.06	50.44	50.38			
11.12	22.94	15.26	50.33				
GRANULOMETRÍA - AASHTO T 88							
Peso Muestra Seca				756			
Tamiz (mm)	Tamiz N°	Pesos Retenidos	Pesos Retenidos Acumulados	% Retenidos	% Pasa		
4.76	4	4.06	4.06	0.54	99.46		
2.38	8	62.49	66.55	8.80	91.20		
2.00	10	38.11	104.66	13.84	86.16		
1.19	16	102.03	206.69	27.34	72.66		
0.565	30	118.52	325.21	43.02	56.98		
0.42	40	67.47	392.68	51.94	48.06		
0.297	50	65.57	458.25	60.62	39.38		
0.25	60	43.84	502.09	66.41	33.59		
0.149	100	121.38	623.47	82.47	17.53		
0.074	200	116.12	739.59	97.83	2.17		
0.03	Fuente	15.30	754.89	99.85	0.15		
GRANULOMETRÍA							
D10mm	0.101	Cu = D60/D10		6.24			
D30mm	0.22	Cc = D30 ² /(D60 * D10)		0.76			
D60mm	0.63	Tamaño Nominal Máximo (TNM)		2.00 mm			

Tabla 64. Muestra 6, “AM3” Límite Líquido y Límite Plástico

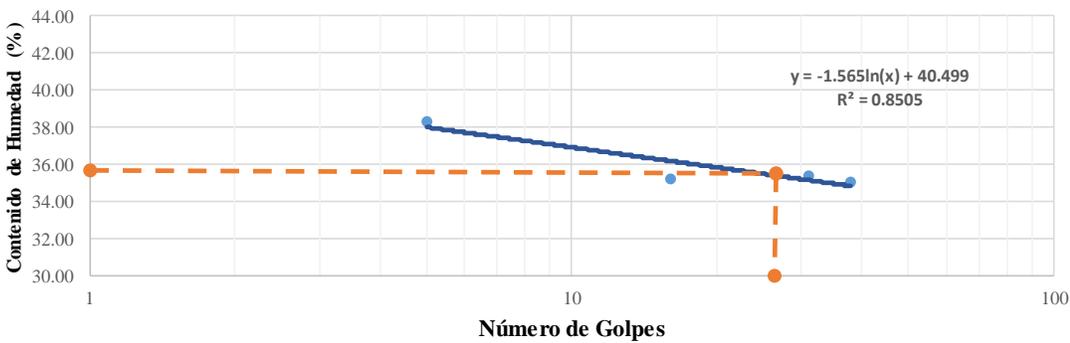
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR							
Proyecto:		Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, Propiedades Índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi							
Provincia: Cotopaxi		Nro. Muestra: AM3							
Cantón: Pujilí		Coordenadas: 729912; 9887944							
Parroquia: Pilaló		Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas							
		Revisado por: Ing. Favio Portilla							
LÍMITE LÍQUIDO (COPA DE CASAGRANDE) - AASHTO T 89 2013									
Recipiente Nro.	Golpes	Masa Suelo Hum. + Rec.	Masa Suelo Seco + Rec.	Masa Rec.	Masa agua	Masa Sólidos	W%	Promedio W%	
153	5	18.97	16.98	11.76	1.99	5.22	38.12	38.33	
38GEO		19.74	17.52	11.76	2.22	5.76	38.54		
10	16	17.93	16.30	11.67	1.63	4.63	35.21	35.26	
77		17.54	15.94	11.41	1.60	4.53	35.32		
39	31	16.70	15.36	11.64	1.34	3.72	36.02	35.43	
2		15.40	14.24	10.91	1.16	3.33	34.83		
19	38	16.72	15.36	11.50	1.36	3.86	35.23	35.05	
04A		16.40	15.03	11.10	1.37	3.93	34.86		
LÍMITE LÍQUIDO 									
LÍMITE PLÁSTICO - AASHTO T 90 2016									
Recipiente Nro.	Masa Suelo Hum. + Rec.	Masa Suelo Seco + Rec.	Masa Rec.	Masa agua	Masa Sólidos	W%	Promedio W%		
4AL	11.29	11.12	10.5	0.17	0.62	27.42	29.05		
104M	11.4	11.24	10.69	0.16	0.55	29.09			
P7	11.4	11.23	10.65	0.17	0.58	29.31			
1AL	11.24	11.12	10.75	0.12	0.37	32.43			
5	11.51	11.34	10.71	0.17	0.63	26.98			
LÍMITES DE ATTERBERG				CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
Límite Líquido %	35.46			SISTEMA	AASHTO	A-2-4			
Límite Plástico %	29.05				SUCS	SM -SC			
Índice Plástico %	6.41								

Tabla 65. Muestra 6, “AM3” Densidad de Campo y Gravedad Específica

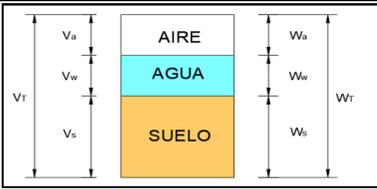
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 			
Proyecto: Análisis de las correlaciones entre CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi			
Provincia: Cotopaxi		Nro. Muestra: AM3	
Cantón: Pujilí		Coordenadas: 729912; 9887944	
Parroquia: Pilaló		Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas	
Revisado por: Ing. Favio Portilla			
DENSIDAD DE CAMPO CONO Y ARENA - AASTHO T 191 2014			
Determinación del peso del suelo extraído (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda (gr)		Wm+Fun	1600
Peso de la funda (gr)		Fun	2
Peso de la masa de suelo (gr)		Wm= (Wm+Fun)-Fun	1598
Volumen de la perforación del suelo (Vm)			
Peso inicial frasco+cono+arena			3300
Peso final frasco+cono+arena			2050
Peso arena en el cono (Calibración del cono)			1606
Peso arena en la perforación			1550
Densidad de la Arena de Ottawa (calibración arena)			1.489
Volumen de la perforación		Vm	1040.97
Determinación del contenido de humedad			
Recipiente Nro.		71	14A
Peso húmedo + recipiente		Wm+rec	35.45
Peso seco + recipiente		Ws+rec	27.35
Peso del recipiente		rec	11.29
Peso del agua		Ww	8.10
Peso de los sólidos		Ws	16.06
Contenido de humedad		w%	50.44
Contenido de humedad promedio		w% prom	50.38
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
Volumen (cm3)		Peso (gr)	
Vv	9.47	--	
Va	1.58	Wa	0
Vw	7.89	Ww	7.89
Vs	5.87	Ws	15.66
Vm	15.34	Wm	23.55
			
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso volumétrico del suelo		(γ_m)	1.535
Densidad seca		(γ_d)	1.021
Contenido de humedad		w%	50.38
Relación de vacíos		$e = (V_v/V_s) * 100$	68.67
Porosidad		$n\% = (V_v/V_m) * 100$	61.71
Grado de saturación del agua		$S_w\% = (V_w/V_v) * 100$	83.34
Grado de saturación del aire		$S_a\% = (V_a/V_v) * 100$	16.66
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SUELOS AASTHO T 100 2015			
Peso del picnómetro + agua		Wpw	650.52
Picnómetro + agua + suelo sumergido		Wpws	676.82
Desplazamiento del agua		Ws+Wpw-Wpws	21.4
Temperatura de agua y suelo °C			21.5
Factor de corrección por temperatura K			0.99788
Recipiente + Peso de suelo seco			161.43
Peso de recipiente			113.73
Peso del suelo seco		Ws	47.7
Gravedad específica		$G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{pw} - W_{pws})$	2.666

Tabla 66. Muestra 6, “AM3” Proctor Modificado

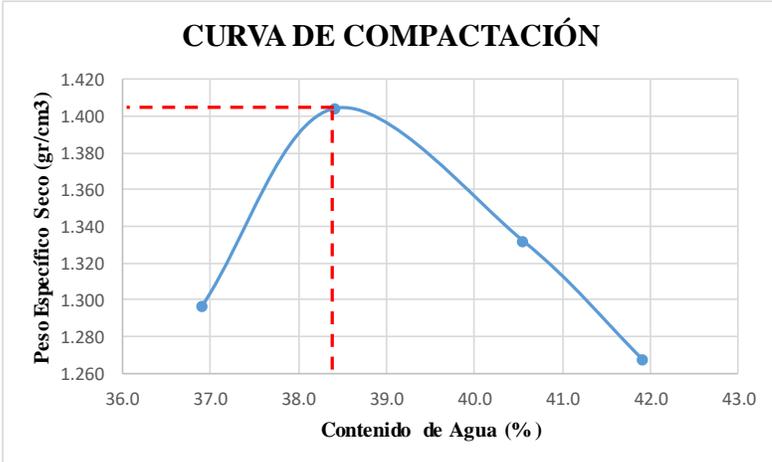
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 								
Proyecto:	Análisis de las correlaciones entre CBR, DCP, propiedades Índice y mecánicas de los suelos de la parroquia Pilaló del Cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi							
Provincia:	Cotopaxi Muestra: AM3							
Cantón:	Pujilí Coordenadas: 729912; 9887944							
Parroquia:	Pilaló Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas							
	Revisado por: Ing. Favio Portilla							
PROCTOR MODIFICADO - AASHTO T 180 2018								
TIPO DE PRUEBA:	Proctor Modificado MASA MARTILLO: 10 Lb							
DATOS DEL MOLDE	ALTURA DE CAÍDA: 18 Pulg.							
VOLUMEN:	2123 cm ³ NÚMERO DE CAPAS 5							
MASA:	14187 gr GOLPES POR CAPA: 56							
PRUEBA Nro.	1	2	3	4				
% Rango en aumento	0	5	12	15				
Suelo húmedo + molde (gr)	17958	18312	18162	18007				
Masa molde (gr)	14187	14187	14187	14187				
Masa suelo húmedo (gr)	3771	4125	3975	3820				
Peso unitario húm. (gr)	1.78	1.94	1.87	1.80				
Masa del tarro (gr)	19.52	19.91	17.02	17.17	17.45	16.94	16.66	17.72
Masa suelo húm. + tarro gr)	53.21	61.11	55.43	50.71	55.2	62.51	57.06	56.82
Masa suelo seco + tarro gr)	47.02	47.14	43.15	43.38	45.37	50.63	46.03	46.16
Masa del agua (gr)	6.19	13.97	12.28	7.33	9.83	11.88	11.03	10.66
Masa suelo seco (gr)	27.5	27.23	26.13	26.21	27.92	33.69	29.37	28.44
Contenido de agua (%)	22.51	51.30	47.00	27.97	45.84	35.26	46.32	37.48
w (%) Promedio	36.91		38.41		40.55		41.90	
Peso unitario Seco (gr/cm ³)	1.297		1.404		1.332		1.268	
Densidad Seca Máxima (gr/cm³):	1.404							
Humedad Óptima:	38.41%							
Grado de compactación:	72.71							
GRÁFICO DENSIDAD SECA MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
								

Tabla 67. Muestra 6, “AM3” Índice de Penetración

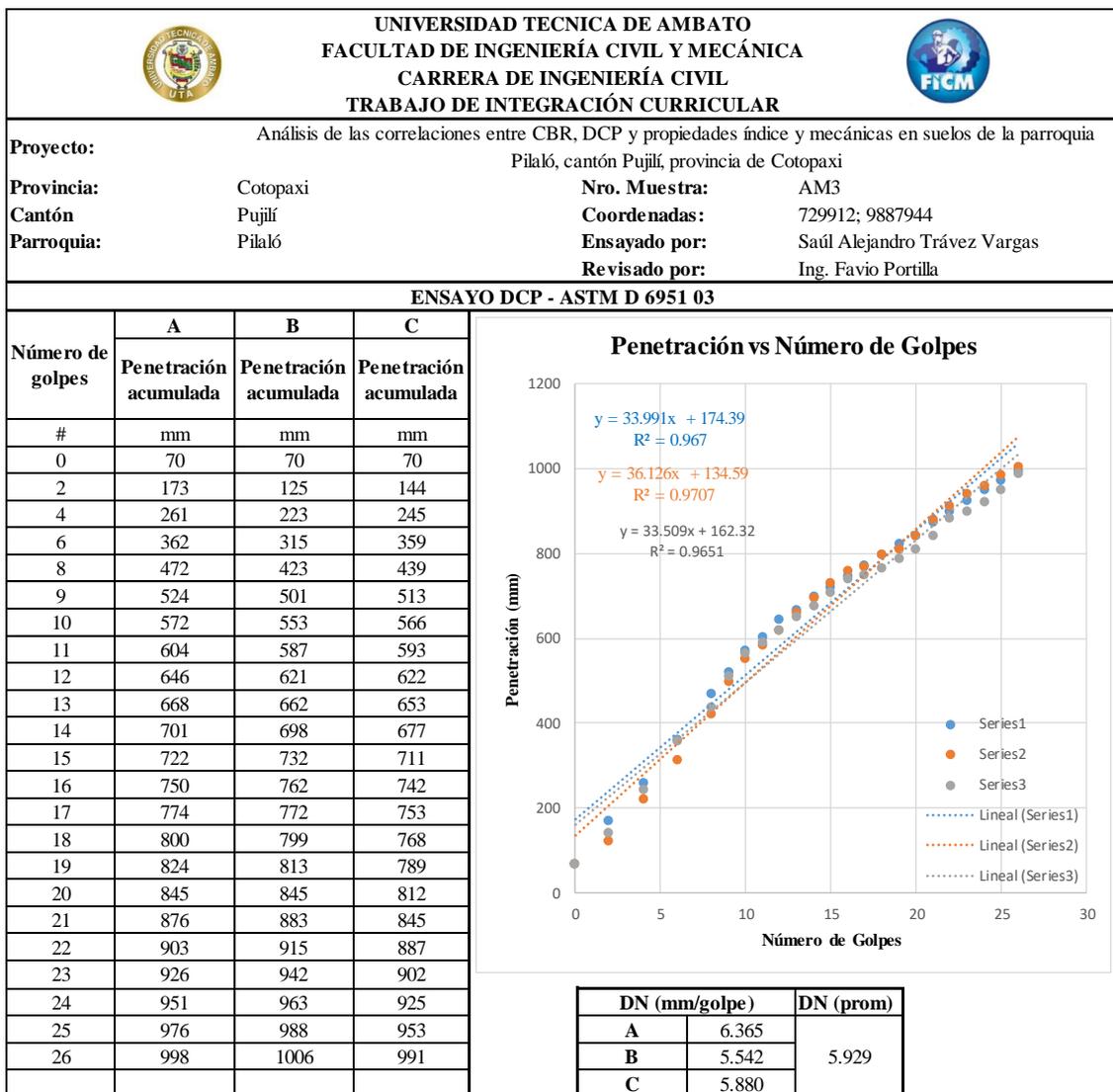
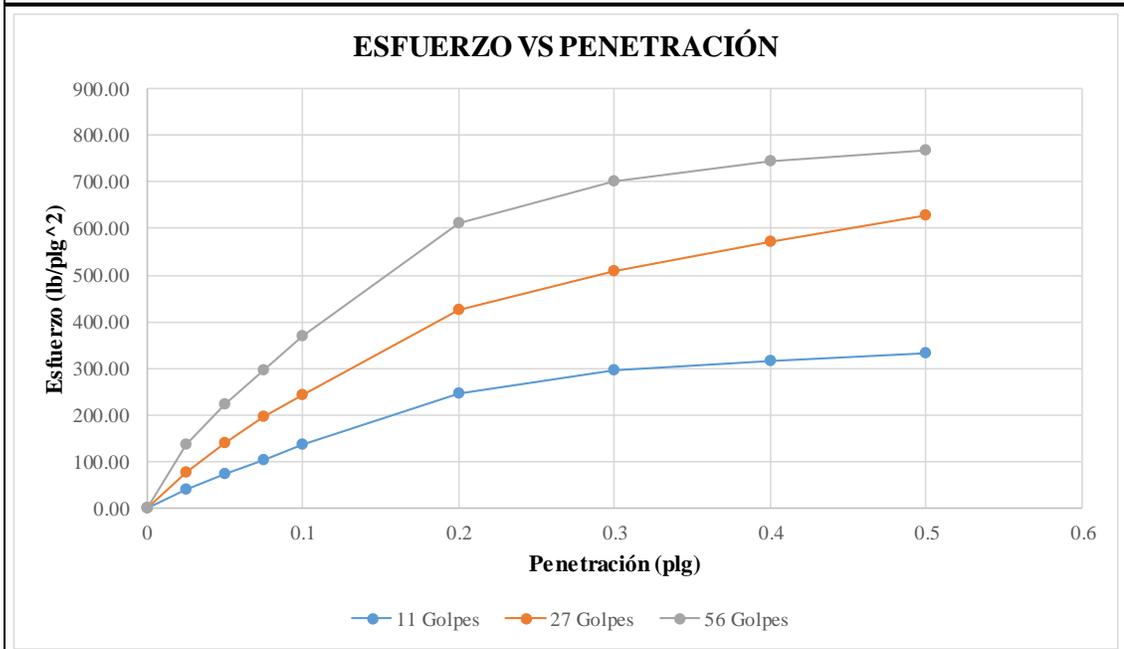


Tabla 68. Muestra 6, “AM3” Relación de Soporte de California (CBR)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 						
Proyecto: Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi						
Provincia: Cotopaxi			Nro. Muestra: AM3			
Cantón: Pujilí			Coordenadas: 729912; 9887944			
Parroquia: Pilaló			Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas			
Revisado por: Ing. Favio Portilla						
CBR de Laboratorio - AASHTO T 193-2013						
Espécimen Nro.	1		2		3	
Nro. De capas	5		5		5	
Nro. De golpes por capa	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	12630		12530		11720	
Masa del molde (gr)	9044		8436		7541	
Masa muestra húmeda (gr)	3586		4094		4179	
Volumen muestra (cm ³)	2213		2323		2286	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.620		1.762		1.828	
Contenido de Humedad	Collarín	Bandeja	Collarín	Bandeja	Collarín	Bandeja
Masa suelo húmedo + recip (gr)	100.18	91.51	100.19	99.99	83.63	63.07
Masa suelo seco + recip. (gr)	82.96	76.58	81.38	81.60	69.49	55.44
Masa recipiente (gr)	30.59	30.58	24.08	26.50	24.68	30.69
Masa del agua (gr)	17.22	14.93	18.81	18.39	14.14	7.63
Masa suelo seco (gr)	52.37	46.00	57.30	55.10	44.81	24.75
Contenido de humedad w%	32.88	32.46	32.83	33.38	31.56	30.83
w% promedio	32.67		33.10		31.19	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.221		1.324		1.393	
Parámetros después de ser sumergido						
Muestra húmeda + molde (gr)	12995		12770		11870	
Masa del molde (gr)	9044		8436		7541	
Masa muestra húmeda (gr)	3951		4334		4329	
Masa de agua absorbida (gr)	365		240		150	
% de agua absorbida	9.24		5.54		3.47	
Contenido de Humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + recip (gr)	88.81	96.74	97.51	92.83	91.89	92.1
Masa suelo seco + recip. (gr)	69.85	74.29	75.88	74.54	71.29	73.09
Masa recipiente (gr)	30.69	30.88	30.58	30.59	26.5	31.36
Masa del agua (gr)	18.96	22.45	21.63	18.29	20.6	19.01
Masa suelo seco (gr)	39.16	43.41	45.3	43.95	44.79	41.73
Contenido de humedad w%	48.42	51.72	47.75	41.62	45.99	45.55
w% promedio	50.07		44.68		45.77	
Penetración en la máquina CBR						
Espécimen Nro.	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	115.80	38.60	232.20	77.40	407.50	135.83
0.05	215.70	71.90	419.80	139.93	663.10	221.03
0.075	310.40	103.47	588.70	196.23	885.60	295.20
0.1	403.80	134.60	729.30	243.10	1109.40	369.80
0.2	736.80	245.60	1276.50	425.50	1836.90	612.30
0.3	884.70	294.90	1523.40	507.80	2106.40	702.13
0.4	945.60	315.20	1712.50	570.83	2231.80	743.93
0.5	993.20	331.07	1889.30	629.77	2301.20	767.07

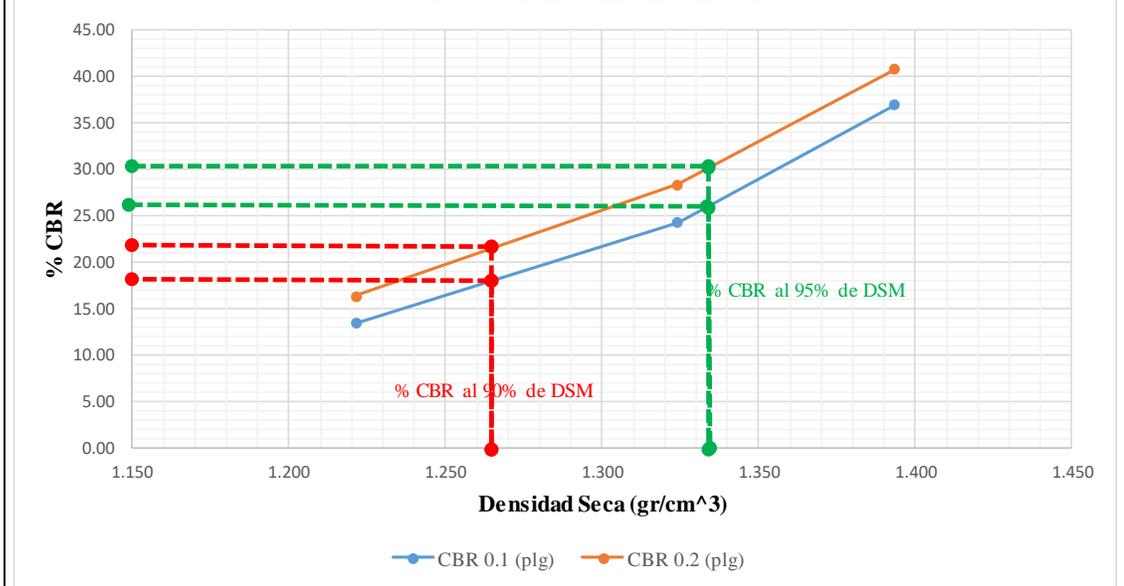
Gráfica de Esfuerzo vs Penetración



CBR Corregidos

Espécimen Nro.	Presión (lb/plg ²)	CBR 0.1 plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0.2 plg	Densidad Seca
1	134.60	13.46	1.221	245.6	16.37	1.221
2	243.10	24.31	1.324	425.5	28.37	1.324
3	369.80	36.98	1.393	612.3	40.82	1.393

% CBR VS DENSIDAD SECA



Densidad seca máxima (gr/cm ³)		1.404		
DSM		% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg	% CBR mayor
90%	1.264	17.90	26.20	26.20
95%	1.334	21.90	30.40	30.40
CBR PUNTUAL			30.40	%

Tabla 69. Muestra 7, “Choal” Humedad Natural y Granulometría

 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR					
Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas de los suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi					
Provincia:	Cotopaxi	Muestra:	Choa 1		
Cantón:	Pujilí	Coordenadas:	715678; 9894701		
Parroquia:	Pilaló	Ensayado por:	Saul Alejandro Trávez Vargas		
		Revisado por:	Ing. Favio Portilla		
HUMEDAD NATURAL - AASHTO T 265 -2015					
W tarro (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% w	% W Prom.	
11.39	29.38	23.62	24.39	24.18	
10.98	26.53	21.4	23.97		
GRANULOMETRÍA - AASHTO T 88					
Peso Muestra Seca				1323.3	
Tamiz (mm)	Tamiz N°	Pesos Retenidos	Pesos Retenidos Acumulados	% Retenidos	% Pasa
12.70	1/2	150.25	150.25	11.35	88.65
9.525	3/8	105.52	255.77	19.33	80.67
4.76	4	272.36	528.13	39.91	60.09
2.38	8	251.30	779.43	58.90	41.10
2.00	10	34.85	814.28	61.53	38.47
1.19	16	105.37	919.65	69.50	30.50
0.565	30	123.60	1043.25	78.84	21.16
0.42	40	46.65	1089.90	82.36	17.64
0.297	50	39.49	1129.39	85.35	14.65
0.25	60	15.05	1144.44	86.48	13.52
0.149	100	61.56	1206.00	91.14	8.86
0.074	200	59.91	1265.91	95.66	4.34
0.03	Fuente	55.64	1321.55	99.87	0.13
GRANULOMETRÍA					
D10mm	0.15	Cu = D60/D10		33.33	
D30mm	1.2	Cc = D30 ² /(D60 * D10)		1.92	
D60mm	5	Tamaño Nominal Máximo (TNM)		12.70 mm	

Tabla 70. Muestra 7, “Choal” Límite Líquido y Límite Plástico

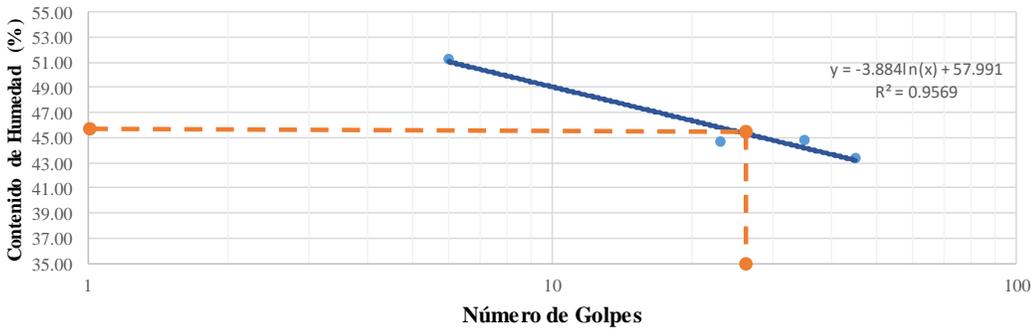
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR								
Proyecto:	Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, Propiedades Índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi							
Provincia:	Cotopaxi	Nro. Muestra:	Choal					
Cantón:	Pujilí	Coordenadas:	715678; 9894701					
Parroquia:	Pilaló	Ensayado por:	Saúl Alejandro Trávez Vargas					
		Revisado por:	Ing. Favio Portilla					
LÍMITE LÍQUIDO (COPA DE CASAGRANDE) - AASHTO T 89 2013								
Recipiente Nro.	Golpes	Masa Suelo Hum. + Rec.	Masa Suelo Seco + Rec.	Masa Rec.	Masa agua	Masa Sólidos	W%	Promedio W%
61	6	16.90	15.05	11.44	1.85	3.61	51.25	51.31
23		15.00	13.69	11.14	1.31	2.55	51.37	
41	23	16.81	15.02	11.03	1.79	3.99	44.86	44.74
64		16.79	15.09	11.28	1.70	3.81	44.62	
31	35	17.28	15.45	11.38	1.83	4.07	44.96	44.81
12		16.51	14.80	10.97	1.71	3.83	44.65	
75geo	45	15.65	14.21	10.89	1.44	3.32	43.37	43.37
20		15.36	14.15	11.36	1.21	2.79	43.37	
LÍMITE LÍQUIDO								
								
LÍMITE PLÁSTICO - AASHTO T 90 2016								
Recipiente Nro.	Masa Suelo Hum. + Rec.	Masa Suelo Seco + Rec.	Masa Rec.	Masa agua	Masa Sólidos	W%	Promedio W%	
25	8.01	7.84	7.4	0.17	0.44	38.64	35.11	
11	7.92	7.79	7.37	0.13	0.42	30.95		
3k	4.87	4.76	4.45	0.11	0.31	35.48		
6	8.02	7.87	7.43	0.15	0.44	34.09		
48	6.7	6.54	6.1	0.16	0.44	36.36		
LÍMITES DE ATTERBERG			CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
Límite Líquido %	45.49		SISTEMA	AASHTO	A-2-7			
Límite Plástico %	35.11			SUCS	SC			
Índice Plástico %	10.38							

Tabla 71. Muestra 7, “Choal” Densidad de Campo y Gravedad Específica

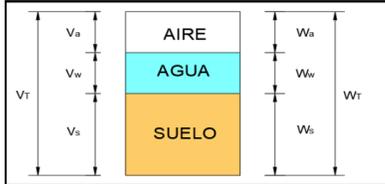
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR			
Proyecto: Análisis de las correlaciones entre CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi			
Provincia: Cotopaxi	Nro. Muestra: Choal		
Cantón: Pujilí	Coordenadas: 715678; 9894701		
Parroquia: Pilaló	Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas		
	Revisado por: Ing. Favio Portilla		
DENSIDAD DE CAMPO CONO Y ARENA - AASTHO T 191 2014			
Determinación del peso del suelo extraído (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	Wm+Fun	1620	
Peso de la funda (gr)	Fun	2	
Peso de la masa de suelo (gr)	Wm=(Wm+Fun)-Fun	1618	
Volumen de la perforación del suelo (Vm)			
Peso inicial frasco+cono+arena	3300		
Peso final frasco+cono+arena	1880		
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	1606		
Peso arena en la perforación	1420		
Densidad de la Arena de Ottawa (calibración arena)	1.489		
Volumen de la perforación	Vm	953.66	
Determinación del contenido de humedad			
Recipiente Nro.	76	75geo	
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	40.77	37.51
Peso seco + recipiente	Ws+rec	35.01	32.38
Peso del recipiente	rec	11.39	10.98
Peso del agua	Ww	5.76	5.03
Peso de los sólidos	Ws	23.62	21.40
Contenido de humedad	w%	24.39	23.50
Contenido de humedad promedio	w% prom	23.95	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
Volumen (cm3)		Peso (gr)	
Vv	7.74	--	
Va	2.71	Wa	0
Vw	5.03	Ww	5.03
Vs	8.49	Ws	22.51
Vm	16.23	Wm	27.54
			
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso volumétrico del suelo	(γ_m)	1.697	gr/cm3
Densidad seca	(γ_d)	1.369	gr/cm3
Contenido de humedad	w%	23.95	%
Relación de vacíos	$e = (V_v/V_s) \cdot 100$	65.89	%
Porosidad	$n\% = (V_v/V_m) \cdot 100$	47.69	%
Grado de saturación del agua	$S_w\% = (V_w/V_v) \cdot 100$	64.98	%
Grado de saturación del aire	$S_a\% = (V_a/V_v) \cdot 100$	35.02	%
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SUELOS AASTHO T 100 2015			
Peso del picnómetro + agua	Wpw	651.88	gr
Picnómetro +agua + suelo sumergido	Wpws	678.45	gr
Desplazamiento del agua	Ws+Wpw-Wpws	26.15	gr
Temperatura de agua y suelo °C		20	°C
Factor de corrección por temperatura K		1	adim
Recipiente + Peso de suelo seco		121.47	gr
Peso de recipiente		68.75	gr
Peso del suelo seco	Ws	52.72	gr
Gravedad específica	$G_s = (W_s \cdot K) / (W_s + W_{pw} - W_{pws})$	2.651	gr

Tabla 72. Muestra 7, “Choal” Proctor Modificado

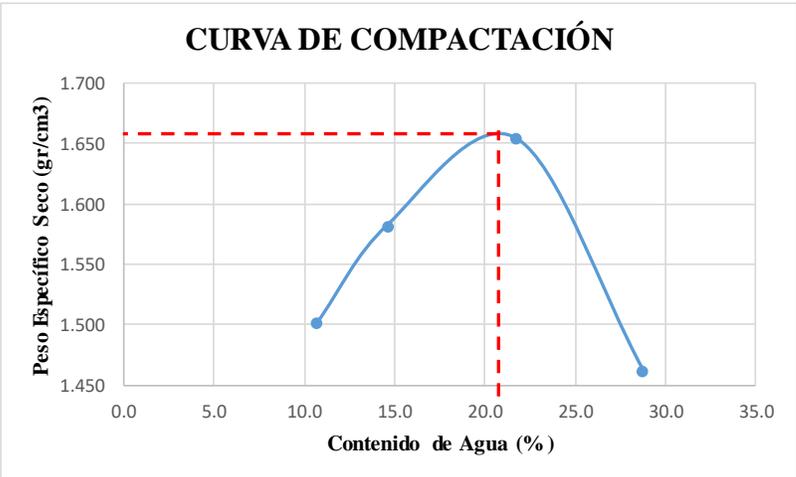
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 								
Proyecto:	Análisis de las correlaciones entre CBR, DCP, propiedades Índice y mecánicas de los suelos de la parroquia Pilaló del Cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi							
Provincia:	Cotopaxi Muestra: Choal							
Cantón:	Pujilí Coordenadas: 715678; 9894701							
Parroquia:	Pilaló Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas							
	Revisado por: Ing. Favio Portilla							
PROCTOR MODIFICADO - AASHTO T 180 2018								
TIPO DE PRUEBA:	Proctor Modificado MASA MARTILLO: 10 Lb							
DATOS DEL MOLDE	ALTURA DE CAÍDA: 18 Pulg.							
VOLUMEN:	2341 cm ³ NÚMERO DE CAPAS 5							
MASA:	12772 gr GOLPES POR CAPA: 56							
PRUEBA Nro.	1	2	3	4				
% Rango en aumento	3	8	16	24				
Suelo húmedo + molde (gr)	16664	17017	17485	17179				
Masa molde (gr)	12772	12772	12772	12772				
Masa suelo húmedo (gr)	3892	4245	4713	4407				
Peso unitario húm. (gr)	1.66	1.81	2.01	1.88				
Masa del tarro (gr)	30.32	30.9	31.13	30.9	30.78	30.65	31.44	31.53
Masa suelo húm. + tarro (gr)	77.73	92.03	101.8	95.76	92.4	95.3	126.2	125.48
Masa suelo seco + tarro (gr)	73.28	85.93	92.65	87.63	81.59	83.58	105.12	104.42
Masa del agua (gr)	4.45	6.1	9.15	8.13	10.81	11.72	21.08	21.06
Masa suelo seco (gr)	42.96	55.03	61.52	56.73	50.81	52.93	73.68	72.89
Contenido de agua (%)	10.36	11.08	14.87	14.33	21.28	22.14	28.61	28.89
w (%) Promedio	10.72		14.60		21.71		28.75	
Peso unitario Seco (gr/cm ³)	1.502		1.582		1.654		1.462	
Densidad Seca Máxima (gr/cm³):	1.654							
Humedad Óptima:	21.71%							
Grado de compactación:	82.76							
GRÁFICO DENSIDAD SECA MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p style="text-align: center;">CURVA DE COMPACTACIÓN</p>  <p>El gráfico muestra una curva de compactación con el eje vertical etiquetado como 'Peso Específico Seco (gr/cm³)' y el eje horizontal como 'Contenido de Agua (%)'. La curva comienza en un punto a 10.36% de agua y 1.502 gr/cm³, sube a un pico de 21.71% de agua y 1.654 gr/cm³, y luego desciende a 28.89% de agua y 1.462 gr/cm³. Una línea roja punteada indica el punto de máxima densidad seca y humedad óptima.</p>								

Tabla 73. Muestra 7, “Choal” Índice de Penetración

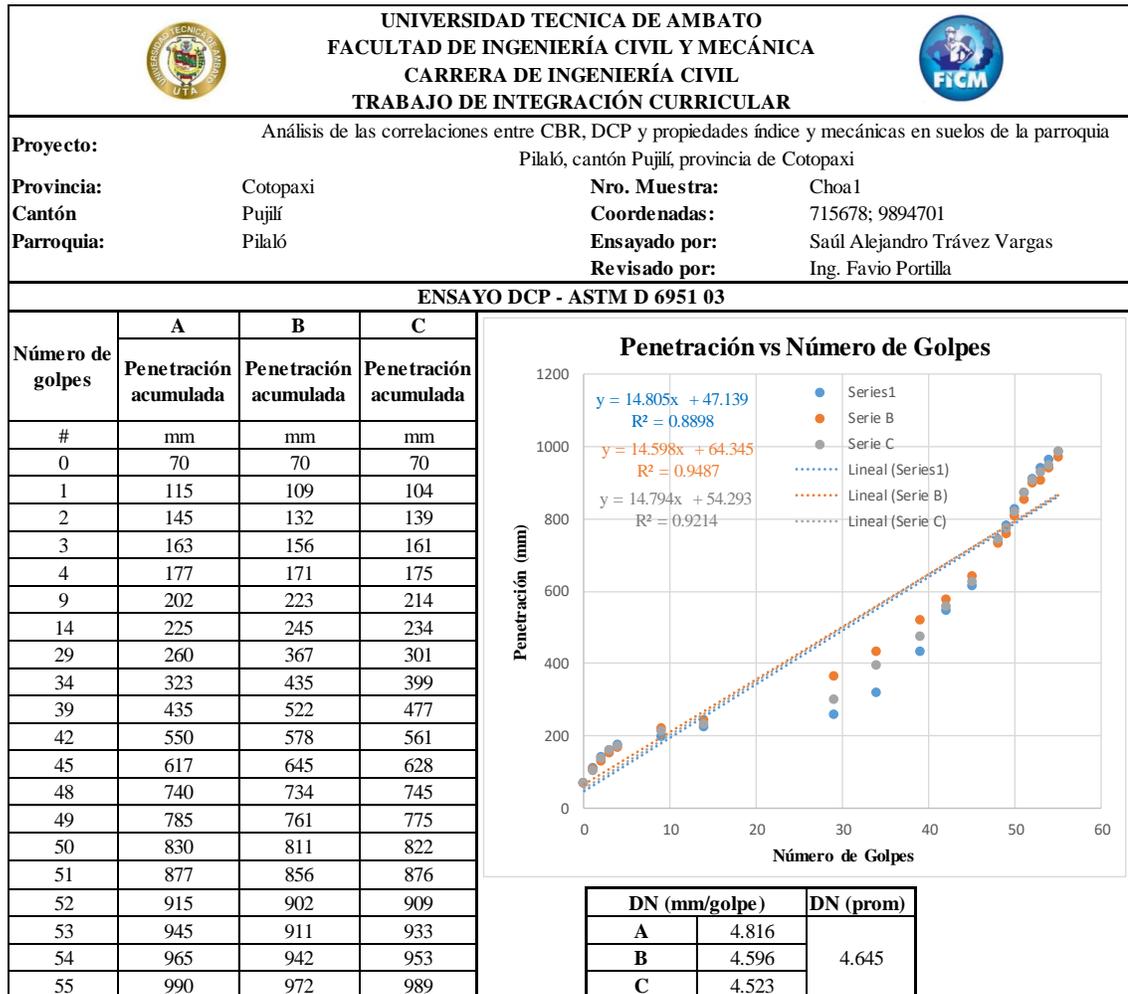
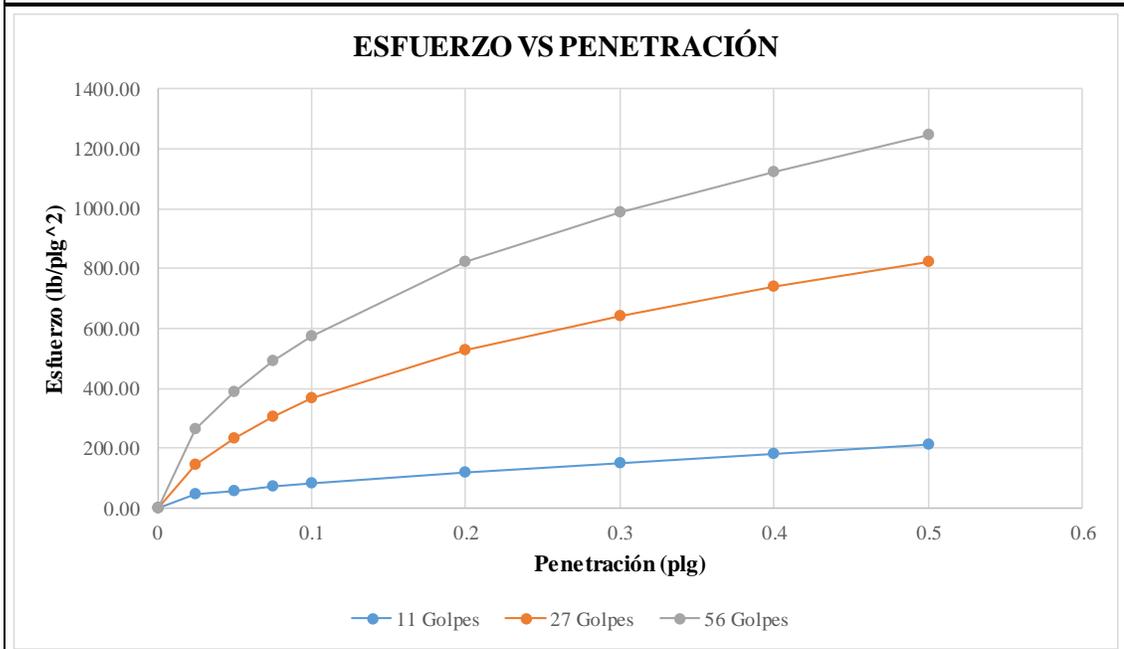


Tabla 74. Muestra 7, “Choa1” Relación de Soporte de California (CBR)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 						
Proyecto: Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi						
Provincia: Cotopaxi			Nro. Muestra: Choa1			
Cantón: Pujilí			Coordenadas: 715678; 9894701			
Parroquia: Pilaló			Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas			
Revisado por: Ing. Favio Portilla						
CBR de Laboratorio - AASHTO T 193-2013						
Espécimen Nro.	1		2		3	
Nro. De capas	5		5		5	
Nro. De golpes por capa	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	13028		11664		12653	
Masa del molde (gr)	9188		7555		8266	
Masa muestra húmeda (gr)	3840		4109		4387	
Volumen muestra (cm3)	2286		2304		2304	
Peso unitario húmedo (gr/cm3)	1.680		1.783		1.904	
Contenido de Humedad	Collarín	Bandeja	Collarín	Bandeja	Collarín	Bandeja
Masa suelo húmedo + recip (gr)	134.28	101.43	103.11	139.03	86.66	92.15
Masa suelo seco + recip. (gr)	116.21	88.43	90.77	121.02	76.89	81.65
Masa recipiente (gr)	32.26	30.88	30.33	32.70	30.59	30.88
Masa del agua (gr)	18.07	13.00	12.34	18.01	9.77	10.50
Masa suelo seco (gr)	83.95	57.55	60.44	88.32	46.30	50.77
Contenido de humedad w%	21.52	22.59	20.42	20.39	21.10	20.68
w% promedio	22.06		20.40		20.89	
Peso unitario seco (gr/cm3)	1.376		1.481		1.575	
Parámetros después de ser sumergido						
Muestra húmeda + molde (gr)	13347		11890		12813	
Masa del molde (gr)	9188		7555		8266	
Masa muestra húmeda (gr)	4159		4335		4547	
Masa de agua absorbida (gr)	319		226		160	
% de agua absorbida	7.67		5.21		3.52	
Contenido de Humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + recip (gr)	89.34	88.55	95.71	93.88	92.66	88.11
Masa suelo seco + recip. (gr)	73.73	74.11	81.03	81.47	78.57	74.69
Masa recipiente (gr)	30.33	30.58	31.36	31.23	30.69	24.08
Masa del agua (gr)	15.61	14.44	14.68	12.41	14.09	13.42
Masa suelo seco (gr)	43.4	43.53	49.67	50.24	47.88	50.61
Contenido de humedad w%	35.97	33.17	29.56	24.70	29.43	26.52
w% promedio	34.57		27.13		27.97	
Penetración en la máquina CBR						
Espécimen Nro.	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg2)	Dial	Presión (lb/plg2)	Dial	Presión (lb/plg2)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	135.00	45.00	433.50	144.50	790.80	263.60
0.05	176.30	58.77	693.30	231.10	1163.80	387.93
0.075	209.80	69.93	915.30	305.10	1468.80	489.60
0.1	239.70	79.90	1093.80	364.60	1720.90	573.63
0.2	350.60	116.87	1587.60	529.20	2464.00	821.33
0.3	450.70	150.23	1928.60	642.87	2963.40	987.80
0.4	540.30	180.10	2216.60	738.87	3360.00	1120.00
0.5	629.80	209.93	2466.60	822.20	3739.20	1246.40

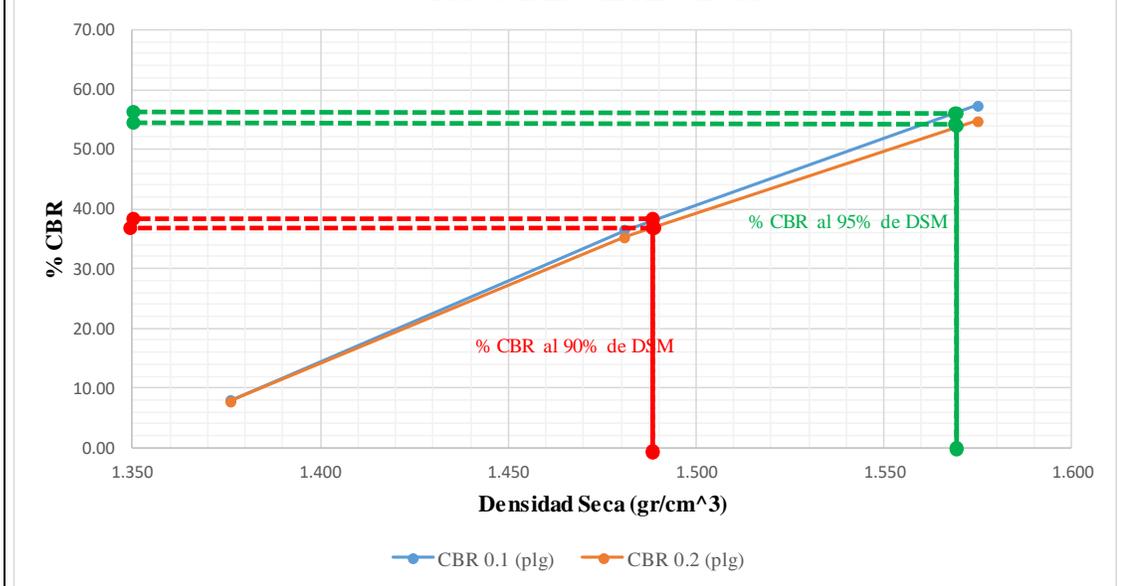
Gráfica de Esfuerzo vs Penetración



CBR Corregidos

Espécimen Nro.	Presión (lb/plg ²)	CBR 0.1 plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0.2 plg	Densidad Seca
1	79.90	7.99	1.376	116.87	7.79	1.376
2	364.60	36.46	1.481	529.2	35.28	1.481
3	573.63	57.36	1.575	821.33	54.76	1.575

% CBR VS DENSIDAD SECA



Densidad seca máxima (gr/cm ³)		1.654		
DSM		% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg	% CBR mayor
90%	1.489	36.20	54.00	54.00
95%	1.571	38.00	56.00	56.00
CBR PUNTUAL			56.00	%

Tabla 75. Muestra 8, “Choa2” Humedad Natural y Granulometría

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	
<p>Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas de los suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi</p> <p>Provincia: Cotopaxi Muestra: Choa2</p> <p>Cantón: Pujilí Coordenadas: 715289; 9892184</p> <p>Parroquia: Pilaló Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas</p> <p>Revisado por: Ing. Favio Portilla</p>							
HUMEDAD NATURAL - AASHTO T 265 -2015							
W tarro (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% w	% W Prom.			
11.65	22.78	17.41	30.84	30.72			
11.31	24.84	19.02	30.60				
GRANULOMETRÍA - AASHTO T 88							
Peso Muestra Seca				839			
Tamiz (mm)	Tamiz N°	Pesos Retenidos	Pesos Retenidos Acumulados	% Retenidos	% Pasa		
12.70	1/2	52.64	52.64	6.27	93.73		
9.525	3/8	69.26	121.90	14.53	85.47		
4.76	4	77.80	199.70	23.80	94.00		
2.38	8	30.38	83.02	9.90	90.10		
2.00	10	17.44	100.46	11.97	88.03		
1.19	16	66.10	166.56	19.85	80.15		
0.565	30	85.85	252.41	30.08	69.92		
0.42	40	50.90	303.31	36.15	63.85		
0.297	50	50.80	354.11	42.21	57.79		
0.25	60	34.03	388.14	46.26	53.74		
0.149	100	117.50	505.64	60.27	39.73		
0.074	200	149.81	655.45	78.12	21.88		
0.03	Fuente	181.93	837.38	99.81	0.19		
GRANULOMETRÍA							
D10mm	0.044	Cu = D60/D10	7.50				
D30mm	0.1	Cc = D30 ² / (D60 * D10)	0.69				
D60mm	0.33	Tamaño Nominal Máximo (TNM)	9.525 mm				

Tabla 76. Muestra 8, “Choa2” Límite Líquido y Límite Plástico

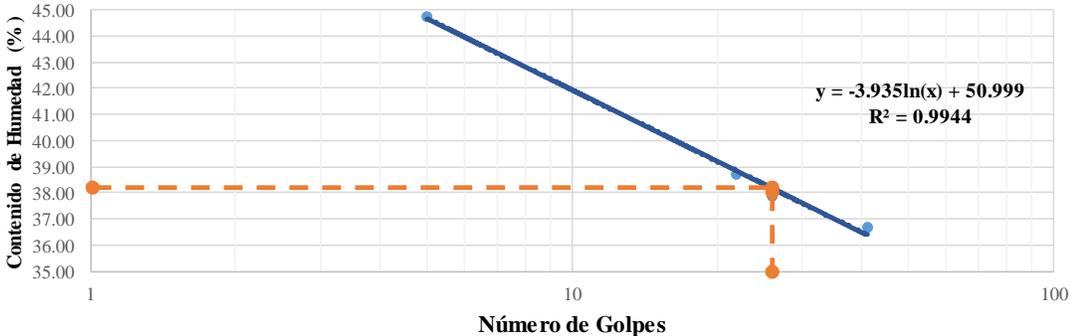
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR							
Proyecto:		Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, Propiedades Índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi							
Provincia: Cotopaxi		Nro. Muestra: Choa2							
Cantón: Pujilí		Coordenadas: 715289; 9892184							
Parroquia: Pilaló		Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas							
		Revisado por: Ing. Favio Portilla							
LÍMITE LÍQUIDO (COPA DE CASAGRANDE) - AASHTO T 89 2013									
Recipiente Nro.	Golpes	Masa Suelo Hum. + Rec.	Masa Suelo Seco + Rec.	Masa Rec.	Masa agua	Masa Sólidos	W%	Promedio W%	
10	5	17.52	15.70	11.67	1.82	4.03	45.16	44.77	
68		17.65	15.56	10.85	2.09	4.71	44.37		
19	22	16.68	15.23	11.50	1.45	3.73	38.87	38.71	
153		16.54	15.21	11.76	1.33	3.45	38.55		
4A	26	16.12	14.75	11.10	1.37	3.65	37.53	37.88	
52		36.01	34.63	31.02	1.38	3.61	38.23		
39	41	16.28	15.04	11.64	1.24	3.40	36.47	36.71	
77		16.34	15.01	11.41	1.33	3.60	36.94		
LÍMITE LÍQUIDO									
									
LÍMITE PLÁSTICO - AASHTO T 90 2016									
Recipiente Nro.	Masa Suelo Hum. + Rec.	Masa Suelo Seco + Rec.	Masa Rec.	Masa agua	Masa Sólidos	W%	Promedio W%		
202	11.37	11.24	10.68	0.13	0.56	23.21	29.34		
80	11.47	11.29	10.72	0.18	0.57	31.58			
5	11.5	11.31	10.71	0.19	0.60	31.67			
4AI	11.07	10.96	10.56	0.11	0.40	27.50			
87	11.42	11.23	10.65	0.19	0.58	32.76			
LÍMITES DE ATTERBERG			CLASIFICACIÓN DEL SUELO						
Límite Líquido %	43.84		SISTEMA		AASHTO	A-2-7			
Límite Plástico %	29.34				SUCS	SC			
Índice Plástico %	14.50								

Tabla 77. Muestra 8, “Choa2” Densidad de Campo y Gravedad Específica

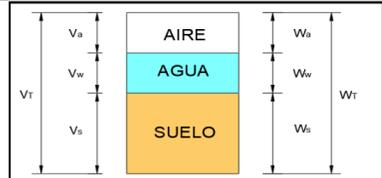
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 			
Proyecto: Análisis de las correlaciones entre CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi			
Provincia: Cotopaxi		Nro. Muestra: Choa2	
Cantón: Pujilí		Coordenadas: 715289; 9892184	
Parroquia: Pilaló		Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas	
Revisado por: Ing. Favio Portilla			
DENSIDAD DE CAMPO CONO Y ARENA - AASTHO T 191 2014			
Determinación del peso del suelo extraído (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda (gr)		Wm+Fun	1490
Peso de la funda (gr)		Fun	2
Peso de la masa de suelo (gr)		Wm=(Wm+Fun)-Fun	1488
Volumen de la perforación del suelo (Vm)			
Peso inicial frasco+cono+arena			3300
Peso final frasco+cono+arena			1920
Peso arena en el cono (Calibración del cono)			1606
Peso arena en la perforación			1380
Densidad de la Arena de Ottawa (calibración arena)			1.489
Volumen de la perforación		Vm	926.80
Determinación del contenido de humedad			
Recipiente Nro.		10	1
Peso húmedo + recipiente		Wm+rec	34.43 36.15
Peso seco + recipiente		Ws+rec	29.06 30.33
Peso del recipiente		rec	11.65 11.31
Peso del agua		Ww	5.37 5.82
Peso de los sólidos		Ws	17.41 19.02
Contenido de humedad		w%	30.84 30.60
Contenido de humedad promedio		w% prom	30.72
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
Volumen (cm3)		Peso (gr)	
Vv	7.51	--	
Va	1.92	Wa	0
Vw	5.60	Ww	5.595
Vs	7.32	Ws	18.215
Vm	14.83	Wm	23.81
			
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso volumétrico del suelo		(γ_m)	1.606 gr/cm3
Densidad seca		(γ_d)	1.228 gr/cm3
Contenido de humedad		w%	30.72 %
Relación de vacíos		$e = (V_v/V_s) * 100$	73.23 %
Porosidad		$n\% = (V_v/V_m) * 100$	50.67 %
Grado de saturación del agua		$S_w\% = (V_w/V_v) * 100$	74.46 %
Grado de saturación del aire		$S_a\% = (V_a/V_v) * 100$	25.54 %
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SUELOS AASTHO T 100 2015			
Peso del picnómetro + agua		Wpw	651.66 gr
Picnómetro +agua + suelo sumergido		Wpws	673.96 gr
Desplazamiento del agua		Ws+Wpw-Wpws	14.92 gr
Temperatura de agua y suelo °C			20.8 °C
Factor de corrección por temperatura K			0.99799 adim
Recipiente + Peso de suelo seco			150.95 gr
Peso de recipiente			113.73 gr
Peso del suelo seco		Ws	37.22 gr
Gravedad específica		$G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{pw} - W_{pws})$	2.647 gr

Tabla 78. Muestra 8, “Choa2” Proctor Modificado

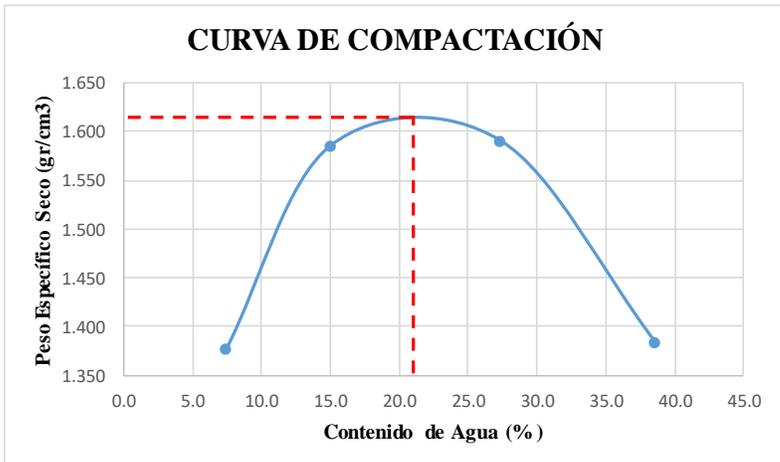
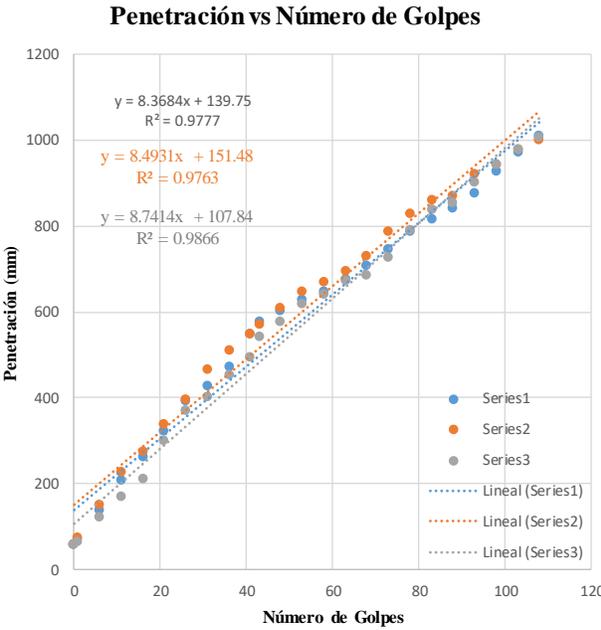
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 								
Proyecto:	Análisis de las correlaciones entre CBR, DCP, propiedades Índice y mecánicas de los suelos de la parroquia Pilaló del Cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi							
Provincia:	Cotopaxi							
Muestra:	Choa2							
Cantón:	Pujilí							
Coordenadas:	715289; 9892184							
Parroquia:	Pilaló							
Ensayado por:	Saúl Alejandro Trávez Vargas							
Revisado por:	Ing. Favio Portilla							
PROCTOR MODIFICADO - AASHTO T 180 2018								
TIPO DE PRUEBA:	Proctor Modificado							
MASA MARTILLO:	10 Lb							
DATOS DEL MOLDE	ALTURA DE CAÍDA: 18 Pulg.							
VOLUMEN:	2196 cm ³							
NÚMERO DE CAPAS:	5							
MASA:	12742 gr							
GOLPES POR CAPA:	56							
PRUEBA Nro.	1	2	3	4				
% Rango en aumento	0	7	17	27				
Suelo húmedo + molde (gr)	15990	16748	17189	16956				
Masa molde (gr)	12742	12742	12742	12742				
Masa suelo húmedo (gr)	3248	4006	4447	4214				
Peso unitario húm. (gr)	1.48	1.82	2.03	1.92				
Masa del tarro (gr)	19.52	19.91	17.02	17.17	17.45	16.94	16.66	17.72
Masa suelo húm. + tarro (gr)	45.98	57.02	45.35	45.45	52.8	59.54	50.76	49.51
Masa suelo seco + tarro (gr)	44.11	54.54	41.64	41.77	45.24	50.38	41.34	40.6
Masa del agua (gr)	1.87	2.48	3.71	3.68	7.56	9.16	9.42	8.91
Masa suelo seco (gr)	24.59	34.63	24.62	24.6	27.79	33.44	24.68	22.88
Contenido de agua (%)	7.60	7.16	15.07	14.96	27.20	27.39	38.17	38.94
w (%) Promedio	7.38	15.01	27.30	38.56				
Peso unitario Seco (gr/cm ³)	1.377	1.586	1.591	1.385				
Densidad Seca Máxima (gr/cm³):	1.615							
Humedad Óptima:	21.50%							
Grado de compactación:	76.05							
GRÁFICO DENSIDAD SECA MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
 <p style="text-align: center;">CURVA DE COMPACTACIÓN</p>								

Tabla 79. Muestra 8, “Choa2” Índice de Penetración

 UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR			
Proyecto: Análisis de las correlaciones entre CBR, DCP y propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló, cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi			
Provincia: Cotopaxi		Nro. Muestra: Choa2	
Cantón: Pujilí		Coordenadas: 715289; 9892184	
Parroquia: Pilaló		Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas	
Revisado por: Ing. Favio Portilla			
ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03			
Número de golpes	A	B	C
	Penetración acumulada	Penetración acumulada	Penetración acumulada
#	mm	mm	mm
0	60	60	60
1	73	77	66
6	140	152	123
11	209	231	172
16	265	277	212
21	325	342	302
26	395	399	374
31	431	467	404
36	475	512	455
41	550	552	497
43	580	573	546
48	605	612	579
53	630	649	622
58	650	672	644
63	680	699	675
68	710	734	689
73	750	789	729
78	791	832	794
83	820	863	840
88	845	872	856
93	880	923	904
98	930	945	947
103	975	982	981
108	1012	1004	1009



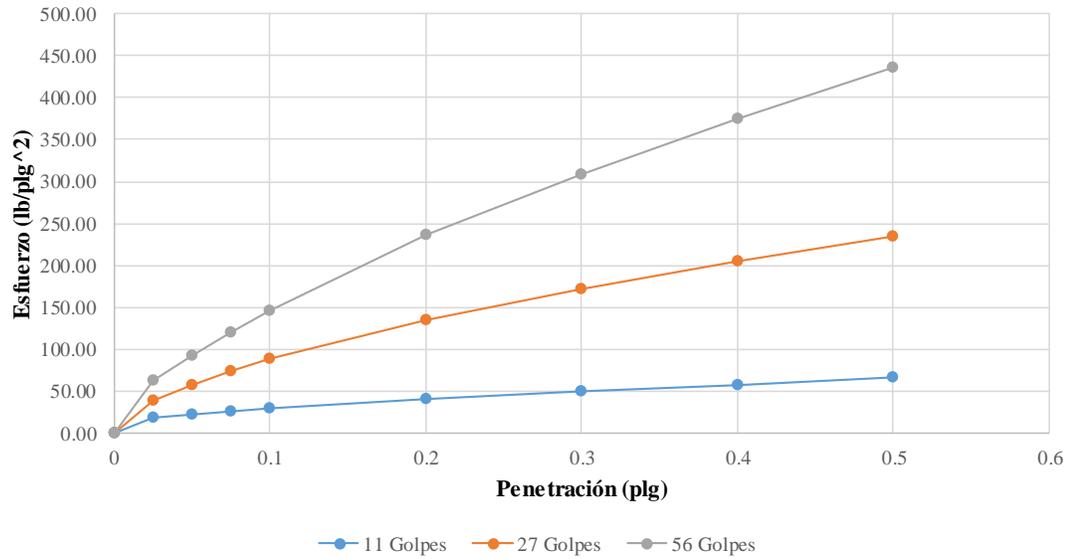
DN (mm/golpe)		DN (prom)
A	2.175	
B	2.423	
C	1.752	

Tabla 80. Muestra 8, “Choa2” Relación de Soporte de California (CBR)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 						
Proyecto: Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi						
Provincia: Cotopaxi			Nro. Muestra: Choa2			
Cantón: Pujilí			Coordenadas: 715289; 9892184			
Parroquia: Pilaló			Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas			
Revisado por: Ing. Favio Portilla						
CBR de Laboratorio - AASHTO T 193-2013						
Espécimen Nro.	1		2		3	
Nro. De capas	5		5		5	
Nro. De golpes por capa	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	12566		11395		12444	
Masa del molde (gr)	9188		7555		8266	
Masa muestra húmeda (gr)	3378		3840		4178	
Volumen muestra (cm ³)	3085		2304		2241	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.095		1.667		1.864	
Contenido de Humedad	Collarín	Bandeja	Collarín	Bandeja	Collarín	Bandeja
Masa suelo húmedo + recip (gr)	117.06	100.07	126.02	124.62	103.48	98.22
Masa suelo seco + recip. (gr)	102.46	87.96	109.32	108.30	90.87	86.11
Masa recipiente (gr)	33.77	31.36	30.82	30.24	30.88	30.69
Masa del agua (gr)	14.60	12.11	16.70	16.32	12.61	12.11
Masa suelo seco (gr)	68.69	56.60	78.50	78.06	59.99	55.42
Contenido de humedad w%	21.25	21.40	21.27	20.91	21.02	21.85
w% promedio	21.33		21.09		21.44	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	0.903		1.376		1.535	
Parámetros después de ser sumergido						
Muestra húmeda + molde (gr)	13226		11836		12759	
Masa del molde (gr)	9188		7555		8266	
Masa muestra húmeda (gr)	4038		4281		4493	
Masa de agua absorbida (gr)	660		441		315	
% de agua absorbida	16.34		10.30		7.01	
Contenido de Humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + recip (gr)	125.46	97.22	146.31	97.25	133.24	95.47
Masa suelo seco + recip. (gr)	91.10	73.81	109.88	75.05	103.36	75.25
Masa recipiente (gr)	32.70	31.36	30.24	30.88	32.26	31.23
Masa del agua (gr)	34.36	23.41	36.43	22.2	29.88	20.22
Masa suelo seco (gr)	58.4	42.45	79.64	44.17	71.1	44.02
Contenido de humedad w%	32.21	36.42	31.22	35.88	32.12	36.44
w% promedio	34.13		33.74		34.30	
Penetración en la máquina CBR						
Espécimen Nro.	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	55.60	18.53	116.60	38.87	186.60	62.20
0.05	68.80	22.93	173.40	57.80	276.60	92.20
0.075	78.00	26.00	223.60	74.53	358.80	119.60
0.1	88.80	29.60	264.00	88.00	438.60	146.20
0.2	119.00	39.67	405.00	135.00	706.60	235.53
0.3	146.80	48.93	516.60	172.20	926.20	308.73
0.4	172.30	57.43	613.60	204.53	1123.00	374.33
0.5	200.70	66.90	705.00	235.00	1306.60	435.53

Gráfica de Esfuerzo vs Penetración

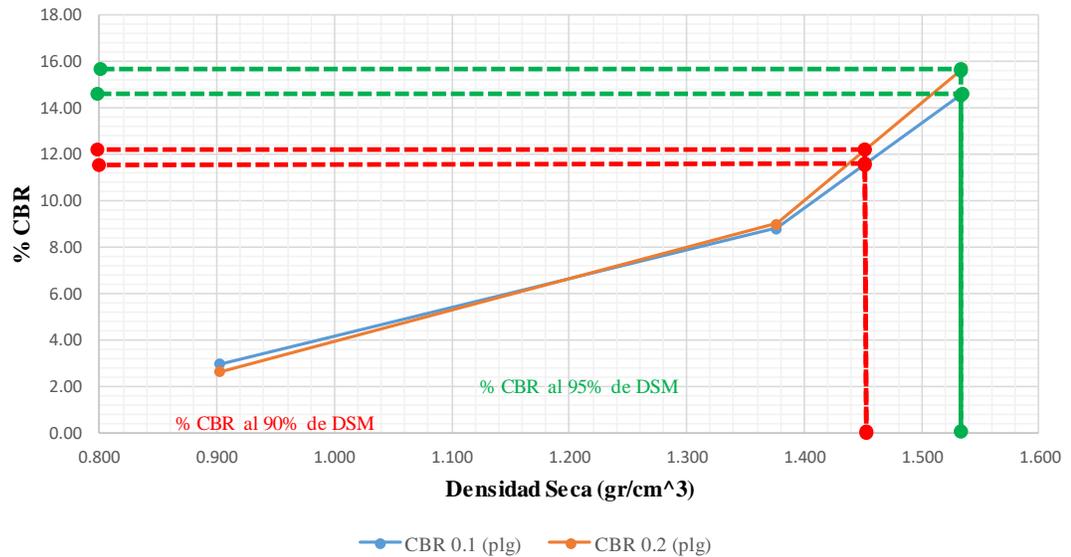
ESFUERZO VS PENETRACIÓN



CBR Corregidos

Espécimen Nro.	Presión (lb/plg ²)	CBR 0.1 plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0.2 plg	Densidad Seca
1	29.60	2.96	0.903	39.67	2.64	0.903
2	88.00	8.80	1.376	135.00	9.00	1.376
3	146.20	14.62	1.535	235.53	15.70	1.535

% CBR VS DENSIDAD SECA



Densidad seca máxima (gr/cm ³)		1.615		
DSM		% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg	% CBR mayor
90%	1.454	11.50	14.60	14.60
95%	1.534	12.20	15.70	15.70
CBR PUNTUAL			15.70	%

Tabla 81. Muestra 9, “Choa3” Humedad Natural y Granulometría

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	
 							
Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, propiedades índice y							
Proyecto: mecánicas de los suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi							
Provincia: Cotopaxi		Muestra: Choa3					
Cantón: Pujilí		Coordenadas: 715020; 9890368					
Parroquia: Pilaló		Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas					
		Revisado por: Ing. Favio Portilla					
HUMEDAD NATURAL - AASHTO T 265 -2015							
W tarro (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% w	% W Prom.			
11.77	35.92	27.51	30.57	30.42			
11.51	34.94	26.82	30.28				
GRANULOMETRÍA - AASHTO T 88							
Peso Muestra Seca				711			
Tamiz (mm)	Tamiz N°	Pesos Retenidos	Pesos Retenidos Acumulados	% Retenidos	% Pasa		
4.76	4	0.00	0.00	0.00	100.00		
2.38	8	0.36	0.36	0.05	99.95		
2.00	10	0.00	0.36	0.05	99.95		
1.19	16	0.57	0.93	0.13	99.87		
0.565	30	1.85	2.78	0.39	99.61		
0.42	40	37.97	40.75	5.73	94.27		
0.297	50	47.80	88.55	12.45	87.55		
0.25	60	20.70	109.25	15.37	84.63		
0.149	100	168.56	277.81	39.07	60.93		
0.074	200	205.30	483.11	67.95	32.05		
0.03	Fuente	226.70	709.81	99.83	0.17		
GRANULOMETRÍA							
D10mm	0.04	Cu = D60/D10		3.50			
D30mm	0.07	Cc = D30 ² /(D60 * D10)		0.88			
D60mm	0.14	Tamaño Nominal Máximo (TNM)		0.297 mm			

Tabla 82. Muestra 9, “Choa3” Límite Líquido y Límite Plástico

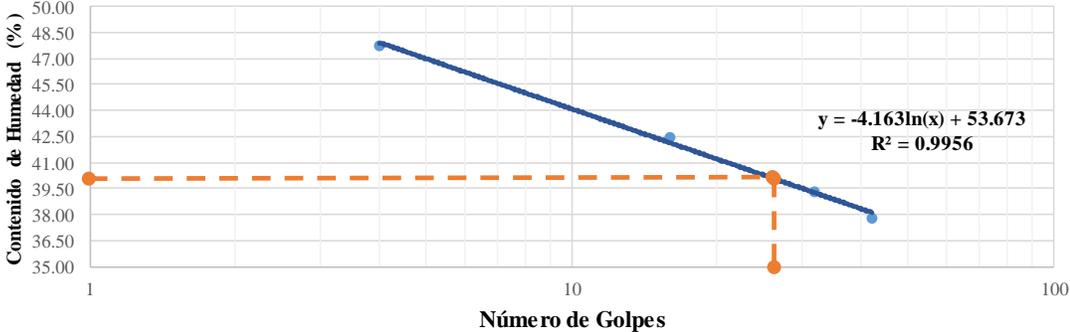
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR							
Proyecto:		Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, Propiedades Índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi							
Provincia: Cotopaxi		Nro. Muestra: Choa3							
Cantón: Pujilí		Coordenadas: 715020; 9890368							
Parroquia: Pilaló		Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas							
		Revisado por: Ing. Favio Portilla							
LÍMITE LÍQUIDO (COPA DE CASAGRANDE) - AASHTO T 89 2013									
Recipiente Nro.	Golpes	Masa Suelo Hum. + Rec.	Masa Suelo Seco + Rec.	Masa Rec.	Masa agua	Masa Sólidos	W%	Promedio W%	
75GEO	4	16.54	14.71	10.89	1.83	3.82	47.91	47.74	
12		16.15	14.48	10.97	1.67	3.51	47.58		
64	16	15.59	14.30	11.28	1.29	3.02	42.72	42.50	
20		14.86	13.82	11.36	1.04	2.46	42.28		
61	32	16.51	15.07	11.44	1.44	3.63	39.67	39.33	
31		14.98	13.97	11.38	1.01	2.59	39.00		
41	42	14.85	13.80	11.03	1.05	2.77	37.91	37.82	
23		14.79	13.79	11.14	1.00	2.65	37.74		
LÍMITE LÍQUIDO									
									
LÍMITE PLÁSTICO - AASHTO T 90 2016									
Recipiente Nro.	Masa Suelo Hum. + Rec.	Masa Suelo Seco + Rec.	Masa Rec.	Masa agua	Masa Sólidos	W%	Promedio W%		
48	6.75	6.56	6.10	0.19	0.46	41.30	36.06		
25	8.05	7.85	7.40	0.20	0.45	44.44			
6	8.08	7.88	7.43	0.20	0.45	44.44			
3K	5.12	4.93	4.45	0.19	0.48	39.58			
11	7.99	7.81	6.10	0.18	1.71	10.53			
LÍMITES DE ATTERBERG				CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
Límite Líquido %	40.27			SISTEMA	AASHTO	A-2-4			
Límite Plástico %	36.06				SUCS	SM-SC			
Índice Plástico %	4.21								

Tabla 83. Muestra 9, “Choa3” Densidad de Campo y Gravedad Específica

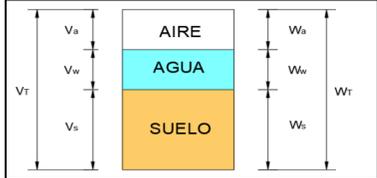
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 			
Proyecto: Análisis de las correlaciones entre CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi			
Provincia: Cotopaxi		Nro. Muestra: Choa3	
Cantón: Pujilí		Coordenadas: 715020; 9890368	
Parroquia: Pilaló		Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas	
Revisado por: Ing. Favio Portilla			
DENSIDAD DE CAMPO CONO Y ARENA - AASTHO T 191 2014			
Determinación del peso del suelo extraído (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda (gr)		Wm+Fun	1550
Peso de la funda (gr)		Fun	2
Peso de la masa de suelo (gr)		Wm=(Wm+Fun)-Fun	1548
Volumen de la perforación del suelo (Vm)			
Peso inicial frasco+cono+arena			3300
Peso final frasco+cono+arena			1550
Peso arena en el cono (Calibración del cono)			1606
Peso arena en la perforación			1750
Densidad de la Arena de Ottawa (calibración arena)			1.489
Volumen de la perforación		Vm	1175.29
Determinación del contenido de humedad			
Recipiente Nro.		153	19
Peso húmedo + recipiente		Wm+rec	35.92
Peso seco + recipiente		Ws+rec	27.51
Peso del recipiente		rec	11.77
Peso del agua		Ww	8.41
Peso de los sólidos		Ws	15.74
Contenido de humedad		w%	53.43
Contenido de humedad promedio		w% prom	53.23
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
Volumen (cm3)		Peso (gr)	
Vv	11.40	--	
Va	3.14	Wa	0
Vw	8.27	Ww	8.27
Vs	6.66	Ws	15.53
Vm	18.06	Wm	23.79
			
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso volumétrico del suelo		(γ_m)	1.317 gr/cm ³
Densidad seca		(γ_d)	0.860 gr/cm ³
Contenido de humedad		w%	53.23 %
Relación de vacíos		$e = (V_v/V_s) \cdot 100$	72.11 %
Porosidad		$n\% = (V_v/V_m) \cdot 100$	63.13 %
Grado de saturación del agua		$S_w\% = (V_w/V_v) \cdot 100$	72.49 %
Grado de saturación del aire		$S_a\% = (V_a/V_v) \cdot 100$	27.51 %
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SUELOS AASTHO T 100 2015			
Peso del picnómetro + agua		Wpw	661.12 gr
Picnómetro +agua + suelo sumergido		Wpws	683.03 gr
Desplazamiento del agua		Ws+Wpw-Wpws	16.46 gr
Temperatura de agua y suelo °C			19.71 °C
Factor de corrección por temperatura K			1 adim
Recipiente + Peso de suelo seco			183.85 gr
Peso de recipiente			145.48 gr
Peso del suelo seco		Ws	38.37 gr
Gravedad específica		$G_s = (W_s \cdot K) / (W_s + W_{pw} - W_{pws})$	2.664 gr

Tabla 84. Muestra 9, “Choa3” Proctor Modificado

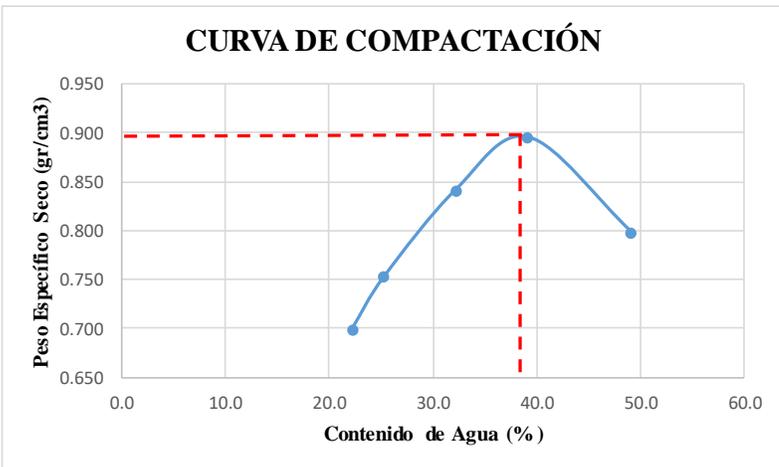
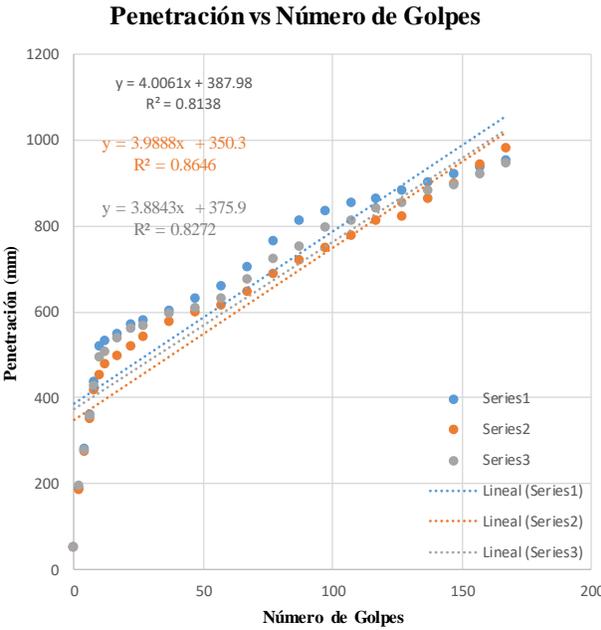
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR										
Proyecto: Análisis de las correlaciones entre CBR, DCP, propiedades Índice y mecánicas de los suelos de la parroquia Pilaló del Cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi										
Provincia: Cotopaxi		Muestra: Choa3								
Cantón: Pujilí		Coordenadas: 715020; 9890368								
Parroquia: Pilaló		Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas								
Revisado por: Ing. Favio Portilla										
PROCTOR MODIFICADO - AASHTO T 180 2018										
TIPO DE PRUEBA: Proctor Modificado		MASA MARTILLO: 10 Lb								
DATOS DEL MOLDE		ALTURA DE CAÍDA: 18 Pulg.								
VOLUMEN: 3176 cm ³		NÚMERO DE CAPAS: 5								
MASA: 12763 gr		GOLPES POR CAPA: 56								
PRUEBA Nro.	1		2		3		4		5	
% Rango en aumento	0		5		12		20		28	
Suelo húmedo + molde (gr)	15478		15760		16298		16719		16542	
Masa molde (gr)	12763		12763		12763		12763		12763	
Masa suelo húmedo (gr)	2715		2997		3535		3956		3779	
Peso unitario húm. (gr)	0.85		0.94		1.11		1.25		1.19	
Masa del tarro (gr)	127.33	128.38	130.78	50.02	31.53	127.36	11.82	30.36	127.19	33.48
Masa suelo húm. + tarro gr)	196.97	218.00	210.27	149.75	108.90	215.47	33.70	74.36	216.03	104.02
Masa suelo seco + tarro gr)	185.26	198.50	193.94	129.96	91.61	192.32	27.64	61.79	186.60	80.95
Masa del agua (gr)	11.71	19.5	16.33	19.79	17.29	23.15	6.06	12.57	29.43	23.07
Masa suelo seco (gr)	57.93	70.12	63.16	79.94	60.08	64.96	15.82	31.43	59.41	47.47
Contenido de agua (%)	20.21	27.81	25.85	24.76	28.78	35.64	38.31	39.99	49.54	48.60
w (%) Promedio	22.21		25.31		32.21		39.15		49.07	
Peso unitario Seco (gr/cm ³)	0.699		0.753		0.842		0.895		0.798	
Densidad Seca Máxima (gr/cm³):		0.895								
Humedad Óptima:		39.15%								
Grado de compactación:		96.04								
GRÁFICO DENSIDAD SECA MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA										
										

Tabla 85. Muestra 9, “Choa3” Índice de Penetración

 UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR			
Proyecto: Análisis de las correlaciones entre CBR, DCP y propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló, cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi			
Provincia: Cotopaxi		Nro. Muestra: Choa3	
Cantón: Pujilí		Coordenadas: 715020; 9890368	
Parroquia: Pilaló		Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas	
Revisado por: Ing. Favio Portilla			
ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03			
Número de golpes	A	B	C
	Penetración acumulada	Penetración acumulada	Penetración acumulada
#	mm	mm	mm
0	55	55	55
2	192	188	199
4	283	278	280
6	364	354	361
8	439	421	429
10	522	455	498
12	536	482	511
17	552	501	542
22	572	522	563
27	584	546	571
37	606	579	599
47	634	601	613
57	664	618	635
67	706	649	678
77	767	691	726
87	815	723	756
97	837	751	799
107	858	782	815
117	868	817	845
127	884	824	856
137	906	865	884
147	925	903	899
157	941	945	924
167	955	984	950



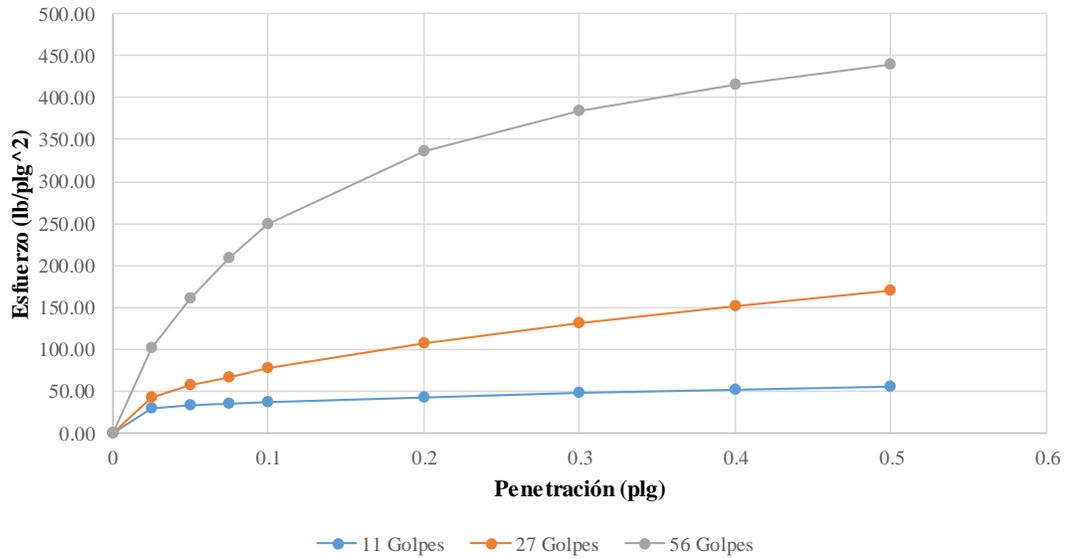
DN (mm/golpe)		DN (prom)
A	5.682	
B	5.377	
C	5.648	

Tabla 86. Muestra 9, “Choa3” Relación de Soporte de California (CBR)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 						
Proyecto: Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi						
Provincia: Cotopaxi			Nro. Muestra: Choa3			
Cantón: Pujilí			Coordenadas: 715020; 9890368			
Parroquia: Pilaló			Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas			
Revisado por: Ing. Favio Portilla						
CBR de Laboratorio - AASHTO T 193-2013						
Espécimen Nro.	1		2		3	
Nro. De capas	5		5		5	
Nro. De golpes por capa	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	11708		11485		11016	
Masa del molde (gr)	9187		8280		7536	
Masa muestra húmeda (gr)	2521		3205		3480	
Volumen muestra (cm3)	2323		2304		2250	
Peso unitario húmedo (gr/cm3)	1.085		1.391		1.547	
Contenido de Humedad	Collarín	Bandeja	Collarín	Bandeja	Collarín	Bandeja
Masa suelo húmedo + recip (gr)	91.00	133.53	131.24	139.81	100.34	96.78
Masa suelo seco + recip. (gr)	74.25	104.64	102.85	112.29	79.80	78.91
Masa recipiente (gr)	30.88	30.24	32.26	32.70	30.33	31.23
Masa del agua (gr)	16.75	28.89	28.39	27.52	20.54	17.87
Masa suelo seco (gr)	43.37	74.40	70.59	79.59	49.47	47.68
Contenido de humedad w%	38.62	38.83	40.22	34.58	41.52	37.48
w% promedio	38.73		37.40		39.50	
Peso unitario seco (gr/cm3)	0.782		1.012		1.109	
Parámetros después de ser sumergido						
Muestra húmeda + molde (gr)	12605		11928		11250	
Masa del molde (gr)	2323		2304		2250	
Masa muestra húmeda (gr)	10282		9624		9000	
Masa de agua absorbida (gr)	7761		6419		5520	
% de agua absorbida	75.48		66.70		61.33	
Contenido de Humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + recip (gr)	101.88	92.74	67.23	73.33	80.65	58.36
Masa suelo seco + recip. (gr)	70.02	66.7	53.31	53.37	59.77	48.13
Masa recipiente (gr)	31.23	30.24	30.58	26.5	24.08	30.69
Masa del agua (gr)	31.86	26.04	13.92	19.96	20.88	10.23
Masa suelo seco (gr)	38.79	36.46	22.73	26.87	35.69	17.44
Contenido de humedad w%	82.13	71.42	61.24	74.28	58.50	58.66
w% promedio	76.78		67.76		58.58	
Penetración en la máquina CBR						
Espécimen Nro.	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg2)	Dial	Presión (lb/plg2)	Dial	Presión (lb/plg2)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	90.20	30.07	129.60	43.20	306.60	102.20
0.05	100.10	33.37	169.30	56.43	483.30	161.10
0.075	104.70	34.90	200.80	66.93	623.80	207.93
0.1	110.40	36.80	231.20	77.07	747.00	249.00
0.2	126.80	42.27	322.30	107.43	1008.60	336.20
0.3	143.40	47.80	393.80	131.27	1152.20	384.07
0.4	156.90	52.30	452.60	150.87	1247.60	415.87
0.5	168.40	56.13	508.00	169.33	1318.60	439.53

Gráfica de Esfuerzo vs Penetración

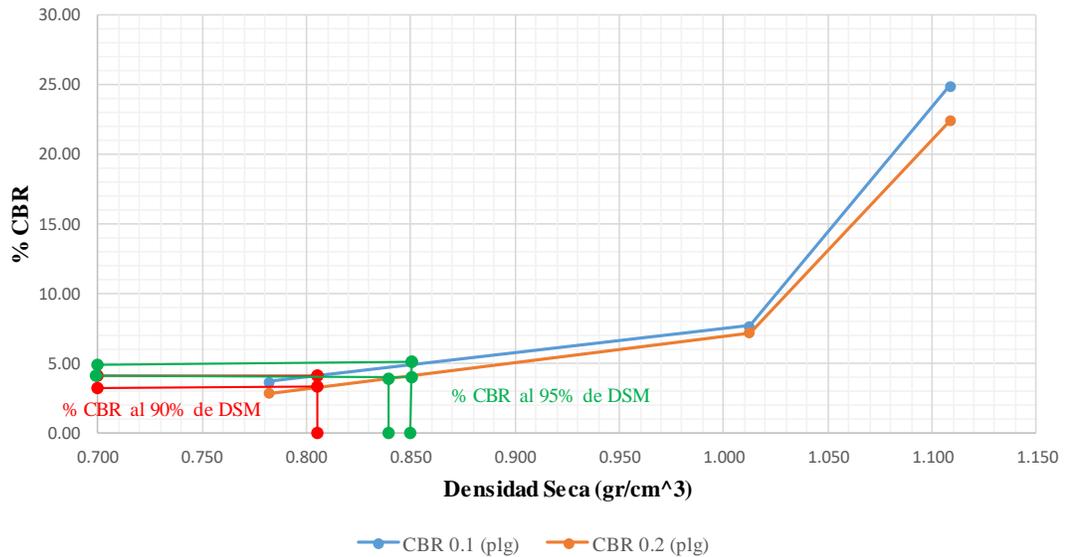
ESFUERZO VS PENETRACIÓN



CBR Corregidos

Espécimen Nro.	Presión (lb/plg ²)	CBR 0.1 plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0.2 plg	Densidad Seca
1	36.80	3.68	0.782	42.27	2.82	0.782
2	77.07	7.71	1.012	107.43	7.16	1.012
3	249.00	24.90	1.109	336.2	22.41	1.109

% CBR VS DENSIDAD SECA



Densidad seca máxima (gr/cm ³)		0.895		
DSM		% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg	% CBR mayor
90%	0.806	3.00	4.00	4.00
95%	0.850	4.00	5.00	5.00
CBR PUNTUAL			5.00	%

Tabla 87. Muestra 10, “ELPa1” Humedad Natural y Granulometría

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	
<p>Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas de los suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi</p> <p>Provincia: Cotopaxi Muestra: ELPa1 Cantón: Pujilí Coordenadas: 721906; 9882917 Parroquia: Pilaló Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas Revisado por: Ing. Favio Portilla</p>							
HUMEDAD NATURAL - AASHTO T 265 -2015							
W tarro (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% w	% W Prom.			
10.85	18.39	9.1	102.09	101.73			
11.09	17.58	8.73	101.37				
GRANULOMETRÍA - AASHTO T 88							
Peso Muestra Seca					600.87		
Tamiz (mm)	Tamiz N°	Pesos Retenidos	Pesos Retenidos Acumulados	% Retenidos	% Pasa		
4.76	4	1.56	1.56	0.26	99.74		
2.38	8	37.38	38.94	6.48	93.52		
2.00	10	21.36	60.30	10.04	89.96		
1.19	16	80.76	141.06	23.48	76.52		
0.565	30	110.10	251.16	41.80	58.20		
0.42	40	62.24	313.40	52.16	47.84		
0.297	50	68.27	381.67	63.52	36.48		
0.25	60	25.53	407.20	67.77	32.23		
0.149	100	75.39	482.59	80.32	19.68		
0.074	200	73.27	555.86	92.51	7.49		
0.03	Fuente	44.57	600.43	99.93	0.07		
GRANULOMETRÍA							
D10mm	0.093	$C_u = D_{60}/D_{10}$		6.45			
D30mm	0.226	$C_c = D_{30}^2 / (D_{60} * D_{10})$		0.92			
D60mm	0.6	Tamaño Nominal Máximo (TNM)		2.00 mm			

Tabla 88. Muestra 10, “ELPa1” Límite Líquido y Límite Plástico

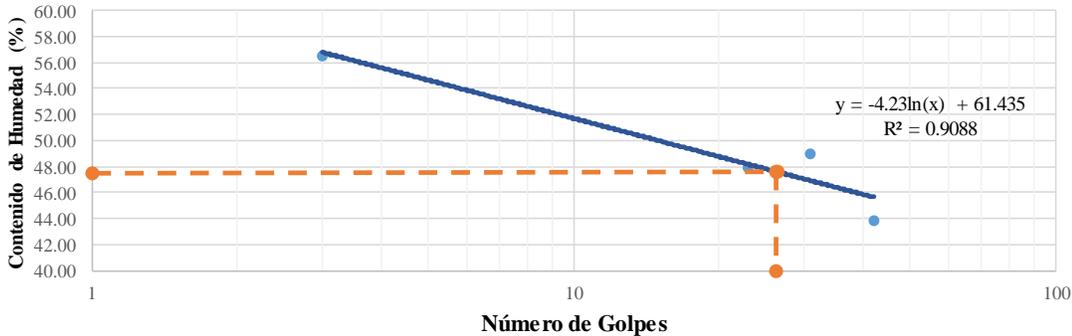
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR							
Proyecto:		Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, Propiedades Índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi							
Provincia: Cotopaxi		Nro. Muestra: ELPa1							
Cantón: Pujilí		Coordenadas: 721906; 9882917							
Parroquia: Pilaló		Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas							
		Revisado por: Ing. Favio Portilla							
LÍMITE LÍQUIDO (COPA DE CASAGRANDE) - AASHTO T 89 2013									
Recipiente Nro.	Golpes	Masa Suelo Hum. + Rec.	Masa Suelo Seco + Rec.	Masa Rec.	Masa agua	Masa Sólidos	W%	Promedio W%	
72	3	17.85	15.77	12.10	2.08	3.67	56.68	56.60	
41		15.70	14.01	11.02	1.69	2.99	56.52		
73	23	13.94	13.07	11.19	0.87	1.88	46.28	47.91	
20		14.63	13.54	11.34	1.09	2.20	49.55		
68	31	13.85	12.86	10.84	0.99	2.02	49.01	49.07	
23		14.52	13.40	11.12	1.12	2.28	49.12		
61	42	14.00	13.20	11.38	0.80	1.82	43.96	43.91	
13		14.72	13.61	11.08	1.11	2.53	43.87		
LÍMITE LÍQUIDO									
									
LÍMITE PLÁSTICO - AASHTO T 90 2016									
Recipiente Nro.	Masa Suelo Hum. + Rec.	Masa Suelo Seco + Rec.	Masa Rec.	Masa agua	Masa Sólidos	W%	Promedio W%		
60	6.87	6.65	6.11	0.22	0.54	40.74	42.29		
43	6.56	6.38	5.98	0.18	0.40	45.00			
5F	6.88	6.65	6.04	0.23	0.61	37.70			
19	6.68	6.48	6.01	0.20	0.47	42.55			
83	6.79	6.59	6.15	0.20	0.44	45.45			
LÍMITES DE ATTERBERG				CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
Límite Líquido %	47.82			SISTEMA	AASHTO	A-2-5			
Límite Plástico %	42.29				SUCS	SM - SC			
Índice Plástico %	5.53								

Tabla 89. Muestra 10, “ELPa1” Densidad de Campo y Gravedad Específica

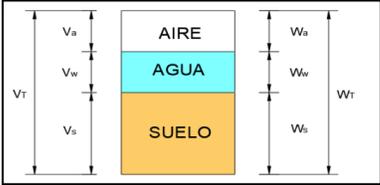
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 																									
Proyecto: Análisis de las correlaciones entre CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi																									
Provincia: Cotopaxi	Nro. Muestra: ELPa1																								
Cantón: Pujilí	Coordenadas: 721906; 9882917																								
Parroquia: Pilaló	Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas Revisado por: Ing. Favio Portilla																								
DENSIDAD DE CAMPO CONO Y ARENA - AASTHO T 191 2014																									
Determinación del peso del suelo extraído (Wm)																									
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	Wm+Fun	1900																							
Peso de la funda (gr)	Fun	2																							
Peso de la masa de suelo (gr)	Wm=(Wm+Fun)-Fun	1898																							
Volumen de la perforación del suelo (Vm)																									
Peso inicial frasco+cono+arena		3300																							
Peso final frasco+cono+arena		900																							
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		1606																							
Peso arena en la perforación		2400																							
Densidad de la Arena de Ottawa (calibración arena)		1.489																							
Volumen de la perforación	Vm	1611.82																							
Determinación del contenido de humedad																									
Recipiente Nro.		70 63																							
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	29.24 28.67																							
Peso seco + recipiente	Ws+rec	19.95 19.82																							
Peso del recipiente	rec	10.85 11.09																							
Peso del agua	Ww	9.29 8.85																							
Peso de los sólidos	Ws	9.10 8.73																							
Contenido de humedad	w%	102.09 101.37																							
Contenido de humedad promedio	w% prom	101.73																							
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Volumen (cm3)</th> <th colspan="2">Peso (gr)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vv</td> <td>11.10</td> <td>--</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Va</td> <td>2.03</td> <td>Wa</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Vw</td> <td>9.07</td> <td>Ww</td> <td>9.07</td> </tr> <tr> <td>Vs</td> <td>4.18</td> <td>Ws</td> <td>8.92</td> </tr> <tr> <td>Vm</td> <td>15.27</td> <td>Wm</td> <td>17.99</td> </tr> </tbody> </table>		Volumen (cm3)		Peso (gr)		Vv	11.10	--		Va	2.03	Wa	0	Vw	9.07	Ww	9.07	Vs	4.18	Ws	8.92	Vm	15.27	Wm	17.99
Volumen (cm3)		Peso (gr)																							
Vv	11.10	--																							
Va	2.03	Wa	0																						
Vw	9.07	Ww	9.07																						
Vs	4.18	Ws	8.92																						
Vm	15.27	Wm	17.99																						
																									
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO																									
Peso volumétrico del suelo	(γ_m)	1.178	gr/cm3																						
Densidad seca	(γ_d)	0.584	gr/cm3																						
Contenido de humedad	w%	93.34	%																						
Relación de vacíos	$e = (V_v/V_s) * 100$	64.55	%																						
Porosidad	$n\% = (V_v/V_m) * 100$	72.66	%																						
Grado de saturación del agua	$S_w\% = (V_w/V_v) * 100$	81.73	%																						
Grado de saturación del aire	$S_a\% = (V_a/V_v) * 100$	18.27	%																						
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SUELOS AASTHO T 100 2015																									
Peso del picnómetro + agua	Wpw	661.16	gr																						
Picnómetro + agua + suelo sumergido	Wpws	685.74	gr																						
Desplazamiento del agua	Ws+Wpw-Wpws	21.57	gr																						
Temperatura de agua y suelo °C		20.9	°C																						
Factor de corrección por temperatura K		0.99799	adim																						
Recipiente + Peso de suelo seco		156.36	gr																						
Peso de recipiente		110.21	gr																						
Peso del suelo seco	Ws	46.15	gr																						
Gravedad específica	$G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{pw} - W_{pws})$	2.641	gr																						

Tabla 90. Muestra 10, “ELPa1” Proctor Modificado

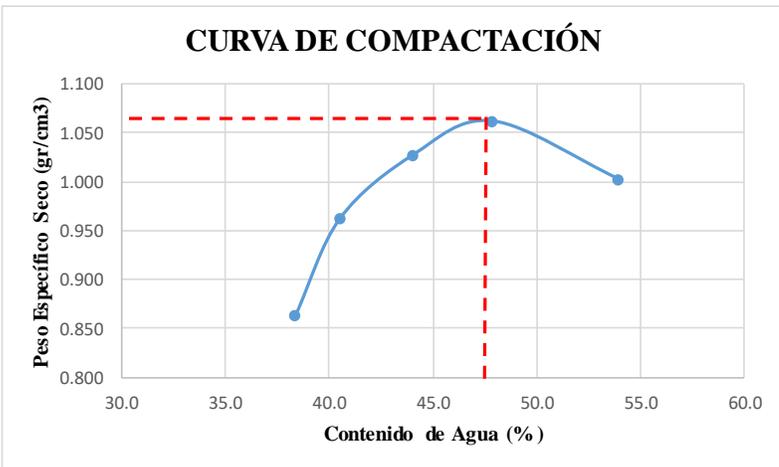
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR										
Proyecto:	Análisis de las correlaciones entre CBR, DCP, propiedades Índice y mecánicas de los suelos de la parroquia Pilaló del Cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi									
Provincia:	Cotopaxi	Muestra:	ELPa1							
Cantón:	Pujilí	Coordenadas:	721906; 9882917							
Parroquia:	Pilaló	Ensayado por:	Saúl Alejandro Trávez Vargas							
		Revisado por:	Ing. Favio Portilla							
PROCTOR MODIFICADO - AASHTO T 180 2018										
TIPO DE PRUEBA:	Proctor Modificado				MASA MARTILLO:	10 Lb				
DATOS DEL MOLDE					ALTURA DE CAÍDA:	18 Pulg.				
VOLUMEN:	2323 cm ³				NÚMERO DE CAPAS:	5				
MASA:	12734 gr				GOLPES POR CAPA:	56				
PRUEBA Nro.	1		2		3		4		5	
% Rango en aumento	0		4		8		12		17	
Suelo húmedo + molde (gr)	15508		15875		16172		16382		16320	
Masa molde (gr)	12734		12734		12734		12734		12734	
Masa suelo húmedo (gr)	2774		3141		3438		3648		3586	
Peso unitario húm. (gr)	1.19		1.35		1.48		1.57		1.54	
Masa del tarro (gr)	11.06	10.86	11.09	11.76	11.65	11.46	11.51	11.20	11.38	10.84
Masa suelo húm. + tarro gr)	28.14	29.15	31.61	28.91	34.64	33.72	35.98	32.85	32.32	35.05
Masa suelo seco + tarro gr)	23.37	24.12	25.67	23.99	27.58	26.95	28.02	25.88	25.02	26.53
Masa del agua (gr)	4.77	5.03	5.94	4.92	7.06	6.77	7.96	6.97	7.3	8.52
Masa suelo seco (gr)	12.31	13.26	14.58	12.23	15.93	15.49	16.51	14.68	13.64	15.69
Contenido de agua (%)	38.75	37.93	40.74	40.23	44.32	43.71	48.21	47.48	53.52	54.30
w (%) Promedio	38.34		40.48		44.01		47.85		53.91	
Peso unitario Seco (gr/cm ³)	0.86		0.96		1.03		1.06		1.00	
Densidad Seca Máxima (gr/cm³):					1.062					
Humedad Óptima:					47.85%					
Grado de compactación:					54.96					
GRÁFICO DENSIDAD SECA MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA										
										

Tabla 91. Muestra 10, “ELPa1” Índice de Penetración

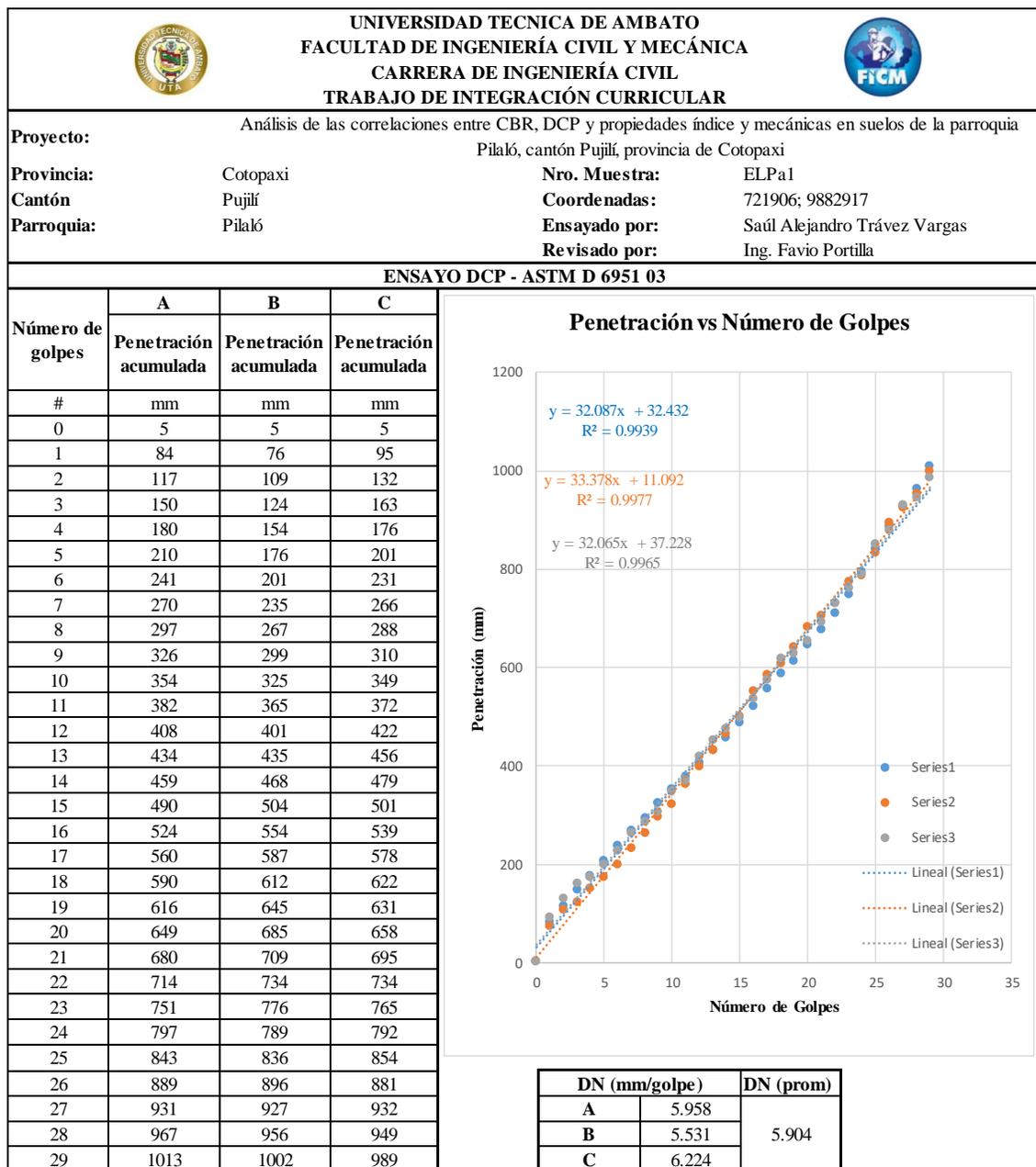
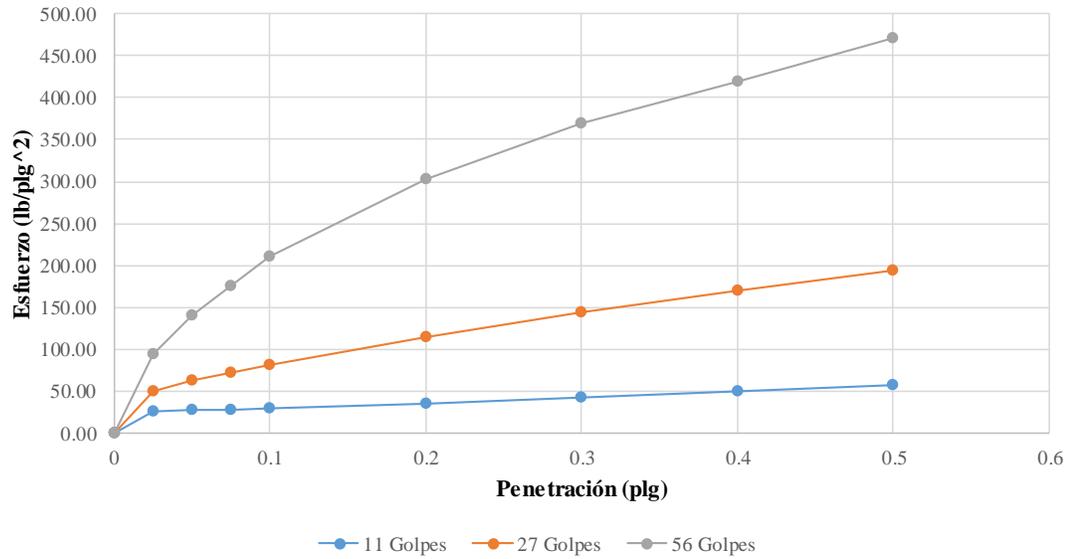


Tabla 92. Muestra 10, “ELPa1” Relación de Soporte de California (CBR)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 						
Proyecto: Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi						
Provincia: Cotopaxi			Nro. Muestra: ELPa1			
Cantón: Pujilí			Coordenadas: 721906; 9882917			
Parroquia: Pilaló			Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas			
Revisado por: Ing. Favio Portilla						
CBR de Laboratorio - AASHTO T 193-2013						
Espécimen Nro.	1		2		3	
Nro. De capas	5		5		5	
Nro. De golpes por capa	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	11903		10603		11710	
Masa del molde (gr)	9188		7555		8266	
Masa muestra húmeda (gr)	2715		3048		3444	
Volumen muestra (cm ³)	2341		3085		2268	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.160		0.988		1.519	
Contenido de Humedad	Collarín	Bandeja	Collarín	Bandeja	Collarín	Bandeja
Masa suelo húmedo + recip (gr)	86.81	121.92	119.18	86.65	83.24	81.14
Masa suelo seco + recip. (gr)	65.65	90.33	88.04	66.87	63.62	64.91
Masa recipiente (gr)	30.59	32.70	32.26	30.59	24.68	30.88
Masa del agua (gr)	21.16	31.59	31.14	19.78	19.62	16.23
Masa suelo seco (gr)	35.06	57.63	55.78	36.28	38.94	34.03
Contenido de humedad w%	60.35	54.82	55.83	54.52	50.39	47.69
w% promedio	57.58		55.17		49.04	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	0.637		0.736		1.019	
Parámetros después de ser sumergido						
Muestra húmeda + molde (gr)	12437		10951		11846	
Masa del molde (gr)	9188		7555		8266	
Masa muestra húmeda (gr)	3249		3396		3580	
Masa de agua absorbida (gr)	534		348		136	
% de agua absorbida	16.44		10.25		3.80	
Contenido de Humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + recip (gr)	93.17	80.15	74.53	101.43	124.21	82.75
Masa suelo seco + recip. (gr)	61.06	55.48	53.33	70.65	87.01	60.89
Masa recipiente (gr)	24.08	26.5	30.88	32.26	30.24	30.58
Masa del agua (gr)	32.11	24.67	21.2	30.78	37.2	21.86
Masa suelo seco (gr)	36.98	28.98	22.45	38.39	56.77	30.31
Contenido de humedad w%	86.83	85.13	94.43	80.18	65.53	72.12
w% promedio	85.98		87.30		68.82	
Penetración en la máquina CBR						
Espécimen Nro.	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	78.20	26.07	146.90	48.97	279.60	93.20
0.05	80.50	26.83	185.60	61.87	419.80	139.93
0.075	83.30	27.77	216.80	72.27	528.30	176.10
0.1	87.30	29.10	243.20	81.07	628.60	209.53
0.2	105.80	35.27	343.60	114.53	906.70	302.23
0.3	127.80	42.60	431.90	143.97	1108.60	369.53
0.4	150.00	50.00	509.00	169.67	1258.20	419.40
0.5	172.00	57.33	579.60	193.20	1411.30	470.43

Gráfica de Esfuerzo vs Penetración

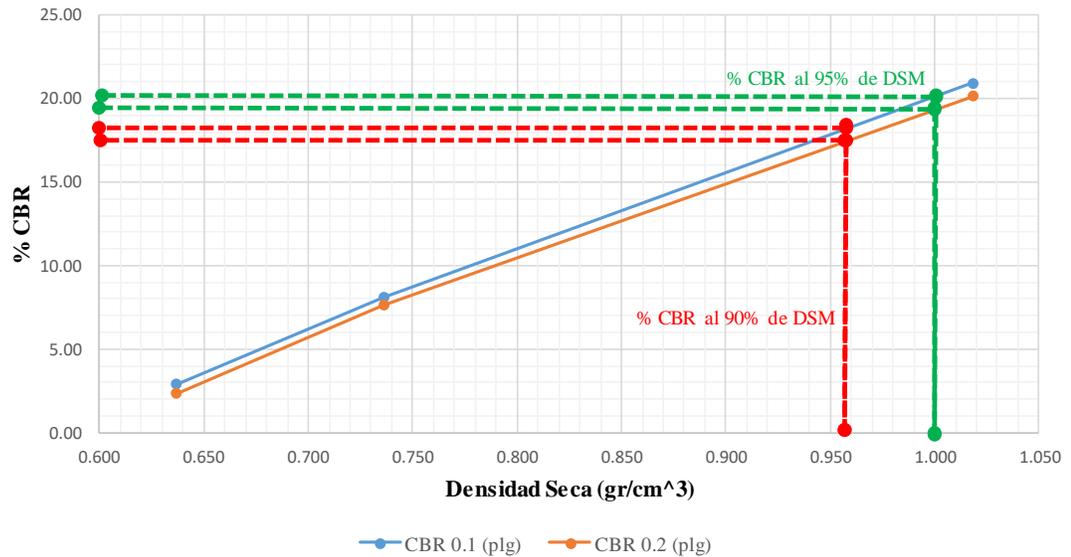
ESFUERZO VS PENETRACIÓN



CBR Corregidos

Espécimen Nro.	Presión (lb/plg ²)	CBR 0.1 plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0.2 plg	Densidad Seca
1	29.10	2.91	0.637	35.27	2.35	0.637
2	81.07	8.11	0.736	114.53	7.64	0.736
3	209.53	20.95	1.019	302.53	20.17	1.019

% CBR VS DENSIDAD SECA



Densidad seca máxima (gr/cm ³)		1.062		
DSM		% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg	% CBR mayor
90%	0.956	17.50	19.50	19.50
95%	1.009	18.20	20.10	20.10
CBR PUNTUAL			20.10	%

Tabla 93. Muestra 11, “ELPa2” Humedad Natural y Granulometría

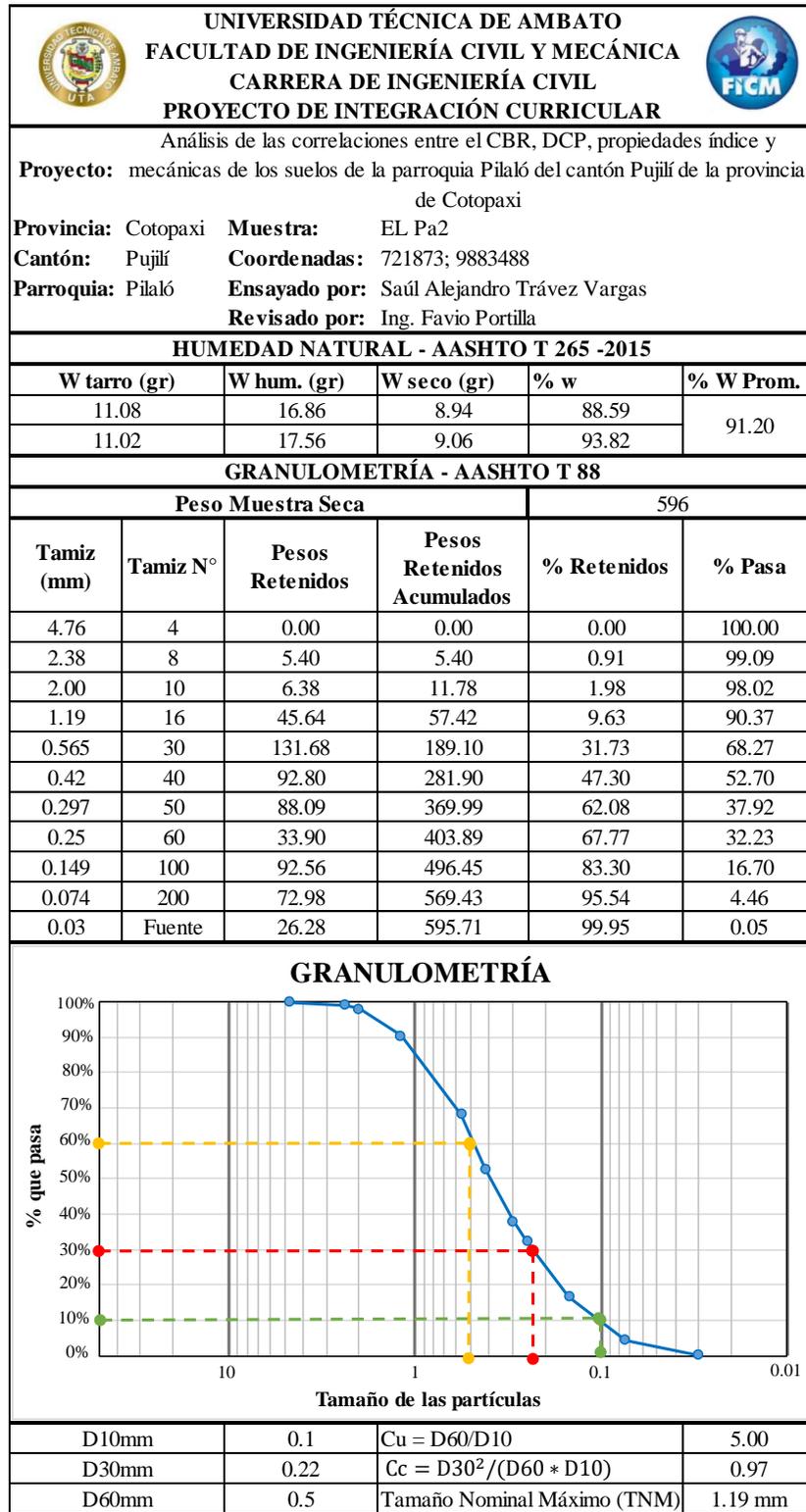


Tabla 94. Muestra 11, “ELPa2” Límite Líquido y Límite Plástico

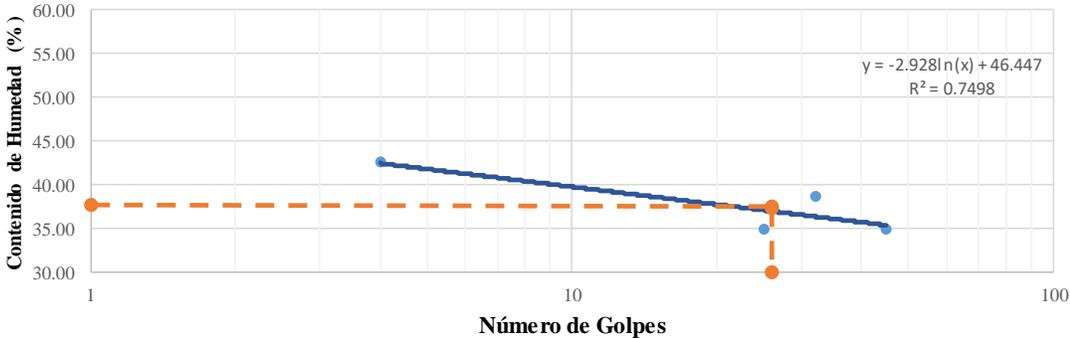
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR							
Proyecto:		Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, Propiedades Índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi							
Provincia: Cotopaxi		Nro. Muestra: El Pa2							
Cantón: Pujilí		Coordenadas: 721873; 9883488							
Parroquia: Pilaló		Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas							
		Revisado por: Ing. Favio Portilla							
LÍMITE LÍQUIDO (COPA DE CASAGRANDE) - AASHTO T 89 2013									
Recipiente Nro.	Golpes	Masa Suelo Hum. + Rec.	Masa Suelo Seco + Rec.	Masa Rec.	Masa agua	Masa Sólidos	W%	Promedio W%	
23	4	17.54	15.61	11.12	1.93	4.49	42.98	42.56	
41		16.72	15.03	11.02	1.69	4.01	42.14		
68	25	14.51	13.56	10.84	0.95	2.72	34.93	34.94	
73		14.82	13.88	11.19	0.94	2.69	34.94		
20	32	14.99	13.98	11.34	1.01	2.64	38.26	38.64	
61		14.80	13.84	11.38	0.96	2.46	39.02		
72	45	15.00	14.24	12.10	0.76	2.14	35.51	34.87	
13		14.10	13.33	11.08	0.77	2.25	34.22		
LÍMITE LÍQUIDO									
									
LÍMITE PLÁSTICO - AASHTO T 90 2016									
Recipiente Nro.	Masa Suelo Hum. + Rec.	Masa Suelo Seco + Rec.	Masa Rec.	Masa agua	Masa Sólidos	W%	Promedio W%		
19	7.01	6.73	6.01	0.28	0.72	38.89	35.44		
60	6.73	6.59	6.11	0.14	0.48	29.17			
5F	7.24	6.91	6.04	0.33	0.87	37.93			
83	7.28	6.94	6.15	0.34	0.79	43.04			
43	7.39	7.00	5.98	0.39	1.02	38.24			
LÍMITES DE ATTERBERG				CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
Límite Líquido %	37.02			SISTEMA	AASHTO	A-2-4			
Límite Plástico %	35.44				SUCS	SM			
Índice Plástico %	1.58								

Tabla 95. Muestra 11, “ELPa2” Densidad de Campo y Gravedad Específica

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 			
Proyecto: Análisis de las correlaciones entre CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi			
Provincia: Cotopaxi		Nro. Muestra: EL. Pa2	
Cantón: Pujilí		Coordenadas: 721873; 9883488	
Parroquia: Pilaló		Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas	
Revisado por: Ing. Favio Portilla			
DENSIDAD DE CAMPO CONO Y ARENA - AASTHO T 191 2014			
Determinación del peso del suelo extraído (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda (gr)		Wm+Fun	1450
Peso de la funda (gr)		Fun	2
Peso de la masa de suelo (gr)		Wm=(Wm+Fun)-Fun	1448
Volumen de la perforación del suelo (Vm)			
Peso inicial frasco+cono+arena			3300
Peso final frasco+cono+arena			1750
Peso arena en el cono (Calibración del cono)			1606
Peso arena en la perforación			1550
Densidad de la Arena de Ottawa (calibración arena)			1.489
Volumen de la perforación		Vm	1040.97
Determinación del contenido de humedad			
Recipiente Nro.		40	41
Peso húmedo + recipiente		Wm+rec	27.94
Peso seco + recipiente		Ws+rec	20.02
Peso del recipiente		rec	11.08
Peso del agua		Ww	7.92
Peso de los sólidos		Ws	8.94
Contenido de humedad		w%	88.59
Contenido de humedad promedio		w% prom	91.20
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
Volumen (cm3)		Peso (gr)	
Vv	8.49	--	
Va	0.28	Wa	0
Vw	8.21	Ww	8.21
Vs	3.88	Ws	9.00
Vm	12.37	Wm	17.21
			
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso volumétrico del suelo		(γ_m)	1.391
Densidad seca		(γ_d)	0.727
Contenido de humedad		w%	91.20
Relación de vacíos		$e = (V_v/V_s) \cdot 100$	62.32
Porosidad		$n\% = (V_v/V_m) \cdot 100$	68.66
Grado de saturación del agua		$S_w\% = (V_w/V_v) \cdot 100$	96.65
Grado de saturación del aire		$S_a\% = (V_a/V_v) \cdot 100$	3.35
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SUELOS AASTHO T 100 2015			
Peso del picnómetro + agua		Wpw	652.00
Picnómetro +agua + suelo sumergido		Wpws	679.30
Desplazamiento del agua		Ws+Wpw-Wpws	20.59
Temperatura de agua y suelo °C			21.00
Factor de corrección por temperatura K			0.99799
Recipiente + Peso de suelo seco			108.27
Peso de recipiente			60.38
Peso del suelo seco		Ws	47.89
Gravedad específica		$G_s = (W_s \cdot K) / (W_s + W_{pw} - W_{pws})$	2.658

Tabla 96. Muestra 11, “ELPa2” Proctor Modificado

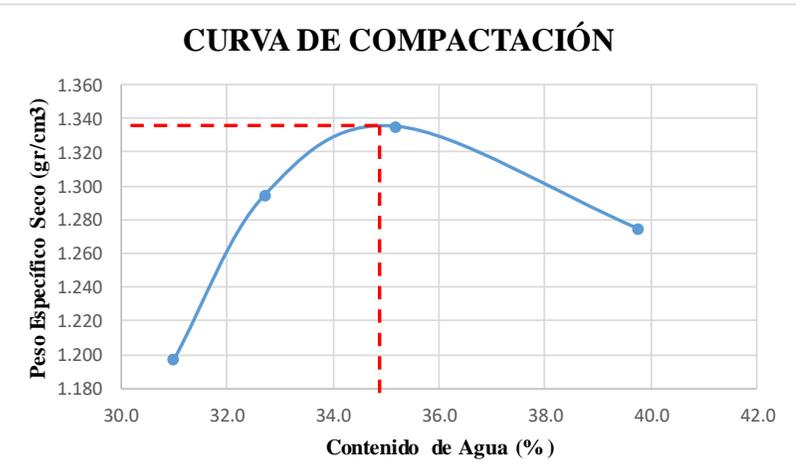
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 								
Proyecto:	Análisis de las correlaciones entre CBR, DCP, propiedades Índice y mecánicas de los suelos de la parroquia Pilaló del Cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi							
Provincia:	Cotopaxi Muestra: El Pa. 2							
Cantón:	Pujilí Coordenadas: 721873; 9883488							
Parroquia:	Pilaló Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas							
	Revisado por: Ing.							
PROCTOR MODIFICADO - AASHTO T 180 2018								
TIPO DE PRUEBA:	Proctor Modificado MASA MARTILLO: 10 Lb							
DATOS DEL MOLDE	ALTURA DE CAÍDA: 18 Pulg.							
VOLUMEN:	2221 cm ³ NÚMERO DE CAPAS: 5							
MASA:	12771 gr GOLPES POR CAPA: 56							
PRUEBA Nro.	1	2	3	4				
% Rango en aumento	0	3	6	10				
Suelo húmedo + molde (gr)	16254	16588	16781	16728				
Masa molde (gr)	12771	12771	12771	12771				
Masa suelo húmedo (gr)	3483	3817	4010	3957				
Peso unitario húm. (gr)	1.57	1.72	1.81	1.78				
Masa del tarro (gr)	31.11	11.06	7.39	7.47	7.47	10.68	30.74	30.74
Masa suelo húm. + tarro (gr)	60.62	27.86	28.05	25.86	35.33	55.07	80.83	80.83
Masa suelo seco + tarro (gr)	53.90	23.30	23.22	21.46	28.25	43.25	66.58	66.58
Masa del agua (gr)	6.72	4.56	4.83	4.4	7.08	11.82	14.25	14.25
Masa suelo seco (gr)	22.79	12.24	15.83	13.99	20.78	32.57	35.84	35.84
Contenido de agua (%)	26.49	34.25	31.30	33.20	34.07	36.29	39.76	39.76
w (%) Promedio	30.98		32.70		35.18		39.76	
Peso unitario Seco (gr/cm ³)	1.197		1.295		1.336		1.275	
Densidad Seca Máxima (gr/cm³):	1.336							
Humedad Óptima:	35.28%							
Grado de compactación:	54.45							
GRÁFICO DENSIDAD SECA MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p style="text-align: center;">CURVA DE COMPACTACIÓN</p> 								

Tabla 97. Muestra 11, “ELPa2” Índice de Penetración

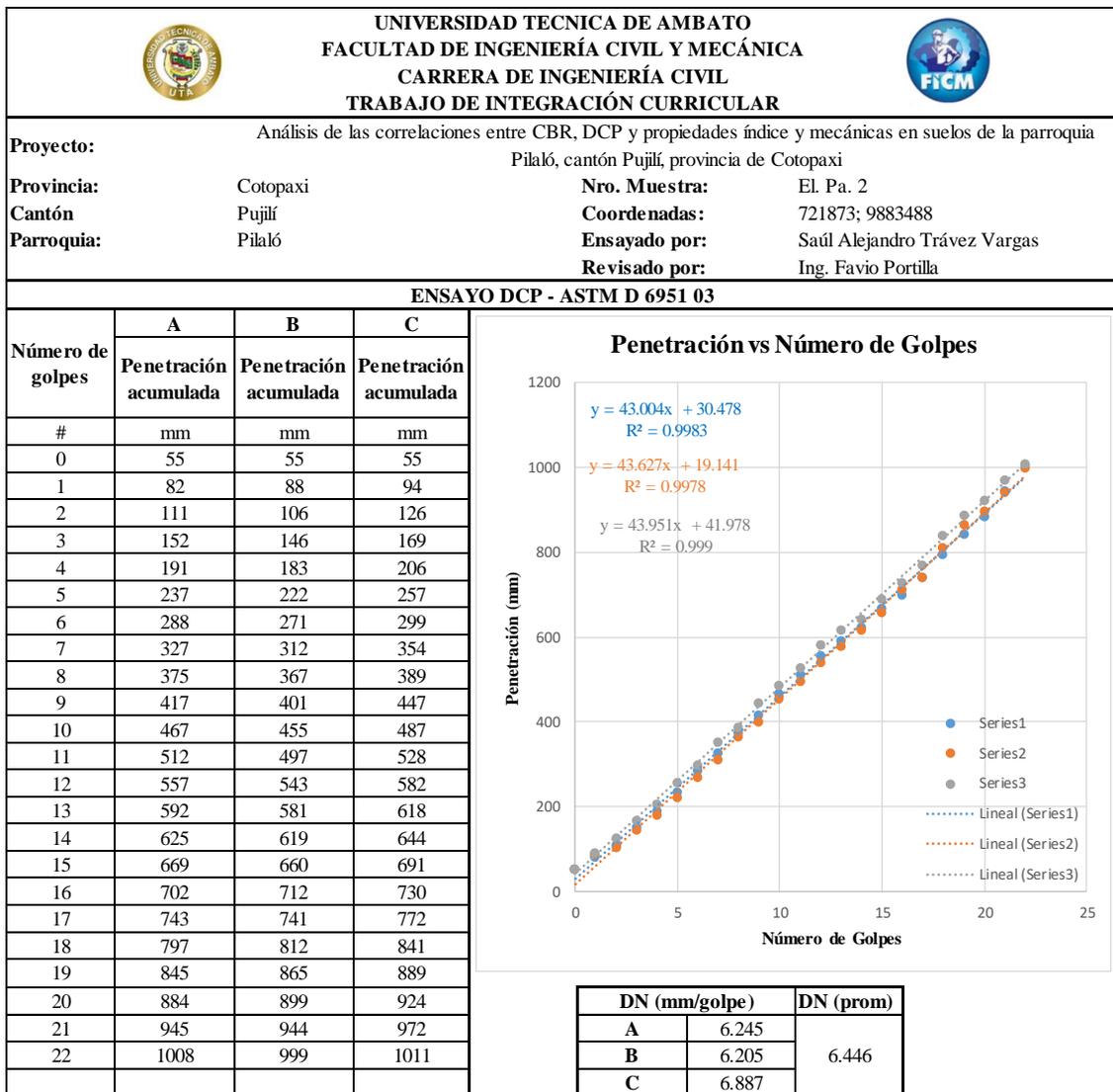
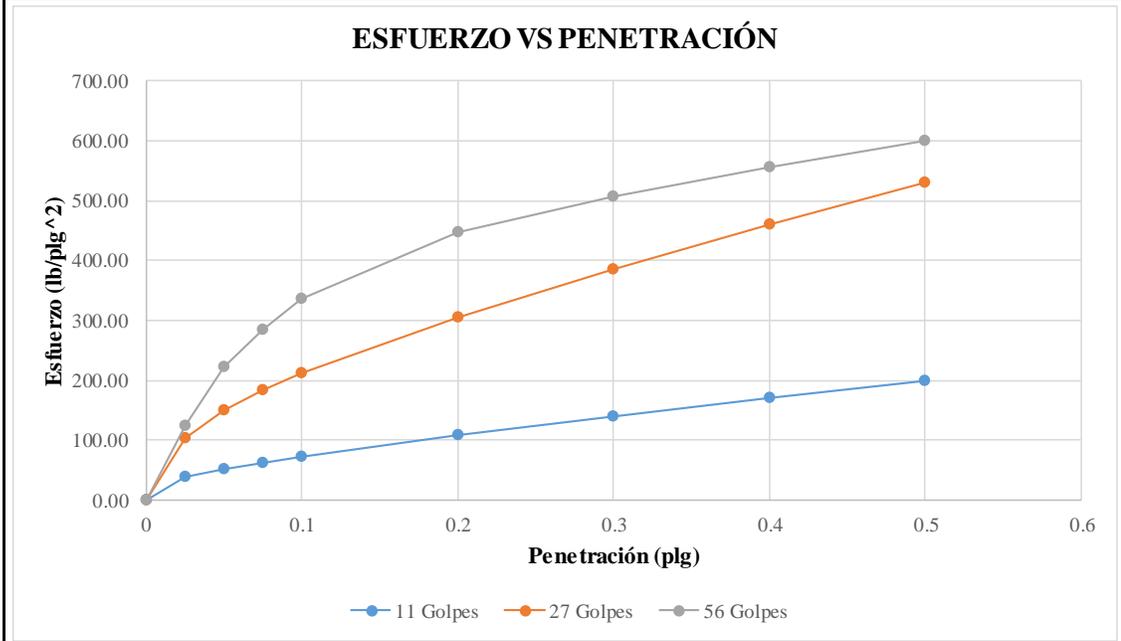


Tabla 98. Muestra 11, “ELPa2” Relación de Soporte de California (CBR)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 						
Proyecto: Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi						
Provincia: Cotopaxi			Nro. Muestra: ELPa2			
Cantón: Pujilí			Coordenadas: 721873; 9883488			
Parroquia: Pilaló			Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas			
Revisado por: Ing. Favio Portilla						
CBR de Laboratorio - AASHTO T 193-2013						
Espécimen Nro.	1		2		3	
Nro. De capas	5		5		5	
Nro. De golpes por capa	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	11571		11030		12970	
Masa del molde (gr)	8436		7541		9045	
Masa muestra húmeda (gr)	3135		3489		3925	
Volumen muestra (cm ³)	2286		2268		2286	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.371		1.538		1.717	
Contenido de Humedad	Collarín	Bandeja	Collarín	Bandeja	Collarín	Bandeja
Masa suelo húmedo + recip (gr)	97.76	134.12	94.00	127.04	130.22	90.23
Masa suelo seco + recip. (gr)	80.90	107.47	78.51	103.92	107.11	76.20
Masa recipiente (gr)	31.23	30.24	30.88	32.70	32.26	31.36
Masa del agua (gr)	16.86	26.65	15.49	23.12	23.11	14.03
Masa suelo seco (gr)	49.67	77.23	47.63	71.22	74.85	44.84
Contenido de humedad w%	33.94	34.51	32.52	32.46	30.88	31.29
w% promedio	34.23		32.49		31.08	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.022		1.161		1.310	
Parámetros después de ser sumergido						
Muestra húmeda + molde (gr)	12041		11328		13125	
Masa del molde (gr)	8436		7541		9045	
Masa muestra húmeda (gr)	3605		3787		4080	
Masa de agua absorbida (gr)	470		298		155	
% de agua absorbida	13.04		7.87		3.80	
Contenido de Humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + recip (gr)	125.46	97.22	146.31	97.25	133.24	95.47
Masa suelo seco + recip. (gr)	91.1	73.81	109.88	75.05	103.36	75.25
Masa recipiente (gr)	32.7	31.36	30.24	30.88	32.26	31.23
Masa del agua (gr)	34.36	23.41	36.43	22.2	29.88	20.22
Masa suelo seco (gr)	58.4	42.45	79.64	44.17	71.1	44.02
Contenido de humedad w%	58.84	55.15	45.74	50.26	42.03	45.93
w% promedio	56.99		48.00		43.98	
Penetración en la máquina CBR						
Espécimen Nro.	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	116.80	38.93	309.60	103.20	368.90	122.97
0.05	153.30	51.10	446.00	148.67	666.80	222.27
0.075	186.30	62.10	548.80	182.93	849.80	283.27
0.1	216.60	72.20	636.30	212.10	1010.80	336.93
0.2	322.80	107.60	918.30	306.10	1345.00	448.33
0.3	419.60	139.87	1156.00	385.33	1518.00	506.00
0.4	510.00	170.00	1376.60	458.87	1664.60	554.87
0.5	594.60	198.20	1586.50	528.83	1796.50	598.83

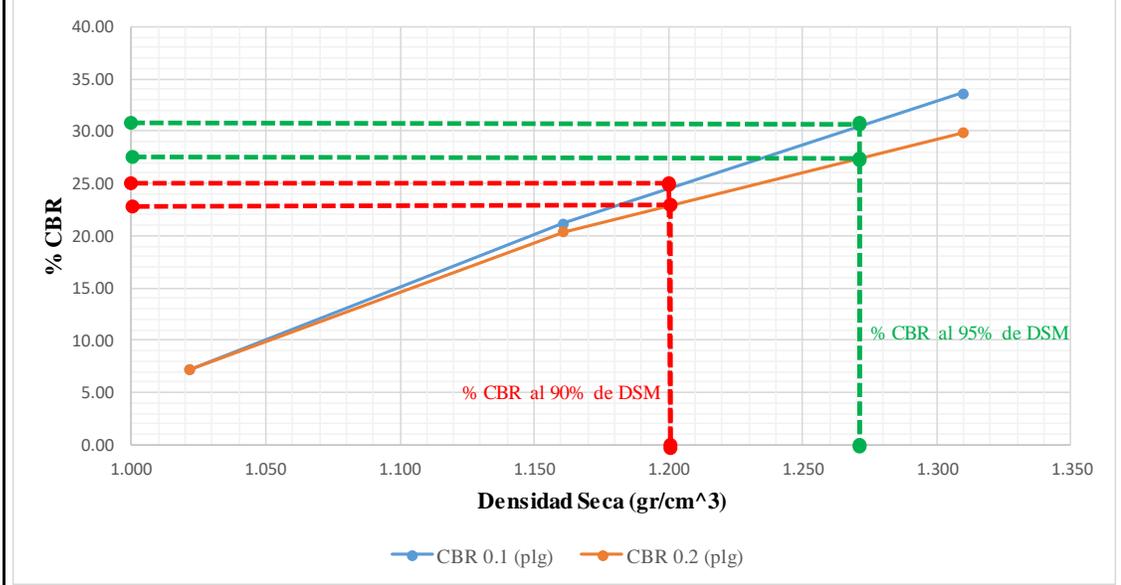
Gráfica de Esfuerzo vs Penetración



CBR Corregidos

Espécimen Nro.	Presión (lb/plg ²)	CBR 0.1 plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0.2 plg	Densidad Seca
1	72.20	7.22	1.022	107.6	7.17	1.022
2	212.10	21.21	1.161	306.1	20.41	1.161
3	336.93	33.69	1.310	448.33	29.89	1.310

% CBR VS DENSIDAD SECA



Densidad seca máxima (gr/cm ³)		1.336		
DSM		% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg	% CBR mayor
90%	1.202	22.80	27.50	27.50
95%	1.269	25.00	31.70	31.70
CBR PUNTUAL			31.70	%

Tabla 99. Muestra 12, “ELPa3” Humedad Natural y Granulometría

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	
Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, propiedades índice y							
Proyecto: mecánicas de los suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi							
Provincia: Cotopaxi		Muestra: EL Pa3					
Cantón: Pujilí		Coordenadas: 721794; 9885623					
Parroquia: Pilaló		Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas					
		Revisado por: Ing. Favio Portilla					
HUMEDAD NATURAL - AASHTO T 265 -2015							
W tarro (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% w	% W Prom.			
11.27	23.58	15.18	55.34	60.45			
11.10	23.03	13.91	65.56				
GRANULOMETRÍA - AASHTO T 88							
Peso Muestra Seca				809.57			
Tamiz (mm)	Tamiz N°	Pesos Retenidos	Pesos Retenidos Acumulados	% Retenidos	% Pasa		
4.76	4	0.83	0.83	0.10	99.90		
2.38	8	22.91	23.74	2.93	97.07		
2.00	10	20.42	44.16	5.45	94.55		
1.19	16	93.37	137.53	16.99	83.01		
0.565	30	126.85	264.38	32.66	67.34		
0.42	40	71.52	335.90	41.49	58.51		
0.297	50	85.14	421.04	52.01	47.99		
0.25	60	40.41	461.45	57.00	43.00		
0.149	100	125.23	586.68	72.47	27.53		
0.074	200	118.93	705.61	87.16	12.84		
0.03	Fuente	102.56	808.17	99.83	0.17		
GRANULOMETRÍA							
D10mm	0.6	Cu = D60/D10		0.72			
D30mm	0.145	Cc = D30 ² /(D60 * D10)		0.08			
D60mm	0.43	Tamaño Nominal Máximo (TNM)		2.00 mm			

Tabla 100. Muestra 12, “ELPa3” Límite Líquido y Límite Plástico

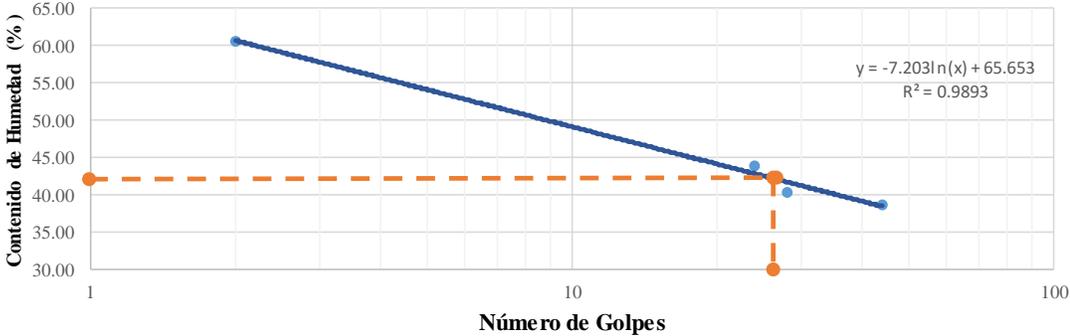
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR							
Proyecto:		Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, Propiedades Índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi							
Provincia: Cotopaxi		Nro. Muestra: El Pa.3							
Cantón: Pujilí		Coordenadas: 721794; 9885623							
Parroquia: Pilaló		Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas							
		Revisado por: Ing. Favio Portilla							
LÍMITE LÍQUIDO (COPA DE CASAGRANDE) - AASHTO T 89 2013									
Recipiente Nro.	Golpes	Masa Suelo Hum. + Rec.	Masa Suelo Seco + Rec.	Masa Rec.	Masa agua	Masa Sólidos	W%	Promedio W%	
72	2	30.68	23.66	12.10	7.02	11.56	60.73	60.62	
61		25.49	20.17	11.38	5.32	8.79	60.52		
68	24	16.68	14.89	10.84	1.79	4.05	44.20	43.94	
23		17.27	15.40	11.12	1.87	4.28	43.69		
41	28	20.81	18.01	11.02	2.80	6.99	40.06	40.30	
73		21.52	18.54	11.19	2.98	7.35	40.54		
13	44	19.46	17.12	11.08	2.34	6.04	38.74	38.59	
20		19.01	16.88	11.34	2.13	5.54	38.45		
LÍMITE LÍQUIDO									
									
LÍMITE PLÁSTICO - AASHTO T 90 2016									
Recipiente Nro.	Masa Suelo Hum. + Rec.	Masa Suelo Seco + Rec.	Masa Rec.	Masa agua	Masa Sólidos	W%	Promedio W%		
83	7.05	6.83	6.15	0.22	0.68	32.35	29.00		
43	6.61	6.47	5.98	0.14	0.49	28.57			
60	6.65	6.51	6.11	0.14	0.40	35.00			
19	6.81	6.65	6.01	0.16	0.64	25.00			
5F	6.71	6.58	6.04	0.13	0.54	24.07			
LÍMITES DE ATTERBERG				CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
Límite Líquido %	42.47			SISTEMA	AASHTO	A-2-7			
Límite Plástico %	29.00				SUCS	SC			
Índice Plástico %	13.47								

Tabla 101. Muestra 12, “ELPa3” Densidad de Campo y Gravedad Específica

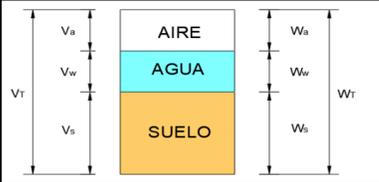
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 			
Proyecto: Análisis de las correlaciones entre CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi			
Provincia: Cotopaxi	Nro. Muestra: EL. Pa.3		
Cantón: Pujilí	Coordenadas: 721794; 9885623		
Parroquia: Pilaló	Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas		
	Revisado por: Ing. Favio Portilla		
DENSIDAD DE CAMPO CONO Y ARENA - AASTHO T 191 2014			
Determinación del peso del suelo extraído (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	Wm+Fun 1550		
Peso de la funda (gr)	Fun 2		
Peso de la masa de suelo (gr)	Wm= (Wm+Fun)-Fun 1548		
Volumen de la perforación del suelo (Vm)			
Peso inicial frasco+cono+arena	3300		
Peso final frasco+cono+arena	1950		
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	1606		
Peso arena en la perforación	1350		
Densidad de la Arena de Ottawa (calibración arena)	1.489		
Volumen de la perforación	Vm 906.65		
Determinación del contenido de humedad			
Recipiente Nro.	79 4A		
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec 34.85 34.13		
Peso seco + recipiente	Ws+rec 26.45 25.01		
Peso del recipiente	rec 11.27 11.10		
Peso del agua	Ww 8.40 9.12		
Peso de los sólidos	Ws 15.18 13.91		
Contenido de humedad	w% 55.34 65.56		
Contenido de humedad promedio	w% prom 60.45		
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
Volumen (cm3)		Peso (gr)	
Vv	7.06	--	
Va	0.00	Wa 0	
Vw	8.76	Ww 8.76	
Vs	6.59	Ws 14.55	
Vm	13.65	Wm 23.31	
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso volumétrico del suelo	(γ_m)	1.707	gr/cm3
Densidad seca	(γ_d)	1.064	gr/cm3
Contenido de humedad	w%	60.45	%
Relación de vacíos	$e = (V_v/V_s) * 100$	68.77	%
Porosidad	$n\% = (V_v/V_m) * 100$	51.71	%
Grado de saturación del agua	$S_w\% = (V_w/V_v) * 100$	73.23	%
Grado de saturación del aire	$S_a\% = (V_a/V_v) * 100$	2.24	%
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SUELOS AASTHO T 100 2015			
Peso del picnómetro + agua	Wpw	650.52	gr
Picnómetro +agua + suelo sumergido	Wpws	677.12	gr
Desplazamiento del agua	Ws+Wpw-Wpws	22.04	gr
Temperatura de agua y suelo °C		20	°C
Factor de corrección por temperatura K		1	adim
Recipiente + Peso de suelo seco		108.85	gr
Peso de recipiente		60.21	gr
Peso del suelo seco	Ws	48.64	gr
Gravedad específica	$G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{pw} - W_{pws})$	2.644	gr

Tabla 102. Muestra 12, “ELPa3” Proctor Modificado

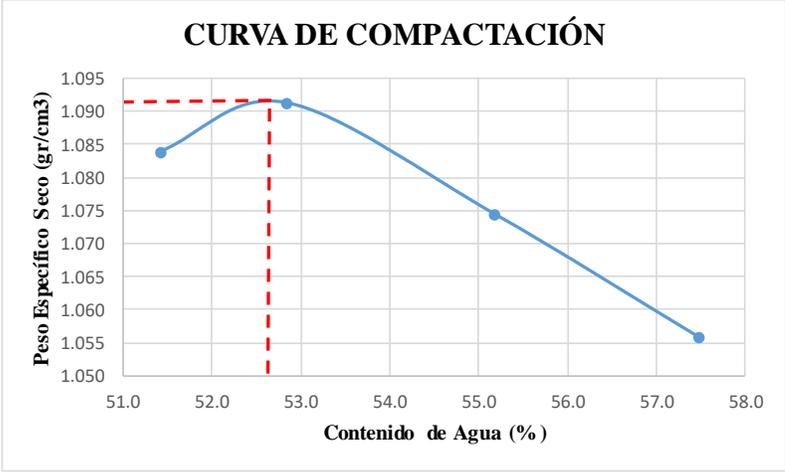
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 	
Proyecto:	Análisis de las correlaciones entre CBR, DCP, propiedades Índice y mecánicas de los suelos de la parroquia Pilaló del Cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi
Provincia:	Cotopaxi Muestra: El Pa.3
Cantón:	Pujilí Coordenadas: 721794; 9885623
Parroquia:	Pilaló Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas
	Revisado por: Ing. Favio Portilla
PROCTOR MODIFICADO - AASHTO T 180 2018	
TIPO DE PRUEBA:	Proctor Modificado MASA MARTILLO: 10 Lb
DATOS DEL MOLDE	ALTURA DE CAÍDA: 18 Pulg.
VOLUMEN:	2177 cm ³ NÚMERO DE CAPAS: 5
MASA:	12781 gr GOLPES POR CAPA: 56
PRUEBA Nro.	1 2 3 4
% Rango en aumento	0 3 5.5 8
Suelo húmedo + molde (gr)	16354 16412 16411 16401
Masa molde (gr)	12781 12781 12781 12781
Masa suelo húmedo (gr)	3573 3631 3630 3620
Peso unitario húm. (gr)	1.64 1.67 1.67 1.66
Masa del tarro (gr)	17.45 16.94 17.02 17.17 16.66 17.72 19.52 19.91
Masa suelo húm. + tarro gr)	47.98 50.16 51.92 48.64 43.75 49.04 61.42 45.35
Masa suelo seco + tarro gr)	37.45 39.06 40.33 37.35 34.13 37.89 46.79 35.68
Masa del agua (gr)	10.53 11.1 11.59 11.29 9.62 11.15 14.63 9.67
Masa suelo seco (gr)	20 22.12 23.31 20.18 17.47 20.17 27.27 15.77
Contenido de agua (%)	52.65 50.18 49.72 55.95 55.07 55.28 53.65 61.32
w (%) Promedio	51.42 52.83 55.17 57.48
Peso unitario Seco (gr/cm ³)	1.084 1.091 1.075 1.056
Densidad Seca Máxima (gr/cm³):	1.091
Humedad Óptima:	52.60%
Grado de compactación:	97.54
GRÁFICO DENSIDAD SECA MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA	
 <p style="text-align: center;">CURVA DE COMPACTACIÓN</p>	

Tabla 103. Muestra 12, “ELPa3” Índice de Penetración

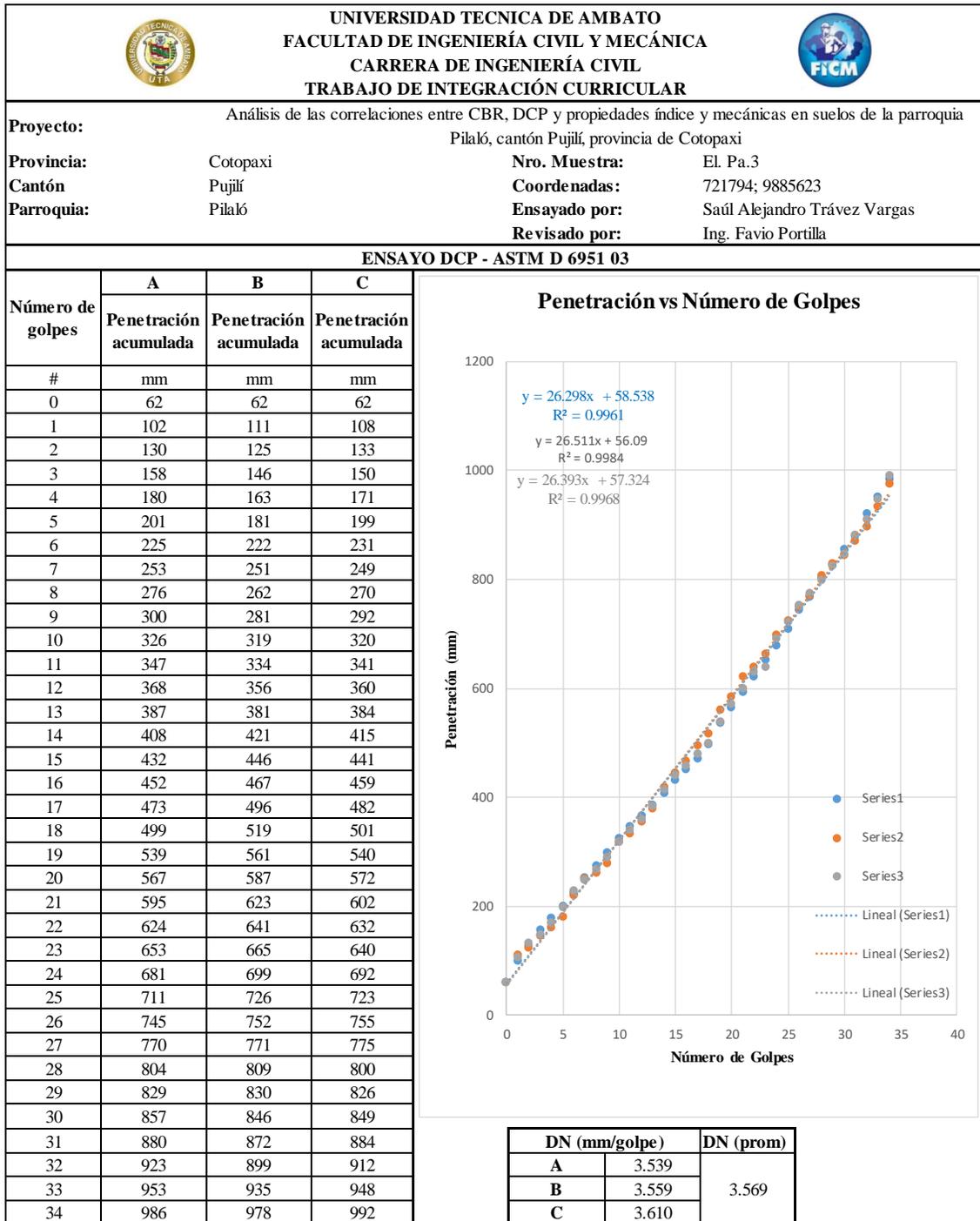
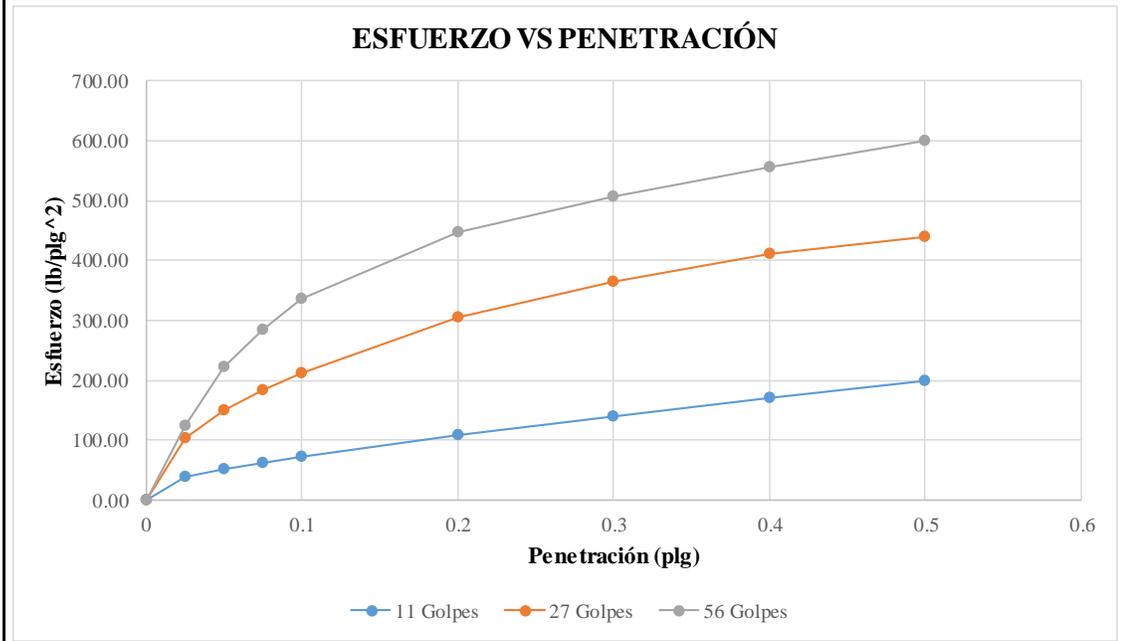


Tabla 104. Muestra 12, “ELPa3” Relación de Soporte de California (CBR)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 						
Proyecto: Análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia Pilaló del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi						
Provincia: Cotopaxi			Nro. Muestra: ELPa3			
Cantón: Pujilí			Coordenadas: 721794; 9885623			
Parroquia: Pilaló			Ensayado por: Saúl Alejandro Trávez Vargas			
Revisado por: Ing. Favio Portilla						
CBR de Laboratorio - AASHTO T 193-2013						
Espécimen Nro.	1		2		3	
Nro. De capas	5		5		5	
Nro. De golpes por capa	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	11050		10350		12450	
Masa del molde (gr)	8436		7541		9045	
Masa muestra húmeda (gr)	2614		2809		3405	
Volumen muestra (cm ³)	2286		2268		2286	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.143		1.239		1.490	
Contenido de Humedad	Collarín	Bandeja	Collarín	Bandeja	Collarín	Bandeja
Masa suelo húmedo + recip (gr)	97.76	134.12	94.00	127.04	130.22	90.23
Masa suelo seco + recip (gr)	80.90	107.47	78.51	103.92	107.11	76.20
Masa recipiente (gr)	31.23	30.24	30.88	32.70	32.26	31.36
Masa del agua (gr)	16.86	26.65	15.49	23.12	23.11	14.03
Masa suelo seco (gr)	49.67	77.23	47.63	71.22	74.85	44.84
Contenido de humedad w%	33.94	34.51	32.52	32.46	30.88	31.29
w% promedio	34.23		32.49		31.08	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	0.852		0.935		1.136	
Parámetros después de ser sumergido						
Muestra húmeda + molde (gr)	12041		11328		13125	
Masa del molde (gr)	8436		7541		9045	
Masa muestra húmeda (gr)	3605		3787		4080	
Masa de agua absorbida (gr)	991		978		675	
% de agua absorbida	27.49		25.83		16.54	
Contenido de Humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + recip (gr)	125.46	97.22	146.31	97.25	133.24	95.47
Masa suelo seco + recip (gr)	91.1	73.81	109.88	75.05	103.36	75.25
Masa recipiente (gr)	32.7	31.36	30.24	30.88	32.26	31.23
Masa del agua (gr)	34.36	23.41	36.43	22.2	29.88	20.22
Masa suelo seco (gr)	58.4	42.45	79.64	44.17	71.1	44.02
Contenido de humedad w%	58.84	55.15	45.74	50.26	42.03	45.93
w% promedio	56.99		48.00		43.98	
Penetración en la máquina CBR						
Espécimen Nro.	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	116.80	38.93	309.60	103.20	368.90	122.97
0.05	153.30	51.10	446.00	148.67	666.80	222.27
0.075	186.30	62.10	548.80	182.93	849.80	283.27
0.1	216.60	72.20	636.30	212.10	1010.80	336.93
0.2	322.80	107.60	918.30	306.10	1345.00	448.33
0.3	419.60	139.87	1090.30	363.43	1518.00	506.00
0.4	510.00	170.00	1233.20	411.07	1664.60	554.87
0.5	594.60	198.20	1321.10	440.37	1796.50	598.83

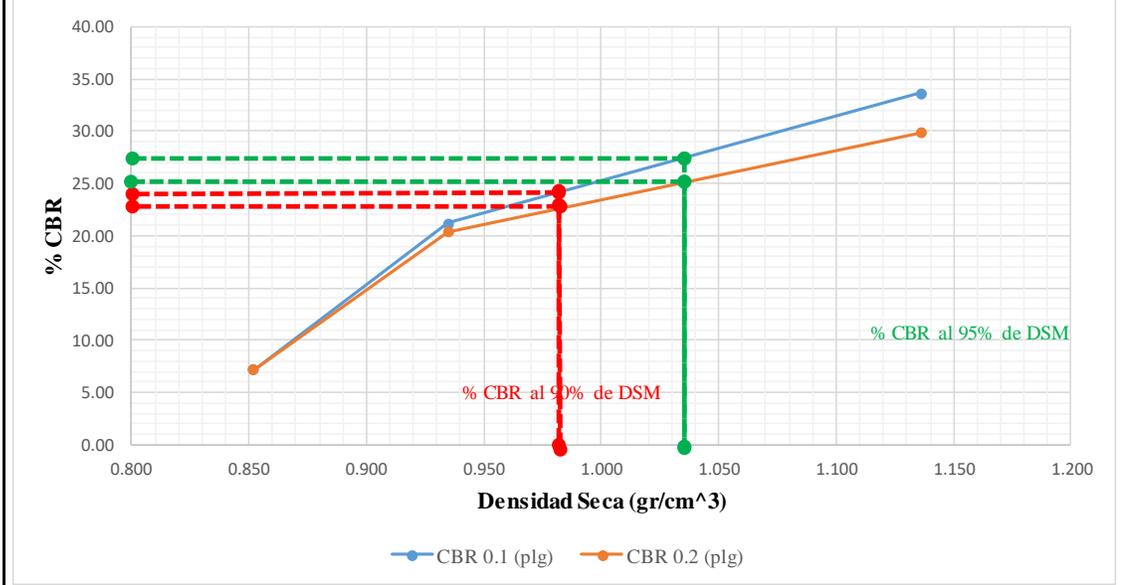
Gráfica de Esfuerzo vs Penetración



CBR Corregidos

Espécimen Nro.	Presión (lb/plg ²)	CBR 0.1 plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0.2 plg	Densidad Seca
1	72.20	7.22	0.852	107.6	7.17	0.852
2	212.10	21.21	0.935	306.1	20.41	0.935
3	336.93	33.69	1.136	448.33	29.89	1.136

% CBR VS DENSIDAD SECA



Densidad seca máxima (gr/cm ³)		1.091		
DSM		% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg	% CBR mayor
90%	0.982	22.60	25.00	25.00
95%	1.036	23.70	27.40	27.40
CBR PUNTUAL			27.40	

- **Tablas de Conteo de Tránsito vehicular**

Tabla 105. Conteo de Tránsito Vehicular Día 1

Fecha: 9 de Enero de 2023									
Vía: Apagua - Recinto Chilca									
Hora	Livianos 2D	Buses			Camiones			Suma Parcial	Total por Hora
		Livianos 2D	Medianos 2DA	Pesados 2DB	Livianos 2D	Medianos 2DA	Pesados 2DB		
7:00 - 7:15	9	0	4	0	0	2	0	15	72
7:15 - 7:30	31	0	2	0	0	0	0	33	
7:30 - 7:45	7	0	1	0	0	2	0	10	
7:45 - 8:00	10	0	2	0	0	2	0	14	
8:00 - 8:15	5	0	4	0	0	2	0	11	69
8:15 - 8:30	15	0	3	0	0	4	0	22	
8:30 - 8:45	12	0	3	0	0	4	0	19	
8:45 - 9:00	17	0	0	0	0	0	0	17	
9:00 - 9:15	9	0	3	0	0	2	0	14	76
9:15 - 9:30	10	0	2	0	0	0	0	12	
9:30 - 9:45	23	0	2	0	0	3	0	28	
9:45 - 10:00	17	0	1	0	0	4	0	22	
10:00 - 10:15	33	0	3	0	0	0	0	36	106
10:15 - 10:30	11	0	2	0	0	1	0	14	
10:30 - 10:45	36	0	4	0	0	2	0	42	
10:45 - 11:00	9	0	2	0	0	3	0	14	
11:00 - 11:15	26	0	2	0	0	0	0	28	110
11:15 - 11:30	36	0	3	0	0	1	0	40	
11:30 - 11:45	27	0	2	0	0	4	0	33	
11:45 - 12:00	7	0	0	0	0	2	0	9	
12:00 - 12:15	30	0	1	0	0	4	0	35	94
12:15 - 12:30	5	0	2	0	0	2	0	9	
12:30 - 12:45	21	0	3	0	0	0	0	24	
12:45 - 13:00	22	0	0	0	0	4	0	26	
13:00 - 13:15	32	0	3	0	0	0	0	35	123
13:15 - 13:30	31	0	0	0	0	2	0	33	
13:30 - 13:45	18	0	2	0	0	3	0	23	
13:45 - 14:00	26	0	2	0	0	4	0	32	
14:00 - 14:15	18	0	1	0	0	0	0	19	68
14:15 - 14:30	26	0	4	0	0	2	0	32	
14:30 - 14:45	1	0	3	0	0	2	0	6	
14:45 - 15:00	7	0	0	0	0	4	0	11	
15:00 - 15:15	14	0	4	0	0	1	0	19	150
15:15 - 15:30	39	0	4	0	0	1	0	44	
15:30 - 15:45	38	0	1	0	0	4	0	43	
15:45 - 16:00	39	0	1	0	0	4	0	44	
16:00 - 16:15	21	0	1	0	0	2	0	24	88
16:15 - 16:30	3	0	4	0	0	2	0	9	
16:30 - 16:45	35	0	0	0	0	3	0	38	
16:45 - 17:00	13	0	4	0	0	0	0	17	
17:00 - 17:15	22	0	4	0	0	4	0	30	98
17:15 - 17:30	31	0	1	0	0	1	0	33	
17:30 - 17:45	14	0	0	0	0	2	0	16	
17:45 - 18:00	15	0	1	0	0	3	0	19	
18:00 - 18:15	38	0	3	0	0	4	0	45	112
18:15 - 18:30	2	0	0	0	0	4	0	6	
18:30 - 18:45	35	0	0	0	0	3	0	38	
18:45 - 19:00	18	0	3	0	0	2	0	23	

Tabla 106. Conteo de Tránsito Vehicular Día 2

Fecha: 10 de enero de 2023									
Vía: Apagua - Recinto Chilca									
Hora	Livianos 2D	Buses			Camiones			Suma Parcial	Total por Hora
		Livianos 2D	Medianos 2DA	Pesados 2DB	Livianos 2D	Medianos 2DA	Pesados 2DB		
7:00 - 7:15	27	0	0	0	0	1	0	28	81
7:15 - 7:30	9	0	1	0	0	2	0	12	
7:30 - 7:45	31	0	3	0	0	3	0	37	
7:45 - 8:00	1	0	1	0	0	2	0	4	
8:00 - 8:15	27	0	4	0	0	4	0	35	113
8:15 - 8:30	22	0	0	0	0	3	0	25	
8:30 - 8:45	36	0	2	0	0	1	0	39	
8:45 - 9:00	13	0	1	0	0	0	0	14	
9:00 - 9:15	11	0	0	0	0	1	0	12	70
9:15 - 9:30	23	0	3	0	0	4	0	30	
9:30 - 9:45	6	0	0	0	0	1	0	7	
9:45 - 10:00	19	0	2	0	0	0	0	21	
10:00 - 10:15	29	0	3	0	0	4	0	36	122
10:15 - 10:30	38	0	2	0	0	0	0	40	
10:30 - 10:45	20	0	0	0	0	2	0	22	
10:45 - 11:00	18	0	2	0	0	4	0	24	
11:00 - 11:15	25	0	4	0	0	4	0	33	104
11:15 - 11:30	20	0	0	0	0	3	0	23	
11:30 - 11:45	26	0	3	0	0	1	0	30	
11:45 - 12:00	16	0	2	0	0	0	0	18	
12:00 - 12:15	9	0	4	0	0	1	0	14	82
12:15 - 12:30	1	0	1	0	0	3	0	5	
12:30 - 12:45	14	0	3	0	0	4	0	21	
12:45 - 13:00	37	0	4	0	0	1	0	42	
13:00 - 13:15	26	0	0	0	0	0	0	26	127
13:15 - 13:30	34	0	0	0	0	3	0	37	
13:30 - 13:45	33	0	0	0	0	3	0	36	
13:45 - 14:00	23	0	3	0	0	2	0	28	
14:00 - 14:15	0	0	1	0	0	2	0	3	69
14:15 - 14:30	11	0	3	0	0	0	0	14	
14:30 - 14:45	15	0	2	0	0	2	0	19	
14:45 - 15:00	32	0	1	0	0	0	0	33	
15:00 - 15:15	31	0	1	0	0	1	0	33	101
15:15 - 15:30	37	0	2	0	0	0	0	39	
15:30 - 15:45	18	0	1	0	0	4	0	23	
15:45 - 16:00	1	0	1	0	0	4	0	6	
16:00 - 16:15	34	0	4	0	0	0	0	38	129
16:15 - 16:30	19	0	0	0	0	1	0	20	
16:30 - 16:45	36	0	1	0	0	0	0	37	
16:45 - 17:00	33	0	0	0	0	1	0	34	
17:00 - 17:15	31	0	1	0	0	2	0	34	98
17:15 - 17:30	31	0	2	0	0	2	0	35	
17:30 - 17:45	7	0	1	0	0	4	0	12	
17:45 - 18:00	9	0	4	0	0	4	0	17	
18:00 - 18:15	2	0	2	0	0	1	0	5	77
18:15 - 18:30	3	0	1	0	0	3	0	7	
18:30 - 18:45	29	0	3	0	0	1	0	33	
18:45 - 19:00	27	0	2	0	0	3	0	32	

Tabla 107. Conteo de Tránsito Vehicular Día 3

Fecha: 11 de enero de 2023									
Vía: Apagua - Recinto Chilca									
Hora	Livianos 2D	Buses			Camiones			Suma Parcial	Total por Hora
		Livianos 2D	Medianos 2DA	Pesados 2DB	Livianos 2D	Medianos 2DA	Pesados 2DB		
7:00 - 7:15	37	0	1	0	0	3	0	41	102
7:15 - 7:30	14	0	1	0	0	2	0	17	
7:30 - 7:45	17	0	1	0	0	3	0	21	
7:45 - 8:00	21	0	1	0	0	1	0	23	
8:00 - 8:15	17	0	2	0	0	4	0	23	91
8:15 - 8:30	14	0	1	0	0	1	0	16	
8:30 - 8:45	22	0	2	0	0	3	0	27	
8:45 - 9:00	23	0	0	0	0	2	0	25	
9:00 - 9:15	13	0	1	0	0	0	0	14	65
9:15 - 9:30	13	0	3	0	0	3	0	19	
9:30 - 9:45	16	0	1	0	0	3	0	20	
9:45 - 10:00	11	0	1	0	0	0	0	12	
10:00 - 10:15	49	0	3	0	0	5	0	57	216
10:15 - 10:30	53	0	6	0	0	1	0	60	
10:30 - 10:45	39	0	4	0	0	2	0	45	
10:45 - 11:00	50	0	1	0	0	3	0	54	
11:00 - 11:15	25	0	1	0	0	2	0	28	66
11:15 - 11:30	4	0	1	0	0	4	0	9	
11:30 - 11:45	9	0	0	0	0	1	0	10	
11:45 - 12:00	15	0	3	0	0	1	0	19	
12:00 - 12:15	8	0	1	0	0	1	0	10	66
12:15 - 12:30	12	0	0	0	0	4	0	16	
12:30 - 12:45	27	0	0	0	0	4	0	31	
12:45 - 13:00	3	0	3	0	0	3	0	9	
13:00 - 13:15	4	0	3	0	0	2	0	9	100
13:15 - 13:30	40	0	1	0	0	1	0	42	
13:30 - 13:45	14	0	2	0	0	2	0	18	
13:45 - 14:00	26	0	1	0	0	4	0	31	
14:00 - 14:15	36	0	0	0	0	3	0	39	142
14:15 - 14:30	24	0	3	0	0	1	0	28	
14:30 - 14:45	38	0	1	0	0	2	0	41	
14:45 - 15:00	28	0	2	0	0	4	0	34	
15:00 - 15:15	38	0	2	0	0	0	0	40	118
15:15 - 15:30	36	0	1	0	0	0	0	37	
15:30 - 15:45	18	0	1	0	0	4	0	23	
15:45 - 16:00	15	0	0	0	0	3	0	18	
16:00 - 16:15	29	0	3	0	0	2	0	34	144
16:15 - 16:30	29	0	4	0	0	1	0	34	
16:30 - 16:45	35	0	3	0	0	3	0	41	
16:45 - 17:00	34	0	0	0	0	1	0	35	
17:00 - 17:15	1	0	4	0	0	0	0	5	120
17:15 - 17:30	31	0	0	0	0	4	0	35	
17:30 - 17:45	37	0	1	0	0	4	0	42	
17:45 - 18:00	30	0	4	0	0	4	0	38	
18:00 - 18:15	31	0	0	0	0	1	0	32	106
18:15 - 18:30	24	0	1	0	0	4	0	29	
18:30 - 18:45	7	0	2	0	0	1	0	10	
18:45 - 19:00	31	0	1	0	0	3	0	35	

Tabla 108. Cuento de Tránsito Vehicular Día 4

Fecha: 14 de enero de 2023									
Vía: Apagua - Recinto Chilca									
Hora	Livianos 2D	Buses			Camiones			Suma Parcial	Total por Hora
		Livianos 2D	Medianos 2DA	Pesados 2DB	Livianos 2D	Medianos 2DA	Pesados 2DB		
7:00 - 7:15	15	0	1	0	0	4	0	20	130
7:15 - 7:30	20	0	3	0	0	4	0	27	
7:30 - 7:45	35	0	4	0	0	4	0	43	
7:45 - 8:00	32	0	4	0	0	4	0	40	
8:00 - 8:15	9	0	1	0	0	1	0	11	106
8:15 - 8:30	20	0	2	0	0	3	0	25	
8:30 - 8:45	27	0	0	0	0	4	0	31	
8:45 - 9:00	35	0	3	0	0	1	0	39	
9:00 - 9:15	0	0	0	0	0	0	0	0	97
9:15 - 9:30	26	0	4	0	0	3	0	33	
9:30 - 9:45	30	0	3	0	0	0	0	33	
9:45 - 10:00	28	0	0	0	0	3	0	31	
10:00 - 10:15	37	0	3	0	0	0	0	40	98
10:15 - 10:30	4	0	1	0	0	1	0	6	
10:30 - 10:45	7	0	2	0	0	0	0	9	
10:45 - 11:00	39	0	1	0	0	3	0	43	
11:00 - 11:15	10	0	2	0	0	2	0	14	106
11:15 - 11:30	38	0	3	0	0	4	0	45	
11:30 - 11:45	2	0	2	0	0	4	0	8	
11:45 - 12:00	33	0	4	0	0	2	0	39	
12:00 - 12:15	1	0	3	0	0	4	0	8	83
12:15 - 12:30	7	0	0	0	0	2	0	9	
12:30 - 12:45	22	0	2	0	0	1	0	25	
12:45 - 13:00	39	0	0	0	0	2	0	41	
13:00 - 13:15	20	0	1	0	0	4	0	25	83
13:15 - 13:30	25	0	3	0	0	3	0	31	
13:30 - 13:45	14	0	2	0	0	3	0	19	
13:45 - 14:00	3	0	3	0	0	2	0	8	
14:00 - 14:15	5	0	4	0	0	3	0	12	109
14:15 - 14:30	31	0	3	0	0	2	0	36	
14:30 - 14:45	10	0	4	0	0	2	0	16	
14:45 - 15:00	39	0	3	0	0	3	0	45	
15:00 - 15:15	32	0	1	0	0	3	0	36	80
15:15 - 15:30	7	0	0	0	0	2	0	9	
15:30 - 15:45	14	0	2	0	0	3	0	19	
15:45 - 16:00	11	0	1	0	0	4	0	16	
16:00 - 16:15	17	0	3	0	0	0	0	20	95
16:15 - 16:30	23	0	4	0	0	2	0	29	
16:30 - 16:45	15	0	2	0	0	4	0	21	
16:45 - 17:00	20	0	1	0	0	4	0	25	
17:00 - 17:15	2	0	2	0	0	3	0	7	66
17:15 - 17:30	38	0	2	0	0	1	0	41	
17:30 - 17:45	12	0	0	0	0	1	0	13	
17:45 - 18:00	0	0	1	0	0	4	0	5	
18:00 - 18:15	4	0	2	0	0	4	0	10	73
18:15 - 18:30	10	0	3	0	0	2	0	15	
18:30 - 18:45	13	0	2	0	0	4	0	19	
18:45 - 19:00	27	0	1	0	0	1	0	29	

Tabla 109. Cuento de Tránsito Vehicular Día 5

Fecha: 15 de enero de 2023									
Vía: Apagua - Recinto Chilca									
Hora	Livianos 2D	Buses			Camiones			Suma Parcial	Total por Hora
		Livianos 2D	Medianos 2DA	Pesados 2DB	Livianos 2D	Medianos 2DA	Pesados 2DB		
7:00 - 7:15	13	0	3	0	0	1	0	17	87
7:15 - 7:30	17	0	0	0	0	3	0	20	
7:30 - 7:45	32	0	1	0	0	4	0	37	
7:45 - 8:00	8	0	3	0	0	2	0	13	
8:00 - 8:15	34	0	3	0	0	0	0	37	100
8:15 - 8:30	38	0	4	0	0	4	0	46	
8:30 - 8:45	4	0	4	0	0	3	0	11	
8:45 - 9:00	1	0	1	0	0	4	0	6	
9:00 - 9:15	31	0	1	0	0	1	0	33	96
9:15 - 9:30	4	0	2	0	0	0	0	6	
9:30 - 9:45	24	0	3	0	0	2	0	29	
9:45 - 10:00	24	0	4	0	0	0	0	28	
10:00 - 10:15	7	0	4	0	0	0	0	11	95
10:15 - 10:30	27	0	1	0	0	2	0	30	
10:30 - 10:45	27	0	2	0	0	0	0	29	
10:45 - 11:00	20	0	2	0	0	3	0	25	
11:00 - 11:15	4	0	0	0	0	4	0	8	83
11:15 - 11:30	25	0	3	0	0	0	0	28	
11:30 - 11:45	9	0	3	0	0	1	0	13	
11:45 - 12:00	29	0	2	0	0	3	0	34	
12:00 - 12:15	33	0	0	0	0	1	0	34	126
12:15 - 12:30	25	0	2	0	0	4	0	31	
12:30 - 12:45	10	0	3	0	0	1	0	14	
12:45 - 13:00	40	0	3	0	0	4	0	47	
13:00 - 13:15	20	0	0	0	0	4	0	24	96
13:15 - 13:30	10	0	2	0	0	4	0	16	
13:30 - 13:45	17	0	0	0	0	0	0	17	
13:45 - 14:00	31	0	4	0	0	4	0	39	
14:00 - 14:15	24	0	1	0	0	1	0	26	139
14:15 - 14:30	40	0	3	0	0	1	0	44	
14:30 - 14:45	22	0	3	0	0	4	0	29	
14:45 - 15:00	38	0	0	0	0	2	0	40	
15:00 - 15:15	29	0	2	0	0	1	0	32	99
15:15 - 15:30	0	0	2	0	0	1	0	3	
15:30 - 15:45	32	0	0	0	0	4	0	36	
15:45 - 16:00	22	0	2	0	0	4	0	28	
16:00 - 16:15	26	0	3	0	0	4	0	33	120
16:15 - 16:30	36	0	2	0	0	0	0	38	
16:30 - 16:45	24	0	2	0	0	0	0	26	
16:45 - 17:00	15	0	4	0	0	4	0	23	
17:00 - 17:15	15	0	4	0	0	0	0	19	78
17:15 - 17:30	31	0	1	0	0	2	0	34	
17:30 - 17:45	1	0	3	0	0	4	0	8	
17:45 - 18:00	14	0	3	0	0	0	0	17	
18:00 - 18:15	39	0	0	0	0	2	0	41	100
18:15 - 18:30	30	0	3	0	0	0	0	33	
18:30 - 18:45	19	0	3	0	0	1	0	23	
18:45 - 19:00	0	0	1	0	0	2	0	3	

Tabla 110. Cuento de Tránsito Vehicular Día 6

Fecha: 16 de enero de 2023									
Vía: Apagua - Recinto Chilca									
Hora	Livianos 2D	Buses			Camiones			Suma Parcial	Total por Hora
		Livianos 2D	Medianos 2DA	Pesados 2DB	Livianos 2D	Medianos 2DA	Pesados 2DB		
7:00 - 7:15	5	0	2	0	0	1	0	8	59
7:15 - 7:30	1	0	3	0	0	1	0	5	
7:30 - 7:45	31	0	1	0	0	3	0	35	
7:45 - 8:00	7	0	0	0	0	4	0	11	
8:00 - 8:15	12	0	0	0	0	1	0	13	91
8:15 - 8:30	33	0	0	0	0	2	0	35	
8:30 - 8:45	36	0	0	0	0	3	0	39	
8:45 - 9:00	4	0	0	0	0	0	0	4	
9:00 - 9:15	30	0	3	0	0	2	0	35	108
9:15 - 9:30	9	0	2	0	0	0	0	11	
9:30 - 9:45	25	0	0	0	0	1	0	26	
9:45 - 10:00	34	0	0	0	0	2	0	36	
10:00 - 10:15	3	0	1	0	0	0	0	4	57
10:15 - 10:30	0	0	1	0	0	1	0	2	
10:30 - 10:45	40	0	2	0	0	0	0	42	
10:45 - 11:00	4	0	2	0	0	3	0	9	
11:00 - 11:15	0	0	3	0	0	0	0	3	92
11:15 - 11:30	28	0	2	0	0	4	0	34	
11:30 - 11:45	30	0	0	0	0	4	0	34	
11:45 - 12:00	19	0	1	0	0	1	0	21	
12:00 - 12:15	23	0	0	0	0	1	0	24	101
12:15 - 12:30	21	0	2	0	0	0	0	23	
12:30 - 12:45	39	0	3	0	0	2	0	44	
12:45 - 13:00	3	0	4	0	0	3	0	10	
13:00 - 13:15	37	0	4	0	0	4	0	45	134
13:15 - 13:30	32	0	0	0	0	2	0	34	
13:30 - 13:45	20	0	2	0	0	4	0	26	
13:45 - 14:00	24	0	2	0	0	3	0	29	
14:00 - 14:15	39	0	4	0	0	4	0	47	95
14:15 - 14:30	1	0	1	0	0	4	0	6	
14:30 - 14:45	5	0	2	0	0	0	0	7	
14:45 - 15:00	30	0	1	0	0	4	0	35	
15:00 - 15:15	2	0	2	0	0	2	0	6	80
15:15 - 15:30	39	0	4	0	0	0	0	43	
15:30 - 15:45	3	0	3	0	0	3	0	9	
15:45 - 16:00	22	0	0	0	0	0	0	22	
16:00 - 16:15	38	0	2	0	0	1	0	41	107
16:15 - 16:30	17	0	3	0	0	0	0	20	
16:30 - 16:45	21	0	0	0	0	0	0	21	
16:45 - 17:00	19	0	2	0	0	4	0	25	
17:00 - 17:15	0	0	2	0	0	1	0	3	69
17:15 - 17:30	29	0	3	0	0	3	0	35	
17:30 - 17:45	15	0	3	0	0	2	0	20	
17:45 - 18:00	7	0	0	0	0	4	0	11	
18:00 - 18:15	6	0	4	0	0	1	0	11	58
18:15 - 18:30	26	0	2	0	0	1	0	29	
18:30 - 18:45	8	0	0	0	0	4	0	12	
18:45 - 19:00	3	0	2	0	0	1	0	6	

Tabla 111. Conteo de Tránsito Vehicular Día 1

Fecha: 17 de enero de 2023									
Vía: Apagua - Recinto Chilca									
Hora	Livianos 2D	Buses			Camiones			Suma Parcial	Total por Hora
		Livianos 2D	Medianos 2DA	Pesados 2DB	Livianos 2D	Medianos 2DA	Pesados 2DB		
7:00 - 7:15	7	0	2	0	0	4	0	13	66
7:15 - 7:30	6	0	3	0	0	3	0	12	
7:30 - 7:45	3	0	3	0	0	4	0	10	
7:45 - 8:00	26	0	3	0	0	2	0	31	
8:00 - 8:15	39	0	0	0	0	2	0	41	125
8:15 - 8:30	13	0	0	0	0	3	0	16	
8:30 - 8:45	37	0	4	0	0	0	0	41	
8:45 - 9:00	23	0	4	0	0	0	0	27	
9:00 - 9:15	11	0	2	0	0	3	0	16	61
9:15 - 9:30	10	0	4	0	0	0	0	14	
9:30 - 9:45	4	0	0	0	0	1	0	5	
9:45 - 10:00	24	0	2	0	0	0	0	26	
10:00 - 10:15	27	0	1	0	0	1	0	29	74
10:15 - 10:30	4	0	0	0	0	1	0	5	
10:30 - 10:45	24	0	0	0	0	2	0	26	
10:45 - 11:00	12	0	1	0	0	1	0	14	
11:00 - 11:15	32	0	4	0	0	1	0	37	98
11:15 - 11:30	16	0	0	0	0	3	0	19	
11:30 - 11:45	24	0	2	0	0	2	0	28	
11:45 - 12:00	12	0	1	0	0	1	0	14	
12:00 - 12:15	23	0	4	0	0	4	0	31	121
12:15 - 12:30	33	0	0	0	0	2	0	35	
12:30 - 12:45	31	0	2	0	0	3	0	36	
12:45 - 13:00	16	0	3	0	0	0	0	19	
13:00 - 13:15	13	0	3	0	0	0	0	16	131
13:15 - 13:30	30	0	2	0	0	2	0	34	
13:30 - 13:45	38	0	4	0	0	1	0	43	
13:45 - 14:00	36	0	1	0	0	1	0	38	
14:00 - 14:15	20	0	1	0	0	2	0	23	111
14:15 - 14:30	25	0	2	0	0	3	0	30	
14:30 - 14:45	28	0	1	0	0	1	0	30	
14:45 - 15:00	21	0	3	0	0	4	0	28	
15:00 - 15:15	11	0	0	0	0	3	0	14	106
15:15 - 15:30	20	0	4	0	0	2	0	26	
15:30 - 15:45	23	0	1	0	0	3	0	27	
15:45 - 16:00	33	0	4	0	0	2	0	39	
16:00 - 16:15	5	0	0	0	0	3	0	8	102
16:15 - 16:30	29	0	4	0	0	4	0	37	
16:30 - 16:45	9	0	3	0	0	2	0	14	
16:45 - 17:00	39	0	2	0	0	2	0	43	
17:00 - 17:15	7	0	4	0	0	2	0	13	95
17:15 - 17:30	34	0	2	0	0	0	0	36	
17:30 - 17:45	30	0	3	0	0	1	0	34	
17:45 - 18:00	8	0	2	0	0	2	0	12	
18:00 - 18:15	40	0	2	0	0	2	0	44	85
18:15 - 18:30	11	0	0	0	0	2	0	13	
18:30 - 18:45	14	0	2	0	0	4	0	20	
18:45 - 19:00	3	0	4	0	0	1	0	8	