



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

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

TEMA:

**“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y
MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS LA MATRIZ Y
BOLÍVAR DEL CANTÓN PELILEO”**

Autora: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tutor: Ing. Mg. Alex Xavier Frías Torres

AMBATO - ECUADOR

Agosto – 2021

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del título de Ingeniera Civil, con el tema: **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS LA MATRIZ Y BOLÍVAR DEL CANTÓN PELILEO”**, elaborado por la Srta. Amanda Noemi Porras Naranjo portadora de la cédula de ciudadanía: C.I. 050363402-4, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

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

Ambato, Agosto 2021

Ing. Mg. Alex Xavier Frías Torres

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACION

Yo, Amanda Noemi Porras Naranjo, con C.I. 050363402-4 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente trabajo experimental con el tema **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS LA MATRIZ Y BOLÍVAR DEL CANTÓN PELILEO”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autora del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Agosto 2021



.....
Amanda Noemi Porras Naranjo

C.I: 050363402-4A

AUTORA

DERECHOS DE AUTOR

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

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

Ambato, Agosto 2021



Amanda Noemi Porras Naranjo

C.I: 050363402-4

AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por la estudiante Amanda Noemi Porras Naranjo, de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS LA MATRIZ Y BOLÍVAR DEL CANTÓN PELILEO.”**

Ambato, Agosto 2021

Para constancia firman:

Ing. Mg. Jorge Javier Guevara Robalino

Miembro Calificador

Ing. Mg. Diego Sebastián Chérrez Gavilanes

Miembro Calificador

DEDICATORIA

Todo mi trabajo y esfuerzo lo dedico a mi ángel en el cielo, a mi segunda madre, mi Mamita Colombia, quien me llenó de amor durante todos los años que estuvo en mi vida y siempre está presente en mi corazón.

Y a mi ángel terrenal, a mi Mami Lely, jamás podré encontrar palabras lo suficientemente hermosas para describir lo que es usted en mi vida, su luz ilumina el camino de nuestra familia, nos llena de amor todos los días y nos cobija entre sus brazos, como una gallinita a sus polluelos, su amor y su paciencia jamás nos han abandonado, es el mejor ejemplo de madre, de esposa, de hija, de hermana, la verdadera mujer maravilla es usted, que ha luchado por nosotros durante toda su vida sin soltarnos nunca la mano, jamás nos falte madre hermosa, todo lo que fui, lo que soy y lo que seré, se lo debo a la gran educación que tengo gracias a usted. Podría vivir mil vidas y aun así jamás podría pagarle todo lo que hace por mí. La amo intensa y profundamente.

Amanda Peras

AGRADECIMIENTO

A Dios, que me ha brindado la fuerza necesaria para continuar aun cuando pensaba en rendirme, su infinito amor nunca me ha dejado sola y me ha llenado de fortaleza.

A mi abuelito Polivio, mi Papá Poli, un ser maravilloso que nunca soltó mi mano y me ayudó a salir adelante.

A mi padre Noé, que se sacrificó cada día por brindarme lo mejor y preocuparse de que no me falte nada, un Dios le pague inmenso.

A mi hermano Edison, quien ha sido mi mejor amigo, por llenarme de risas y de amor y apoyarme durante toda mi vida.

A mi Padrino y hermano Daniel, gracias por tu amor y por tu apoyo incondicional, eres el refugio más cálido de nuestra familia.

A mi hermano Ricardo, por ser la persona más influyente en mi formación, quien me ha cuidado como un lobo feroz toda mi vida. Tu Amor me ha dado mucha fortaleza.

A mis sobrinos; Jonás, Rashad y Esteban por ser personitas de luz que me llenan de alegría y amor.

A mi querido Tío Willan, Dios le pague por ser como un padre para todos nosotros y jamás dejarnos solos, su bondad, su cariño y su honestidad son un ejemplo.

A mi esposo Gabriel, gracias por estar presente durante todo este proceso. Por brindarme tu amor y apoyo. Te amo con todo mi corazón.

A mi primo Gustavito, gracias por siempre estar para mí y por ese amor de hermanos que nos tenemos. A mi amigo incondicional Álvaro, gracias joven por todo!

A mis amigos, con quienes hemos reído y llorado, nos hemos apoyado los unos a los otros y han hecho de mi camino universitario algo muy llevadero, de manera especial a Olguita, Jessi, Majo, Liss y Licha, después de tanto esfuerzo ¡lo logramos!

A aquellos profesores que supieron brindarme sus conocimientos y sobre todo su amistad, para ellos mi aprecio más profundo.

Amanda Peras

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACION.....	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	viii
INDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xviii
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT	xxi
CAPÍTULO I.....	1
1.1. Antecedentes Investigativos.....	1
1.1.1. Antecedentes	1
1.1.2. Justificación.....	3
1.1.3. Fundamentación teórica	4
1.1.3.1. Suelos	4
1.1.3.1.1. Clasificación del suelo.....	5
1.1.3.1.2. Propiedades índice del suelo	9
1.1.3.1.2.1 Granulometría.....	10
1.1.3.1.2.2. Límites de Atterberg	14
1.1.3.1.2.3. Porosidad n.....	17
1.1.3.1.2.4. Relación de vacíos e.....	17
1.1.3.1.2.5. Contenido de humedad.....	18
1.1.3.1.2.6. Grado de Saturación del agua (Gw%).....	18
1.1.3.1.2.7. Grado de Saturación del aire (Ga%)	18
1.1.3.1.2.8. Gravedad Específica.....	19
1.1.3.1.2.9. Densidad de Campo (Método del Cono de Arena).....	20

1.1.3.1.3. Propiedades Mecánicas	21
1.1.3.1.3.1. Próctor Modificado B.....	21
1.1.3.1.3.2. Penetración Dinámica de Cono.....	22
1.1.3.1.3.3. Relación de Soporte California CBR	25
1.1.3.1.4. Regresión y Correlación.....	28
1.1.3.1.4.1. Análisis de Regresión.....	28
1.1.3.1.4.2. Media aritmética.....	29
1.1.3.1.4.3. Varianza y Desviación Estándar	29
1.1.3.1.4.4. Covarianza.....	31
1.1.3.1.4.5. Diagrama de Dispersión.....	31
1.1.3.1.5. Análisis de Correlación	31
1.1.3.1.6. Método de Mínimos Cuadrados	32
1.1.3.1.7. Coeficiente de determinación.....	32
1.1.3.1.8. Modelo de regresión lineal múltiple	33
1.1.3.2. Transporte	33
1.1.3.2.1. Conductores	33
1.1.3.2.2. Peatones	34
1.1.3.2.3. Vehículos	34
1.1.3.2.4. Tránsito	35
1.1.3.2.5. Tráfico	36
1.1.3.2.5.1. Tráfico Promedio Diario Anual TPDA.....	36
1.1.3.2.5.2. Tráfico Futuro	39
1.1.3.2.5.3. Tráfico Actual	40
1.1.3.2.5.3.1. Tráfico Existente:	40
1.1.3.2.5.3.2. Tráfico Desviado:.....	40
1.1.3.3. Clasificación de Carreteras	40
1.1.3.3.1. Tipos de Carreteras	41
1.1.3.4. Pavimentos	43
1.1.3.4.1. Definiciones generales	44
1.1.3.4.2. Características de un Pavimento	45
1.1.3.4.3. Función y características generales de las diferentes capas de un Pavimento.....	45
1.1.3.4.4. Clasificación de los Pavimentos	47
1.1.3.4.4.1. Pavimentos flexibles	47
1.1.3.4.4.2. Pavimentos Semirrígidos	49

1.1.3.4.4.3. Pavimentos Rígidos.....	49
1.1.3.4.4.4. Pavimentos Articulados	50
1.1.3.5. Diseño de Pavimentos Flexibles	52
1.1.3.5.1. Método INVIAS.....	52
1.1.3.5.2. Método del Instituto del Asfalto	52
1.1.3.5.3. Método AASHTO 93	53
1.2. Hipótesis.....	68
1.3. Objetivos	68
1.3.1. Objetivo General	68
1.3.2. Objetivos Específicos.....	68
CAPÍTULO II	69
2.1. Niveles de investigación	69
2.1.1. Nivel Exploratorio.....	69
2.1.2. Nivel Descriptivo	69
2.1.3. Nivel Relacional.....	69
2.1.4. Nivel Explicativo	69
2.2. Población.....	70
2.2.1. Parroquia La Matriz	70
2.2.2. Parroquia Bolívar	70
2.3. Muestra.....	70
2.3.1. Mapa de Coordenadas	72
2.4. Materiales y Equipo	73
2.5. Métodos.....	75
2.5.1. Plan de recolección de datos	75
2.5.2. Ensayos	77
2.5.2.1. Procedimiento	77
2.5.3. Plan de Procesamiento y Análisis de Información.....	84
CAPÍTULO III.....	93
3.1. Análisis y discusión de resultados	93
3.1.1. Clasificación SUCS y AASHTO	93
3.1.1.1. Rango Granulométrico	94
3.1.1.2. Representación en la carta de plasticidad.....	95
3.1.2. Propiedades físicas	95
3.1.2.1. Nomenclatura	97

3.1.3. Correlaciones.....	102
3.1.4. Propuesta de Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles	126
3.1.4.1. Cálculo de Factores del Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles	126
3.1.4.1.1. Tráfico	126
3.1.4.1.1.2. Porcentaje de la trigésima hora	127
3.1.4.1.1.3. Tráfico Vehicular actual en el 1er año	128
3.1.4.1.1.4. Tráfico Generado	129
3.1.4.1.1.5. Tráfico atraído	129
3.1.4.1.1.6. Tráfico desarrollado	130
3.1.4.2. Diseño de la estructura del pavimento	132
3.1.4.2.1. Ejes equivalentes acumulados.....	132
3.1.4.2.2. Confiabilidad (R)	134
3.1.4.2.3. Desviación estándar normal (Zr).....	134
3.1.4.2.4. Desviación estándar global (So).....	134
3.1.4.2.5. Índice de Serviciabilidad (PSI)	135
3.1.4.2.6. Módulo de Resiliencia (Mr).....	135
3.1.4.2.7. Coeficientes para la carpeta asfáltica	135
3.1.4.2.8. Coeficientes de drenaje	139
3.1.4.3. Datos para el Diseño de la estructura del Pavimento en función al CBR obtenido en laboratorio	140
3.1.4.4. Datos para el Diseño de la estructura del Pavimento en función al CBR obtenido mediante la correlación #23	143
3.2. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	147
CAPÍTULO IV	148
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	148
4.1. CONCLUSIONES	148
4.2. Recomendaciones.....	151
ANEXOS	152
Anexo 1. Bibliografía	152
Anexo 2. Tablas de Resultados	157
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	157
DENSIDAD DE CAMPO.....	170
GRAVEDAD ESPECÍFICA.....	183

LÍMITES DE ATTERBERG	196
ENSAYO DCP.....	209
PRÓCTOR MODIFICADO TIPO B	235
ENSAYO CBR (California Bearing Ratio)	248
Anexo 3. Conteo Vehicular.....	273
Anexo 4. Fotografías	274
Anexo 5. Ubicación Calicatas	278

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites de separación de tamaño de suelo.....	5
Tabla 2. Clasificación de materiales de carreteras subrasantes.....	6
Tabla 3. Clasificación de materiales de carreteras subrasantes.....	7
Tabla 4. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.....	9
Tabla 5. Tabla de Tamices Estándar USA	13
Tabla 6. Valores Típicos de la gravedad específica de las partículas	19
Tabla 7. Comparación entre diferentes tipos de ensayo Próctor.....	22
Tabla 8. Resistencia Promedio de rodadura (lb/ton).....	35
Tabla 9. Resistencia a las curvas de vehículos de pasajeros en pavimentos en buen estado.....	35
Tabla 10. Clasificación de Carreteras	40
Tabla 11. Relación Función, Clase MOP y Tráfico	41
Tabla 12. Pesos y Dimensiones de Vehículos de carga pesada Motorizados, Remolques y Semiremolques.....	42
Tabla 13. Peso Bruto Vehicular y Dimensiones Máximas Permisibles en Combinaciones.....	43
Tabla 14. Período de Análisis	54
Tabla 15. Factor de Distribución de Carril.....	56
Tabla 16. Niveles de confiabilidad Sugeridos para varias Clasificaciones Funcionales	57
Tabla 17. Espesores mínimos en pulgadas.....	66
Tabla 18. Calidad de Drenaje.....	66
Tabla 19. Valores de m1 recomendados para los Coeficientes de Capa de Materiales de Base y Subbase no Tratada en Pavimentos Flexibles	67
Tabla 20. Ubicación Geográfica de las Calicatas.....	71
Tabla 21. Materiales y Equipo	73
Tabla 22. Materiales y Equipos.....	74
Tabla 23. Interpretación del coeficiente de determinación.	85
Tabla 24. Formato para correlaciones lineales simples.....	86
Tabla 25. Formato para correlaciones logarítmicas	87
Tabla 26. Formato para correlaciones exponenciales	88
Tabla 27. Formato para correlaciones potenciales	89

Tabla 28. Formato para ecuaciones entre Correlaciones y Propiedades del Suelo ...	90
Tabla 29. Clasificación de los Suelos	93
Tabla 30. Resumen de las Propiedades Índice de los Suelos	98
Tabla 31. Resumen de las Propiedades Índice de los Suelos	99
Tabla 32. Resumen de las Propiedades Índice de los Suelos	100
Tabla 33. Resumen de las Propiedades Mecánicas de los Suelos	101
Tabla 34. Correlaciones.....	102
Tabla 35. Conteo Vehicular Hora Pico	126
Tabla 36. Índice de Crecimiento	128
Tabla 37. Tráfico actual total del proyecto	130
Tabla 38. Tráfico Proyectado para 20 años.....	131
Tabla 39. Factores de Daño.....	132
Tabla 40. Cálculo de Ejes Equivalentes	133
Tabla 41. Espesores mínimos en base a Ejes Equivalentes	134
Tabla 42. Determinación coeficiente a 1	135
Tabla 43. Determinación Coeficiente a 2.....	137
Tabla 44. Determinación Coeficiente a 3.....	138
Tabla 45. Tiempo de Drenaje.....	139
Tabla 46. Corrección de coeficientes estructurales con respecto al drenaje y a la humedad	139
Tabla 47. Datos para el cálculo de SN #1	140
Tabla 48. Diseño 1 Pavimento Flexible	141
Tabla 49. Propuesta de Diseño N° 1 del Pavimento	142
Tabla 50. Datos para el cálculo del "SN" #2.....	143
Tabla 51. Diseño 2 del Pavimento Flexible	145
Tabla 52. Propuesta Diseño N°2 del Pavimento	146
Tabla 53. Granulometría Muestra #01	158
Tabla 54. Granulometría Muestra #02	159
Tabla 55. Granulometría Muestra #03	160
Tabla 56. Granulometría Muestra #04	161
Tabla 57. Granulometría Muestra #05	162
Tabla 58. Granulometría Muestra #06	163
Tabla 59. Granulometría Muestra #07	164

Tabla 60. Granulometría Muestra #08	165
Tabla 61. Granulometría Muestra #09	166
Tabla 62. Granulometría Muestra #10	167
Tabla 63. Granulometría Muestra #11	168
Tabla 64. Granulometría Muestra #12	169
Tabla 65. Densidad de Campo Muestra #01	171
Tabla 66. Densidad de Campo Muestra #02	172
Tabla 67. Densidad de Campo Muestra #03	173
Tabla 68. Densidad de Campo Muestra #04	174
Tabla 69. Densidad de Campo Muestra #05	175
Tabla 70. Densidad de Campo Muestra #06	176
Tabla 71. Densidad de Campo Muestra #07	177
Tabla 72. Densidad de Campo Muestra #08	178
Tabla 73. Densidad de Campo Muestra #09	179
Tabla 74. Densidad de Campo Muestra #10	180
Tabla 75. Densidad de Campo Muestra #11	181
Tabla 76. Densidad de Campo Muestra #12	182
Tabla 77. Gravedad Específica Muestra #01	184
Tabla 78. Gravedad Específica Muestra #02	185
Tabla 79. Gravedad Específica Muestra #03	186
Tabla 80. Gravedad Específica Muestra #04	187
Tabla 81. Gravedad Específica Muestra #05	188
Tabla 82. Gravedad Específica Muestra #06	189
Tabla 83. Gravedad Específica Muestra #07	190
Tabla 84. Gravedad Específica #08.....	191
Tabla 85. Gravedad Específica Muestra #09	192
Tabla 86. Gravedad Específica Muestra #10	193
Tabla 87. Gravedad Específica Muestra #11	194
Tabla 88. Gravedad Específica Muestra #12	195
Tabla 89. Límites de Atterberg Muestra #01	197
Tabla 90. Límites de Atterberg Muestra #02	198
Tabla 91. Límites de Atterberg Muestra #03	199
Tabla 92. Límites de Atterberg Muestra #04	200

Tabla 93. Límites de Atterberg Muestra #05	201
Tabla 94. Límites de Atterberg Muestra #06	202
Tabla 95. Límites de Atterberg Muestra #07	203
Tabla 96. Límites de Atterberg Muestra #08	204
Tabla 97. Límites de Atterberg Muestra #09	205
Tabla 98. Límites de Atterberg Muestra #10	206
Tabla 99. Límites de Atterberg Muestra #11	207
Tabla 100. Límites de Atterberg Muestra #12	208
Tabla 101. Ensayo DCP Muestra #1	210
Tabla 102. Ensayo DCP Muestra #02	212
Tabla 103. Ensayo DCP Muestra #03	214
Tabla 104. Ensayo DCP Muestra #04	216
Tabla 105. Ensayo DCP Muestra #05	218
Tabla 106. Ensayo DCP Muestra #06	221
Tabla 107. Ensayo DCP Muestra #07	223
Tabla 108. Ensayo DCP Muestras #08	225
Tabla 109. Ensayo DCP Muestra #09	227
Tabla 110. Ensayo DCP Muestra #10	229
Tabla 111. Ensayo DCP Muestra #11	231
Tabla 112. Ensayo DCP Muestra #12	233
Tabla 113. Ensayo Próctor B Muestra #01	236
Tabla 114. Próctor Modificado B Muestra #02.....	237
Tabla 115. Próctor Modificado B Muestra #03.....	238
Tabla 116. Próctor Modificado B Muestra #04.....	239
Tabla 117. Próctor Modificado B Muestra #05.....	240
Tabla 118. Próctor Modificado B Muestra #06.....	241
Tabla 119. Próctor Modificado B Muestra #07.....	242
Tabla 120. Próctor Modificado B Muestra #08.....	243
Tabla 121. Próctor Modificado B Muestra #09.....	244
Tabla 122. Próctor Modificado B Muestra #10.....	245
Tabla 123. Próctor Modificado B Muestra #11.....	246
Tabla 124. Próctor Modificado B Muestra #12.....	247
Tabla 125. Ensayo CBR Muestra #01	249

Tabla 126. Ensayo CBR Muestra #02.....	251
Tabla 127. Ensayo CBR Muestra #03.....	253
Tabla 128. Ensayo CBR Muestra #04.....	255
Tabla 129. Ensayo CBR Muestra #05.....	257
Tabla 130. Ensayo CBR Muestra #06.....	259
Tabla 131. Ensayo CBR Muestra #07.....	261
Tabla 132. Ensayo CBR Muestra #08.....	263
Tabla 133. Ensayo CBR Muestra #09.....	265
Tabla 134. Ensayo CBR Muestra #10.....	267
Tabla 135. Ensayo CBR Muestra #11.....	269
Tabla 136. Ensayo CBR Muestra #12.....	271
Tabla 137. TPDA.....	273

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva Granulométrica de un Suelo	4
Figura 2. Rango del límite líquido y del índice de plasticidad para suelos en los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 Y A-7.....	8
Figura 3. Mallas para tamices	11
Figura 4. Curva Granulométrica	12
Figura 5. Dimensiones de la ranura en la copa de Casagrande.....	15
Figura 6. Aparato empleado para ejecutar el ensayo del límite líquido.....	16
Figura 7. Carta de Plasticidad	16
Figura 8. Equipo empleado para determinar la compactación del terreno mediante el uso de arena.....	21
Figura 9. Esquema del dispositivo DCP	23
Figura 10. Cono	24
Figura 11. Relación entre dos variables mediante una línea recta	29
Figura 12. Diagrama de Dispersión	31
Figura 13. Diagramas de Dispersión (r).....	32
Figura 14. Sección Típica de un Pavimento Rígido	51
Figura 15. Ejemplo de Tráfico ESAL 18 kips Vs. Tiempo.....	55
Figura 16. Formato para Calcular el Módulo de Resiliencia Efectivo de la Subrasante en Pavimentos Flexibles.....	58
Figura 17. Gráfica de Diseño para Estructuras de Pavimento Flexible	62
Figura 18. Ábaco para la estimación de a_1	63
Figura 19. Coeficiente a_2 en Bases Granulares	64
Figura 20. Coeficiente a_3 , en Subbases Granulares.....	65
Figura 21. Mapa de Coordenadas	72
Figura 22. Representación Granulométrica	94
Figura 23. Representación muestras en Carta de Plasticidad.....	95
Figura 24. Correlación #01	103
Figura 25. Correlación #02	104
Figura 26. Correlación #03	105
Figura 27. Correlación #04	106
Figura 28. Correlación #05	107
Figura 29. Correlación #06	108

Figura 30. Correlación #07	109
Figura 31. Correlación #08	110
Figura 32. Correlación #09	111
Figura 33. Correlación #10	112
Figura 34. Correlación #11	113
Figura 35. Correlación #12	114
Figura 36. Correlación #13	115
Figura 37. Correlación #14	116
Figura 38. Correlación #15	117
Figura 39. Correlación #16	118
Figura 40. Correlación #17	119
Figura 41. Correlación #18	120
Figura 42. Correlación #19	121
Figura 43. Correlación #20	122
Figura 44. Correlación #21	123
Figura 45. Correlación #22	124
Figura 46. Correlación #23	125
Figura 47. Determinación Coeficiente Estructural a1	136
Figura 48. Determinación Coeficiente Estructural a2.....	137
Figura 49. Determinación Coeficiente Estructural a3.....	138
Figura 50. Cálculo 1 "SN"	140
Figura 51. Espesores de las capas de Pavimento en cm.....	142
Figura 52. Cálculo 2 "SN"	144
Figura 53. Espesores de las capas de Pavimento en cm.....	146

RESUMEN

El presente proyecto es un trabajo experimental con el objetivo de determinar la correlación existente entre el CBR, el DCP y las propiedades índice y mecánicas de los suelos granulares de las parroquias La Matriz y Bolívar del cantón Pelileo en la provincia de Tungurahua.

Para el desarrollo de este trabajo se procedió a realizar visitas de campo en el cual se reconoció los sectores en donde se encuentran las vías que permitan un correcto estudio y extracción de muestras de suelo para su posterior análisis e interpretación. Se procedió a tomar doce muestras de suelo de seis vías, mediante la realización de un pozo a cielo abierto, en donde también se realizaron los ensayos in situ, tales como, densidad específica (Método del Cono y Arena de Ottawa) y el Penetrómetro Dinámico de Cono.

Por otra parte, se procedió para que sea factible realizar los ensayos de laboratorio, se extrajo una cantidad aproximada de 50 kilogramos, que es el suelo que se necesita para efectuar ensayos de granulometría, gravedad específica, límites de Atterberg, próctor modificado tipo B y Relación de Soporte de California.

En base a mínimos cuadrados y a la regresión lineal se determinaron las correlaciones entre las propiedades, utilizando dos y tres variables, respectivamente.

Palabras Claves: Arena de Otawwa, DCP, CBR, Correlación, Próctor modificado B.

ABSTRACT

The present project is an experimental work with the aim of determining the correlations between the CBR, DCP, indexes properties and mechanical properties in granular soils of La Matriz and Bolívar parishes of Tungurahua province.

For the development of this work proceeded to carry out field visits in which the sectors where the ways that allow a correct study and extraction of soil samples were recognized to analyze and to interpret. Twelve six-way soil samples were taken by conducting an open pit, where the tests were also carried out, such as specific density with Attawa Cone and Sand Method and Dinamyc Cone Penetrometer.

On the other hand, it was done to make it feasible to carry out the laboratory tests, and an approximate quantity of 50 kilograms was extracted, which is the soil needed for granulometry tests, Specific Gravity, Atterberg Limits, Modified Proctor B and California Bearing Ratio.

Based on least squares and linear regression, correlations between properties were determined using two and three variables, respectively.

Keywords: Ottawa Sand, DCP, CBR, correlation, Modified Proctor B.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

1.1.1. Antecedentes

El suelo es un material complejo que, con sus características no homogéneas y su compresibilidad, debe ser objeto de un estudio especial en relación con las deformaciones que puede sufrir al ser sobrecargado con estructuras rígidas; capaces de causar fatiga a alguno de los elementos resistentes, e incluso producir su rotura, consecuentemente presenta un gran peligro para la estabilidad de la estructura entera. De aquí la importancia de un estudio responsable del suelo que sea capaz de aportar los datos necesarios para la construcción de cualquier obra civil, estudio que en ciertos casos puede llegar a desechar un terreno o incluso a elegir otro [1].

La materia orgánica que se encuentra presente en el suelo depende básicamente del clima, del tipo de suelo y del manejo del mismo [2]; mientras que la heterogeneidad de sus propiedades es capaz de alterar a la distribución del contenido de humedad, que se presenta en variaciones de la textura y estructura [3], para algunos autores la textura es uno de los factores que ejerce un control sobre la humedad del suelo y varía dependiendo del contenido de humedad y se percibe con más claridad cuando ésta aumenta [4], [5], [6]. Según la AASHTO los ensayos que permiten determinar las propiedades índice del suelo son: Granulometría, Densidad de Campo, Límites de Atterberg, Gravedad Específica mientras que para determinar las propiedades mecánicas se realizan ensayos como el Próctor y CBR; que en relación a los ensayos antes mencionados requieren de un mayor tiempo de ejecución, costos más elevados e implican un grado de dificultad más alto [7].

La obtención del CBR (California Bearing Ratio) es un parámetro necesario en el diseño de pavimentos flexibles, considerado como un proceso complejo. Como respuesta a estas dificultades aparece el DCP (Cono Dinámico de Penetración) que facilita los ensayos convencionales, aunque, cabe recalcar que es necesaria una correcta interpretación para

determinar los parámetros de un diseño más confiable; optimizando tiempo, dinero, recursos humanos y mecánicos. El DCP fue desarrollado en 1956 por Scala; estudios realizados en campo por Livneh e Ishali (1987) y Kleyn (1975) han sido primordiales para la evaluación de pavimentos. Este instrumento es utilizado esencialmente para determinar la resistencia de suelos y estimar un valor de CBR en campo. El DCP estima la capacidad estructural de las diferentes capas que conforman a un pavimento, define el grado de heterogeneidad que se encuentra en una sección y la uniformidad de compactación del material, de forma rápida, continua y precisa [7].

Al sur de África en las vastas extensiones de partes áridas y semiáridas existe una capa pedogénica naturalmente endurecida llamada “Dorbank”, a pesar de representar una molestia para la agricultura, es relativamente fácil de retirar del perfil del suelo para el desarrollo agrícola, no obstante gracias a su estratégica posición así como también sus características que son muy cercanas a la de la roca, se plantea su capacidad ingenieril, por lo que se determinó la relación de soporte de California (CBR) y la resistencia al corte directo de las muestras trituradas, además de resultar que son suelos no cohesivos y no plásticos, se dio a conocer que posee una baja durabilidad y un CBR, consecuentemente no cumplió con los requisitos de material de base de carreteras de Sudáfrica [8].

En Colombia, por su parte, se analizaron suelos mediante un CBR aplicado en el estudio de estabilización con lodo aceitoso, obteniendo resultados alentadores que permiten mejorar las propiedades de resistencia y de plasticidad [9].

1.1.2. Justificación

Actualmente es primordial contar tanto con medios de transporte como con una red vial que se encuentren en las condiciones adecuadas y confortables para los usuarios; como conductores y peatones; para lo cual existen varios factores que intervienen en la elección del mecanismo con el que se debe trabajar, teniendo así a factores de tipo económico, social, político y físico [10].

Dentro de la historia, conforme el avance tecnológico se ha ido haciendo cada vez más notorio, han aparecido diferentes modos y sistemas de transporte, acorde a la creciente economía nacional, el uso del transporte mediante carreteras que son consideradas como ejes articuladores de procesos tales como población y expansión económica. Consecuentemente es importante contar con una red vial que cumpla con la demanda de transporte de manera que proporcione comodidad, eficiencia y seguridad [10].

En base a la relevancia de la vialidad para satisfacer las necesidades de desarrollo del sector, se ha planteado implementar un estudio de la correlación que tiene el CBR con las propiedades índice y mecánicas del suelo, ya que, como es conocido éste método empleado para la evaluación de la resistencia potencial de materiales de subrasante, subbase y base que son utilizados en pavimentos, tiene un alto costo y un nivel de complejidad considerable por lo que se propone encontrar otros medios para acercarse a un valor de CBR, permitiendo así, optimizar tiempo y recursos [11].

Según la AASHTO, la obtención del módulo elástico de la subrasante basándose en las correlaciones con propiedades como contenido de humedad, límite líquido, entre otras, permite obtener resultados bastante aceptables [12].

En Colombia, utilizan resultados obtenidos en un programa experimental, usado únicamente para obtener correlaciones entre el CBR inalterado de suelos finos con su resistencia a la compresión o con algunas propiedades índice [13].

En Ecuador se realizó una investigación cuyo resultado permite la utilización del ensayo de penetración dinámica de cono para, de este modo, determinar el valor del CBR de

suelos arcillosos de alta y baja compresibilidad, ubicados en la vía Manta-Portoviejo y de la provincia de Manabí [14].

1.1.3. Fundamentación teórica

1.1.3.1. Suelos

Los suelos se forman gracias a la desintegración mecánica o a la descomposición química de rocas, formando así, un conjunto de partículas minerales, el mismo que presenta dos propiedades esenciales [15]:

-Tiene una organización definida y propiedades que pueden variar [15].

- El agua dentro de este conjunto, dependiendo de la cantidad en la que se encuentre, tiende a tener “continuidad”, en el sentido de distribución de presiones, el agua puede ocupar todos los poros existentes entre las partículas minerales, intercomunicándose a manera que el agua forme una masa continua [15].

Las partículas, además, poseen una distribución según su tamaño en una muestra de suelo, que se representa en un gráfico que relaciona el porcentaje de partículas de tamaño inferior, en peso, con cada diámetro (mm). Teniendo arena, limo y arcilla [16].

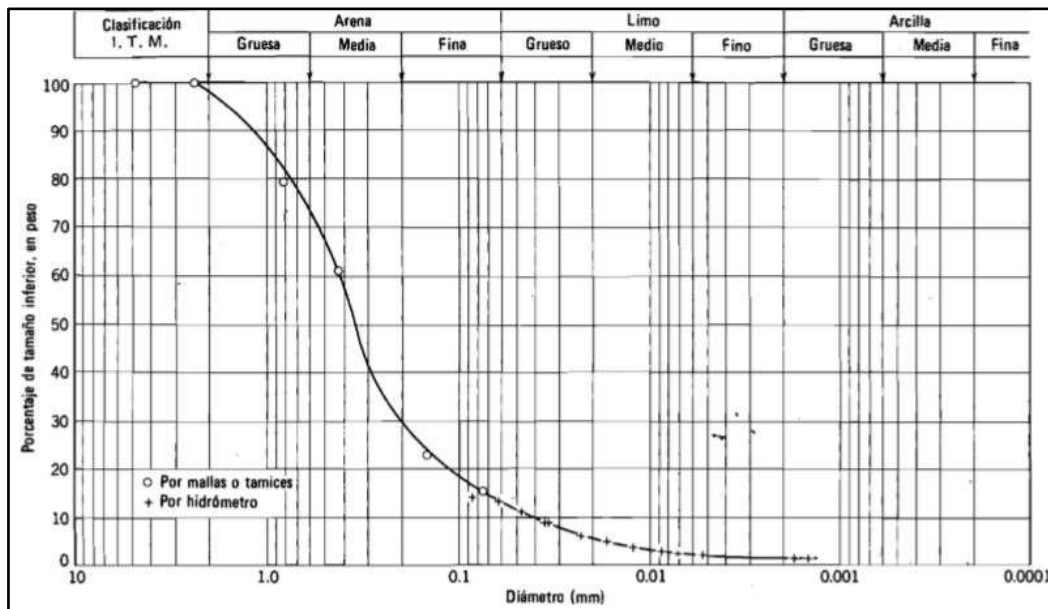


Figura 1. Curva Granulométrica de un Suelo

Fuente: Lambe W., Whitman R., Mecánica de Suelos [16]

Dependiendo de la función de las capas asfálticas y del nivel de esfuerzos a soportar en cada una, se utiliza curvas granulométricas diferentes, teniendo, consecuentemente, curvas granulométricas abiertas, semiabiertas y cerradas [17].

Tabla 1. Límites de separación de tamaño de suelo

Nombre de la organización	Tamaño de las partículas (mm)			
	<i>Grava</i>	<i>Arena</i>	<i>Limo</i>	<i>Arcilla</i>
Instituto de Tecnología de Massachests (MIT)	> 2	2 a 0,06	0,06 a 0,002	< 0,002
Departamento de Agricultura de E.U. (USDA)	>2	2 a 0,05	0,05 a 0,002	< 0,002
Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales del Transporte (AASHTO)	76,2 a 2	2 a 0,075	0,075 a 0,002	< 0,002
Sistema Unificado de Clasificación de Suelo (SUCS)	76,2 a 4,75	4,75 a 0,075	Finos (limos y arcillas) < 0,075	

Fuente: Das B., Fundamentos de Ingeniería Geotécnica [18]

1.1.3.1.1. Clasificación del suelo

En virtud de sus características mecánicas y su comportamiento ingenieril, el suelo puede dividirse en grupos y subgrupos, existen dos sistemas de clasificación en los que se presenta un lenguaje común para expresar las características de los suelos con propósitos de ingeniería [18], [19]:

-Sistema de clasificación AASHTO: En la construcción de terraplenes y carreteras [18], [19].

-Sistema Unificado de Clasificación del Suelo (SUCS): Utilizado en gran parte de trabajos geotécnicos [18], [19].

Estos sistemas aplican los resultados provenientes del análisis granulométrico y los límites de Atterberg para clasificar el suelo [18], [19].

Sistema de clasificación AASHTO

En 1929, se desarrolló un Sistema de Clasificación de Administración de Carreteras, el mismo que, como todo sistema, estuvo sujeto a varias revisiones, con la versión actual propuesta por la Comisión de Clasificación de Materiales para los Tipos de Carreteras Subrasantes y Granulares de la Junta de Investigación de Carreteras en 1945 (ASTM D-3282; sistema AASHTO M145) [18].

El sistema AASHTO clasifica al suelo en siete grupos principales [18]:

Tabla 2. Clasificación de materiales de carreteras subrasantes

CLASIFICACIÓN Materiales granulares (35% o < del total de la muestra pasada por el # 200)							
Grupo de Clasificación	A-1			A-2			
	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis Tamiz							
Núm. 10	50 máx.						
Núm. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
Núm. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Fración de paso #40							
Límite Líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena Fina	Limo o grava arcillosa y arena			
Clasificación general de la subrasante	Excelente a bueno						

Fuente: Das B., Fundamentos de Ingeniería Geotécnica [18].

Tabla 3. Clasificación de materiales de carreteras subrasantes

CLASIFICACIÓN	Materiales granulares (35% o < del total de la muestra pasada por el # 200)			
Grupo de Clasificación	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Análisis Tamiz				
Núm. 10				
Núm. 40				
Núm. 200	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Fracción de paso #40				
Límite Líquido	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Suelos Limosos		Suelos arcillosos	
Clasificación general de la subrasante	Regular a malo			

Para A-7-5, $IP \leq LL - 30$

Para A-7-6, $IP > LL - 30$

Fuente: Das B., Fundamentos de Ingeniería Geotécnica [18].

Este sistema se basa principalmente en [18]:

➤ *Tamaño del grano*

Grava: Pasa el tamiz de 75 mm y se retiene en el tamiz de 2 mm (n° 10).

Arena: Pasa el tamiz n° 10 y se retiene en el tamiz n° 200.

Limo y arcilla: Pasa el tamiz n° 200.

Los datos se aplican de izquierda a derecha y por proceso de eliminación, la clasificación correcta es el primer grupo de la izquierda donde encajen los datos, para tener una correcta apreciación, se incorpora un número denominado índice de grupo (valora la calidad del suelo mediante una ecuación) a los grupos y subgrupos que tiene el suelo. Los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 Y A-7; son el resultado del rango del límite líquido y el índice de plasticidad de los suelos [18].

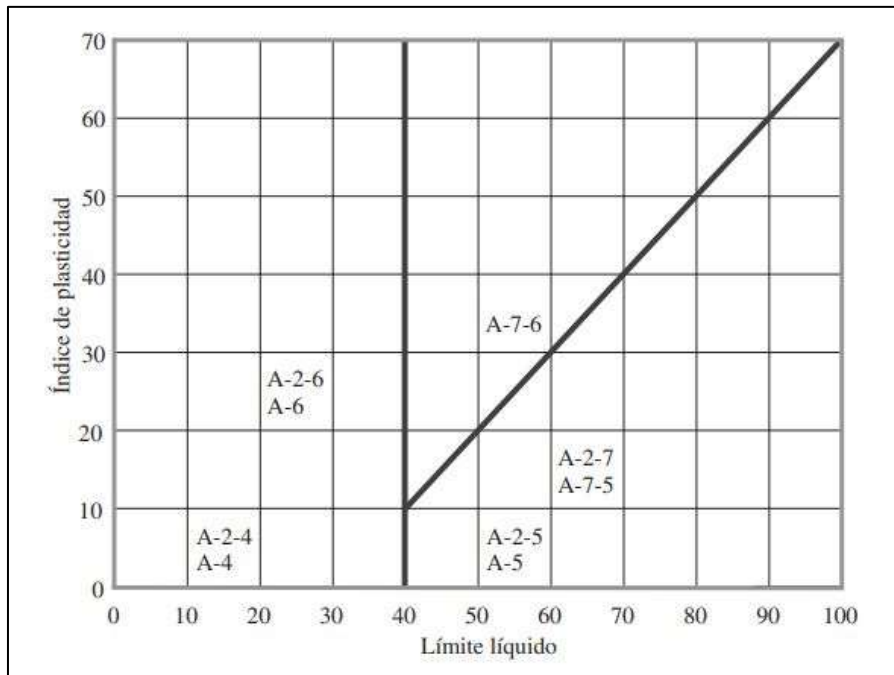


Figura 2. Rango del límite líquido y del índice de plasticidad para suelos en los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 Y A-7

Fuente: Das B., Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica [18].

Sistema Unificado de Clasificación de suelo

En 1948, Casagrande propuso la forma original del SUCS, para la construcción del aeródromo, obra ejecutada en la Segunda Guerra Mundial por el cuerpo de ingenieros del ejército. Hoy en día éste sistema es usado (Norma ASTM D-2847), clasificando al suelo en dos categorías [18]:

- Suelos de grano grueso, grava y arena en estado natural con $<50\%$ que pasa el tamiz n°200. (G para grava, S para arena).
- Suelos de grano fino, $\geq 50\%$ que pasa el tamiz n°200. (M limo inorgánico, C arcilla inorgánica, O limos orgánicos y arcillas; Pt se usa para la turba, lodo y suelos altamente orgánicos) , H: Alta plasticidad ($Il > 50$), L: Baja plasticidad ($Il < 50$), P: Mal clasificado, W: Bien clasificado.

Teniendo así una descripción de los parámetros dados en el sistema unificado de clasificación de los suelos [18].

Tabla 4. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

Divisiones Mayores			Símbolo del Grupo	Nombre del Grupo
<i>Suelos Granulares Gruesos</i> 50% o más retenido en el tamiz n°200	Grava < 50% de la fracción gruesa que pasa por el tamiz n°4	Grava limpia < del 5% pasa por el tamiz #200	GW	Grava bien graduada, grava fina a gruesa
			GP	Grava pobremente graduada
		Grava > del 12% pasa el tamiz #200	GM	Grava Limosa
			GC	Grava Arcillosa
	Arena > = 50% de fracción gruesa que pasa por el tamiz n°4	Arena Limpia < del 5% pasa el tamiz #200	SW	Arena fina a gruesa
			SP	Arena pobremente graduada
		Arena > 12% que pasa el tamiz #200	SM	Arena Limosa
			SC	Arena Arcillosa
Suelos de grano fino >50% de la muestra pasa el tamiz n°200	Limos y arcillas Limite Liquido <50	Inorgánico	ML	Limo
			CL	Arcilla
		Orgánico	OL	Limo Orgánico, arcilla orgánica
	Limos y arcillas Limite Liquido >=50	Inorgánico	MH	Limo de alta plasticidad, limo elástico
			CH	Arcilla de alta plasticidad
		Orgánico	OH	Arcilla orgánica, limo orgánico
Suelos altamente orgánico			Pt	Turba

Fuente: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) [20].

1.1.3.1.2. Propiedades índice del suelo

Es muy común basarse en estudios previos del suelo para, a partir de ese punto, interpretar el comportamiento del mismo para proceder con proyectos de construcción, pero también es común que las conclusiones alcanzadas sean erróneas, por consiguiente, es fundamental disminuir los riesgos que conlleva trabajar con el suelo, teniendo oportuno entender que dentro de una misma categoría existen diferentes tipos de suelo; las propiedades físicas en las que se apoya ésta distinción se conoce como **propiedades índice**. Este nombre se debe

al dedo índice utilizado para mostrar, señalar o indicar, puesto que son propiedades que van a mostrar, señalar o indicar el comportamiento del suelo [21].

1.1.3.1.2.1 Granulometría

Independientemente del tipo de suelo, todos tienen partículas “distintas”, es decir de tamaño variable, lo que nos lleva a buscar la clasificación dependiendo de los distintos tamaños, en otros términos, la composición granulométrica, esto se realiza con la finalidad de analizar la incidencia que tiene en las propiedades del suelo [21].

Esta composición de partículas del suelo representa el porcentaje de materia mineral en peso de cada fracción, con propiedades características de partículas gruesas y finas, teniendo, generalmente, arena, limo y arcilla. Ahora bien, el análisis que permita clasificarlos es el granulométrico, el mismo que a través de tamices de diferentes dimensiones que divide el suelo dependiendo del tamaño de sus partículas [21], [22].

Un análisis granulométrico es una técnica de laboratorio capaz de definir la proporción de participación de las partículas del suelo, en función de su tamaño (Gradación del suelo) [23].

Métodos de análisis granulométrico

Desde el punto de vista geotécnico, es necesario conocer la separación del suelo dependiendo de su tamaño para que sea posible determinar su competencia y eficiencia, para lo cual se habla de dos tipos de ensayo; por tamizado para gravas y arena y por sedimentación para limos y arcilla, cabe recalcar que se utiliza este segundo método debido al comportamiento plástico de la fracción fina [23].

-Tamizado: El suelo (una vez secado, ya sea en el horno o al aire), se hace pasar por una serie de tamices previamente organizados de manera descendente; el primer tamiz es el de mayor tamaño y es en donde se inicia el proceso, es necesario tapanlo para evitar alguna pérdida de finos y el último tamiz se deja reposar sobre un recipiente que recepta al material que no fue retenido por ningún tamiz; este procedimiento se realiza mediante golpes verticales y sacudidas horizontales, que pueden ser manuales o mecánicos [23].

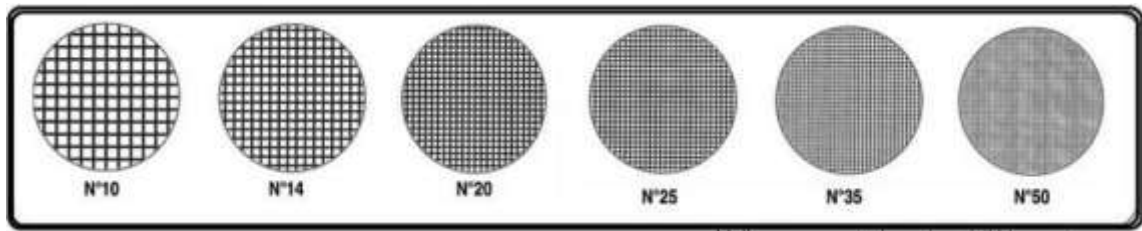


Figura 3. Mallas para tamices
Fuente: Duque G., Escobar C., Geomecánica [24]

-Sedimentación: Este método tiende a realizarse mediante dos procedimientos; método del hidrómetro y método de la pipeta; los cuales se basan en que, en un medio acuoso, las partículas del suelo tienden a sedimentarse, aplicable a un suelo fino, el que no es retenido por ningún tamiz [23].

Descripción de la gradación

La forma que presente la curva de distribución es un indicador de la variación de tamaños en un amplio rango (curva C) o en rango estrecho (curva B), en el caso de que el rango se incline a los tamaños más grandes del suelo grueso (A) o a los menores del suelo fino (C). Un rango amplio y una curva tenue, implica que existe una proporción en peso y tamaño del suelo, dicho de otra forma, es un suelo bien gradado; por otro lado, una mala gradación se puede dar por “falta de extensión” (B) o por discontinuidad. En necesario el coeficiente de uniformidad C_u y el coeficiente de curvatura C_c , para expresar numéricamente a la gradación; con valores de $C_u \geq 4$ (En gravas) y ≥ 6 (En arena) y un valor de $1 < C_c < 3$ [23].

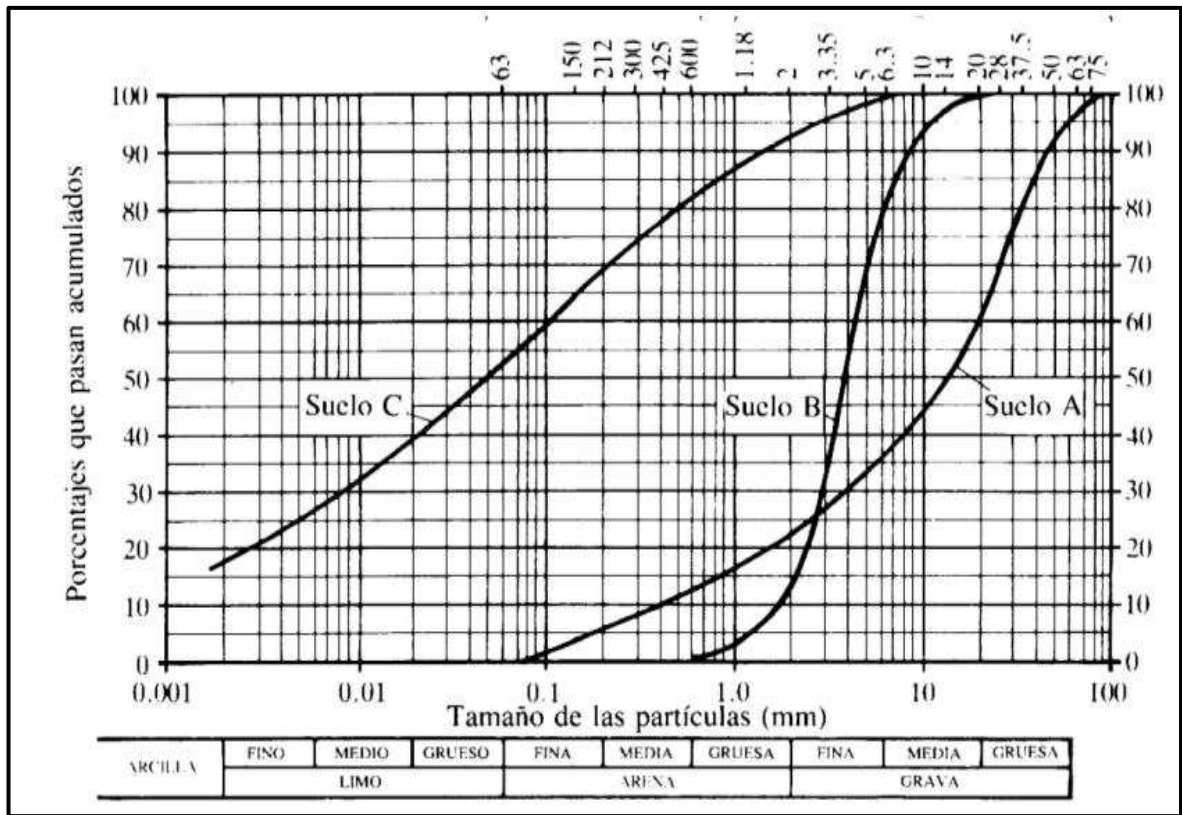


Figura 4. Curva Granulométrica
Fuente: Duque G., Escobar C., Geomecánica [24]

En la figura 5 se aprecia el suelo A que representa a un suelo bien gradado y de grano grueso, el suelo B es un suelo mal gradado y de poca uniformidad mientras que a las arcillas limosas le corresponde el suelo C [23].

Tabla 5. Tabla de Tamices Estándar USA

Número o Tamaño del Tamiz	Abertura del Tamiz	
	Estándar (mm)	Alternativo (in.)
1/4 pulg	6,3 mm	0,2500
No. 3-1/2	5,6 mm	0,2230
No. 4	4,75 mm	0,1870
No. 5	4,00 mm	0,1570
No. 6	3,35 mm	0,1320
No. 7	2,80 mm	0,1110
No. 8	2,36 mm	0,0937
No. 10	2,00 mm	0,0787
No. 12	1,70 mm	0,0661
No. 14	1,40 mm	0,0555
No. 16	1,18 mm	0,0469
No. 18	1,00 mm	0,0394
No. 20	850 um	0,3310
No. 25	710 um	0,0278
No. 30	600 um	0,0234
No. 35	500 um	0,0197
No. 40	425 um	0,0165
No. 45	355 um	0,0139
No. 50	300 um	0,0117
No. 60	250 um	0,0098
No. 70	212 um	0,0083
No. 80	180 um	0,0070
No. 100	150 um	0,0059
No. 120	125 um	0,0049
No. 140	106 um	0,0041
No. 170	90 um	0,0035
No. 200	75 um	0,0029
No. 230	63 um	0,0025
No. 270	53 um	0,0021
No. 325	45 um	0,0017
No. 400	38 um	0,0015
Serie Gruesa		
5/16 pulg	8,0 mm	0,3120
3/8 pulg	9,5 mm	0,3750
7/16 pulg	11,2 mm	0,4380
1/2 pulg	12,5 mm	0,5000
5/8 pulg	16,0 mm	0,6250
3/4 pulg	19,0 mm	0,7500
7/8 pulg	22,4 mm	0,8750
1 pulg	25,0 mm	1,0000
1-1/4 pulg	31,5 mm	1,2500
1-1/2 pulg	38,1 mm	1,5000
1-3/4 pulg	45 mm	1,7500
2 pulg	50 mm	2,0000
2-1/2 pulg	63 mm	2,5000
3 pulg	75 mm	3,0000
3-1/2 pulg	90 mm	3,5000
4 pulg	100 mm	4,0000

Fuente: ASTM C 136-01 [25]

Existen varios aspectos presentes en un análisis granulométrico que son importantes a tomar en cuenta [26]:

- **Diámetro efectivo D_{10}** = Denominado así por Hazen, es el tamaño igual o mayor que el 10 % en peso, del suelo.
- **Diámetro dimensional D_{60}** = El diámetro está dado de tal forma que, el peso total es el peso del agregado de todas las partículas menores es el 60 %.

- **Diámetro equiparable D_{30}** = Análogamente que el diámetro efectivo y el dimensional, ésta es una relación con un valor entre 1 y 3 en suelos bien gradados, con un gran margen de tamaños de granos, representando el 30 % del material que pasa [26].

El coeficiente de uniformidad con el coeficiente de curvatura, permiten expresar numéricamente la gradación en suelos granulares [23].

- Coeficiente de uniformidad C_u = Éste coeficiente muestra la pendiente media de la parte central de la curva granulométrica, entendiendo que, mientras más vertical es dicha curva, más uniforme es su gradación [28].

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

Entendiendo que el suelo está bien gradado cuando $C_u > 4$ a 6 [28].

- Coeficiente de Curvatura C_c = Se tiene un suelo bien gradado cuando el valor de este coeficiente se encuentra entre 1 y 3 [23].

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

1.1.3.1.2.2. Límites de Atterberg

Permite encontrar el intervalo de humedades, donde el material o suelo fino se puede moldear, determinando así, un índice de plasticidad (IP). De esta manera se reconoce su grado de plasticidad, su comportamiento técnico y sus propiedades. Definiendo el rango en el cual el contenido de humedad determina un comportamiento plástico [29], [30].

A mayor cantidad de humedad tendrá menor interacción entre sus partículas cercanas, y de esta manera el comportamiento del suelo se asemejará más al de un líquido [16].

Para entender mejor se toma como referencia a una pasta formada con agua y arcilla, que gradualmente se seca y se endurece; pasando del estado líquido a un estado plástico, llegando al final en un estado sólido, en donde entre cada paso de estado a estado existen límites [31]:

Límite Líquido LL: Se mide por la cantidad de agua contenido en un material cuando éste pierde su fluidez, el mismo que sucede en el punto de paso del estado líquido al plástico [31].

Límite Plástico LP: Se mide por la cantidad de agua presente en un material cuando pierde su plasticidad, en el punto de paso del estado plástico al semisólido [31].

Índice Plástico IP: Entre el límite líquido y el plástico existe una diferencia de contenidos de humedades, en donde se presenta el índice de plasticidad [23].

$$IP = W_L - W_P$$

A raíz del uso, que tanto Terzagui como Casagrande le dieron a la plasticidad al convertirse en una propiedad índice fundamental, los límites de plasticidad se convirtieron en valores a determinar en todos los laboratorios, por lo cual, debido a la influencia del criterio del analista, los límites de Atterberg, conllevaron varias incertidumbres, en consecuencia Casagrande empezó una ardua investigación con la que desarrolló el método de una copa de bronce o de latón con un tacón, el mismo que en conjunto con la copa, gira en torno a un eje fijo unido a la base (de hule duro o de micarta), la copa cae periódicamente a una altura normada de 1 cm y se golpea contra la base. El suelo se debe colocar en la copa y con la ayuda de un ranurador laminar se realiza la ranura [26].

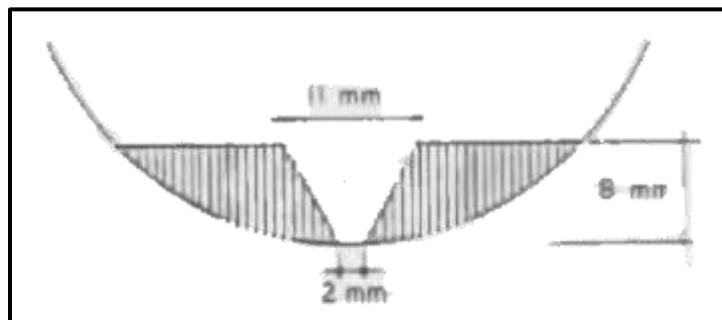


Figura 5. Dimensiones de la ranura en la copa de Casagrande

Fuente: Juárez E., Rico A., Fundamentos de la Mecánica de Suelos, 1973 [26]

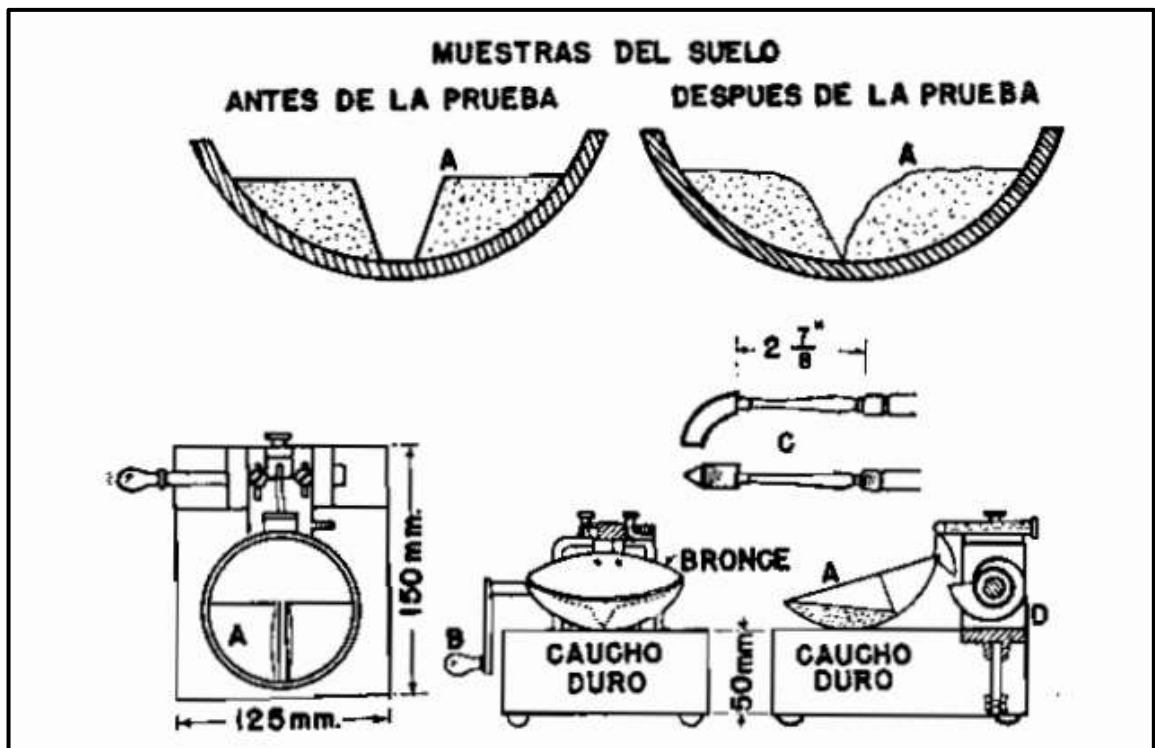


Figura 6. Aparato empleado para ejecutar el ensayo del límite líquido
Fuente: Valle R., Carreteras, Calles y Autopistas, 1963 [32]

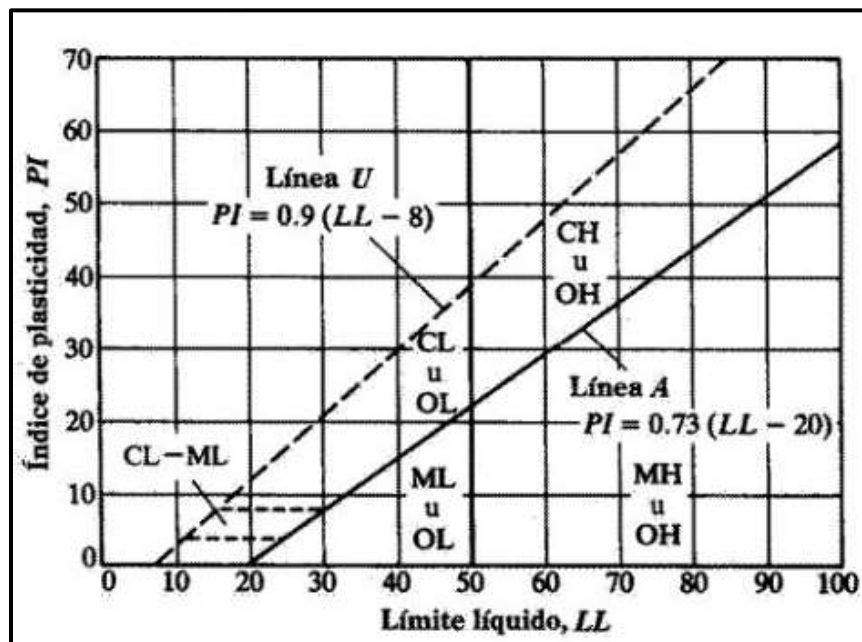


Figura 7. Carta de Plasticidad
Fuente: ASTM D-2487-93 [20]

1.1.3.1.2.3. Porosidad n

Se representa porcentualmente y se considera a la porosidad como un parámetro numérico, el cual es encargado de definir el volumen de vacíos que se encuentra por unidad de volumen de roca, es decir es la relación entre el volumen vacíos y el volumen total, varía del 0% (fase sólida) al 100% (espacio vacío) [33], [28].

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100\%$$

Donde:

V_v = Volumen de vacíos

V = Volumen total

1.1.3.1.2.4. Relación de vacíos e

La proporción de vacíos presente en el suelo se manifiesta función de la relación de vacíos, el mismo que se encuentra lleno de fluido gaseoso o fluido líquido, aunque más comúnmente es agua, se constituye entre el volumen de vacíos y el volumen de sólidos, tiende a variar de 0 a ∞ [34], [16], [28].

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

Donde:

V_v = Volumen de vacíos

V_s = Volumen de sólidos

Entre la porosidad y a relación de vacíos hay las siguientes relaciones [34]:

$$n = \frac{e}{1 + e} \quad y \quad e = \frac{n}{1 - n}$$

1.1.3.1.2.5. Contenido de humedad

Es la relación existente entre el peso del agua y el peso de los sólidos, expresada en porcentaje y variando teóricamente de 0 a ∞ ; ahora bien, debido a que el agua es el componente del suelo que se puede evaporar; la humedad presente en el suelo se consigue pesando el suelo natural y secarlo al horno, posteriormente se debe pesar el suelo seco y se procede a calcular la diferencia entre los pesos (suelo natural y suelo seco) y dividir para el peso seco [23], [28], [16].

$$w = \frac{W_W}{W_S} \times 100 \%$$

Donde:

W_W = Peso natural

W_S = Peso seco

1.1.3.1.2.6. Grado de Saturación del agua (Gw%)

Se representa en porcentaje siendo la relación entre el volumen de agua y el volumen de vacíos, variando de 0% a 100%, dependiendo de nivel de saturación [26].

$$G_W(\%) = \frac{V_W}{V_V} \times 100\%$$

Donde:

V_W = Volumen de agua

V_V = Volumen de vacíos

1.1.3.1.2.7. Grado de Saturación del aire (Ga%)

De igual manera que el anterior, éste se presente porcentualmente y representa la relación entre el volumen de aire con el volumen de vacíos [26].

$$G_A(\%) = \frac{V_A}{V_V} \times 100\%$$

Donde:

V_A = Volumen de aire

V_V = Volumen de vacíos

1.1.3.1.2.8. Gravedad Específica

Se considera gravedad específica a la relación existente entre el peso unitario de un cuerpo con respecto a la densidad del agua acondicionada en un laboratorio y por ende su peso unitario, geotécnicamente hablando solo es relevante la gravedad específica de la fase sólida del suelo ($G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$) pero en referencia al peso unitario de la fase líquida del suelo (γ_w) [23]. Más generalmente, en algunos libros de física, es definida como una relación entre el peso unitario de una sustancia y el peso unitario de otra sustancia en contraste, comúnmente se utiliza agua pura a una temperatura de 4°C [27].

Los suelos presentan comúnmente valores de gravedad específica adimensionales entre 2.5 y 3.1 pero también es importante tener en cuenta la composición mineralógica de la parte sólida del suelo ya que está relacionada con los valores generales asignados a la gravedad específica [23]:

Gravas= 2.65-2.68

Arenas= 2.65-2.68

Limos= 2.66-2.70

Arcillas= 2.68-2.80

En 1933 Peter Berry y David Reid determinaron algunos valores típicos de gravedad específica [34]:

Tabla 6. Valores Típicos de la gravedad específica de las partículas

Tipo de Suelo	G _s
Grava, arena y limo	2,65
Arcilla inorgánica	2,70
Arcilla orgánica	2,60
Turba amorfa	2,00
Turba fibrosa	1,50

Fuente: Berry P., Reid D., 1933 [34]

1.1.3.1.2.9. Densidad de Campo (Método del Cono de Arena)

Se extrae una muestra de la capa compactada y se mide el volumen del hueco que quedó, para que de esta manera se pueda obtener la densidad del terreno, para lo cual existen varios caminos a tomar, como lo son el empleo de agua, de aceite de pescado o de arena [32].

Método del Cono de Arena

Es un método ampliamente utilizado en la actualidad, se usa un equipo formado por un martillo, un cincel, un frasco de cristal de 2.5 litros de capacidad (se coloca la arena) y de un aparato con una válvula ubicada en el medio de dos embudos, dispuestos de tal manera que el frasco de cristal se enrosca con el embudo pequeño [32].

La arena debe estar seca y limpia para continuar con el siguiente procedimiento [32]:

1. Determinar el peso de la arena por unidad de volumen, evitando vibraciones. En este primer paso es importante que el vaciado dentro del frasco de cristal se asemeje al que se realiza en el terreno.
2. Determinar el peso de la arena necesaria para llenar el embudo más grande. Se debe pesar el frasco.
3. Realizar un hoyo de 10 cm de diámetro y una profundidad de igual dimensión al espesor de la capa compactada con densidad a determinar, en el sitio previamente realizada su limpieza.
4. Poner el material extraído cuidadosamente en el frasco (cerrado con la finalidad de evitar pérdidas de humedad); posteriormente pesar la muestra que se obtuvo.
5. Cerrar la válvula y enroscar el frasco con arena al embudo.
6. El aparato se debe colocar sobre el hoyo realizado, posteriormente se debe abrir la válvula para dejar caer la arena hasta llenar el embudo y el hoyo.
7. Cuando la arena ha dejado de caer, se debe cerrar la válvula.
8. Desenroscar el cono y pesar el frasco con el restante de arena.

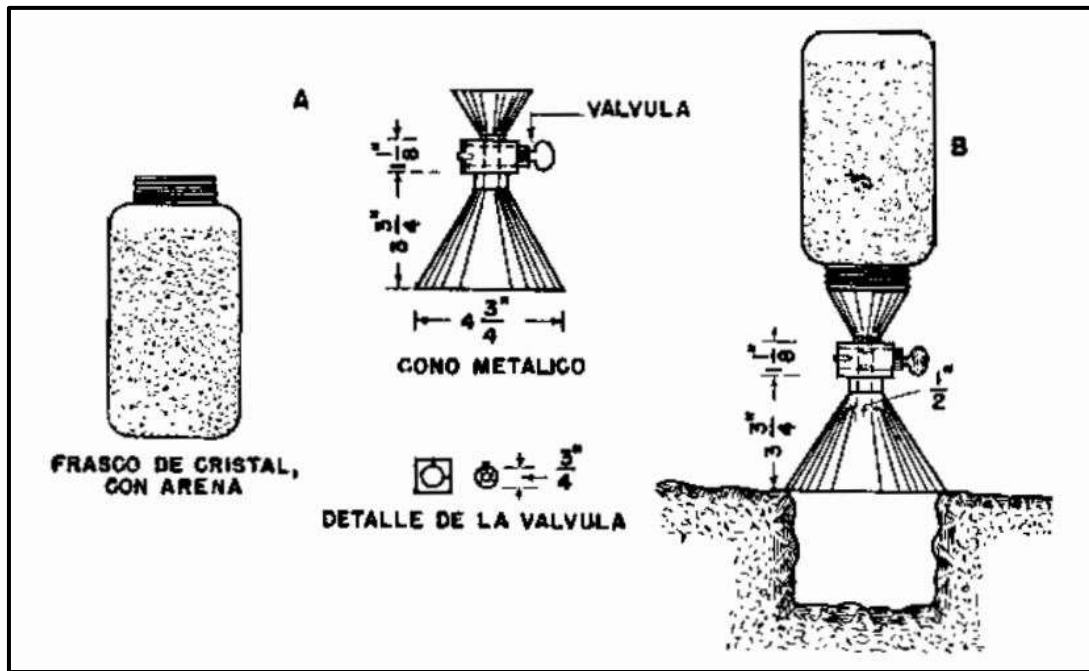


Figura 8. Equipo empleado para determinar la compactación del terreno mediante el uso de arena

Fuente: Valle R., Carreteras, Calles y Autopistas, 1963 [32]

1.1.3.1.3. Propiedades Mecánicas

1.1.3.1.3.1. Próctor Modificado B

En un molde se coloca el suelo a ser compactado y se deja caer un martillo con la finalidad de determinar la relación existente entre la humedad y el peso unitario. Apegándose a los siguientes parámetros [35]:

Una muestra de suelo que pasa el tamiz N°4, un molde con un diámetro de 152 mm (6”), un martillo de 4.5 kg (lb) el mismo que se deja caer a una altura de 457 mm (18”). Esta muestra debe tener un peso aproximado de 15 lb, la cual debe ser repartida en cinco capas lo más iguales posible, compactando cada capa con 56 golpes; si tiene una correcta distribución, la altura final compactada debe ser de 125mm aproximadamente [35].

Tabla 7. Comparación entre diferentes tipos de ensayo Próctor

	ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO			
	<i>MÉTODO A</i>	<i>MÉTODO B</i>	<i>MÉTODO C</i>	<i>MÉTODO D</i>
Suelo Utilizado	Suelo que pasa por el tamiz N°4	Suelo que pasa por el tamiz N°4	Suelo que pasa por el tamiz 3/4"	Suelo que pasa por el tamiz 3/4"
Cantidad aproximada de Suelo	3 kg	7 kg	5 kg	11 kg
Diámetro del molde	102 mm	152 mm	102 mm	152 mm
Peso martillo	4,54 kg	4,54 kg	4,54 kg	4,54 kg
Altura de caída	457 mm	457 mm	457 mm	457 mm
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	56	25	56

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INV-E 142-01) [36]

1.1.3.1.3.2. Penetración Dinámica de Cono

Este ensayo permite evaluar la resistencia in-situ tanto de suelo inalterado como de materiales compactados, con la ayuda de un martillo de 8 kg, este ensayo DCP es comúnmente aplicado en diseños de pavimentos, en este método es opcional usar un martillo de 4,6 kg en el caso de que el martillo de 8 kg produzca una exagerada penetración [37].

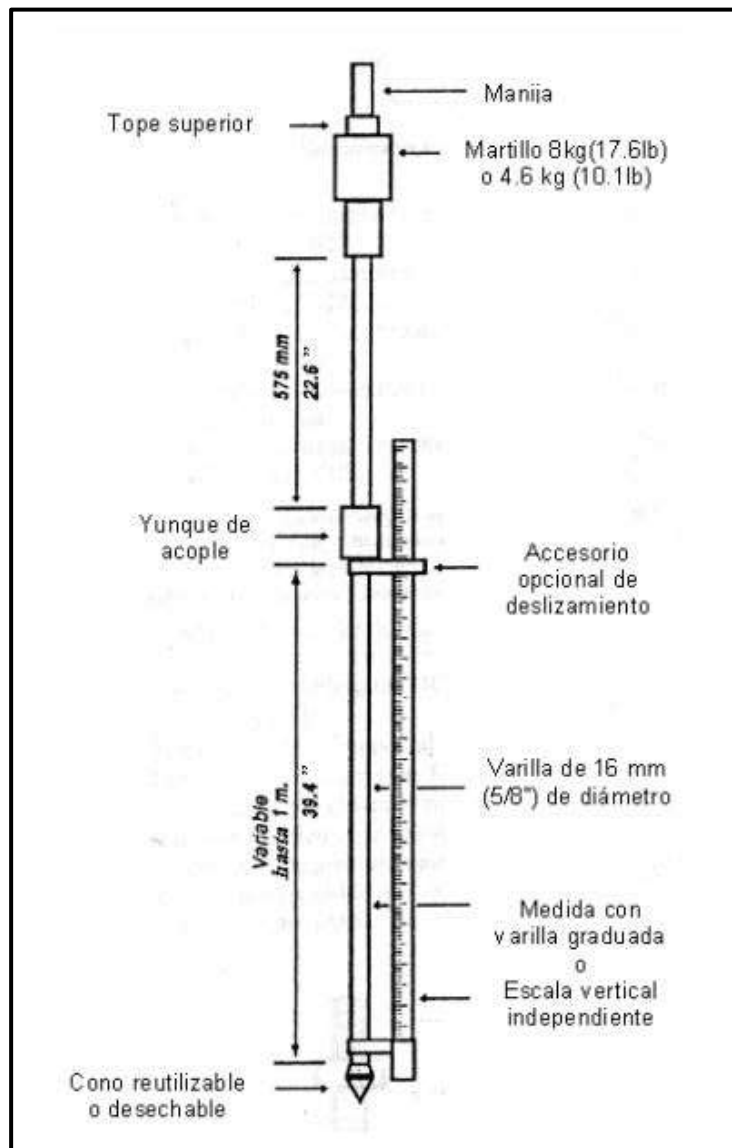


Figura 9. Esquema del dispositivo DCP

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INV-E 172-07) [11]

El procedimiento para seguir para este ensayo es [37]:

El analista direcciona la punta del DCP dentro del suelo, debe levantar al martillo hasta la manija y debe dejarlo caer para que golpee con el yunque, los datos de penetración total en un número dado de golpes deben ser registrados en milímetros/golpe (Valor que describe la rigidez, que con una correlación adecuada es muy útil para estimar el valor CBR in-situ) [37].

La densidad de un material uniforme puede ser determinada con el DCP, siempre y cuando se relacione la densidad con el porcentaje de penetración en el mismo material, aunque el DCP no mida directamente la densidad, los suelos compactados de forma deficiente pueden ser identificados [37].

Equipo [11]:

El DCP de 8 kg consta con:

Un diámetro de varilla de acero de 16 mm.

Un martillo de 8kg, que se deja caer desde una altura de 575 mm.

Una manija y un yunque; la base del cono tiene 20 mm de diámetro, la punta del cono posee un ángulo de 60°.

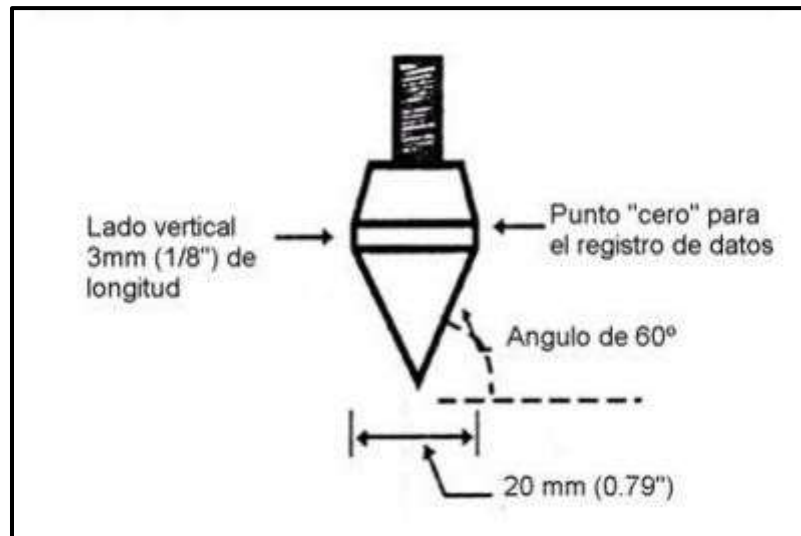


Figura 10. Cono

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INV-E 172-07) [11]

Existen ciertas tolerancias [11]:

0.01 kg en el peso del martillo de 8kg.

0.01 kg en el peso del martillo de 4,6 kg.

1° en el ángulo de la punta del cono.

1mm en la altura de caída.

0,25 mm en la base de la medida del cono.

1.1.3.1.3.3. Relación de Soporte California CBR

Este ensayo es utilizado para conocer el índice de resistencia que tiene el suelo, se puede realizar tanto in-situ como en laboratorio [11].

CBR DE LABORATORIO

El valor índice sirve para evaluar la capacidad de soporte de la subrasante, también de las capas de base y subbase [11].

Equipo y materiales

Se utiliza equipos semejantes a los empleados en ensayos de compresión [11]:

-El pistón yace en el cabezal, este pistón debe ser metálico, cilíndrico, con 49,6mm de diámetro y con una longitud no menor a 101,6mm, capaz de soportar una carga igual al peso del pavimento (no menor a 10 lb).

-Un molde, que al igual que el pistón, debe ser metálico y cilíndrico, con un diámetro interior de 152,4 mm ($\pm 0,66$ mm), con una altura de 177,8 mm ($\pm 0,66$ mm), tiene un collar con una altura de 51 mm y también una placa base (con perforaciones con diámetros no mayores a 1,6 mm) con un espesor de 9,53 mm.

-Un disco circular espaciador de metal, con un diámetro de 150,8 mm y con un espesor de 50,8 mm.

-Martillos de compactación.

-Un dispositivo para medir la expansión.

-Sobrecargas metálicas con 149,2 mm de diámetro, diez para cada molde, con un peso de 5 lb (cada una).

-Dos deformímetros.

-Un tanque con dimensiones capaces para sumergir a los moldes en agua.

-Tamices N° 4 y $\frac{3}{4}$ ", balanzas, espátulas, discos de papel filtro con el diámetro de los moldes, etc.

Procedimiento de preparación de especímenes [11]:

Se debe pesar al molde juntamente con su base, poner su collar y el disco espaciador (Colocar el disco de papel de filtro sobre el disco espaciador).

Colocar el suelo en el molde y proceder a compactarlo en capas y con un número de golpes por capa, generalmente se realizan 3 o más moldes por cada muestra; se aplican 55, 26 y 12 golpes por cada capa, en suelos cohesivos.

(Este procedimiento describe cómo se determina el índice CBR para el suelo en un solo molde, con una densidad y humedad determinada).

Si no se va a sumergir a la muestra, se debe tomar una porción de material de la parte central de la probeta (Compactado, posterior al ensayo de penetración), para poder determinar su humedad. Se debe sacar del molde y romper a la mitad.

Una vez compactado el material, se debe enrasar y desmontar el molde, se invierte y se vuelve a montar, se debe pesar sin el disco espaciador.

CBR IN-SITU

Éste método abarca la evaluación de la calidad relativa del suelo de la subrasante, aunque se puede utilizar en materiales de base y subbase, determinar el índice CBR de un suelo ensayado in-situ, por medio de comparaciones entre la carga de penetración del suelo con la de un material de referencia [36].

Existen varias situaciones en las que los ensayos CBR “in-situ” se utilizan para la evaluación y diseño en condiciones [36]:

- Cuando el porcentaje de vacíos llenos con agua es $\geq 80\%$.
- Cuando el material no es cohesivo.
- Cuando es un suelo inalterado civilmente durante 2 años anteriores.

Cuando existan actividades como compactación o nivelación que se realiza después del ensayo, es muy posible que esto pueda acarrear invalidez en los resultados del ensayo. Los resultados de los ensayos de campo son aplicables directamente en tramos de prueba y en algunas otras situaciones ingenieriles.

Equipo [36]:

- Gato mecánico de tornillo.
- Dos anillos de carga calibrados (uno con una amplitud de carga de 0 a 8.8 kN y otro de 0 a 22,6 kN).
- Pistón de penetración con un diámetro de 50.8 mm ($\pm 0,1$ mm) y con 101 mm de longitud.
- Adaptador de pistón con extensiones de tubo rosca interna.
- Dos diales, con su respectivo soporte.
- Platina circular de acero de sobrecarga de 4.54 kg de peso, con un diámetro de 254 mm ($\pm 0,5$ mm), con un agujero en el centro de 51 mm ($\pm 0,5$ mm).
- 4 Pesas de sobrecarga, con un diámetro de 216mm ± 1 mm (Dos de 4.54 kg ± 0.1 kg y dos de 9,08 kg ± 0.1 kg).
- Un vehículo de carga capaz de proveer una reacción de 31 kN aproximadamente.
- Dos gatos tipo camión de 15 tn de capacidad, de doble acción combinada y descenso automático.

Procedimiento [36]:

- Se debe retirar el material suelto no necesario del área a ser ensayada, dejándola lo más uniforme y horizontal posible, en el caso de que sean materiales no plásticos hay que tener en cuenta que se debe trabajar cuidadosamente para no alterar el área de ensayo. (La separación entre cada ensayo debe ser mínimo de 175 mm en suelos plásticos mientras que en suelos granulares es de 380mm).
- Colocar el dispositivo de reacción del vehículo de carga sobre el área, el mismo que debe estar sobre el gato mecánico, los gatos mecánicos se deben colocar a cada lado del vehículo, conectándose el extremo inferior del anillo de cada extremo del gato al adaptador del pistón (Verificar que el vehículo esté nivelado).
- Colocar la platina de sobrecarga por debajo del pistón de penetración (Debe pasar a través del agujero central cuando el pistón baje).

- Asentar el pistón con una carga inicial, en el caso de que sea una superficie irregular se lo coloca sobre una capa muy delgada de yeso o se polvo de piedra caliza.
- Aumentar la sobrecarga a la platina de manera que pueda transmitir un equivalente a la carga de las capas de pavimento.
- Fijar el pistón al soporte del dial (ambos), colocar sus medidas en cero y aplicar la carga al pistón a una velocidad de 1,3mm/minuto aproximadamente, es importante tener una penetración uniforme, lo cual se logra teniendo una baja velocidad del gato en el ensayo.

1.1.3.1.4. Regresión y Correlación

1.1.3.1.4.1. Análisis de Regresión

Este análisis trata sobre la relación existente entre dos variables cuantitativas, mediante la hipótesis de independencia estadística se investiga la existencia de una asociación entre las variables, usando el coeficiente de correlación se estudia la fuerza de esta asociación, y mediante los datos se propone un modelo que permita estudiar la forma de la relación, con lo que será factible predecir el valor de una variable en base a otra. Este modelo propuesto relaciona una variable independiente con una variable dependiente, “X” y “Y”, respectivamente [38].

Una función lineal es la función matemática menos compleja para relacionar dos variables ($Y = a + bX$), con esta expresión se obtiene una relación entre “X” y “Y” muy aproximada. Para un valor de “X”, el modelo lineal predice un valor “Y” [38].

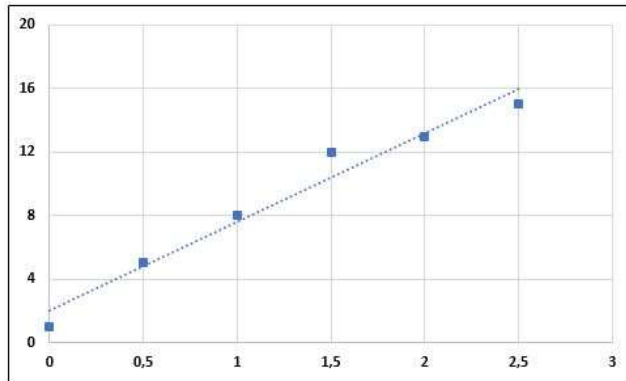


Figura 11. Relación entre dos variables mediante una línea recta
Fuente: Orellana L., Regresión Lineal Simple, 2008 [38].

Es importante saber que existen varios tipos de ecuaciones, además de la lineal, capaces de predecir dicho valor “Y” [38]:

Ecuación de segundo grado: $Y = ax^2 + bx + c$.

Función exponencial: $Y = cb^x$.

1.1.3.1.4.2. Media aritmética

Conocida también como media, es aquella medida de tendencia central usada con mayor frecuencia; para obtener este valor se debe sumar todas las partes del todo (datos), posteriormente ese resultado se debe dividir para el número de elementos que fueron sumados. Estos elementos x_1, x_2, \dots, x_n , es el cociente entre el total de los valores y el número de elementos [39]:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}; n = \text{tamaño de la muestra}$$

1.1.3.1.4.3. Varianza y Desviación Estándar

Estas medidas de dispersión están basadas en los cuadrados de las desviaciones de elementos relacionados a la media aritmética, por lo que para conceptualizarlos se dice que la raíz cuadrada positiva de la varianza corresponde a la desviación estándar mientras que la varianza corresponde a la media aritmética de las desviaciones cuadráticas [40].

Varianza

Promedio aritmético de las diferencias de todos los valores involucrados y la media aritmética del conjunto, elevadas al cuadrado, midiendo la dispersión, es posible obtener la varianza tanto en datos agrupados como en datos no agrupados [39].

Para datos no agrupados

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Para datos agrupados

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2 f_i}{n - 1}$$

Desviación Estándar

Su símbolo es “S” y es el resultado de la raíz cuadrada positiva de la varianza, del mismo modo que la varianza, ésta se la obtiene tanto para datos agrupados como para datos no agrupados [39].

Para datos no agrupados

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Para datos agrupados

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2 f_i}{n - 1}}$$

1.1.3.1.4.4. Covarianza

Se denomina covarianza a aquella asociación entre las diferencias que experimental las variables, mediante un signo [41].

1.1.3.1.4.5. Diagrama de Dispersión

Mediante éste gráfico es posible observar la relación que existe entre dos variables (dependiente e independiente), en donde, en el eje vertical se ubica la variable dependiente y en el horizontal la variable independiente, no es recomendable unir los puntos producto de esta relación, muchas de las veces, mediante la nube de puntos se aprecia algo denominado “Curva aproximante” [40].

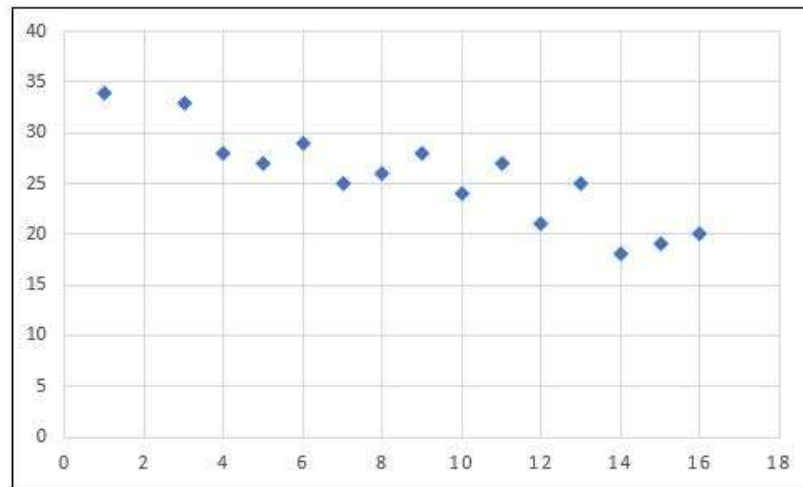


Figura 12. Diagrama de Dispersión
Fuente: Morales A., Estadística y Probabilidades, 2012 [39].

1.1.3.1.5. Análisis de Correlación

Existe una relación que permite medir el grado de relación entre la variable dependiente con la independiente, usando el coeficiente de correlación lineal, llamado también, coeficiente de Pearson “r” [39]:

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

Existen varias interpretaciones en donde el valor “r” es el jugador principal, es importante conocer que este valor va de -1 a 1; cuando r=0 no hay correlación entre las variables, si

“r” está entre -0.5 y 0.5 existe una mala correlación, caso contrario la correlación es buena, si “r” es -1 o 1 la correlación es perfecta [39].

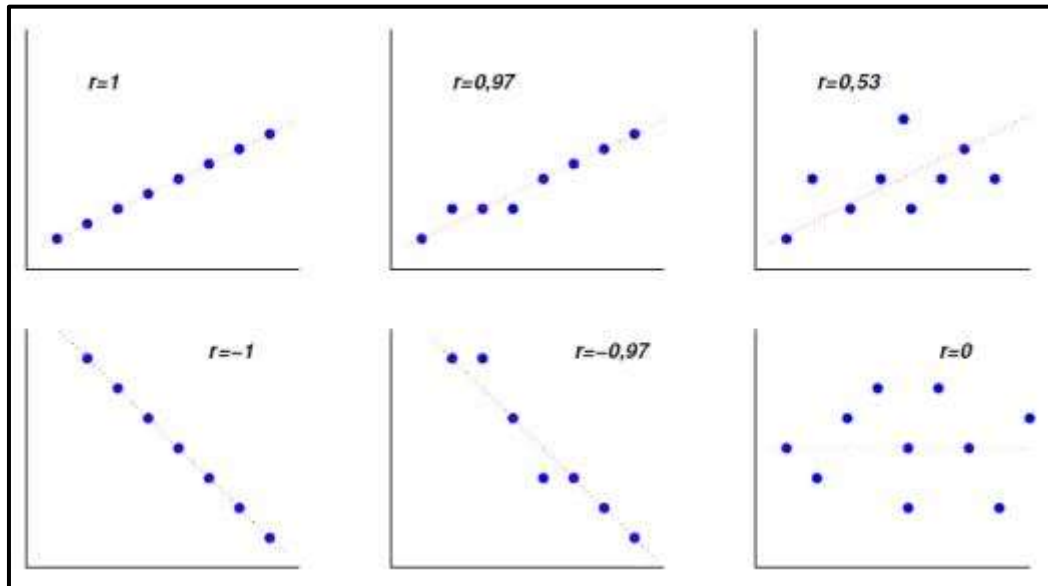


Figura 13. Diagramas de Dispersión (r)
Fuente: Laguna C., Correlación y Regresión Lineal, 2014 [42]

1.1.3.1.6. Método de Mínimos Cuadrados

Este método es usado como un mecanismo para evitar interpretaciones equívocas al momento de construir rectas, parábolas o cualquier método aproximante de ajuste; en este apartado se puede apreciar a la recta de mínimos cuadrados, que no es más que, llegar a obtener una línea recta que se ajuste más aproximadamente al conjunto de datos ($y = a_0 + a_1x$), para lo cual se utiliza: [39]:

$$\sum y = a_0n + a_1 \sum x$$

$$\sum xy = a_0 \sum x + a_1 \sum x^2$$

1.1.3.1.7. Coeficiente de determinación

Este coeficiente se denota con R^2 , es un valor porcentual de la variabilidad total de “Y” (dependiente) mediante una recta de regresión; el mismo que muestra el grado con el que se ajusta la recta de regresión a la muestra, mientras más uniforme sea la muestra, mejor

será la precisión del ajuste; el coeficiente, en cuestión es adimensional con valores que van de 0 a 1, mientras mejor sea el ajuste más se acerca a 1 [42]:

$$R^2 = 1 - \frac{S_e^2}{S_y^2}$$

1.1.3.1.8. Modelo de regresión lineal múltiple

Este modelo es muy similar al de regresión lineal simple, con la obvia diferencia de que en este modelo están involucradas más variables [43]:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + \dots + b_k \cdot x_k + u$$

1.1.3.2. Transporte

Gracias al trabajo, a la educación, a salud, a la necesidad de realizar compras, a viajes, ámbitos sociales, entre muchos aspectos más; los seres humanos tienen la necesidad de trasladarse de un lugar a otro. Hay 3 tipos de transporte; aéreo, acuático y terrestre [44].

Aquel transporte que se da mediante las carreteras, calles, aceras y vías férreas, es llamado transporte terrestre. Para que el transporte terrestre se desarrolle de la mejor manera, existen varios factores que intervienen, como lo son los conductores, los peatones y los vehículos [44].

1.1.3.2.1. Conductores

Son las personas encargadas de manipular el vehículo, en ellos recae la responsabilidad de su correcto manejo, por lo que representa elemento más importante del tránsito, un buen conductor implica un viaje seguro mientras que un mal conductor conlleva desde leves hasta graves accidentes. Dentro de la conducción se debe apoyar en el sentido visual, en el cinético, en el vestibular y en el auditivo [44], [45].

- **Sentido Visual.**- Un conductor tiene una visión periférica de 160° y una central de 10° [44].

- **Sentido Cinético y Vestibular.**- Brinda, al conductor, datos que aportan información oportuna sobre las fuerzas relacionadas con vibraciones, estabilidad y cambio de dirección del vehículo [44].
- **Sentido Auditivo.**- Es importante que el conductor sea consciente y capaz de escuchar lo que sucede en su entorno, como lo son; el sonido de los vehículos al desplazarse, el sonido de las bocinas, el sonido emitido por peatones, el viento [44].
- **Tiempo de percepción y reacción.**- Es el tiempo que tarda un conductor en responder a una situación externa, éste tiempo se da en las siguientes etapas [44]:
 - **Percepción:** El conductor nota algún cambio externo percibido por sus sentidos y crea una imagen mental.
 - **Intelecto:** Capacidad de entender la información percibida.
 - **Emoción:** La manera de cómo percibe la persona una situación.
 - **Volición:** La acción de decidirse a cómo actuar ante la situación.

1.1.3.2.2. Peatones

Se denomina peatón a toda la población, utilizan conjuntamente las calles y carreteras, es importante estudiar a los peatones debido a los números accidentes que tienden a darse ya sean por su culpa o no, es imperativo saber las características de movimiento de los mismos. Los peatones tienen un área para transitar igual a $2,3 \text{ m}^2$, a una velocidad entre $0,6 \text{ m/s}$ y 3 m/s (para el diseño se utiliza una velocidad de $1,2 \text{ m/s}$) [44], [45].

1.1.3.2.3. Vehículos

Existen varios tipos como motos, vehículos pesados, vehículos ligeros, que en conjunto forman parte de un componente muy importante del transporte, por lo mismo debe cumplir varios aspectos, tanto de tamaño como operacional (Curvas y pendientes), para que sea completamente capaz de presentar las resistencias necesarias [44]:

- **Resistencia inercial:** Capacidad de un vehículo de permanecer en reposo (resistir la aceleración) o en movimiento (a una velocidad constante).
- **Resistencia a las pendientes:** Es la forma en la que actúa el peso de un vehículo (paralela al plano) en una superficie inclinada y sin fricción.

- **Resistencia a la rodadura:** Se da por las irregularidades que presenta la superficie de las llantas y el pavimento.

Tabla 8. Resistencia Promedio de rodadura (lb/ton)

Tipo de Superficie	Velocidad (millas por hora)			
	20	30	40	50
Asfalto agrietada con baches	29	34	40	51
Grava seca bien compactada	31	35	50	62
Arena Suelta	35	40	57	76
Pavimento en buen estado	27	27	27	27

Fuente: Morales H., Ingeniería Vial 1, 2006 [44]

- **Resistencia a las curvas:** Para seguir en una superficie curva, se necesita de una potencia adicional, la resistencia a la rodadura está dentro de la resistencia de las llantas y de la resistencia interna del motor. Cabe mencionar que el grado de la curva es inversamente proporcional al valor del radio [44].

Tabla 9. Resistencia a las curvas de vehículos de pasajeros en pavimentos en buen estado

Grados de la curva	Velocidad	Resistencia (lbs)
5	50	18
5	60	36
10	30	18
10	40	54
10	50	108

Fuente: Morales H., Ingeniería Vial 1, 2006 [44]

- **Resistencia al aire:** Fuerza necesaria para hacer a un lado al aire en frente del vehículo [44].

1.1.3.2.4. Tránsito

Es un término mucho más general que representa toda acción de trasladarse de un lugar a otro, mediante una vía de comunicación (calles, carreteras) ya sea de personas o vehículos se considera como tránsito; tanto las características propias de los usuarios como de los vehículos, son ampliamente utilizadas dentro de la definición de tránsito. Dentro del

análisis de crecimiento demográfico está la investigación de todos los aspectos y problemas que permitan que este crecimiento vaya a la par con el desarrollo vial [45].

1.1.3.2.5. Tráfico

Si bien el tránsito se refiere al traslado de un lugar a otro, el término “tráfico” se relaciona directamente con éste, de manera que se refiere al volumen vehicular presente en dicho tránsito. Es importante aportar información sobre tráfico actual y futuro para realizar un diseño vial, de esta manera es posible determinar el volumen de vehículos que puede soportar una carretera, es decir la capacidad de esta. Este parámetro contribuye también, en el diseño geométrico [46].

Es más sencillo cuantificar al tráfico actual y futuro cuando el proyecto a realizarse es sobre un mejoramiento de una vía ya existente o a su vez de una carretera alterna, en contraste, cuando el proyecto vial es en una zona menos desarrollada, se vuelve más incierto estimar el tráfico. Es muy importante también determinar cifras máximas y mínimas de las estimaciones [46].

1.1.3.2.5.1. Tráfico Promedio Diario Anual TPDA

Corresponde a la medida del tráfico presente en una carretera, para calcularlo hay que tener en cuenta varios aspectos, como lo son; cuando la circulación de una vía es de un sentido, el tráfico será contado sólo en sentido; cuando es una vía de dos sentidos de circulación, se determinará el tráfico en dos direcciones separadas y cuando se trata de una autopista se calcula composiciones y volúmenes de tráfico diferentes en un mismo período, mediante el porcentaje de vehículos en cada sentido, llamado “*Flujo Direccional*” [46].

Para facilitar el conteo vehicular, que es un proceso fundamental para calcular el TPDA, las mejores condiciones sería poder contar con un registro de datos con una estación de conteo permanente, de manera que sea posible tener conocimiento de las variaciones diarias, semanales y estacionales. Para trabajar de manera óptima lo esencial sería tener un registro de datos de un período de varios años, para tener una mejor estimación del tráfico futuro. Pero no es muy convencional tener estaciones de conteo en las rutas, de manera permanente, por lo que es recomendable predecir el TPDA semanal, mediante un

conteo de 24 horas al día durante, al menos, 4 días (se debe incluir el sábado y el domingo). Como se mencionó anteriormente, es necesario tener estimaciones mínimas y máximas, por lo que se sugiere realizar los conteos en épocas de alto tráfico a lo largo del año [46].

Cálculo del TPDA

Mediante los datos puntuales del tráfico además de los factores de variación, es posible obtener el TPDA, para lo mismo, es necesario realizar el conteo vehicular pertinente para obtener el nivel de tráfico. Para realizar dicho conteo, existen dos caminos, uno manual; que brinda información sobre cómo está compuesto el tráfico y otro automático; que brinda información sobre el volumen del tráfico, ambos conteos deben ir de la mano para establecer la composición del tráfico. Aunque es muy aceptable hacer uso sólo del conteo manual, en vista de que la calibración de los equipos automáticos tiende a acarrear errores, debido a que cuentan pares de ejes [46].

Para realizar un estudio definitivo se determina un conteo manual consecutivo de 7 días (En una semana no festiva del año), a esta información, además, se añade los datos proporcionados en el conteo automático de al menos un mes, para obtener una correlación adecuada con los datos que se registraron en la semana y así poder establecer una cuantificación del volumen total de tráfico [46].

Variaciones de tráfico

Son valores para establecer las relaciones que pueden existir en observaciones puntuales y actuales de tráfico de la base de datos estadísticos con la que se disponga, para poder encontrar el TPDA anual a la fecha de estudio. Dicha relación se puede basar en la consideración del movimiento poblacional, pero al tener una variación en la estructura social inexistente; las variaciones serán constantes, por lo que se vuelve muy factible, determinar el TPDA en función de muestreos [46].

Cálculo de variaciones

Son varios factores que, a partir de una muestra, sirven de apoyo para obtener el TPDA [46].

- **FACTOR HORARIO (FH):**

Con este factor se puede determinar el VOLUMEN DIARIO PROMEDIO, en base al volumen de tráfico en un número de horas determinado [46].

- **FACTOR DIARIO (FD):**

Con este factor se obtiene el VOLUMEN SEMANAL PROMEDIO, mediante la transformación del volumen de tráfico diario promedio [46].

- **FACTOR SEMANAL (FS):**

Mediante este factor se determina el VOLUMEN MENSUAL PROMEDIO, a través de la transformación del volumen semanal promedio [46].

- **FACTOR MENSUAL (FM):**

Gracias a este factor es posible obtener el TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL, mediante la transformación del volumen mensual promedio. Y de esta manera, con los cuatro factores conjuntamente, se llega al TPDA [46].

$$TPDA = T_o \times FH \times FD \times FS \times FM$$

Donde:

To= Tráfico Observado

- **FACTOR DE HORA PICO (FHP):**

Tanto el nivel de servicio como el análisis de capacidad son posibles por el PHF, asimismo, la evaluación de este factor contribuye en la planificación y el diseño vial [47]. Gracias a la no uniformidad horaria del flujo (varía a lo largo de una hora), hay momentos en los que la congestión vehicular es mayor. Este factor es utilizado para transformar la tasa de flujo más alta en un período de tiempo igual a 15 minutos a la hora del volumen total; para obtenerlo se debe calcular la relación entre el volumen total por hora para la cantidad de vehículos (durante los 15 minutos de mayor demanda), multiplicado por 4. El PHF tiene valores en un rango de 0,75 a 0,95 [48]:

$$PHF = \frac{V}{4V_{15}}$$

Donde:

PHF= Factor de Hora Pico

V= Volumen horario (veh/hora)

V₁₅ = Volumen máximo durante 15 minutos dentro de una hora

- **TRIGÉSIMA HORA DE DISEÑO (30HD):**

Volumen horario excedido por 29 volúmenes horarios a lo largo de un año, debido al carecimiento de algunos factores se adopta un 9% del TPDA, aunque corresponde a valores entre el 5% y el 10% del TPDA [46].

1.1.3.2.5.2. Tráfico Futuro

Basándose en el tráfico actual, el crecimiento normal del tráfico, el tráfico generado y el crecimiento de tráfico por desarrollo; se puede predecir tanto el volumen como la composición del tráfico a 15 o 20 años, está conformado por el tráfico actual y el incremento del tráfico hasta el año del proyecto, además ésta predicción permite saber cuándo es necesario mejorar la superficie de rodamiento, para lo cual se debe proceder a comparar el volumen de la treintava hora o trigésimo volumen horario anual más alto con el flujo máximo, pero en nuestro país no se ha determinado dicha treintava hora pero se presenta una variación entre el 5% y el 10% de la relación del volumen horario máximo en el TPDA [46], [45].

$$Tf = Ta + (1 + i)^n$$

Donde:

Tf= Tráfico Futuro

Ta= Tráfico Actual

i= tasa de crecimiento

n= número de años proyectados

1.1.3.2.5.3. Tráfico Actual

Corresponde a los vehículos que circulan sobre una vía antes de que ésta pueda ser mejorada o a su vez corresponde al volumen que circularía en una carretera nueva. Para lo mismo, el tráfico actual se divide en [46]:

1.1.3.2.5.3.1. Tráfico Existente:

Tráfico presente en la carretera previo al mejoramiento [46].

1.1.3.2.5.3.2. Tráfico Desviado:

Es el tráfico atraído desde otras carreteras por que pueda implicar menor tiempo o distancia entre sus destinos, debido a que la vía ha sido mejorada [46].

1.1.3.3. Clasificación de Carreteras

Existen varios criterios de clasificación, pero la recomendación se ha de enfocar basándose en el pronóstico de tráfico en un lapso de 15 o 20 años [46].

Tabla 10. Clasificación de Carreteras

CLASIFICACION DE CARRETERAS EN FUNCION DEL TRAFICO PROYECTADO	
Clase de Carretera	Tráfico Proyectado TPDA *
R-I o R-II	Más de 8.000
I	De 3.000 a 8.000
II	De 1.000 a 3.000
III	De 300 a 1.000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

* El TPDA indicado es el volumen de tráfico promedio diario anual proyectado a 15 o 20 años. Cuando el pronóstico de tráfico para el año 10 sobrepasa los 7.000 vehículos debe investigarse la posibilidad de construir una autopista. Para la determinación de la capacidad de una carretera, cuando se efectúa el diseño definitivo, debe usarse tráfico en vehículos equivalentes.

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Normas de Diseño Geométrico, 2003. [46]

1.1.3.3.1. Tipos de Carreteras

En base al volumen de tráfico y al número de calzadas, el Ministerio de Obras Públicas del Ecuador, ha dividido a las carreteras dependiendo del grado de importancia [46].

Tabla 11. Relación Función, Clase MOP y Tráfico

FUNCIÓN	CLASE DE CARRETERA (según MOP)	TPDA (1) (AÑO FINAL DE DISEÑO)
CORREDOR ARTERIAL	RI - RII (2)	>8000
	I	3000 – 8000
COLECTORA	II	1000 – 3000
	III	300 – 1000
VECINAL	IV	100 – 300
	V	< 100

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Normas de Diseño Geométrico, 2003. [46]

- ***Corredores Arteriales***

Son de Clase I y II. Pueden ser autopistas (Restricción de acceso a cierto tipo de vehículos) y de una sola calzada (dos carriles con ambas direcciones y espaldones a cada lado) [46].

- ***Vías Colectoras***

Pueden ser de clase I, II, III y IV, dependiendo el tráfico a soportar [46].

- ***Caminos vecinales***

Pueden ser de clase IV y V, aquí además, se toma en cuenta a los caminos rurales que no pertenecen a las clasificaciones anteriores [46].

Tabla 12. Pesos y Dimensiones de Vehículos de carga pesada Motorizados, Remolques y Semiremolques

TABLA NACIONAL DE PESOS Y DIMENSIONES DE VEHÍCULOS DE CARGA PESADA MOTORIZADO, REMOLQUES Y SEMIREMOLQUES									
TIPO	VALOR POR USD	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN			PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
							Carga	Ancho	Alto
2 D	20				CAMIÓN DE DOS (2) EJES PEQUEÑO	7	9,50	2,60	3,00
2DA	20				CAMIÓN DE DOS (2) EJES MEDIANO	10	7,50	2,60	3,50
2DB	36				CAMIÓN DE DOS (2) EJES GRANDE	18	12,20	2,60	4,10
3-A	52				CAMIÓN DE TRES (3) EJES	27	12,20	2,60	4,10
4-C	60				CAMIÓN DE CUATRO (4) EJES	51	12,20	2,60	4,10
4-0 OBLIGATORIO	64				CAMIÓN CON FRENOS DIRECCIONAL Y POSTERIOR	34	12,20	2,60	4,10
V2DB	36				VOHICULA DE DOS (2) EJES	18	12,20	2,60	4,10
V3A	52				VOHICULA DE TRES (3) EJES	27	12,20	2,60	4,10
T2	36				TRACTO CAMIÓN DE DOS (2) EJES	18	8,50	2,60	4,10
T3	52				TRACTO CAMIÓN DE TRES (3) EJES	27	8,50	2,60	4,10
R2	48				REMOLQUE DE DOS (2) EJES	14	10,00	2,60	4,10
R3	64				REMOLQUE DE TRES (3) EJES	21	10,00	2,60	4,10
S1	24				SEMIREMOLQUE DE UN (1) EJE	11	13,20	2,60	4,10
S2	40				SEMIREMOLQUE DE DOS (2) EJES	20	13,20	2,60	4,10
S3	48				SEMIREMOLQUE DE TRES (3) EJES	24	13,20	2,60	4,10
B1	24				REMOLQUE BALANCAADO DE UN (1) EJE	7	10,00	2,60	4,10
B2	40				REMOLQUE BALANCAADO DE DOS (2) EJES	14	10,00	2,60	4,10
B3	48				REMOLQUE BALANCAADO DE TRES (3) EJES	21	10,00	2,60	4,10

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Protección de la red vial del país, 2017 [46]

Tabla 13. Peso Bruto Vehicular y Dimensiones Máximas Permisibles en Combinaciones

TABLA NACIONAL DE PESO BRUTO VEHICULAR Y DIMENSIONES MÁXIMAS PERMISIBLES EN COMBINACIONES						
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO COMBINADO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2S1			29	20,50	2,60	4,30
2S2			38	20,50	2,60	4,30
2S3			42	20,50	2,60	4,30
3S1			38	20,50	2,60	4,30
3S2			47	20,50	2,60	4,30
*3S3			48	20,50	2,60	4,30
2R2			32	20,50	2,60	4,30
**2R3			39	20,50	2,60	4,30
*3R3			48	20,50	2,60	4,30
**3R2			41	20,50	2,60	4,30
2B1			25	20,50	2,60	4,30
2B2			32	20,50	2,60	4,30
2B3			39	20,50	2,60	4,30
3B1			34	20,50	2,60	4,30
3B2			41	20,50	2,60	4,30
3B3			48	20,50	2,60	4,30

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Protección de la Red Vial del país, 2017 [46]

1.1.3.4. Pavimentos

Un pavimento está definido como el ensamble de capas superpuestas, las mismas que deben poseer una horizontalidad relativa; estas capas son diseñadas de manera que se determinen adecuadamente los materiales y la forma en lo que éstos deban ser usados (compactación). Un pavimento se construye sobre una subrasante capaz de soportar

óptimamente los esfuerzos de las cargas de tránsito, es decir, es un conjunto de capas sobre un suelo tratado [49], [50].

1.1.3.4.1. Definiciones generales

Terreno de fundación.- Posterior al movimiento de tierras y a la compactación, con pendientes y secciones especificadas, sirve de fundación al pavimento [32].

Superficie subrasante.- Posterior al movimiento de tierras, compactación y con las pendientes especificadas, esta es una superficie correspondiente al terreno de fundación, es decir sirve de cimiento; tiene como función soportar las cargas transmitidas del pavimento [32], [50].

Subbase.- Es una capa con un espesor determinado, se ubica sobre la subrasante para lo cual se emplea material seleccionado para cumplir ciertas especificaciones [32], [50].

Dentro de las funciones de la subbase está la de actuar como capa de drenaje, controlar los cambios volumétricos y de elasticidad, además de mermar la plasticidad e incluso la de regular la capilaridad del agua [50].

Base.- Se ubica sobre la subbase, absorbe y transmite los esfuerzos causadas por los vehículos a la subbase y al terreno de fundación, es una capa de material pétreo, producto de una mezcla bituminosa, de suelo-cemento o de piedra triturada [32], [50].

Esta capa tiene como funciones disminuir los esfuerzos cortantes hacia las capas inferiores, presentar resistencia a cambios de temperatura y de humedad y reducir el espesor de la capa de rodadura [50].

Capa de rodamiento.- Es una mezcla bituminosa o de concreto que se ubica sobre la base, su principal función es brindar protección ante filtraciones de agua de lluvia, cuidando así, de la capa base pues impermeabiliza su superficie, también evita el desgaste de la base, además de incrementar la capacidad de soporte [32], [50].

Carpeta de desgaste.- También conocida como carpeta de sello, está conformada por una mezcla bituminosa; se ubica sobre la capa de rodamiento. En muchas ocasiones se coloca, sobre esta carpeta, un riego de arena [32].

Superficie rasante.- Es la superficie de rodadura, ésta superficie soporta el tránsito vehicular e indica la línea de gradiente [32], [50].

1.1.3.4.2. Características de un Pavimento

Es importante señalar los aspectos propios de un pavimento, aspectos que propician un buen rendimiento durante su vida útil [49]:

- Tener una buena resistencia ante la acción de las cargas de tránsito y ante la intemperie.
- Tener una superficie de rodadura con una textura que se adapte a la velocidad con la que fue diseñada.
- Presentar comodidad a los usuarios en base a la velocidad de circulación y a las longitudes de onda de deformación, gracias a una “regularidad superficial” transversal y longitudinal.
- Tener condiciones que permitan un adecuado sistema de drenaje.
- Durabilidad.
- Presentar una buena relación de economía.
- El ruido de rodadura debe ser moderado.
- Debe tener una buena seguridad al tránsito, evitando reflejos y deslumbramientos.

1.1.3.4.3. Función y características generales de las diferentes capas de un Pavimento Terreno de Fundación

Independientemente del tipo de pavimento que se vaya a realizar, el espesor que va a tener depende en un gran porcentaje de su capacidad de soporte. Se considera que, cuando un terreno posee mucha cantidad de materia orgánica, es un terreno de fundación *pésimo*, consecuentemente no se puede trabajar sobre el mismo, por lo que este material debe ser

sustituido por otro que aporte con las características necesarias para servir de terreno de fundación; cuando el terreno está conformado por un suelo fino (lima o arcilla) se considera un terreno de fundación *malo*, ya que se vuelve susceptible a saturación por lo que para mejorarlo se coloca una subbase granular. Por otra parte, cuando el suelo está bien graduado brinda una opción en donde no se requiere de subbase (en muchos casos), teniendo así un terreno de fundación *bueno o regular*. Asimismo cuando el terreno tiene un valor de soporte confiable y alto, cuando evita la saturación del agua, tenemos un terreno de fundación *excelente*, entonces sería suficiente poner encima la capa de rodamiento [32].

Subbase

La subbase se coloca sobre la subrasante, está formada por material que tenga mayor capacidad de soporte que el terreno de fundación (puede ser arena, grava, escoria de altos hornos o residuos de canteras), el material que se escoja para esta capa debe cumplir varios requerimientos lo más aproximados a suelos A1 o A2, con un límite líquido $< 35\%$, índice plástico ≤ 6 , con un CBR $\geq 15\%$; además la subbase debe tener cumplir con varias funciones [32]:

- Funciona como una capa de drenaje al pavimento.
- El material que conforma la subrasante tiende a sufrir cambios de plasticidad, elasticidad e incluso de volumen, la subbase tiene como función controlar o evitar dichos cambios.
- Durante épocas de helada el pavimento tiende a hincharse debido a que el agua existente en las napas freáticas cercanas asciende por un fenómeno llamado capilaridad, la subbase controla esta ascensión.

Base

Absorbe y transmite esfuerzos por cargas de los vehículos, a la subbase y al terreno de fundación, las bases pueden ser granulares, pueden estar conformadas por mezclas estabilizadas con cemento (u otro ligante) o por mezclas bituminosas, es importante recalcar o señalar los requisitos que debe cumplir el material pétreo que se use en la base [32]:

- Debe tener una buena resistencia a cambios de temperatura y humedad, para que no aparezcan cambios volumétricos que perjudiquen a la estructura del pavimento.
- Mediante el ensayo “Los Ángeles” se debe obtener un porcentaje de desgaste < 50%.
- El material que pasa el tamiz N° 40 debe poseer con índice de plasticidad < 6 y un límite líquido < 25%.
- El CBR no debe ser < 50%.

Capa de Rodamiento

Es posible que las capas inferiores se saturen total o parcialmente por la influencia del agua de lluvia infiltrada; la capa de rodamiento impermeabiliza la superficie. Incrementa, de cierta manera, la capacidad de soporte del pavimento y evita el desgaste o desintegración de la base por el tránsito de los vehículos [32].

1.1.3.4.4. Clasificación de los Pavimentos

La clasificación de los pavimentos se da de la siguiente manera [49]:

- Pavimentos Flexibles
- Pavimentos Semirrígidos
- Pavimentos Rígidos
- Pavimentos Articulado

1.1.3.4.4.1. Pavimentos flexibles

Sin la necesidad de que aparezcan tensiones adicionales, estos pavimentos se adaptan fácilmente a las deformaciones producidas por el suelo, se encuentran formados por una carpeta bituminosa de asfalto o de alquitrán; la base y subbase (Capas no rígidas), puede tener una base flexible o semirrígida, no obstante, es posible omitir el uso de una de las capas dependiendo del requerimiento del proyecto; las capas que conforman este pavimento deben estar compactadas con una humedad adecuada ,de tal manera que sea posible obtener su máxima densidad [49], [32], [50].

Funciones de las capas

SUBBASE GRANULAR

Función económica. - Varios autores concuerdan en la relación que tiene la economía con esta capa, debido a que el espesor necesario para responder con el nivel de esfuerzos que se requieren, debe ser constituida por materiales de alta calidad, no obstante, es más recomendable distribuir en la parte superior a las capas más resistentes, por ende la capa inferior tiende a ser de menor calidad y en consecuencia resulta más económica [49].

Capa de transición. - Es importante tener un buen diseño de la subbase ya que de esta manera aseguramos que los materiales de base y subrasante no se filtren [49].

Disminución de las deformaciones. - Existen cambios en el volumen de la subrasante debidos a cambios de humedad o temperatura, pero la subbase puede absorber estos cambios y evitar que las deformaciones se presenten en la superficie [49].

Drenaje. - El agua que se filtre a través de las bermas o de la carpeta debe ser drenada por la subbase, en la parte inferior, también evita que el agua ascienda [49].

Resistencia. - Las capas superiores le transmiten esfuerzos que deben ser soportados por la subbase y transmitidos a la subrasante [49].

BASE GRANULAR

Resistencia. - La intensidad de tránsito que se reparte a la subbase y a la subrasante debe ser en una proporción adecuada, de manera que no dañe ni desgaste excesivamente al pavimento [49].

Función Económica. - En este aspecto se habla de una analogía económica de la subbase con respecto a la base [49].

CARPETA

Superficie de Rodamiento. - Es muy importante tratar varios aspectos cuando de la superficie de rodamiento se refiere, estos aspectos en conjunto harán de la circulación, algo cómodo y seguro. La superficie debe tener un color y textura adecuados, debe ser uniforme y presentar una buena estabilidad al tránsito además de resistir sus efectos abrasivos [49]:

Impermeabilidad. - Se debe evitar (lo más posible), el paso de agua al interior del pavimento.

Resistencia. - La capacidad estructural que posee el pavimento debe ser complementado con su resistencia a tensión.

1.1.3.4.4.2. Pavimentos Semirrígidos

Este tipo de pavimento es muy parecido al pavimento flexible en lo que respecta a su estructura, con la diferencia de que posee una capa rigidizada de manera artificial, mediante el uso de un aditivo asfáltico, cal, cemento, emulsión y químicos; con el propósito de que las propiedades mecánicas de los materiales que sean considerados como deficientes, sean corregidas y mejoradas [49].

1.1.3.4.4.3. Pavimentos Rígidos

Estos pavimentos están formados por una losa de concreto hidráulico, la misma que está apoyada generalmente sobre la subrasante. El concreto hidráulico presenta un valor de rigidez y un coeficiente de elasticidad bastante altos, además, es capaz de resistir esfuerzos a tensión, todas estas características hacen que este pavimento tenga un comportamiento muy satisfactorio incluso en zonas deficientes o débiles de la subrasante. Las capas inferiores no ejercen mayor influencia en el espesor del pavimento [49].

Funciones de las capas

SUBBASE [49]:

- Tiene como función principal evitar el bombeo (fluencia de material fino con agua) que tiende a infiltrarse en las juntas, de este modo se reduce la aparición de grietas en el pavimento. Ipso facto facilita y mejora el drenaje.
(El agua filtrada produce un fenómeno denominado licuefacción, pero gracias a las cargas ejercidas ésta puede salir a la superficie).
- Gracias a que es útil como capa de transición puede brindar un apoyo estable de manera constante y permanente al pavimento.
- Disminuye y controla los cambios volumétricos que se presentan en la subrasante.
- Aporta capacidad de soporte a la subrasante.

LOSA DE CONCRETO

- Así como la carpeta actúa en los pavimentos flexibles, la losa de concreto posee las mismas características, más la capacidad estructural de soportar y transmitir adecuadamente los esfuerzos [49].

1.1.3.4.4. Pavimentos Articulados

Sobre una capa de base granular o sobre la subrasante, se encuentra una capa de arena, la misma que sirve como “colchón” para adoquines (bloques de concreto prefabricados) o también los empedrados [49].

Funciones de las capas

BASE

Ésta es la capa de mayor espesor, se encuentra entre la capa de rodadura y la subrasante, tiene una gran capacidad estructural. Tiene una característica que permite que pueda estar compuesta por dos o más capas de materiales seleccionados [49].

CAPA DE ARENA

Esta capa se coloca sobre la base, conformada de arena gruesa y limpia, con un espesor muy delgado. Sirve de colchón o de asiento para los adoquines, además que sirve como filtro, ya que por medio de las juntas existentes entre ellos se puede infiltrar agua [49].

ADOQUINES

Deben ser materiales que presenten una buena resistencia al tránsito, tanto para las cargas que éste ejerce como para el desgaste producido [49].

SELLO DE ARENA

Es arena fina utilizada como relleno entre las juntas, hace que la estructura de adoquín funcione perfectamente ensamblada como las partes de un todo [49].

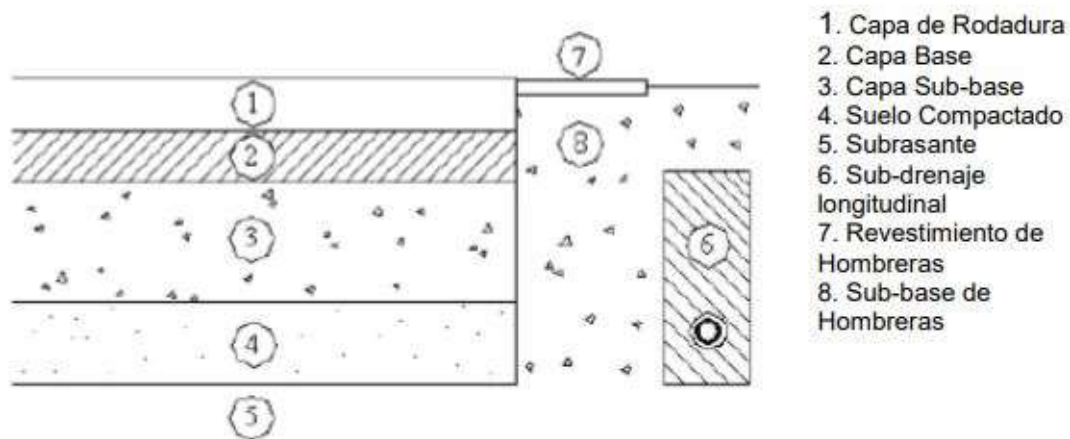


Figura 14. Sección Típica de un Pavimento Rígido

Fuente: Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Ingeniería de Pavimentos, 2000 [51].

1.1.3.5. Diseño de Pavimentos Flexibles

El diseño de un pavimento flexible, generalmente, consta de 2 fases [52]:

- Definir a los factores externos (Calidad y disponibilidad del material, clima y volumen de tráfico).
- Determinar los espesores de las capas.

1.1.3.5.1. Método INVIAS

Este es un método utilizado para carreteras que presentan volúmenes de tráfico medio y alto, se fundamenta en la teoría de comportamiento de estructuras y materiales, además, de basarse en una combinación de métodos. Mediante un diseño que toma en cuenta características ambientales tales como la temperatura anual la misma que tiende a variar de 13 °C a 30°C, asimismo de la precipitación media anual que presenta una variación <2000mm hasta >4000 mm [52].

Se considera un CBR < 3% (requiere estabilización o reemplazo) hasta un CBR >15%, para definir categorías para establecer un valor promedio del suelo en cada sitio, esto se realiza cuando se trata de determinar el valor de la resistencia a la subrasante [52].

También, se debe tomar en cuenta el tráfico correspondiente al número de ejes equivalente de 8,2 Ton en el carril de diseño, dentro de lo cual se debe considerar un período de diseño del pavimento de 0,5 E6 hasta 40 E6, el mismo que debe mayorar por 1,159 para tener un nivel de confiabilidad de 90%, obteniendo, de este modo, el tráfico de diseño [52].

Cuando se determine la región climática, mediante las 6 cartas de diseño (estas cartas se realizan en base al método AASHTO), se encuentra la categoría de “tránsito” y “subrasante” y así, obtener los espesores recomendados para las capas del pavimento [52].

1.1.3.5.2. Método del Instituto del Asfalto

Dentro de este modo se utiliza el término “sistema elástico multicapa” para referirse al pavimento, donde, para optimizar los espesores de la estructura de pavimento y realizar los chequeos de fatiga y ahuellamiento, son utilizados medios teóricos y experimentales, además de programas de computador [52].

Para dimensionar a la estructura del pavimento es necesario realizar un diseño que sea capaz de permitir que las deformaciones verticales por compresión en la subrasante y las deformaciones por tracción que se dan en la fibra inferior de las capas asfálticas no sobrepasen los valores admisibles [52].

Primero se debe cuantificar la capacidad de soporte de la subrasante, luego se procede a estimar el número acumulado de ejes simples equivalentes a 8,2 Ton, después se determinan los módulos de la capa granular y de la mezcla asfáltica, en donde se solicita conocer tanto el tipo de asfalto que va a ser utilizado, como los espesores del pavimento y la temperatura. Finalmente se procede a realizar un chequeo de ahuellamiento y fisuramiento de la estructura a través del uso del programa Weslease, donde se debe corroborar que los ejes equivalentes admisibles sean mayores que los de diseño [52].

1.1.3.5.3. Método AASHTO 93

Este es un método en donde se detalla el procedimiento para diseñar la sección estructural del pavimento, se asume que la superficie de rodamiento será diseñada de tal manera que sea capaz de tolerar niveles de tránsito mayores a 50000 ejes equivalentes acumulados de 8,2 Ton por lo que se acuerda determinar tratamientos superficiales y concreto asfáltico para trabajar con la misma [53].

Este diseño se fundamenta sustancialmente en determinar el “SN” que no es más que, el número estructural para pavimento flexible requerido para soportar la carga solicitada; la manera para determinarlo está dada por una ecuación general, la misma que es un conjunto de parámetros como [53]:

El parámetro W_{18} que es una representación del tránsito en ejes equivalentes acumulados, el parámetro de confiabilidad “R”, la desviación estándar global “ S_o ”, el módulo de resiliencia “ M_r ” y la diferencia que existe entre los índices de servicio inicial y final deseados “ ΔPSI ” [53].

Ahora bien, cada uno de estos parámetros tiene sus definiciones y métodos de obtención, para lo cual es importante mencionar varios aspectos relacionados [53].

REPRESENTACIÓN DEL TIEMPO

Para este parámetro es necesario tomar en cuenta, el comportamiento y el análisis, en función del tiempo ya que estos apartados afectan al diseño del pavimento [54].

Período de Comportamiento. - Período de tiempo en el que una estructura permanece con sus capacidades óptimas antes de que sea necesaria una reparación, en este punto es muy importante que el diseñador sea capaz de establecer períodos mínimos y máximos admisibles [54].

Período de Análisis. - Como su nombre lo indica es el tiempo destinado al análisis de la estructura, sirve como una medida de seguridad para alguna estrategia de diseño. Gracias a que se toma en cuenta el período máximo de comportamiento es recomendable que se considere y se planifique una obra por etapas, para que de esta manera se logre el período de análisis buscado [54].

Hace varios años los períodos de comportamiento eran de 20 años, pero en la actualidad se aconseja que los pavimentos sean diseñados con períodos mayores [54].

Tabla 14. Período de Análisis

CLASIFICACIÓN DE LA VÍA	PERÍODO DE ANÁLISIS (Años)
Urbana de Alto Volumen de Tráfico	30 - 50
Rural de Alto Volumen de Tráfico	20 - 50
Pavimentada de Bajo Volumen de Tráfico	15 - 25
No Pavimentada de Bajo Volumen de Tráfico	10 - 20

Fuente: AASHTO 1993 [54]

TRÁFICO

Se debe transformar el tráfico en unidades ESAL de 18 kips, para cualquier situación de diseño que pretenda que la estructura inicial de pavimento cumpla con el período de análisis sin la necesidad de rehabilitación o recapeo; es aconsejable, cuando la construcción es en etapas, el uso de una gráfica que represente el crecimiento de los ejes acumulados vs el tiempo (en años) hasta llegar al final del período de diseño, con el objetivo de separar el tráfico acumulado en períodos [53], [54].

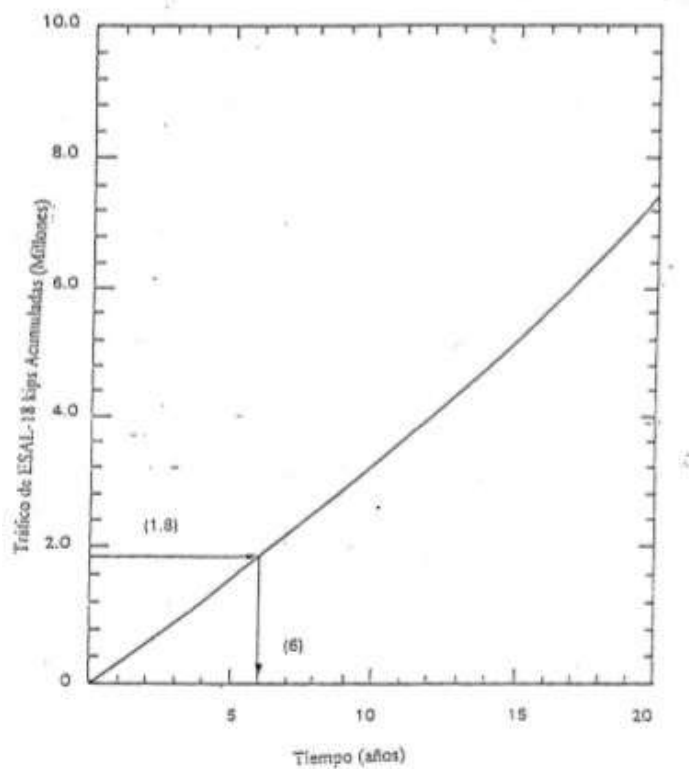


Figura 15. Ejemplo de Tráfico ESAL 18 kips Vs. Tiempo

Fuente: AASHTO 1993 [54]

Para determinar el tráfico, actualmente, se consideran los ejes equivalentes acumulados de 8,2 Ton (durante el período de diseño), para lo cual es muy factible el uso de la siguiente ecuación [53], [54].

$$W_{18} = D_D \times D_L \times W_{\exists 18}$$

Donde [54]:

D_D = Factor de distribución direccional (es recomendable usar un valor de 0,5 aunque tiende a existir variaciones de 0,3 a 0,7 la elección del valor depende de qué dirección está “cargada y qué dirección está “descargada”).

$W_{\exists 18}$ = Ejes Equivalentes acumulados en ambas direcciones (unidades ESAL 18 kips).

D_L = Factor de distribución por carril.

Tabla 15. Factor de Distribución de Carril

Número de Carriles en cada dirección	% de ESAL de 18 kips en el Carril de Diseño
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80
4	50 - 75

Fuente: AASHTO 1993 [54].

CONFIABILIDAD “R”

Una manera de tener una garantía de que el diseño sea capaz de durar el período de análisis es teniendo, de cierta manera, un grado de certeza (R), que además, tiene presente las variaciones que pueden darse en la predicción tanto del tráfico como del comportamiento [54].

Tabla 16. Niveles de confiabilidad Sugeridos para varias Clasificaciones Funcionales

Clasificación Funcional	Nivel de Confiabilidad Recomendado	
	<i>Urbano</i>	<i>Rural</i>
Interestatal y Otras Vías Libres	85 - 99,9	80 - 99,9
Arterias Principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: AASHTO 1993 [54].

DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL “S_o”

Es necesario considerar posibles cambios o variaciones en lo que respecta al comportamiento del pavimento y a la predicción del tráfico, estos valores no incluyen errores en la estimación, no obstante, se encuentra un error de 0,35 dentro del diseño de pavimentos flexibles para el comportamiento de sus secciones [53].

MÓDULO DE RESILIENCIA EFECTIVO “M_r”

Este módulo forma parte de la caracterización de los materiales, lo cual es basado en pruebas de laboratorio de los materiales que van a ser utilizados en la capa subrasante (Método AASHTO T-274), de manera que las muestras sirvan para simular las estaciones del año, en donde, alternando las correlaciones con propiedades del suelo se llega a obtener el módulo de resiliencia “estacional”; posterior a eso una equivalencia al efecto combinado de los valores de todos los módulos estacionales, obteniendo así el Módulo de Resiliencia Efectivo [53].

Aunque existan dos procedimientos para obtener el módulo estacional o variaciones a lo largo del año, la AASHTO sugiere convertir lo datos estacionales en el módulo de resiliencia efectivo de la subrasante en base al siguiente gráfico [53].

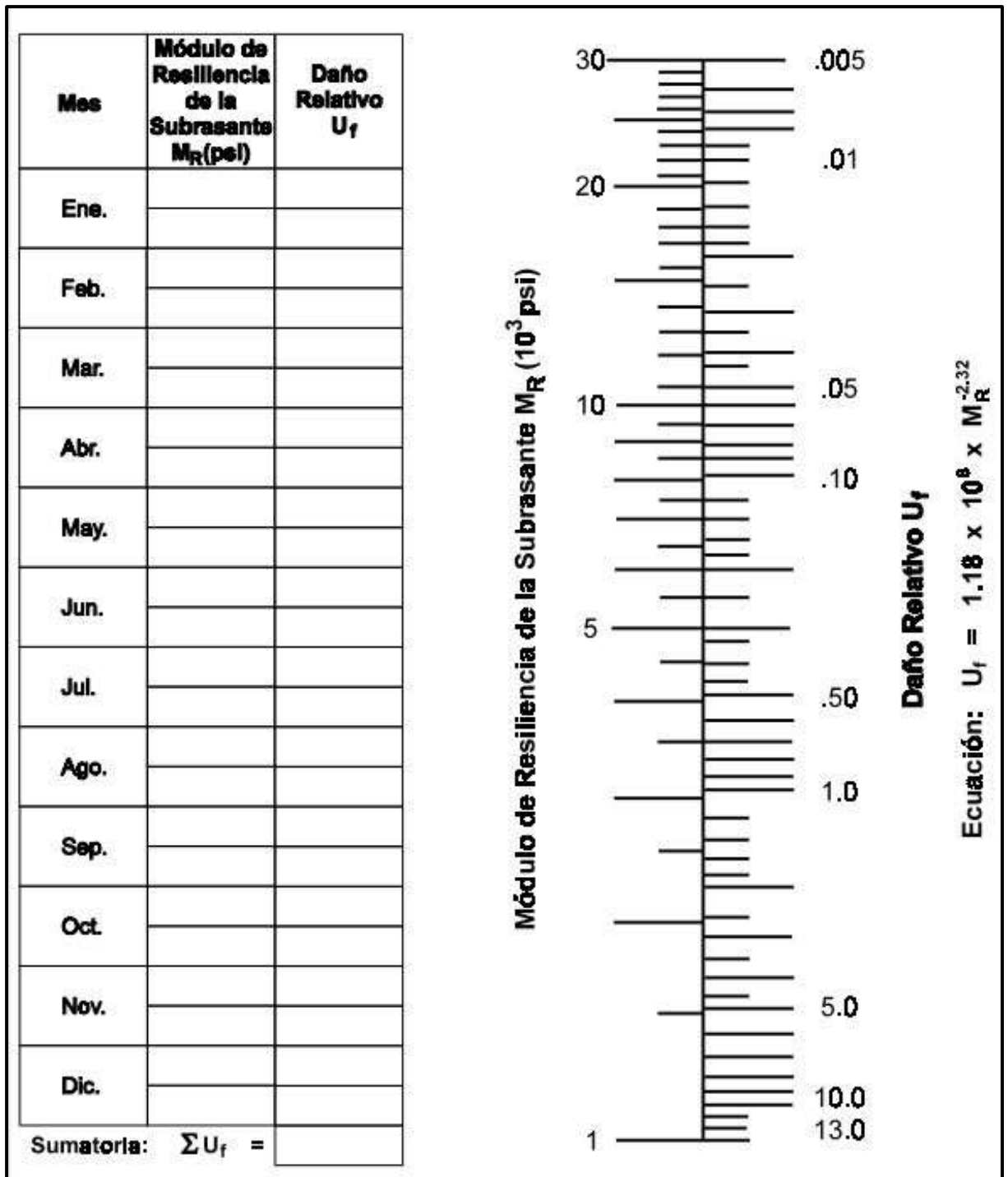


Figura 16. Formato para Calcular el Módulo de Resiliencia Efectivo de la Subrasante en Pavimentos Flexibles

Fuente: Rico A., Téllez R., Garnica P. Pavimentos Flexibles. Problemática, Metodologías de Diseño y Tendencias. Método AASHTO93 (1998) [53].

Ecuación [53]:

$$Uf = 1,18 \times 10^8 \times M_R^{-2,32}$$

Donde:

Uf = Daño Relativo en cada estación (puede ser mensual o quincenal).

M_R = Módulo de Resiliencia de la capa subrasante.

Finalmente se obtiene el promedio de daño relativo.

$$\bar{U}f = \frac{\sum Uf}{n}$$

En consecuencia, el M_R efectivo será el que corresponda al $\bar{U}f$ promedio.

Sin embargo, en vista de que el equipamiento necesario no está actualmente disponible en Ecuador, la AASHTO 93, permite, que para un $CBR \leq 10$ para suelos de gradación fina, se utilice la siguiente ecuación [54]:

$$M_R(psi) = 1500 \times CBR$$

Cuando el CBR varía entre 10 % y 20%, se desarrolló la siguiente ecuación [53]:

$$M_R(psi) = 3000 \times CBR^{0,65}$$

Finalmente, para suelos granulares [53]:

$$M_R(psi) = 4326 \times \ln CBR + 241$$

En suelos con gradación fina, el Instituto del Asfalto desarrolló métodos similares relacionando el valor R (cuando este valor es ≤ 20) y el M_R [53].

$$M_R(psi) = 1000 + 555R$$

SERVICIALIDAD

Capacidad de servir al tipo de tráfico para el que fue diseñado, esta capacidad se mide a través del *Índice de Servicialidad* que tiene valores entre 0 a 5, variando de camino imposible a perfecto, respectivamente, es recomendable definir el índice de servicio terminal, en función a la aceptación del usuario [54].

Por otra parte cuando se producen pérdidas o se altera la calidad de servicio, debe definirse el índice de servicio [53].

$$\Delta PSI = p_o - p_t$$

Donde [53]:

ΔPSI = Diferencia entre el índice de servicio inicial y el final.

p_o = Índice de servicio inicial.

p_t = Índice de servicio final.

NOTA: Los valores recomendados por la AASHTO para el índice de servicio inicial para pavimentos rígidos es igual a 4,5 y para pavimentos flexibles es 4,2; mientras que para el índice de servicio terminal se le otorgan valores de 3.0, 2.5 para caminos principales y 2.0 para caminos secundarios [53].

ESPEORES POR CAPAS

Es muy importante recalcar que para determinar el espesor de capas, todos los parámetros descritos anteriormente, tales como el tránsito, confiabilidad, la desviación estándar global, el módulo de resiliencia, y la diferencia entre índice de servicios; deben relacionarse, incluyendo además al número estructural SN, el mismo que utiliza la siguiente ecuación [54]:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9,36 \times \log_{10}(SN + 1) - 20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \times \log_{10}(M_R) - 8,07$$

Donde [54]:

W18= Representa el número de cargas de ejes equivalentes de 8,2 Ton. (Determinadas en base a la circulación de los vehículos).

Z_R =Representa el área bajo la curva de distribución, la misma que se encuentra relacionada con la curva estándar para la confiabilidad R.

S₀= Representa la desviación estándar (Error estándar combinado).

Δ PSI= Pérdida de Servicialidad.

M_R= Módulo de Resiliencia.

SN= Número Estructural indicativo del espesor requerido para el pavimento.

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

Donde [54]:

a₁, a₂, a₃= Coeficientes de cada capa.

D₁, D₂, D₃= Espesores de capa en pulgadas.

m₂, m₃= Coeficiente de drenaje de cada capa.

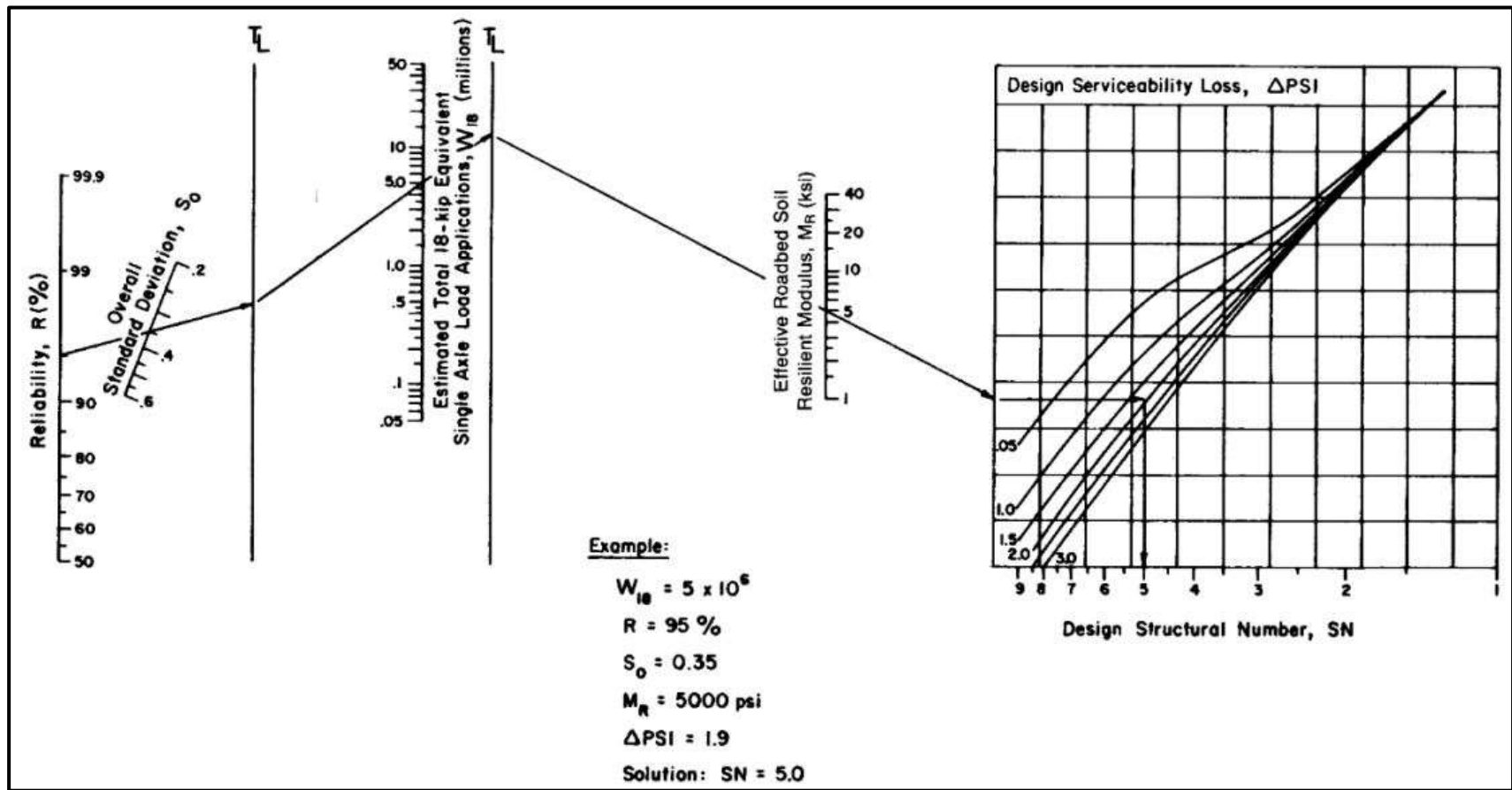


Figura 17. Gráfica de Diseño para Estructuras de Pavimento Flexible

Fuente: Rico A., Téllez R., Garnica P., Pavimentos Flexibles. Problemática, metodología de Diseño y Tendencias. Método AASHTO93 (1998) [53].

Es necesario detallar la manera de cómo llegar a los coeficientes de cada capa; a1, a2 y a3, para lo cual a continuación se mostrarán gráficas y ábacos correspondientes a la determinación de dichos coeficientes [54]:

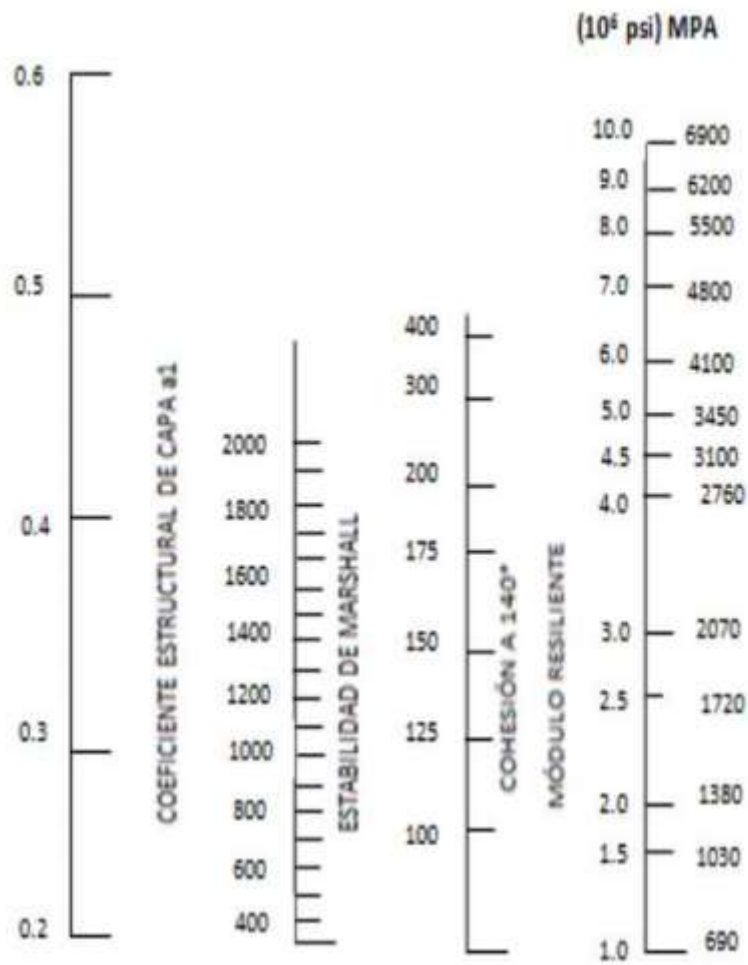
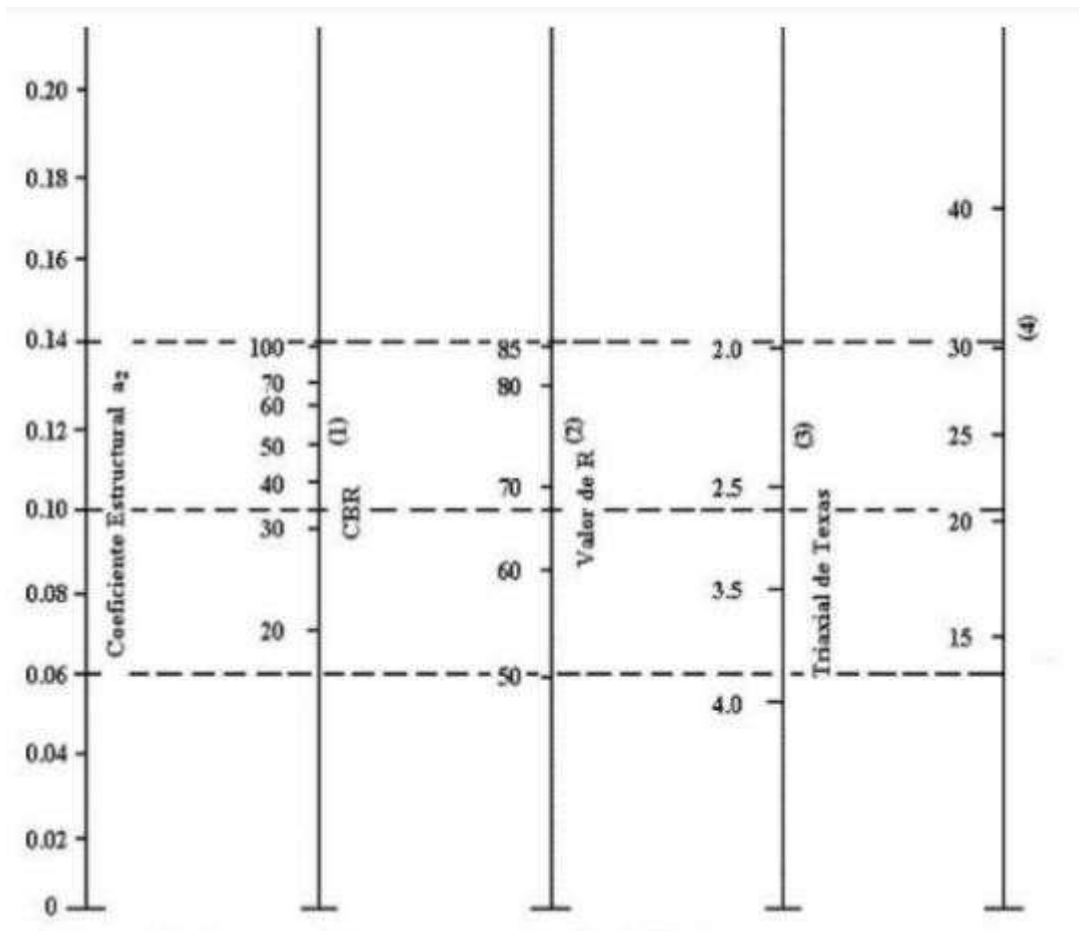


Figura 18. Ábaco para la estimación de a1

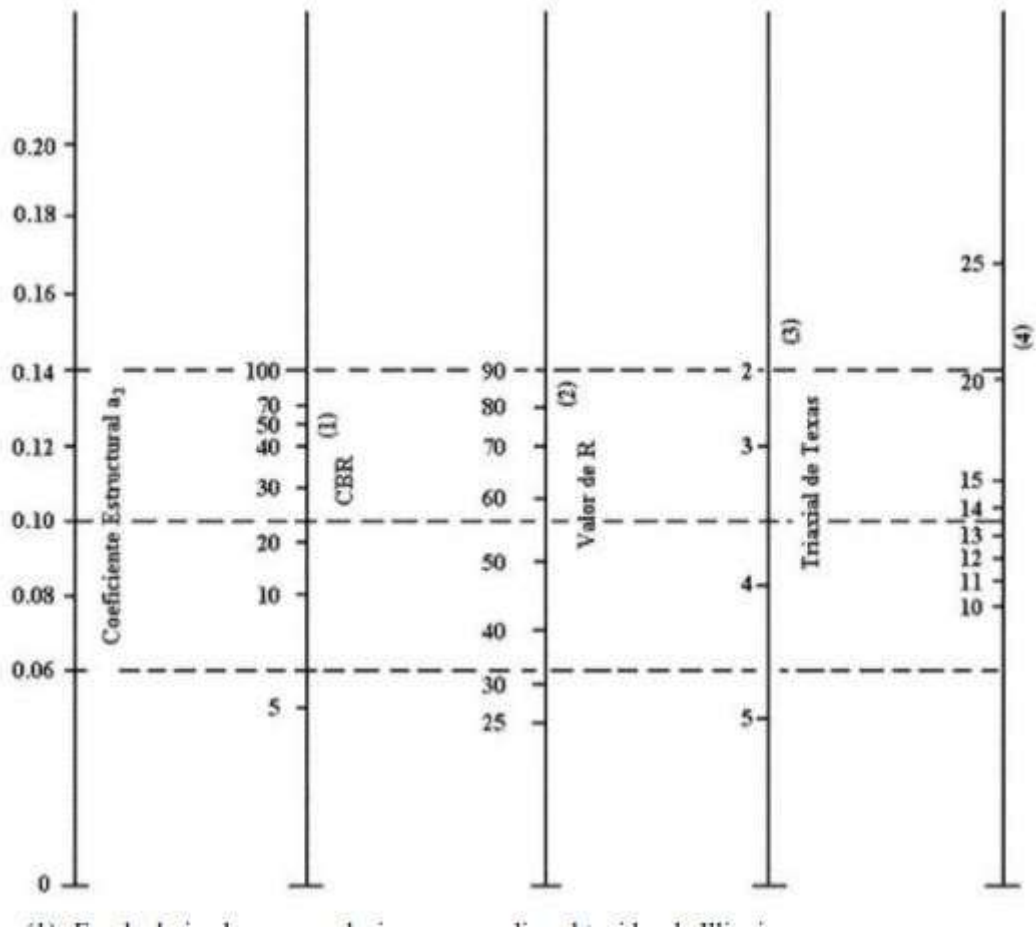
Fuente: AASHTO 1993 [54].



- (1)Escala dada por correlaciones promedio (Illinois)
- (2)Escala dada por correlaciones promedio (California, Wyoming y Nuevo México)
- (3)Escala dada por correlaciones promedio (Texas)
- (4)Escala dada del proyecto NCHRP

Figura 19. Coeficiente a_2 en Bases Granulares

Fuente: AASHTO 1993 [54].



- (1) Escala dada por correlaciones (Illinois)
- (2) Escala dada por correlaciones (Instituto del Asfalto, Wyoming, Nuevo México y California)
- (3) Escala dada por correlaciones (Texas)
- (4) Escala dada por el proyecto de NCHRP

Figura 20. Coeficiente a_3 , en Subbases Granulares

Fuente: AASHTO 1993 [54].

La ecuación del número estructural presenta varias combinaciones para los espesores de capas, en donde, todas estas combinaciones son bastante aceptables y satisfactorias. Se dan los siguientes espesores para cada capa [54]:

Tabla 17. Espesores mínimos en pulgadas

Tráfico ESAL's	Concreto Asfáltico	Base de Agregados
menos de 50 000	1,0 (o tratamiento superficial)	4
50 001 - 150 000	2	4
150 001 - 500 000	2,5	4
500 001 - 2 000 000	3	6
2 000 001 - 7 000 000	3,5	6
mayor que 7 000 000	4	6

Fuente: AASHTO 1993 [54].

DRENAJE

Otro factor a tomar en cuenta dentro del diseño de pavimentos, es la existencia de niveles de drenaje, en donde el ingeniero es el encargado de determinar el nivel y las condiciones de drenaje, apreciando, además, varios métodos de drenaje que sirven como remoción de humedad [54].

Tabla 18. Calidad de Drenaje

Calidad de Drenaje	Tiempo de Remoción del Agua
Excelente	2 Horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 Mes
Muy Pobre	No Drena

Fuente: AASHTO 1993 [54].

Tabla 19. Valores de mI recomendados para los Coeficientes de Capa de Materiales de Base y Subbase no Tratada en Pavimentos Flexibles

Calidad de drenaje	% de tiempo de exposición del pavimento a niveles de humedad, próximos a saturarse			
	< 1%	1%-5%	5%-25%	>25%
Excelente	1,25 - 1,20	1,20 - 1,15	1,15 - 1,10	1,10
Bueno	1,25 - 1,15	1,15 - 1,10	1,10 - 1,00	1,00
Regular	1,15 - 1,10	1,10 - 1,00	1,00 - 0,90	0,90
Pobre	1,10 - 1,00	1,00 - 0,90	0,90 - 0,80	0,80
Muy Pobre	1,00 - 0,90	0,90 - 0,80	0,80 - 0,70	0,70

Fuente: AASHTO 1993 [54].

1.2. Hipótesis

El CBR de laboratorio es un valor que puede ser determinado mediante correlaciones entre propiedades mecánicas e índice del suelo.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar la correlación entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de las parroquias Matriz y Bolívar del cantón Pelileo.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar la toma de 12 muestras que sean representativas del suelo en 6 vías seleccionadas de las parroquias Matriz y Bolívar del Cantón Pelileo mediante pozos a cielo abierto para su posterior análisis e interpretación.
- Determinar las propiedades mecánicas e índice de los suelos granulares correspondientes a las parroquias Matriz y Bolívar del cantón Pelileo mediante ensayos in situ y ensayos de laboratorio para entender el comportamiento de los suelos estudiados.
- Establecer las correlaciones experimentales que se pueden determinar entre las propiedades mecánicas e índice y el CBR de laboratorio para los suelos estudiados mediante el uso de ecuaciones que permitan establecer dichas correlaciones.
- Obtener la correlación experimental existente entre los valores de DCP y el CBR de laboratorio para los suelos estudiados mediante el uso de ecuaciones para la determinación del CBR en función del DCP.
- Utilizar los valores obtenidos mediante las correlaciones para la realización de la propuesta del diseño de un pavimento flexible.

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1. Niveles de investigación

Este proyecto se encuentra realizado bajo la modalidad de “experimental”, teniendo como base los siguientes niveles investigativos:

2.1.1. Nivel Exploratorio

En este nivel, es importante señalar que, cuando se perciben problemas o deficiencias, en este caso, en la vialidad, el primer aspecto es identificarlos; tres de las cuatro vías de la parroquia La Matriz, se encuentran asfaltadas mientras que otra vía tiene asfaltado la mitad de su tramo y la otra mitad es un camino de tierra; por otra parte en las vías analizadas en la parroquia Bolívar, una está asfaltada y la otra presenta condiciones muy precarias; teniendo así, una investigación basada en el análisis y en estudios previos, para obtener las correlaciones pertinentes en el cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

2.1.2. Nivel Descriptivo

Una de las finalidades que se obtendrán en este proyecto es una amplia descripción del lugar de donde se tomaron las respectivas muestras de suelo, como lo son las coordenadas, el tipo de suelo, la densidad poblacional.

2.1.3. Nivel Relacional

De esta manera, es posible encontrar la dependencia o la relación, que existen entre el DCP y el CBR con las propiedades del suelo.

2.1.4. Nivel Explicativo

Encuentra la relación existente la variable independiente y la variable dependiente; es decir el comportamiento de una variable en función de otra.

2.2.Población

La zona en la que se da el presente proyecto corresponde a las parroquias La Matriz y Bolívar del Cantón Pelileo, mediante el cual, se ha tomado como referencia 6 vías de las cuales se obtendrán 12 muestras de suelo representativas para este proyecto, mediante el desarrollo de este se pretende proponer el diseño de un pavimento.

2.2.1. Parroquia La Matriz

La Parroquia Pelileo o Matriz, perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua, es una parroquia urbana pero también tiene sectores rurales, con una temperatura promedio de 15°C, ubicada a una altitud media de 2600 msnm y con una población igual a 10103 habitantes en el casco urbano mientras que en la parte rural tiene 14511 habitantes; dando un total de 24614 habitantes, los sectores que fueron seleccionados son Gamboa, Huasipamba, La Cocha y La Clementina. [55, 56].


2.2.2. Parroquia Bolívar

Por su parte la parroquia rural Bolívar, del cantón Pelileo, provincia de Tungurahua, posee 2713 habitantes, esta parroquia posee un clima de 16 °C y se encuentra a una altura media de 3500 msnm, los sectores que fueron elegidos son La Tranquilla y Huambalito [55, 57].

2.3. Muestra

Para proceder a la toma de muestras de las parroquias del cantón Pelileo, se tomó en cuenta el tamaño territorial de las mismas, por lo que de la parroquia La Matriz se tomaron 2 muestras de 4 vías (una al inicio y otra al final), correspondientes a los sectores; Gamboa, Huasipamba, La Cocha y La Clementina. En la parroquia Bolívar se tomaron 2 muestras de 2 vías (una al inicio y otra al final), pertenecientes a los sectores; La Tranquilla y Huambalito; teniendo un total de 12 muestras representativas de vías secundarias de las parroquias en cuestión.

Tabla 20. Ubicación Geográfica de las Calicatas

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
Tesis de Grado					
Nombre:	Amanda Noemi Porras Naranjo				
Tema:	<i>Ubicación Geográfica de las Calicatas</i>				
Parroquia	Sector	Muestra	Coordenadas		Altura
			<i>Este</i>	<i>Norte</i>	<i>msnm</i>
La Matriz	<i>Gamboa</i>	1	776514,0	9851267,6	2177,7
		2	776803,7	9851266,1	2172,3
	<i>Huasipamba</i>	3	774792,4	9849241,2	2635,3
		4	775398,9	9848947,3	2607,3
	<i>La Cocha</i>	5	776511,9	9841284,6	2602,8
		6	776690,8	9841777,3	2589,9
	<i>La Clementina</i>	7	776743,9	9858067,0	2177,9
		8	777075,4	9858687,7	2192,7
Bolívar	<i>La Tranquilla</i>	9	772750,0	9843957,8	3161,5
		10	772570,4	9844139,3	3133,8
	<i>Huambalito</i>	11	774516,2	9848124,9	2710,5
		12	774794,3	9847909,5	2730,9

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

2.3.1. Mapa de Coordenadas

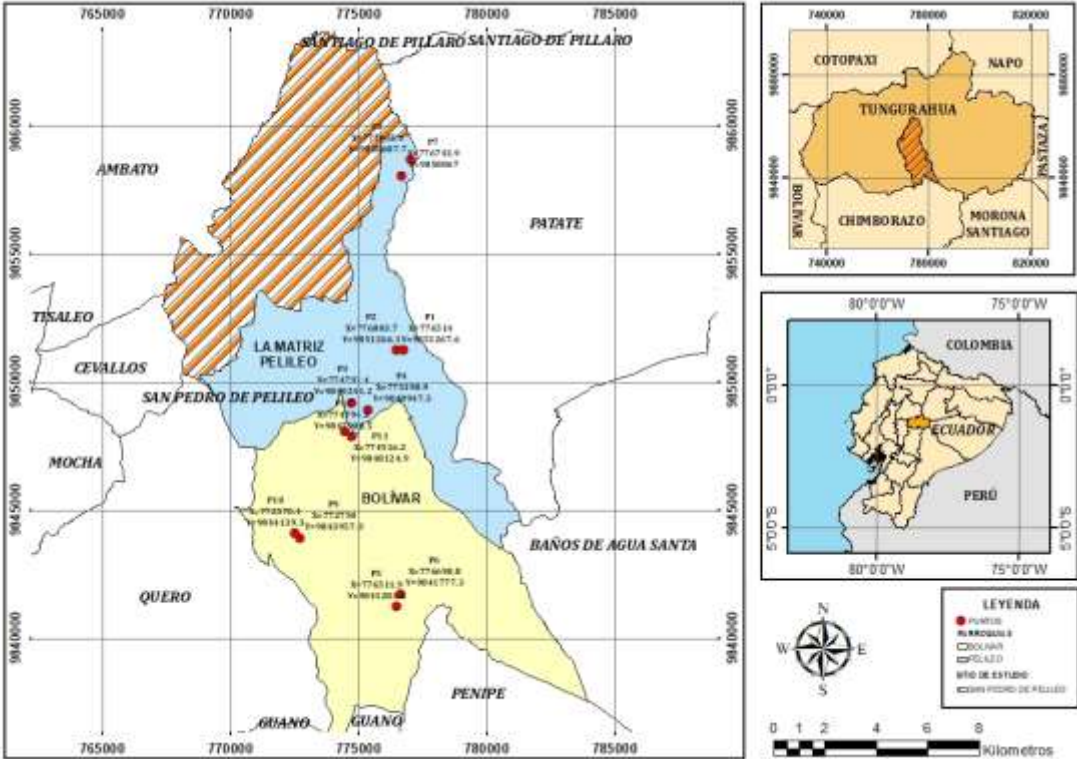




Figura 21. Mapa de Coordenadas
Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo



2.4. Materiales y Equipo

Tabla 21. Materiales y Equipo

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
<i>Tesis de Grado</i>			
Nombre:	Amanda Noemi Porras Naranjo		
Tema:	<i>Materiales y Equipo</i>		
ENSAYOS	NORMA	MATERIALES	EQUIPO
Pozo a Cielo Abierto	AASHTO T 87-70	Muestra in situ	Pala Pico Barra Flexómetro
Densidad de Campo (Método del Cono y Arena de Ottawa)	AASHTO T 191-2014	Muestras in situ	Cono Placa Metálica Arena de Ottawa Cincel Cuchareta Balanza Clavos Martillo
DCP (Cono Dinámico de Penetración)	ASTDM 6951-03	Muestras in situ	Equipo DCP Libreta de Anotaciones
Gravedad Específica de los sólidos	AASHTO T 100-2015	50 gramos de suelo que pasa por el tamiz #40	Tamiz #4 Picnómetro Embudo Termómetro Recipiente metálico Pipeta Baño María
Granulometría	AASHTO T 88-2013	250 gramos de Muestra cuarteada	Tamizadora Juego de Tamices Balanza Brocha Recipientes

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 22. Materiales y Equipos

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
<i>Tesis de Grado</i>			
Nombre:	Amanda Noemí Porras Naranjo		
Tema:	<i>Materiales y Equipo</i>		
ENSAYOS	NORMA	MATERIALES	EQUIPO
Límite Líquido	AASHTO T 89-2013	150 gramos de suelo que pasa por el tamiz #40	Copa Casagrande Mortero de porcelana Pistillo de Caucho Espátula Acanalador Recipientes de aluminio Balanza
Límite Plástico	AASHTO T 90 2016	150 gramos de suelo que pasa por el tamiz #40	Mortero de Porcelana Pistillo de caucho Placa de Vidrio Fuente de mezclado Calibrador pie de rey
Próctor Modificado tipo B	AASHTO T 180 2018	24 kilogramos de suelo que pasa por el tamiz #4	Bandeja metálica cuadrada Martillo de compactación Molde 6" con extensión y base Probeta graduada Palustre Regleta Metálica
CBR California Bearing Ratio	AASHTO T 193 2013	18 kilogramos de suelo que pasa por el tamiz #4	MULTISPEED 34-V1172

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

2.5. Métodos

Para la realización del presente proyecto es necesario establecer un plan que permita el correcto desarrollo de este, ya que los errores que pueden suceder incidirían en los resultados, este plan se detalla a continuación:

2.5.1. Plan de recolección de datos

a. ¿Para qué?

Para correlacionar las propiedades índice y mecánicas de 12 diferentes muestras de suelo de las parroquias La Matriz y Bolívar del Cantón Pelileo con su correspondiente valor de CBR de laboratorio.

b. ¿A quiénes?

A las muestras de suelo tomadas de las parroquias La Matriz y Bolívar, del Cantón Pelileo, Provincia de Tungurahua.

c. ¿Sobre qué aspectos?

Las propiedades de los suelos que se obtienen a través de los ensayos de campo y de laboratorio pertinentes, así como también el valor del CBR.

d. ¿Quién?

Amanda Noemi Porras Naranjo

e. ¿Cuándo?

Los ensayos de campo se realizaron desde 29-October-2020 hasta 07-Febrero 2021.

Los ensayos de laboratorio se llevaron a cabo desde 21-October-2020 hasta 06-Abril-2021

El procesamiento y análisis de resultados se llevó a cabo desde 20 Noviembre-2020 hasta Mayo 2021.

f. ¿Dónde?

La recolección de muestras y los ensayos in situ se realizan en las parroquias La Matriz y Bolívar del Cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

Por otro lado, el resto de los ensayos se realizan en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

g. ¿Cuáles son las técnicas de recolección?

-Apartar la capa vegetal del sitio de donde se va a tomar la muestra y se procede a realizar el ensayo DCP bajo la norma ASTM D 6951-03 y la Densidad de Campo mediante la norma AASHTO T-191. (Ensayos in situ)

-Posterior a los ensayos in situ, se procede a la recolección de la muestra de suelo de 50 kilogramos aproximadamente, para la realización de los ensayos de laboratorio; se debe poner en una bandeja para su secado correspondiente después de haberla pasado por el tamiz rectangular #4.

-En lo que corresponde al análisis granulométrico, se toma una muestra representativa de suelo, que debe estar seca y ser una muestra que pasa el tamiz #40, se procede a ponerla de manera descendente en el juego de tamices y finalmente colocarla en la tamizadora.

-Con una muestra de suelo que pase el tamiz #40, se realizan los límites de Atterberg en base a la norma AASHTO T 89 2013 Y AASHTO T 90 2016.

-De la misma manera que con los límites de Atterberg, para la gravedad específica y mediante la norma AASHTO T 100 2015; se usa una muestra de suelo que pase el tamiz #40.

-Para el contenido óptimo de humedad es necesario 4 puntos como mínimo, de los cuales 3 deben generar un pico y el otro menor al máximo, en base a la norma AASHTO T 180 2018 del ensayo Próctor Modificado.

-Con el contenido óptimo de humedad obtenido se procede a realizar el ensayo CBR en base a la norma AASHTO T 193 2013.

2.5.2. Ensayos

2.5.2.1. Procedimiento

a. Pozo a Cielo Abierto [58]:



- Señalar el área a excavar, en este caso 1 m x 1m y retirar la capa vegetal.
- Excavar 1 metro de profundidad y tomar una muestra representativa de suelo.
- No se debe exponer directamente las muestras tomadas al sol.
- Se debe etiquetar las muestras, con la finalidad de ser identificables.

b. Densidad de Campo (Método del Cono y Arena de Ottawa) [59]:



- Dejar la superficie lo más plana posible y colocar la placa metálica.
- Con ayuda del cincel y del martillo, realizar una excavación de 10 cm de profundidad.
- Recoger el suelo retirado, con cuidado en una funda.
- Pesar el cono + recipiente + arena.
- Colocar el cono de arena sobre la placa metálica.
- Abrir la válvula y dejar caer la arena hasta que reemplace por completo al suelo retirado.
- Volver a pesar el cono + recipiente + arena.

c. Cono de Penetración Dinámica DCP [60]:



- En la superficie del suelo, marcar las dimensiones y dividir en 2 partes.
- Cavar 20 cm sobre la otra mitad del rectángulo y colocar el equipo DCP.
- Subir el martillo y soltar para que la punta cónica penetre en el suelo.
- Contar el número de golpes necesarios para que la punta cónica penetre en el suelo.

d. Gravedad Específica de Sólidos [61]:



- Pesar 50 gramos de suelo.
- Colocar agua en el picnómetro hasta la marca de aforo.
- Pesar el picnómetro + agua y sacar 1/3 de agua aproximadamente.
- Con la ayuda del embudo, colocar el suelo en el picnómetro y completar el agua hasta la marca de aforo.
- Con movimientos circulares, sacar el aire contenido durante 5 minutos aproximadamente.
- Tomar la temperatura de la muestra de suelo + agua en el picnómetro.
- Pesar el picnómetro + agua + suelo y pesar un recipiente metálico.
- Colocar el contenido del picnómetro en el recipiente metálico.
- Poner en el horno (18 – 24 horas).
- Pesar el recipiente + suelo.

e. **Granulometría** [62]:



- Verificar que la muestra pase el tamiz #4 y pesarla.
- Lavar la muestra de suelo y colocarla en el horno.
- Pesar la muestra de suelo seca.
- Ordenar de mayor a menor los tamices redondos más tapa de la fuente.
- Colocar la muestra sobre los tamices redondos.
- Colocar en la tamizadora durante 5 minutos.
- Pesar las partículas retenidas en los tamices y las partículas de la fuente redonda.
- Sumar los pesos de los 2 pasos anteriores.
- Verificar que el error sea menor al $\pm 1\%$ del total de la muestra.

f. Límite Líquido [63]:



- Con ayuda del mortero, pulverizar la muestra de suelo.
- Añadir un pequeño porcentaje de agua.
- Con ayuda de la espátula, mezclar correctamente.
- Colocar con cuidado una porción de la muestra en la copa Casa Grande.
- Con ayuda del ranurador, dividir a la muestra en dos partes.
- Determinar el número de golpes para cerrar el canal 1,2 cm.
- Tomar dos muestras para contenido de humedad.
- Repetir el procedimiento, variando el porcentaje de agua.
- Después de pesar las muestras, colocarlas en el horno.

g. Límite Plástico [64]:



-Secar en el horno la muestra de suelo

-Con ayuda del mortero, pulverizar la muestra de suelo.

-Incorporar una pequeña cantidad de agua

-Mezclar el suelo con el agua con ayuda de la espátula.

-Tomar una pequeña muestra de suelo, ponerla en la placa de vidrio y dividir a la muestra en 6 partes.

-Formar un tubo de 3 mm de diámetro, y colocar en un recipiente para obtener el contenido de humedad.

h. Próctor Modificado Tipo B [65]:



-Colocar la muestra de suelo con un contenido de humedad determinado en 5 capas dentro del molde.

-Compactar con 25 golpes con un pistón de 10 lbf. a cada capa.

-Repetir el proceso con un número suficiente de contenidos de humedad hasta que sea posible establecer una relación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco.

i. Ensayo CBR [66]:



- Preparar 3 muestras de 6000 gr de agregado fino y grueso, mezclado 50/50.
- Tamizar la muestra, ajustar cada molde a la base e insertar la retorta y cubrirlo.
- Determinar la cantidad de agua que se debe suministrar a la muestra para llegar a la humedad óptima con los valores promedio que se obtuvieron mediante el próctor modificado y añadir el agua calculada.
- Realizar tres probetas de 5 capas cada una. Una de 11 golpes por capa, otra de 25 golpes por capa y otra de 56 golpes por capa.
- Retirar el collarín, enrasar y pesar el molde con el suelo compactado.
- Colocar un disco de papel filtro sobre la base e invertir la muestra.
- Colocar la muestra en la máquina de compresión.
- Colocar las sobrecargas para simular los pesos de la sub base y base.
- Poner el pistón sobre la superficie del suelo.
- Realizar las lecturas correspondientes de deformación o penetración.
- Extraer muestras para obtener el contenido de humedad.

2.5.3. Plan de Procesamiento y Análisis de Información

Con el objetivo de procesar y analizar los datos que se recolectaron tanto en campo como los datos obtenidos en laboratorio, se realizarán formatos en Excel capaces de procesar dicha información.

FASE 1: RECOLECCIÓN DE DATOS

Para poder obtener los datos necesarios, primero se procedió a realizar la extracción de 12 muestras de suelo representativas de las parroquias estudiadas, como se puede apreciar en la **Tabla 20. Ubicación Geográfica de las Calicatas**; con un pozo a cielo abierto. Los ensayos tales como densidad de campo y DCP, se realizaron en el sitio. Mientras que el resto de los datos se obtuvieron mediante ensayos de laboratorio, descritos en el literal “g” de la sección **2.5.1. Plan de recolección de datos** y también en la sección **2.5.2. Ensayos**.

FASE 2: PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

Con los datos que se obtienen mediante los diferentes ensayos de laboratorio y de campo, se procede a establecer las correlaciones correspondientes a las propiedades de los suelos.

Para clasificar el suelo se utilizarán referencias establecidas en la AASHTO y en la SUCS.

Se realizarán correlaciones simples de 2 variables (Mediante Excel y líneas de tendencia, se obtendrá el coeficiente de correlación $r\%$) y correlaciones múltiples de 3 variables (Mediante Excel y el método de mínimos cuadrados, se obtendrá el coeficiente de determinación R^2), para poder encontrar la correlación existente entre las propiedades índice y mecánicas. Las correlaciones se presentan:

-Lineales

-Logarítmicas

-Potenciales

-Exponenciales

Se pretende analizar la diferencia entre los valores del ensayo CBR obtenidos en laboratorio con respecto a los obtenidos mediante las correlaciones para diseño de un pavimento flexible. Cabe recalcar que sólo se aceptarán aquellas correlaciones que tengan un coeficiente mayor a 50%.

Tabla 23. Interpretación del coeficiente de determinación.

Valor de R^2	Interpretación
$1.0 \geq R^2 \leq 0.90$	Excelente
$0.90 > R^2 \leq 0.8$	Aceptable
$0.80 > R^2 \leq 0.70$	Muy Buena
$0.70 > R^2 \leq 0.60$	Buena
$0.60 > R^2 \leq 0.50$	Regular

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Correlaciones lineales múltiples

En base a una matriz inversa se solucionan las siguientes ecuaciones:

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

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

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

Las ecuaciones propuestas en la parte superior, posterior a su resolución, nos brindan coeficientes que serán reemplazados en la siguiente ecuación:

$$Z = a_0 + a_1 X + a_2 Y$$

Tabla 24. Formato para correlaciones lineales simples

N	X	Y	Z	XY	XZ	YZ	X ²	Y ²	Z ²
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
$\sum N$	$\sum X$	$\sum Y$	$\sum Z$	$\sum XY$	$\sum XZ$	$\sum YZ$	$\sum X^2$	$\sum Y^2$	$\sum Z^2$

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Correlaciones logarítmicas

De la misma manera, las tres ecuaciones se van a resolver a través de una matriz inversa.

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

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

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

Con los coeficientes que se obtuvieron en base a las ecuaciones anteriores, se procede a reemplazarlos en la siguiente ecuación:

$$Z = a_0 + a_1 \log X' + a_2 Y$$

Tabla 25. Formato para correlaciones logarítmicas

N	X	Y	Z	X'=Log(X)	X'Z	YZ	X'Y	X'^2	Y^2	Z^2
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
$\sum N$	$\sum X$	$\sum Y$	$\sum Z$	$\sum X'$	$\sum X'Z$	$\sum YZ$	$\sum X'Y$	$\sum X'^2$	$\sum Y^2$	$\sum Z^2$

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Correlaciones exponenciales

Las ecuaciones que se plantean a continuación son resueltas en base a una matriz inversa.

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

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

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

En base a las ecuaciones en la parte superior, se obtienen coeficientes que se utilizan en:

$$Z = a_0 + e^{(a_1 * X)} + e^{(a_2 * Y)}$$

Tabla 26. Formato para correlaciones exponenciales

N	X	Y	Z	Z'=Log(Z)	XZ'	YZ'	XY	X^2	Y^2	Z^2
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
$\sum N$	$\sum X$	$\sum Y$	$\sum Z$	$\sum Z'$	$\sum XZ'$	$\sum YZ'$	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum Y^2$	$\sum Z'^2$

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Correlaciones Potenciales

Las ecuaciones que se presentan a continuación son las que van a ser resueltas mediante una matriz inversa.

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

Mediante las cuales se logra obtener coeficientes utilizados en:

$$Z = a_0 + X^{a1} * Y^{a2}$$

Tabla 27. Formato para correlaciones potenciales

N	X	Y	Z	X'=Log(X)	Y'=Log(Y)	Z'=Log(Z)	X'Z'	Y'Z'	X'Y'	X^2	Y^2	Z^2
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
$\sum N$	$\sum X$	$\sum Y$	$\sum Z$	$\sum X'$	$\sum Y'$	$\sum Z'$	$\sum X'Z'$	$\sum Y'Z'$	$\sum X'Y'$	$\sum X'^2$	$\sum Y'^2$	$\sum Z'^2$

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

realizar dos propuestas de diseño estructural del pavimento; una con el CBR obtenido en laboratorio y otra con el CBR obtenido mediante las correlaciones.

Luego de obtener los datos correspondientes a las propiedades del suelo, y después de realizar las correlaciones entre propiedades, se procede a calcular:

-Tráfico

Se procede a realizar un conteo vehicular en un lapso de 12 horas seguidas, en donde también se lleva a cabo el cálculo de los siguientes valores:

-Factor de Hora Pico

$$FHP = \frac{\text{Total de Vehiculos}}{4 * (\text{mayor valor de tráfico en 15 minutos})}$$

-Porcentaje de la trigésima hora

$$TPDA \text{ actual} = \frac{FHP * VHP}{15\%}$$

Donde VHP= Total de Vehículos por tipo

-Tráfico Vehicular actual en el 1er año

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

-Tráfico Generado

$$Tg = 20\% * Ta (1er \text{ año})$$

-Tráfico atraído

$$Tat = 10\% * Ta(1er \text{ año})$$

-Tráfico Desarrollado

$$Td = 5\% * Ta (1er \text{ año})$$

Con los datos obtenidos en el proceso, se calcula el tráfico proyectado para 20 años, para esto además se deben tomar varios factores que se explicarán en el siguiente capítulo.

Ahora bien, lo que corresponde al diseño de la estructura del pavimento, se procede a determinar los siguientes valores:

-Ejes Equivalentes Acumulados

Estos ejes se determinan en base a factores que se proceden a explicar en el siguiente capítulo, en donde se toma en cuenta el período de diseño, los porcentajes de crecimiento, el TPDA futuro, los ejes equivalentes totales y acumulados.

-Espesores mínimos en base a Ejes Equivalentes

Mediante la AASHTO 93, se procede a elegir los espesores mínimos de la carpeta asfáltica y base granular, que deben tener en base a ejes equivalentes.

-Confiabilidad (R), Desviación Estándar Normal (Zr), Desviación Estándar Global e Índice de Serviciabilidad

Según la AASHTO 93, estos valores sugeridos corresponden a una vía colectora en una zona rural.

-Módulo de Resiliencia (Mr)

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

-Coeficientes a1, a2 y a3

Los coeficientes a1, a2, y a3 que se basan en el módulo elástico(a1), en el CBR (a2 y a3)

-Coeficientes de Drenaje

En base a la AASHTO 93, se procede a elegir los coeficientes de drenaje basándose en la calidad de este.

-Cálculo del número estructural SN

Para el cálculo del número estructural, se utiliza un software que permite determinar el número estructural en base a la confiabilidad, desviación estándar, serviciabilidad, módulo resiliente y ejes equivalentes.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de resultados

3.1.1. Clasificación SUCS y AASHTO

Mediante la elaboración de una tabla en donde se pudo percibir la clasificación de los suelos de las parroquias estudiadas, se aprecia que las 12 muestras de suelo extraídas pertenecen al grupo “SM” según la SUCS (Arenas Limosas), por otro lado según la AASHTO las 12 muestras pertenecen al grupo A-2-4 (grava y arena limosa o arcillosa, con alto contenido de finos).

Tabla 29. Clasificación de los Suelos

	MUESTRA	SUCS	AASHTO
1	<i>Gamboa</i>	SM	A - 2 - 4
2		SM	A - 2 - 4
3	<i>Huasipamba</i>	SM	A - 2 - 4
4		SM	A - 2 - 4
5	<i>La Cocha</i>	SM	A - 2 - 4
6		SM	A - 2 - 4
7	<i>La Clementina</i>	SM	A - 2 - 4
8		SM	A - 2 - 4
9	<i>La Tranquilla</i>	SM	A - 2 - 4
10		SM	A - 2 - 4
11	<i>Huambalito</i>	SM	A - 2 - 4
12		SM	A - 2 - 4

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

La tabla que se aprecia en la parte superior se realizó en base al análisis granulométrico y al análisis de la carta de plasticidad de las 12 muestras de los suelos de las parroquias La Matriz y Bolívar del cantón Pelileo, es posible encontrar la clasificación en la que se

encuentran los suelos estudiados. Debido a que pertenecen al mismo cantón se aprecian arenas limosas y suelos dentro de la clasificación A-2-4, según la AASHTO, aunque la geografía no predispone una misma clasificación, se puede tener un tipo de suelo en un punto y en otro punto cercano estar dentro de otro tipo de clasificación.

3.1.1.1. Rango Granulométrico

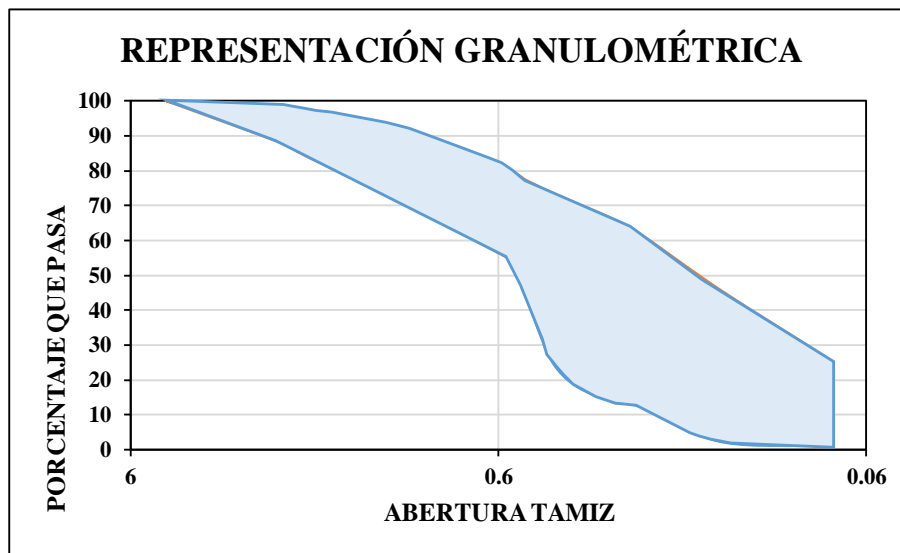


Figura 22. Representación Granulométrica
Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

En la figura superior se puede apreciar una representación granulométrica de las 12 muestras de suelo de las parroquias La Matriz y Bolívar del cantón Pelileo, para ello se tuvo que colocar en la gráfica las 12 curvas granulométricas de cada sector.

3.1.1.2. Representación en la carta de plasticidad

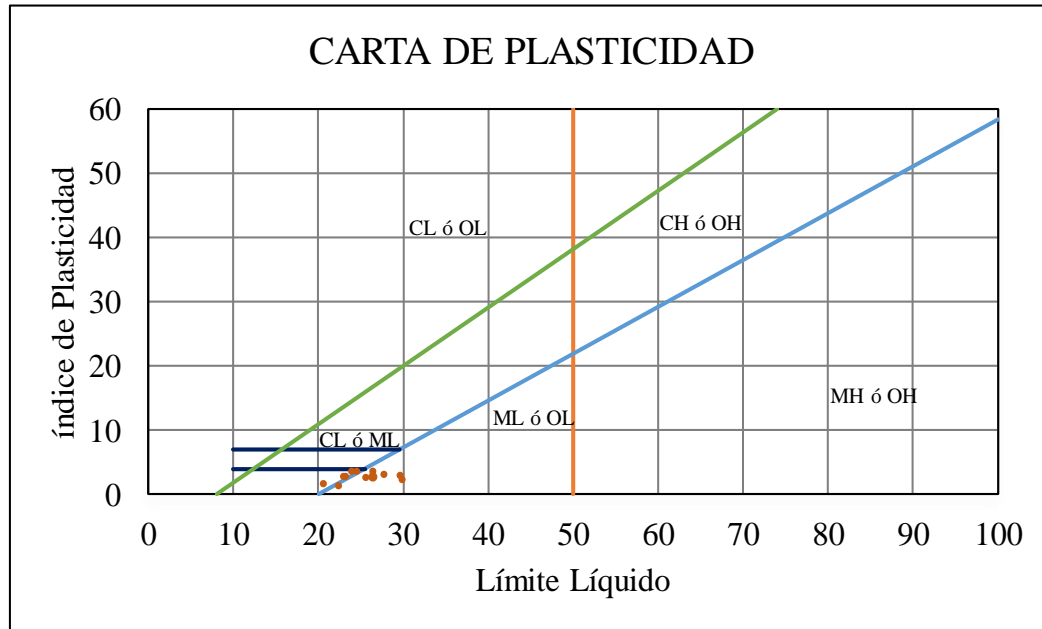


Figura 23. Representación muestras en Carta de Plasticidad
Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

En el gráfico que se puede observar en la parte superior se representa el límite líquido y el índice de plasticidad, en donde gracias a la relación existente entre dichos valores se muestran los limos y arcillas.

3.1.2. Propiedades físicas

Mediante los ensayos de campo y de laboratorio, es posible determinar los rangos existentes entre los valores obtenidos para cada propiedad de las 12 muestras extraídas de las parroquias La Matriz y Bolívar del cantón Pelileo.

Es preciso empezar describiendo la apariencia de los suelos, ésta dependía de la cantidad de humedad presente en el suelo al momento de tomar la muestra, variando entre una tonalidad café claro y café oscuro; los puntos en donde se extrajeron las muestras no presentaron mayor dificultad al momento de excavar.

- El contenido de humedad natural ($W_{NAT\%}$) de las 12 muestras varía entre 4,43% y 20,83%.
- La Densidad Seca In Situ tiene valores que van entre 1.109 gr/cm³ y 1.780 gr/cm³.
- La Gravedad Específica presenta valores desde 2.651 hasta 2.662; valores típicos de suelos granulares.

Mediante el análisis granulométrico de las 12 muestras, se puede establecer:

- Diámetro dimensional (D60mm) de 0.240mm hasta 0.71mm.
- Diámetro equiparable (D30mm) de 0.088mm hasta 0.3mm.
- Diámetro efectivo (D10mm) de 0.045mm a 0.172mm
- Coeficiente de uniformidad (CU) de 2.965 hasta 7.4
- Coeficiente de curvatura (CC) de 0.64 hasta 1.726
- Grava (G%) no presenta partículas.
- Arena (S%) de 74.76% hasta 98.48%.
- Fino (F%) de 1.52% hasta 25.24%.

Por su parte las propiedades gravimétricas tienen los siguientes rangos:

- Los valores de porosidad (n%) están entre 32.69 % y 46.64%.
- La relación de vacíos (e) se encuentra en un rango entre 0.486 hasta 0.874, que está cercano al rango establecido para suelos granulares con arena bien gradada.
- El Grado de Saturación del Agua (Gw%) tiene valores entre 17.17% y 71.57%.
- El Grado de Saturación del Aire (Ga%) tiene valores entre 28.43% y 82.83%.

Los Límites de Atterberg permiten obtener los siguientes valores:

- Límite Líquido entre 20.62% y 29.87%
- Límite Plástico entre 19.01% y 27.54%.
- Índice Plástico entre 1.33 y 3.61.

Mediante el Próctor Modificado B se pudo obtener los siguientes valores:

- Densidad Seca Máxima entre 1.612 kg/cm³ y 1.818 kg/cm³.
- Contenido de Humedad óptimo entre 11.4% y 26.2%.

- Grado de Compactación entre 80.98% y 100.03%

Los valores del CBR (95% γ_d máx.) varían entre 14 y 44.

El ensayo DCP arrojó valores que iban desde 6.58mm/golpe hasta 30.48mm/golpe.

3.1.2.1. Nomenclatura

CBR Relación de soporte de California. (%)

W_{NAT} Contenido de Humedad Natural

e Relación de vacíos

n Porosidad

DN Índice de penetración (mm/golpe)

G_s Gravedad específica de sólidos

G_a Grado de Saturación del aire (%)

G_w Grado de Saturación del agua (%)

LP Límite Plástico (%)

LL Límite Líquido (%)

IP Índice Plástico (%)

$\gamma_d i$ Densidad Seca (kg/m³)

Tabla 30. Resumen de las Propiedades Índice de los Suelos

Parroquia	Sector	Muestra N°	Humedad Natural %	Granulometría							
				G(%)	A(%)	F(%)	D60	D30	D10	CU	CC
La Matriz	Gamboa	1	14,79	0,00	86,74	13,26	0,48	0,149	0,068	7,059	0,68
		2	18,57	0,00	94,04	5,96	0,298	0,150	0,084	3,548	0,899
	Huasipamba	3	9,23	0,00	74,76	25,24	0,240	0,088	0,045	5,333	0,717
		4	4,43	0,00	81,63	18,37	0,370	0,115	0,050	7,400	0,715
	La Cocha	5	11,19	0,00	90,78	9,22	0,580	0,290	0,084	6,905	1,726
		6	20,83	0,00	95,08	4,92	0,710	0,215	0,097	7,32	0,671
	La Clementina	7	15,08	0,00	98,29	1,71	0,510	0,237	0,172	2,965	0,64
		8	20,46	0,00	92,37	7,63	0,340	0,159	0,081	4,198	0,918
Bolívar	La Tranquilla	9	19,75	0,00	83,80	16,20	0,405	0,127	0,055	7,364	0,724
		10	19,22	0,00	98,48	1,52	0,500	0,300	0,130	3,846	1,385
	Huambalito	11	10,00	0,00	94,04	5,96	0,297	0,149	0,084	3,536	0,89
		12	10,08	0,00	81,63	18,37	0,370	0,115	0,051	7,255	0,701

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 31. Resumen de las Propiedades Índice de los Suelos

Parroquia	Sector	Muestra N°	Gravedad Específica GS	Límite Líquido LL%	Límite Plástico LP%	Índice Plástico IP	Clasificación del Suelo	
							AASHTO	SUCS
La Matriz	Gamboa	1	2.651	29.87	27.54	2.33	A - 2 - 4	SM
		2	2.660	26.41	22.80	3.61	A - 2 - 4	SM
	Huasipamba	3	2.652	24.62	21.06	3.56	A - 2 - 4	SM
		4	2.663	22.97	20.19	2.78	A - 2 - 4	SM
	La Cocha	5	2.662	20.62	19.01	1.61	A - 2 - 4	SM
		6	2.653	22.45	21.12	1.33	A - 2 - 4	SM
	La Clementina	7	2.652	29.66	26.73	2.93	A - 2 - 4	SM
		8	2.652	23.25	20.44	2.81	A - 2 - 4	SM
Bolívar	La Tranquilla	9	2.651	23.94	20.35	3.59	A - 2 - 4	SM
		10	2.650	27.81	24.61	3.20	A - 2 - 4	SM
	Huambalito	11	2.662	26.58	24.06	2.52	A - 2 - 4	SM
		12	2.652	25.61	22.93	2.68	A - 2 - 4	SM

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 32. Resumen de las Propiedades Índice de los Suelos

Parroquia	Sector	Muestra N°	Relación de vacíos e	Porosidad n (%)	Grado de Saturación del agua %	Grado de Saturación del aire %	Densidad de campo γ_d
La Matriz	<i>Gamboa</i>	1	0.84	45.68	45.79	54.21	1.436
		2	0.85	45.97	57.82	42.18	1.432
	<i>Huasipamba</i>	3	0.73	42.19	31.91	68.09	1.526
		4	0.69	40.84	17.17	82.83	1.568
	<i>La Cocha</i>	5	0.49	32.69	59.71	40.29	1.780
		6	0.84	45.78	66.55	33.45	1.441
	<i>La Clementina</i>	7	0.87	46.64	62.97	37.03	1.484
		8	0.87	46.50	62.34	37.66	1.418
Bolívar	<i>La Tranquilla</i>	9	0.74	42.60	71.57	28.43	1.525
		10	0.81	44.79	60.59	39.41	1.455
	<i>Huambalito</i>	11	0.69	40.81	39.70	60.30	1.573
		12	0.80	44.53	33.92	66.08	1.473

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 33. Resumen de las Propiedades Mecánicas de los Suelos

Parroquia	Sector	Muestra N°	Próctor Modificado B			CBR (%)			DCP
			γ_d máx (gr/cm ³)	W óptimo (%)	Gc (%)	95 % γ_d máx			DN (mm/golpe)
						0,1"	0,2"	Mayor	
La Matriz	Gamboa	1	1,738	12,63	82,63	18	17	18	12,91
		2	1,768	17,32	80,98	24	20	24	13,14
	Huasipamba	3	1,765	12,51	86,44	14	12,5	14	17,16
		4	1,808	14,32	86,74	21	18	21	14,60
	La Cocha	5	1,779	11,42	100,03	23	18	23	6,58
		6	1,681	18,78	85,74	14	12	14	16,52
	La Clementina	7	1,654	20,37	89,72	23	21	23	20,83
		8	1,612	26,25	87,95	28	27	28	26,09
Bolívar	La Tranquilla	9	1,780	17,51	85,66	44	42	44	30,48
		10	1,681	18,22	86,55	40	38	40	17,13
	Huambalito	11	1,812	15,17	86,82	19	17,5	19	15,96
		12	1,698	17,45	86,72	15	14,5	15	13,29

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

3.1.3. Correlaciones

Tabla 34. Correlaciones

CORRELACIONES ENTRE PROPIEDADES ÍNDICE				
N°	ECUACIÓN	R² %	Muestra N°	Fig
1	$LP = 0.0551LL^2 - 1.9032LL + 35.047$	96.31	12	23
2	$LL = -0.0827 W \acute{o}pt^2 + 3.2828 W \acute{o}pt - 5.4631$	61.22	10	24
3	$W_{\acute{o}pt} = -0.071LP^2 + 2.7925 LP - 3.5745$	54.53	10	25
4	$\gamma d \acute{m}ax = -0.0004W\acute{o}pt^2 + 0.0016 W\acute{o}pt + 1.8191$	64.31	12	26
5	$\gamma d \acute{m}ax = 2.566 LL^{0.309} * LP^{-0.4463}$	51.52	10	27
6	$\gamma d \acute{m}ax = 1.8743 - 0.01 Wnat - 0.0007 LP$	66.13	10	28
7	$\gamma d \acute{m}ax = 1.904 - 0.01 Wnat - 0.0018 LL$	67.84	10	29
8	$\gamma d \acute{m}ax = 2.1141LL^{-0.0748} * F\%^{0.0192}$	65.68	11	30
9	$GS = 2.6221 W \acute{o}pt^{0.0009} * \gamma d \text{ in situ}^{0.0231}$	66.57	10	31
CORRELACIONES DN Vs. PROPIEDADES ÍNDICE				
10	$DN = -0.1408LL^2 + 7.8265LL - 92.163$	83.11	10	32
11	$DN = 0.5635 LP^2 - 27.898 LP + 358.92$	50.13	10	33
12	$\gamma d \text{ In Situ} = 2.7916 DN^{-0.0313} * W \acute{o}pt^{-0.1862}$	66.17	11	34
13	$W \acute{o}pt = -7.9413 + 16.9548 \text{Log}(DN) + 0.3383 Wnat$	79.02	11	35
14	$\gamma d \acute{m}ax = 1.9422 + 0.0031DN - 0.0157 W \acute{o}pt$	68.75	12	36
15	$DN = 532.1747 * e^{(-2.206\gamma d \text{ in situ})} * e^{-0.2231CC}$	66.98	10	37
16	$DN = 671.3375e^{(-2.5548 \gamma d \text{ In Situ})} * e^{0.033 IP}$	63.54	10	38
CORRELACIONES CBR Vs. PROPIEDADES ÍNDICE				
17	$CBR = 32.2133 LL^{-1.4628} * W \acute{o}pt^{1.5853}$	54.10	10	39
18	$CBR = 18.9726 LP^{-1.1815} * W \acute{o}pt^{1.4352}$	54.66	10	40
19	$CBR = 0.0259 \gamma d \text{ In Situ}^{2.5801} * W \acute{o}pt^{2.1196}$	67.17	10	41
20	$CBR = 39.1652 + 38.516 \text{Log}(W \acute{o}pt) + 15.7081 CC$	63.33	11	42
21	$CBR = 82.4704 e^{-0.5985 \gamma d \acute{m}ax} * e^{-0.0286 F(\%)}$	64.30	10	43
22	$CBR = 0.0006 \gamma d \acute{m}ax^{-1.0989} * A(\%)^{2.4614}$	63.12	10	44
CORRELACIONES CBR Vs. DN				
23	$CBR = 0.1026 DN^2 - 3.052 DN + 40.185$	85.44	11	45

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Después de realizar 23 correlaciones, se determinaron valores entre 50.13 y 96.31 correspondientes a los coeficientes de correlación, estos coeficientes son los que determinan el nivel de confiabilidad para poder correlacionar las propiedades del suelo, en este caso para la propuesta de diseño del pavimento se utilizará la correlación número 23 que correlaciona el CBR y el DN, correlación que brinda un coeficiente mayor.

CORRELACIÓN #1 ENTRE LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

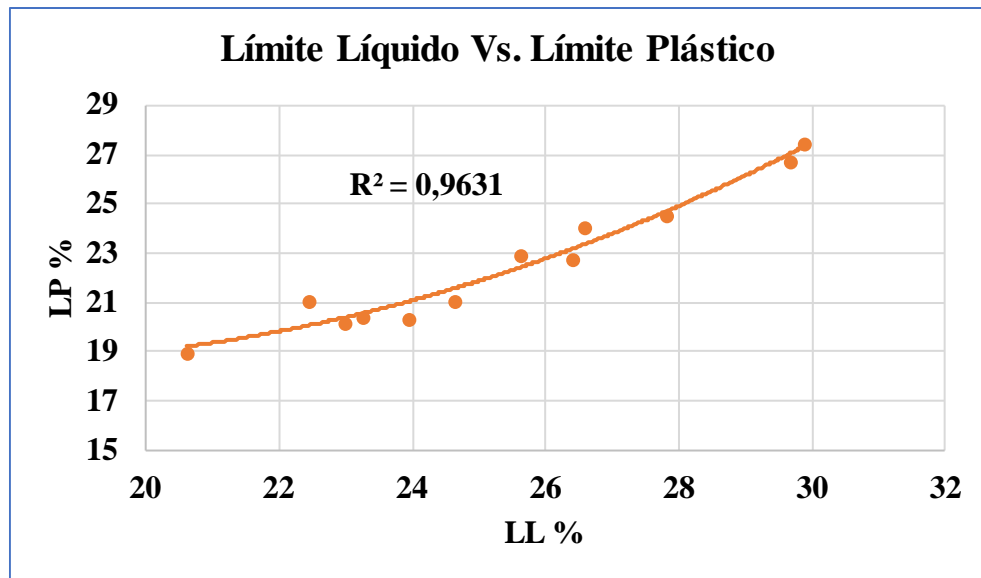


Figura 24. Correlación #01

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Ecuación: $LP = 0.0551 LL^2 - 1.9032 LL + 35.047$

Coefficiente de Correlación: 96,31 %

Análisis:

Mediante una ecuación polinómica de segundo orden, se pudo determinar un coeficiente de correlación igual a 96.31% catalogada como excelente, correspondiente a la gráfica de correlación entre el Límite Líquido y el Límite Plástico; este valor de R^2 y su correspondiente ecuación, se obtienen a partir de la línea de tendencia de un total de 12 muestras analizadas. Es posible entender que, para encontrar o estimar el valor del límite plástico; el límite líquido debe estar dentro del rango existente en la gráfica.

La proporcionalidad entre el Límite Líquido y el Límite Plástico es directa, entendiéndose que un suelo requiere de un mayor LP para convertirse de sólido a plástico y un mayor LL para convertirse de estado plástico a líquido.

CORRELACIÓN #2 ENTRE LÍMITE LÍQUIDO Y HUMEDAD ÓPTIMA

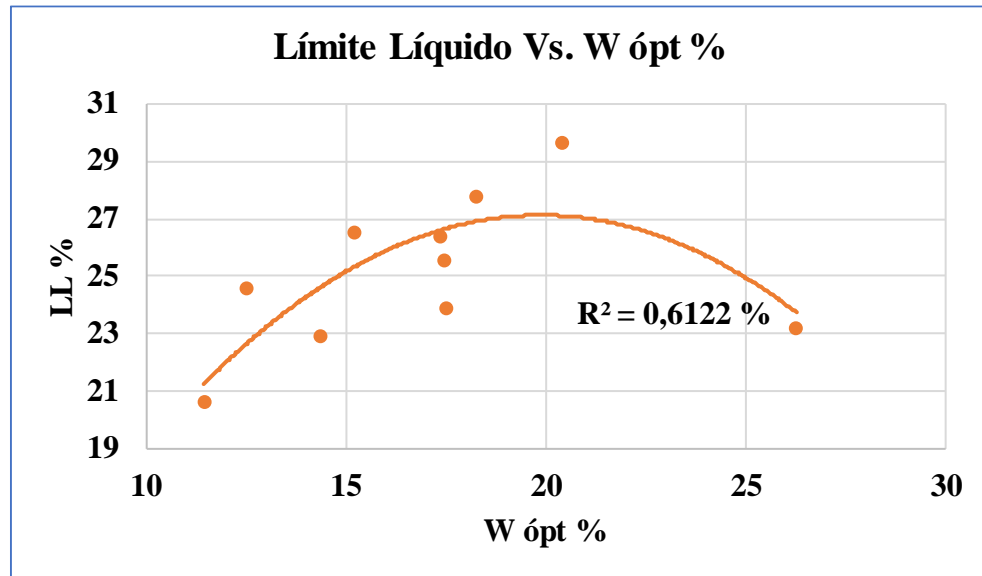


Figura 25. Correlación #02

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Ecuación: $LL = -0.0827 W \text{ ópt}^2 + 3.2828 W \text{ ópt} - 5.4631$

Coefficiente de Correlación: 61,22%

Análisis:

Esta gráfica presenta un coeficiente de correlación buena igual a 61.22%, mediante la ecuación polinómica de segundo orden y en base al análisis de 10 muestras de suelo, es importante recalcar que las muestras que no se tomaron en cuenta en el presente análisis corresponden a valores fuera del rango existente y que afectaban al valor del coeficiente de correlación. Gracias a la ecuación de correlación, los valores del límite líquido se pueden determinar dentro del rango que se aprecia en la figura 23.

El Límite Líquido y el contenido de humedad óptimo están relacionados directamente y son proporcionales entre sí. Mientras que el límite líquido a su vez depende de la cantidad de material arcilloso presente en la muestra que incide en su permeabilidad, el contenido de humedad óptimo es el valor que se debe conocer para la compactación del suelo y el cálculo de la densidad seca máxima que posee una muestra de suelo.

CORRELACIÓN #3 ENTRE LÍMITE PLÁSTICO Y HUMEDAD ÓPTIMA

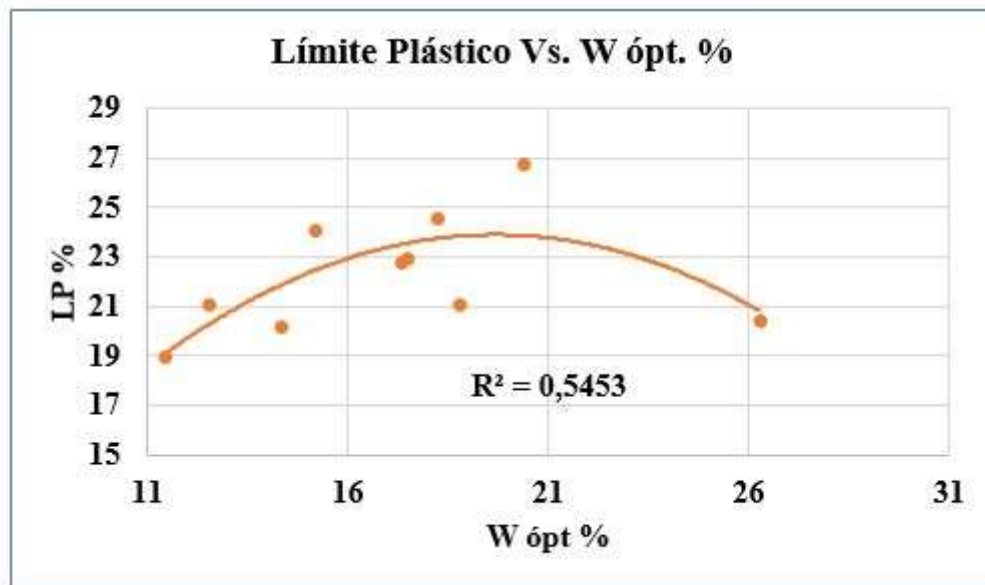


Figura 26. Correlación #03

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Ecuación: $LP = -0.071 W \text{ ópt}^2 + 2.7925 W \text{ ópt} - 3.5745$

Coefficiente de correlación: 54.53%

Análisis:

Mediante el análisis de 10 de las 12 muestras de suelo, se obtuvo la ecuación polinómica de segundo orden con un valor de R^2 igual a 54.53 % que corresponde a un nivel regular. Cabe recalcar que las 2 muestras que se omitieron en dicho análisis no se ajustaban a la gráfica, ya que se entiende que para la obtención del límite plástico; los valores de la humedad óptima deben encontrarse dentro del rango de la gráfica.

Citando a Atterberg quien mencionó que la plasticidad no es una propiedad que permanezca constante si no que cambia eventualmente según la cantidad de agua (condiciones controladas), se puede decir que la relación que existe con el contenido óptimo de humedad es directa ya que el mismo se determina en condiciones de humedad controladas.

CORRELACIÓN #4 ENTRE HUMEDAD ÓPTIMA Y DENSIDAD SECA

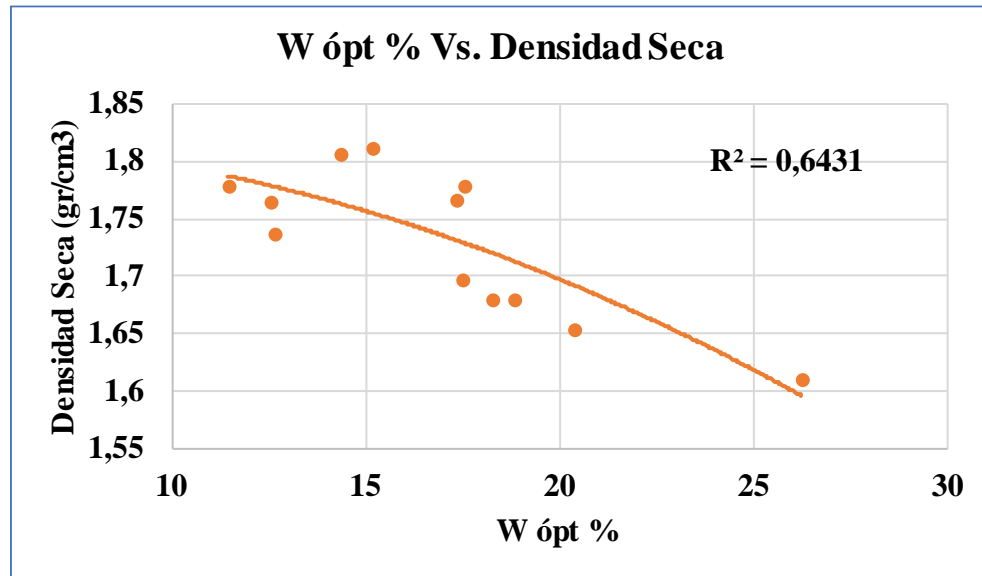


Figura 27. Correlación #04

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Ecuación: $\gamma d \text{ máx} = -0.0004 W \text{ ópt}^2 + 0.0016 W \text{ ópt} + 1.8191$

Coefficiente de Correlación: 64.31%

Análisis:

Con una ecuación polinómica de segundo orden, de un total de 12 muestras de suelo analizadas, es posible encontrar el valor de R^2 correspondiente a 64.31%, es decir tiene un coeficiente de correlación bueno.

Gracias a la gráfica se puede deducir que es factible determinar los valores de densidad seca en base a la humedad óptima del suelo siempre y cuando sean valores que se encuentren dentro del rango existente en dicha gráfica.

Estas propiedades están relacionadas de tal manera que la compactación (necesaria para la determinación de otras propiedades del suelo) depende de ambas.

CORRELACIÓN #5 γ_d máx, LIMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

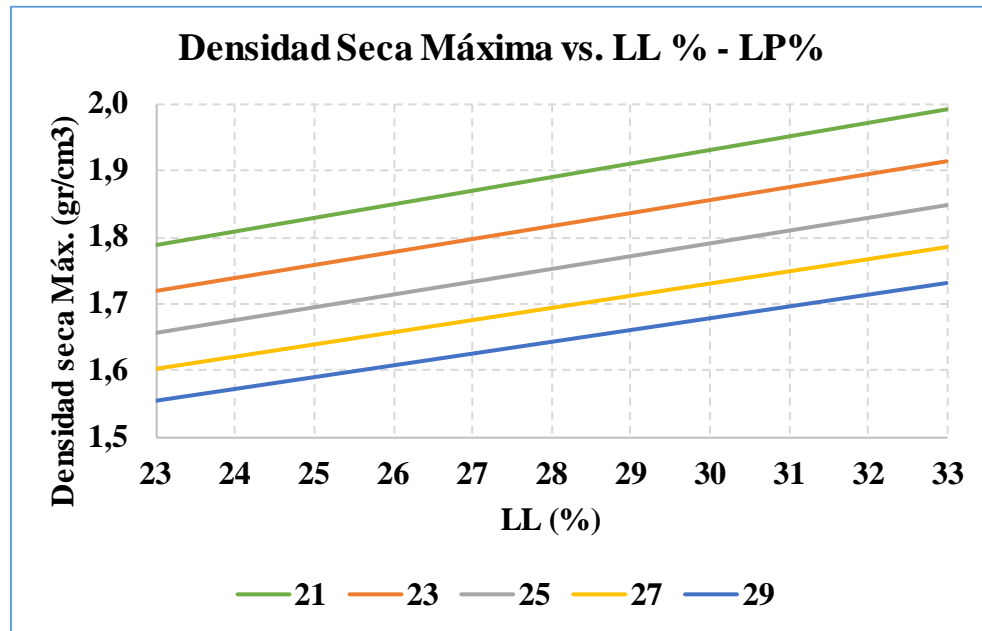


Figura 28. Correlación #05

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Ecuación: $\gamma_d \text{ máx} = 2.566 LL^{0.309} * LP^{-0.4463}$

Coefficiente de Correlación: 51,52%

Análisis:

En este caso se utilizó una ecuación polinómica con tres variables, la densidad seca máxima, el límite líquido y el límite plástico; presentando un coeficiente de correlación igual a 51.52%, el mismo que se encuentra dentro del rango de regular. Para el análisis de esta correlación se utilizaron 10 valores de las propiedades de las muestras de suelo. Los valores que se pueden estimar gracias a esta ecuación son los de la densidad seca máxima en base al límite líquido y al límite plástico, en tanto que los valores se encuentren dentro del rango descrito en la gráfica.

Como se es conocido, tanto el LL y el LP son propiedades de identificación del suelo de manera cualitativa (calidad del suelo), por lo que se complementan para encontrar los valores de densidad seca y así completar, de cierta manera, el conocimiento del suelo.

CORRELACIÓN #6 ENTRE γ_d máx, HUMEDAD ÓPTIMA Y LÍMITE PLÁSTICO

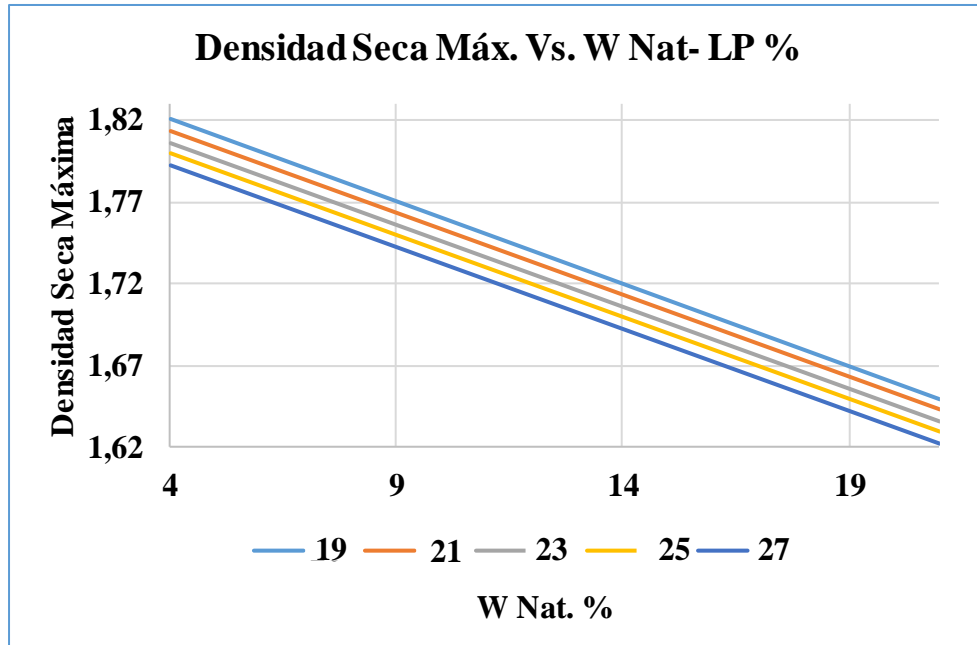


Figura 29. Correlación #06

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Ecuación: $\gamma_d \text{ máx} = 1.8743 - 0.01 Wnat - 0.0007 LP$

Coefficiente de Correlación: 66.13 %

Análisis:

Por medio del análisis de las propiedades de 10 muestras de suelo, se obtiene un coeficiente de correlación de 66.13%, es decir un valor bueno. La ecuación lineal con tres variables como lo son densidad seca máxima, humedad natural y el límite plástico; con valores regulares y cercanos debido al límite plástico. Aquí es posible encontrar valores admisibles de densidad seca máxima en base tanto a la humedad natural como al límite plástico, en tanto que los valores estén dentro del rango que se puede observar en la gráfica. Es importante destacar que las muestras que se utilizan en el presente análisis corresponden a propiedades con valores que se ajustan a la tendencia dentro del rango.

CORRELACIÓN #7 ENTRE γ_d máx, HUMEDAD NATURAL Y LÍMITE LÍQUIDO

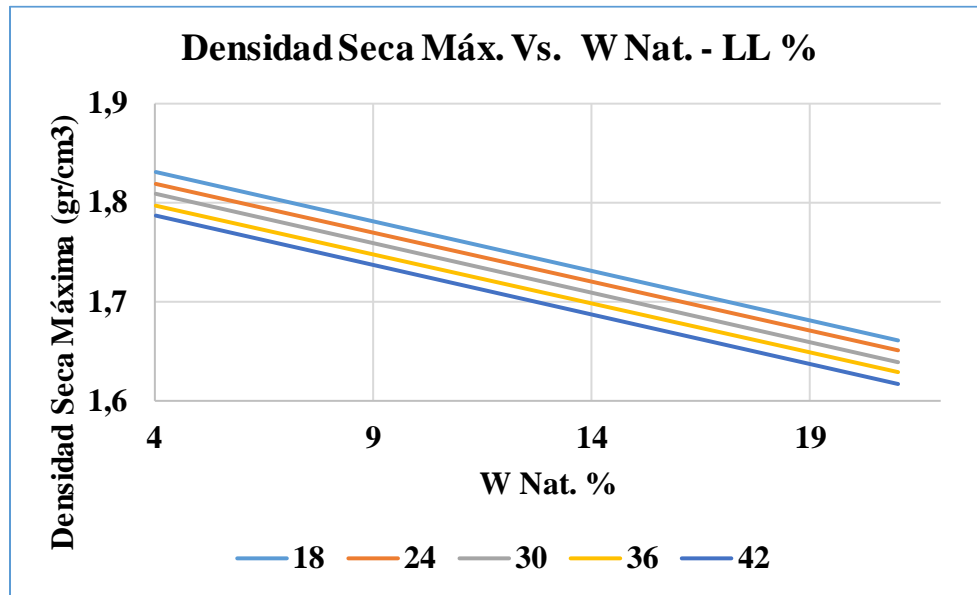


Figura 30. Correlación #07

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Ecuación: $\gamma_d \text{ máx} = 1.904 - 0.01 W \text{ Nat} - 0.0018 LL$

Coefficiente de Correlación: 67.84%

Análisis:

Con una ecuación lineal de tres variables; densidad seca máxima, humedad natural y el límite líquido, fue posible analizar la factibilidad correlación, teniendo un factor igual a 67.84%, correspondiente a una tendencia buena.

Se utilizaron 10 muestras que se ajustaron a la tendencia y que permitieron estimar el valor de la densidad seca máxima en función de la humedad natural y del límite líquido. Cabe recalcar que la ecuación es aplicable para las propiedades que estén dentro del rango descrito en la figura y que tanto el límite líquido como la densidad seca máxima, son propiedades que se obtienen en condiciones de humedad controladas, por lo que tienden a presentar una buena tendencia.

CORRELACIÓN #8 ENTRE γ_d máx, LÍMITE LÍQUIDO Y PORCENTAJE DE FINOS

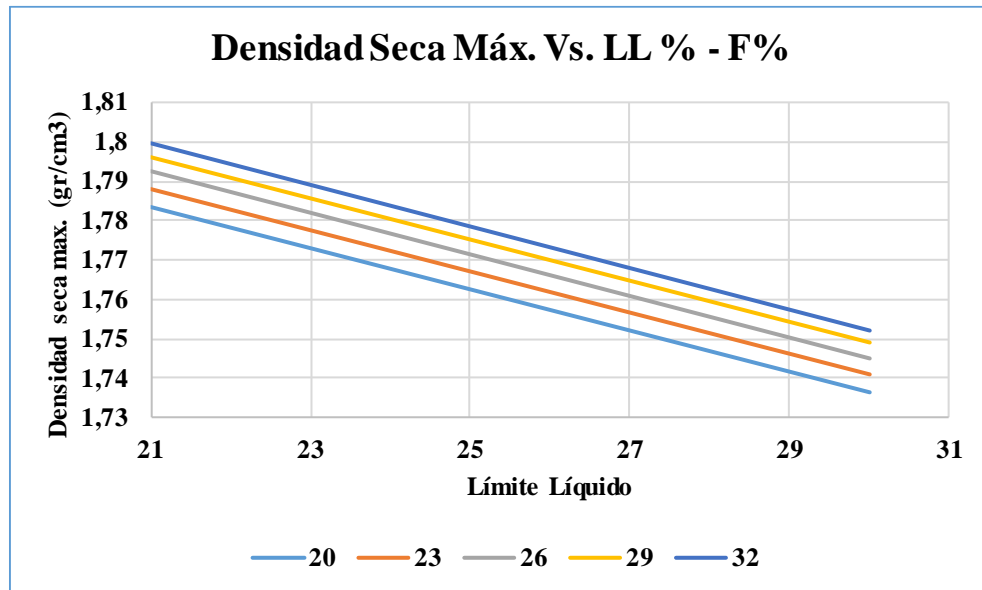


Figura 31. Correlación #08

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Ecuación: $\gamma_d \text{ máx} = 2.114 LL^{-0.0749} * F\%^{0.0192}$

Factor de Correlación: 65.68%

Análisis:

En base a una ecuación potencial de tres variables; densidad seca máxima, límite líquido y el porcentaje de finos, se pudo determinar un factor de correlación bueno igual a 65.68%, además en este análisis se descartó una muestra con la finalidad de aumentar el valor de R^2 , las muestras que estuvieron dentro del estudio fueron las que se ajustaron mejor a la gráfica.

Con la ayuda del límite líquido y el porcentaje de finos se puede estimar el valor correspondiente a la densidad seca máxima, con valores presentes en el rango expresado en la gráfica.

CORRELACIÓN #9 ENTRE GRAVEDAD ESPECÍFICA, HUMEDAD ÓPTIMA Y γ_d máx.

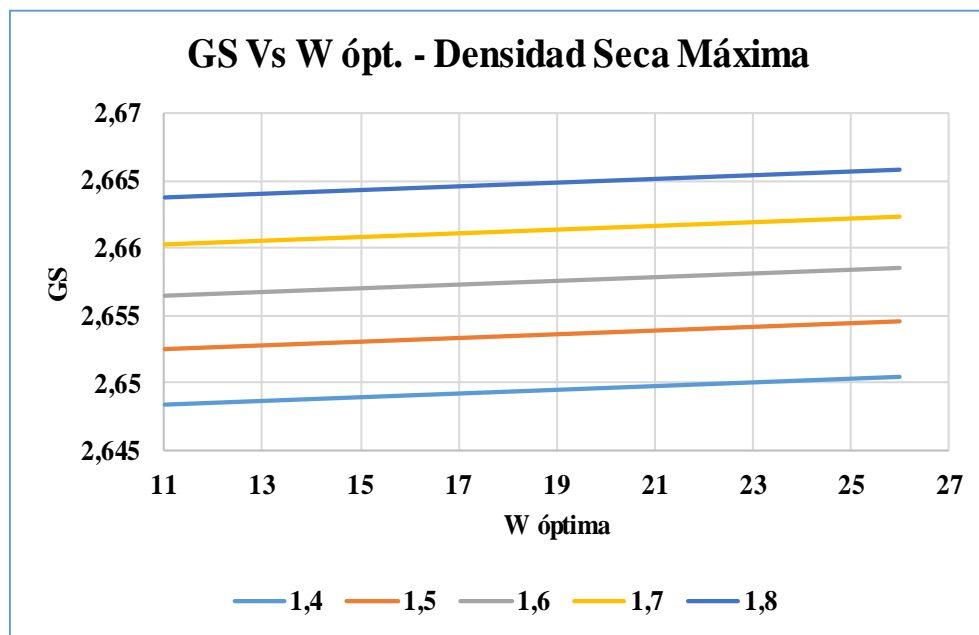


Figura 32. Correlación #09

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Ecuación: $GS = 2.6221 W \text{ ópt}^{0.0009} * \gamma_d \text{ in situ}^{0.0231}$

Factor de Correlación: 66.57%

Análisis:

En base a una ecuación polinómica de tres variables es posible encontrar un factor de correlación del 66.57% que es un factor bueno para la determinación de la gravedad específica en base a la humedad óptima y a la densidad de campo o densidad in situ.

En este análisis se utilizaron 10 muestras de suelo, presentando valores regulares y una buena tendencia. Mientras que la humedad óptima se obtiene en el laboratorio en condiciones controladas, la densidad de campo es un valor que utiliza su humedad natural.

En la gráfica es posible apreciar la dependencia de la gravedad específica con la humedad óptima. El rango establecido es al que se debe apegar para encontrar el valor de GS.

CORRELACIÓN #10 ENTRE LÍMITE LÍQUIDO Y DN

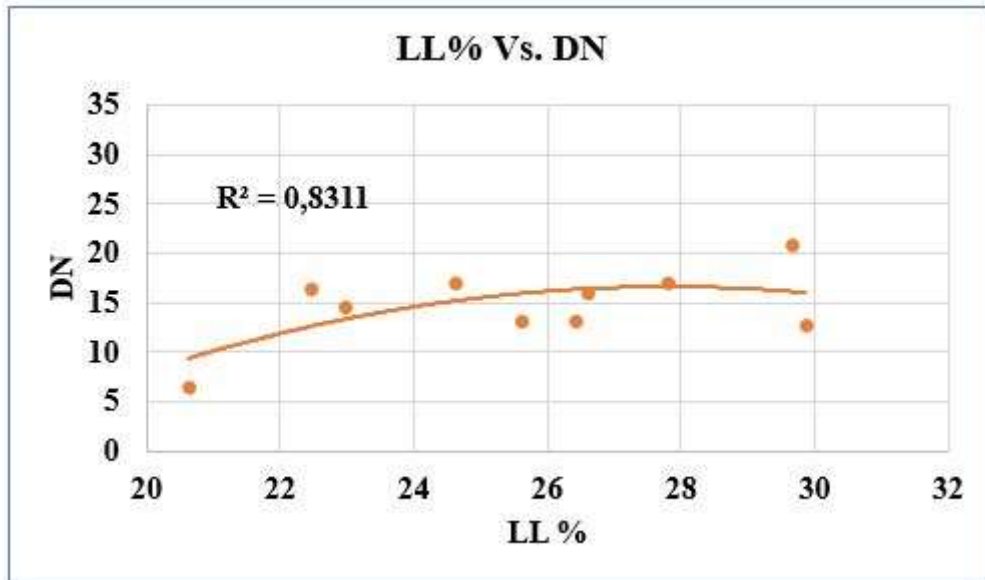


Figura 33. Correlación #10

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Ecuación: $DN = -0.1408 LL^2 + 7.8265 LL - 92.163$

Factor de Correlación: 83.11%

Análisis:

En base a la utilización de una ecuación polinómica de segundo orden que permitió el análisis de 10 muestras de suelo, se obtuvo un factor de correlación de 83.11%, que es un criterio muy bueno para la determinación del DN, esta ecuación relacionó 2 variables, mediante una línea de tendencia que permitió descartar aquellos valores que no se encontraban dentro del rango capaz de estimar los valores necesarios.

CORRELACIÓN #11 ENTRE LÍMITE PLÁSTICO Y DN

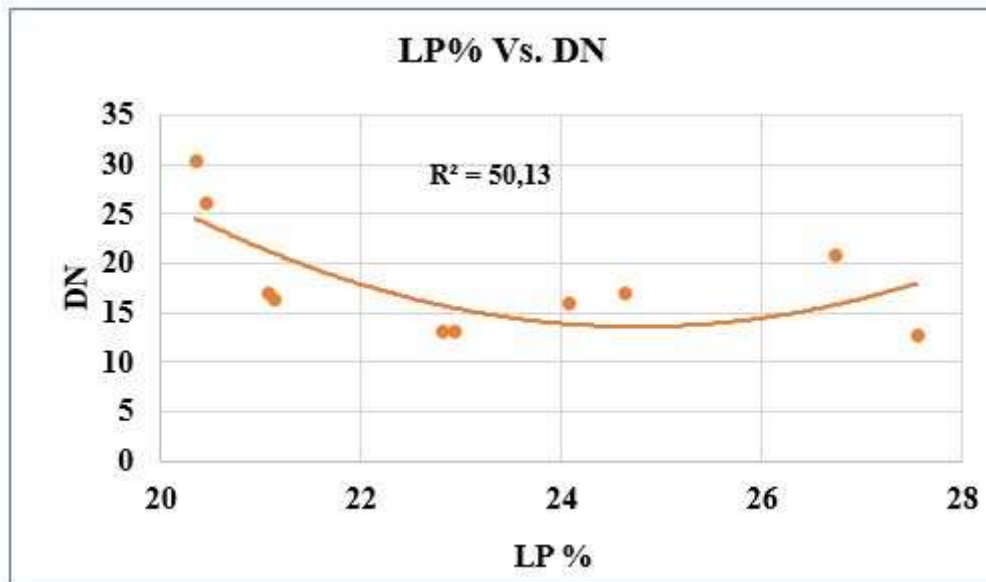


Figura 34. Correlación #11

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Ecuación: $DN = 0.5635 LP^2 - 27.898 LP + 358.92$

Factor de Correlación: 50.13%

Análisis:

Mediante la gráfica se determina una ecuación polinómica de segundo orden que analiza 10 variables, con un factor de correlación igual a 50.13%, considerado como regular.

La variable DN se obtiene en función del límite plástico, analizando 10 muestras que se ajustaban dentro de la línea de tendencia.

El LP y el DN (mm/golpe) son propiedades del suelo inversamente proporcionales, es decir que mientras un suelo posea una cantidad de agua baja, la penetración es más fácil, que se puede deber a la cantidad de vacíos de aire en el suelo a penetrar. (Cuando el suelo se encuentre en estado plástico)

CORRELACIÓN #12 ENTRE γ_d In Situ, DN Y HUMEDAD ÓPTIMA

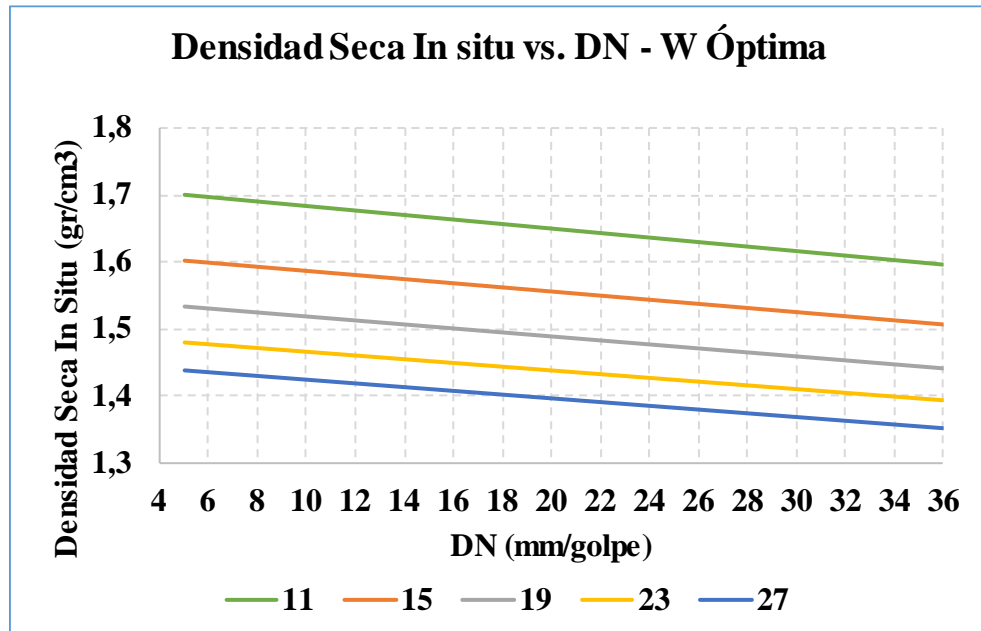


Figura 35. Correlación #12

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Ecuación: $\gamma_d \text{ In Situ} = 2.7916 DN^{-0.0313} * W \text{ ópt}^{-0.1862}$

Factor de Correlación: 66.17%

Análisis:

En la gráfica de arriba se puede observar que es una correlación múltiple de tipo potencial con 3 variables; Densidad Seca In Situ, DN (mm/golpe) y la humedad óptima. Con el análisis de 11 muestras se obtuvo un factor de correlación igual a 66.17% que significa que es buena.

La ecuación permite encontrar valores de densidad seca In situ en base al DN (mm/golpe) y al contenido de humedad óptima.

Dado que tanto la densidad seca in situ como el DN son propiedades que se determinan en campo, éstas están relacionadas de tal manera que el suelo puede o no presentar resistencia a la penetración, dependiendo de su densidad. Por su parte, cuando la densidad in situ es baja, presenta una mayor humedad natural.

CORRELACIÓN #13 ENTRE HUMEDAD ÓPTIMA, DN Y HUMEDAD NATURAL

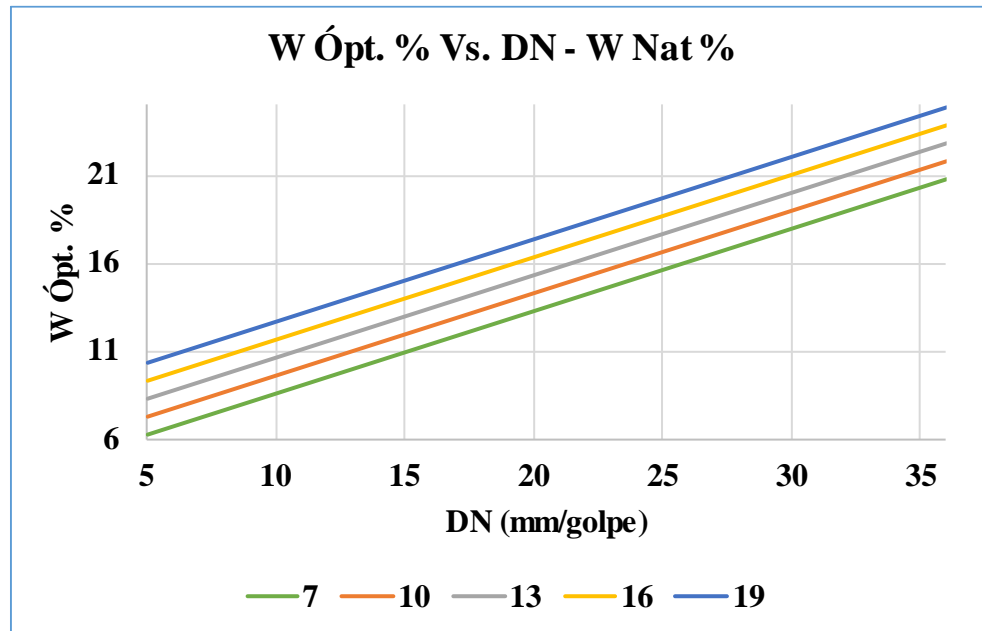


Figura 36. Correlación #13

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Ecuación: $W \text{ ópt} = -7.9413 + 16.9548 \text{ Log} (DN) + 0.3383 W \text{ nat}$

Factor de Correlación: 79.02%

Análisis:

Mediante el análisis de la gráfica de arriba, se dice que es una correlación logarítmica múltiple con 3 variables; contenido de humedad óptimo, DN (mm/golpe) y contenido de humedad natural.

Con un factor de correlación igual a 79.02% que indica una correlación muy buena, mediante el análisis de 11 muestras, descartando la muestra que no se ajusta al rango.

La humedad natural del suelo está directamente relacionada con la penetración de este. Mientras que el contenido óptimo de humedad es una base para continuar con el proceso adecuado de compactación, en condiciones de laboratorio controladas.

CORRELACIÓN #14 ENTRE γ_d Máx, DN Y HUMEDAD NATURAL

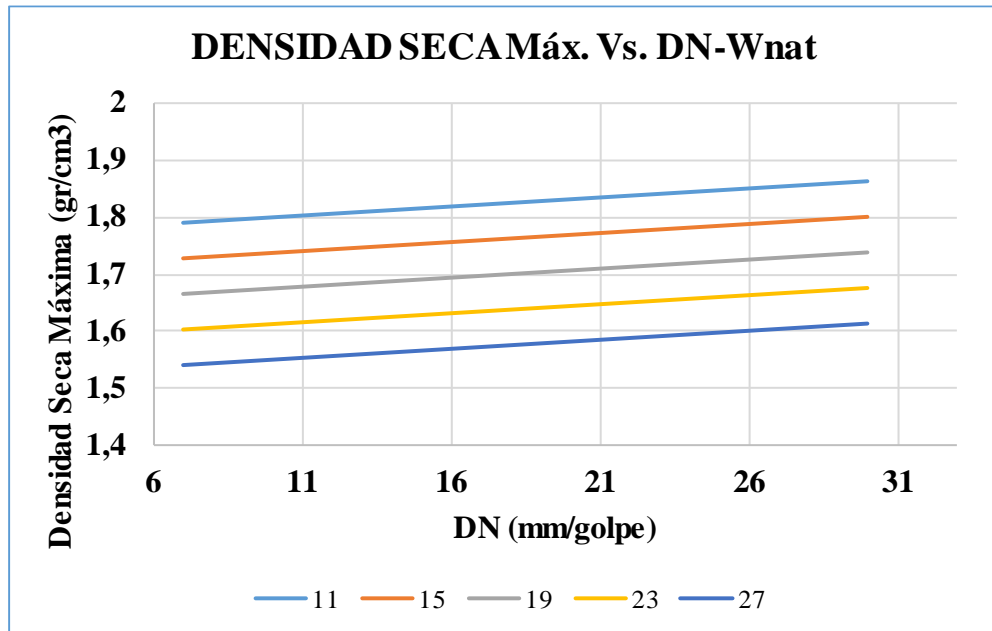


Figura 37. Correlación #14

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Ecuación: $\gamma_d \text{ máx} = 1.9422 + 0.0031 DN - 0.0157 W \text{ ópt}$

Factor de Correlación: 68.75%

Análisis:

Analizando la gráfica de arriba, se puede decir que es una correlación lineal de 3 variables; densidad seca máxima, DN (mm/golpe) y la humedad óptima. En este caso se utilizaron las 12 muestras de suelo. Con este análisis se determinó un coeficiente de correlación de 68.75%, que represente un valor bueno dentro del cálculo de la densidad seca.

La humedad óptima y la densidad seca máxima están directamente relacionadas, ya que la una depende de la otra, con estos valores se procede a la compactación del suelo en condiciones óptimas y controladas. Por su lado, el DN (mm/golpe) más que depender de la humedad óptima, depende de la humedad natural de un suelo.

CORRELACIÓN #15 ENTRE DN, γ In Situ, COEFICIENTE DE CURVATURA

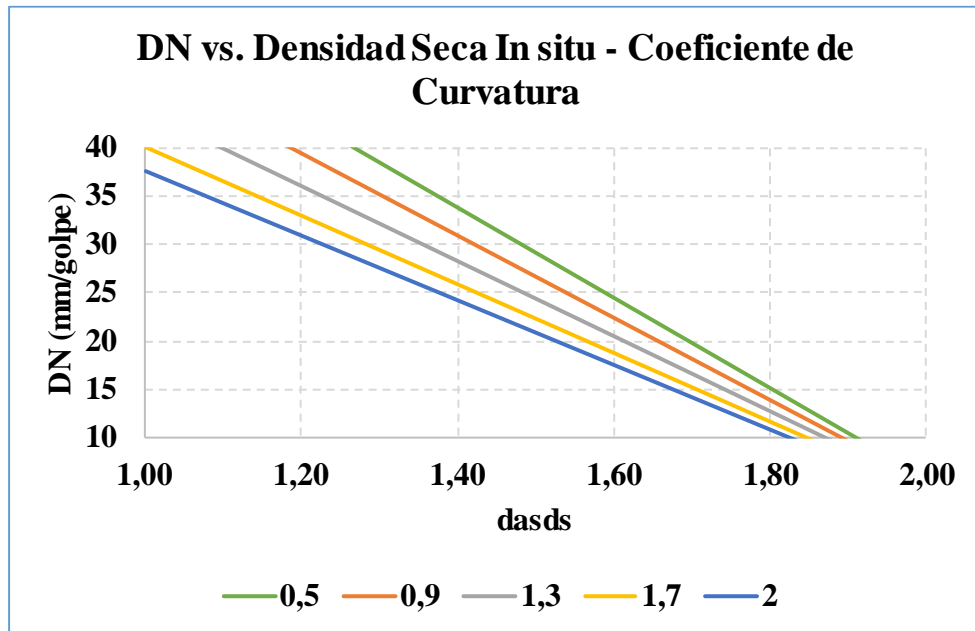


Figura 38. Correlación #15

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Ecuación: $DN = 532.1747 * e^{-2.206 \gamma \text{ In Situ}} * e^{-0.2231 CC}$

Factor de Correlación: 66.98%

Análisis:

Mediante la gráfica superior se analiza que se trata de una correlación múltiple de tipo exponencial de 3 variables; DN (mm/golpe), Densidad seca In Situ y el Coeficiente de Curvatura; de tal forma que se obtiene un factor de correlación igual a 66.98%, éste R^2 corresponde a un valor bueno. Con la finalidad de tener una mejor correlación se descartó las 2 muestras que no se encontraban dentro del rango permisible para la determinación de la densidad seca.

El Coeficiente de Curvatura y la densidad seca In Situ, son propiedades inversamente proporcionales al DN (mm/golpe). Cuando las partículas están acomodadas respecto al CC quiere decir que se trata de la muestra de un suelo bien graduado, presentando así mayor resistencia a la penetración.

CORRELACIÓN #16 ENTRE DN, γ_d In Situ, ÍNDICE DE PLASTICIDAD

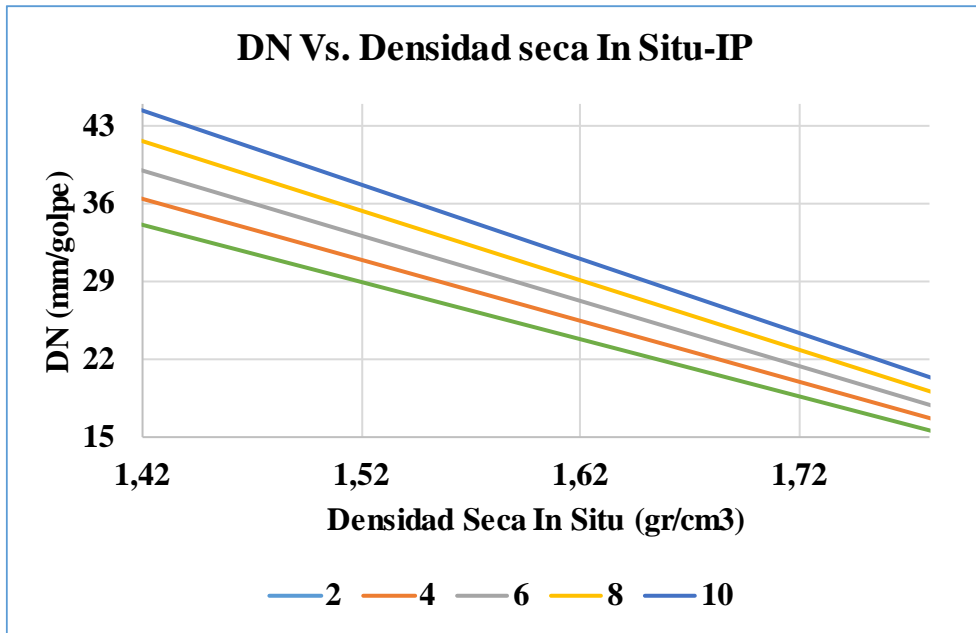


Figura 39. Correlación #16

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Ecuación: $DN = 671.3375 e^{*2.5549 \gamma_d \text{ In Situ}} * e^{0.033 IP}$

Factor de Correlación: 63.54%

Análisis:

La correlación múltiple de tipo exponencial con 3 variables; DN (mm/golpe), la densidad seca In Situ y el índice plástico; que se puede apreciar en la figura superior corresponde al análisis de 10 muestras, presentando un factor de correlación igual a 63.54%, lo que quiere decir que tiene una correlación buena.

A partir de la ecuación se puede determinar el DN, de las muestras que se encuentren dentro del rango especificado.

Si se toma en consideración que IP es un valor constante, el suelo presenta un valor de densidad in situ mayor implicando que el suelo sea más denso.

CORRELACIÓN #17 ENTRE CBR, LÍMITE LÍQUIDO Y HUMEDAD ÓPTIMA

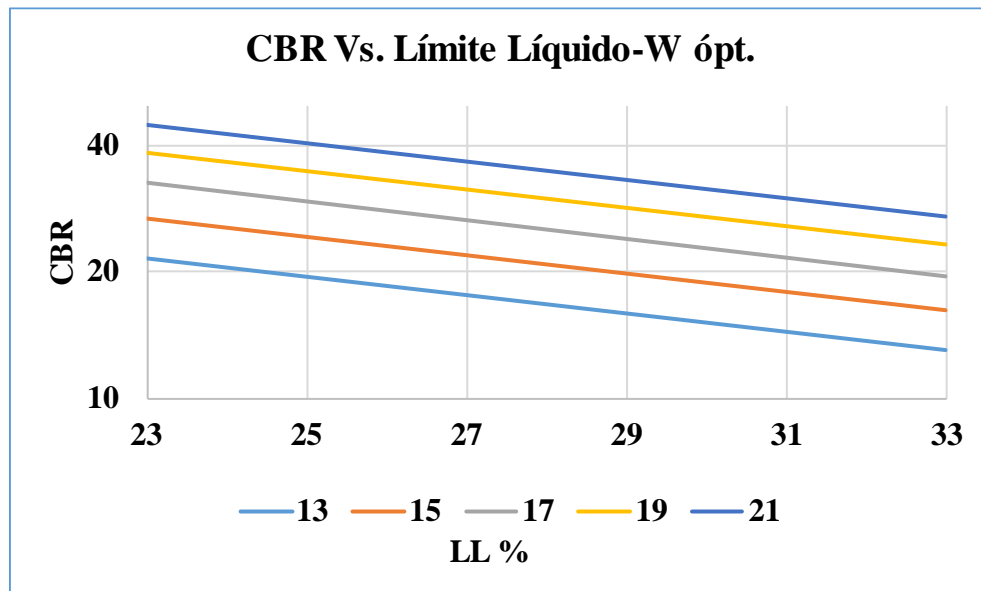


Figura 40. Correlación #17

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Ecuación: $CBR = 32.2133 LL^{-1.4628} * W_{\text{ópt}}^{1.5853}$

Factor de Correlación: 54.10%

Análisis:

Gracias a la gráfica superior se puede determinar que se trata de una correlación múltiple de tipo potencial de 3 variables; CBR, Límite Líquido y humedad óptima; de tal manera que se utilizaron 10 muestras de suelo; descartando las muestras que no se ajustaban al rango descrito.

Este análisis arrojó un valor de factor de correlación igual al 54.10%, que corresponde a una interpretación regular.

La relación que existe entre estas 3 variables indica que la humedad óptima requerida para llegar al valor del CBR, mientras más alta sea, el valor del CBR también aumenta, pero la relación es inversa entre el CBR y el límite líquido.

CORRELACIÓN #18 ENTRE CBR, LÍMITE PLÁSTICO Y HUMEDAD ÓPTIMA

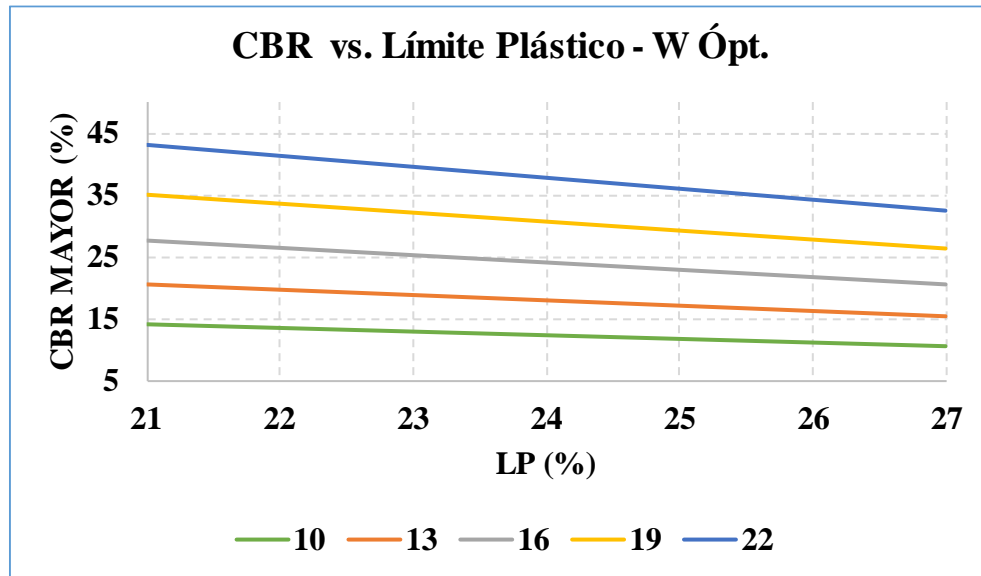


Figura 41. Correlación #18

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Ecuación: $CBR = 18.9726 LP^{-1.1815} * W_{\text{ópt}}^{1.4352}$

Factor de Correlación: 54.66%

Análisis:

En base a la correlación múltiple de 3 variables de tipo potencial que se puede apreciar en la figura superior, en donde se relaciona el CBR, el límite plástico y la humedad óptima, de 10 muestras de suelo, se encontró que el factor de correlación corresponde a 54.66%, es decir una correlación regular.

Del mismo modo, el CBR y la humedad óptima se encuentran directamente proporcionales, mientras que el CBR y el límite plástico son inversamente proporcionales.

CORRELACIÓN #19 ENTRE CBR, γ_d In Situ Y HUMEDAD ÓPTIMA

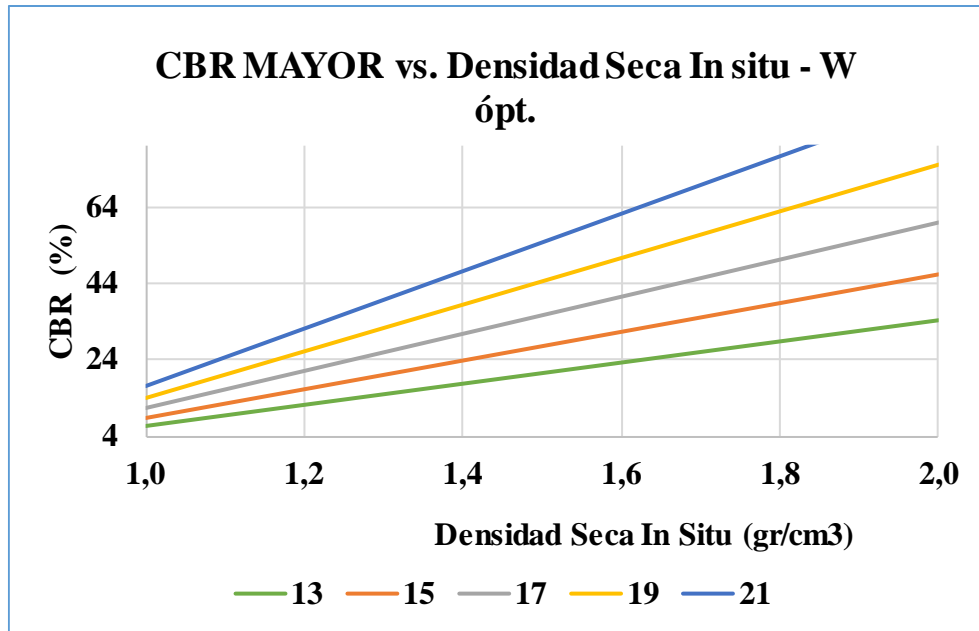


Figura 42. Correlación #19

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Ecuación: $CBR = 0.0259 \gamma_d \text{ In Situ}^{2.5801} * W \text{ ópt}^{2.1196}$

Factor de Correlación: 67.17%

Análisis:

En la gráfica superior se aprecia una correlación múltiple de 3 variables de tipo potencial, en la cual se analizaron propiedades como el CBR, la densidad seca in situ y la humedad óptima.

Para realizar la correlación se utilizaron 10 muestras, descartando a las muestras con propiedades que no se ajustaban al rango expresado en la gráfica, obteniendo así un factor de correlación de 67.17% considerada como buena.

De manera similar, el CBR y la humedad óptima están ligados directamente.

CORRELACIÓN #20 ENTRE CBR, HUMEDAD ÓPTIMA Y COEFICIENTE DE CURVATURA

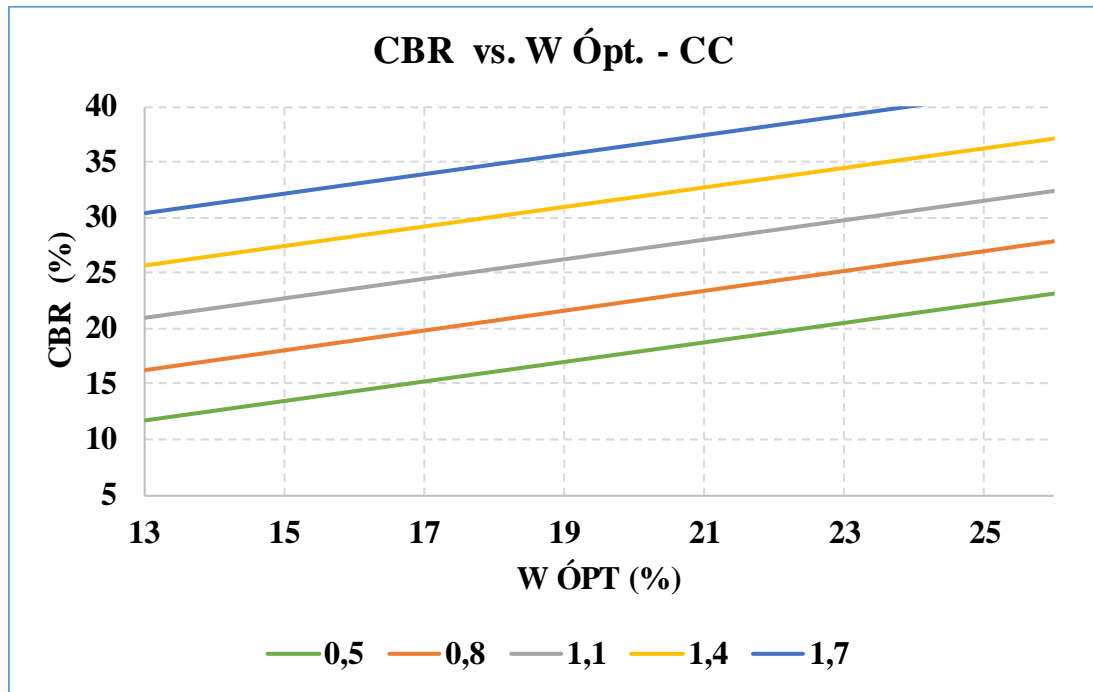


Figura 43. Correlación #20

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Ecuación: $CBR = 39.1652 + 38.516 \text{ Log } (W \text{ ópt}) + 15.7081 \text{ CC}$

Factor de Correlación: 63.33%

Análisis:

La gráfica que se puede observar en la parte superior presenta una correlación múltiple de tres variables de tipo logarítmica. Para la determinación de esta correlación se analizaron 11 muestras, y se obtuvo un factor de correlación igual a 63.33%, considerado como bueno. Las propiedades que se utilizaron para este análisis son CBR, humedad óptima y el coeficiente de curvatura.

La incidencia entre la relación directa del CBR y la humedad óptima, hacen que su correlación sea buena, en este caso solo se descartó a una muestra.

CORRELACIÓN #21 ENTRE CBR, γ_d Máxima Y FINOS

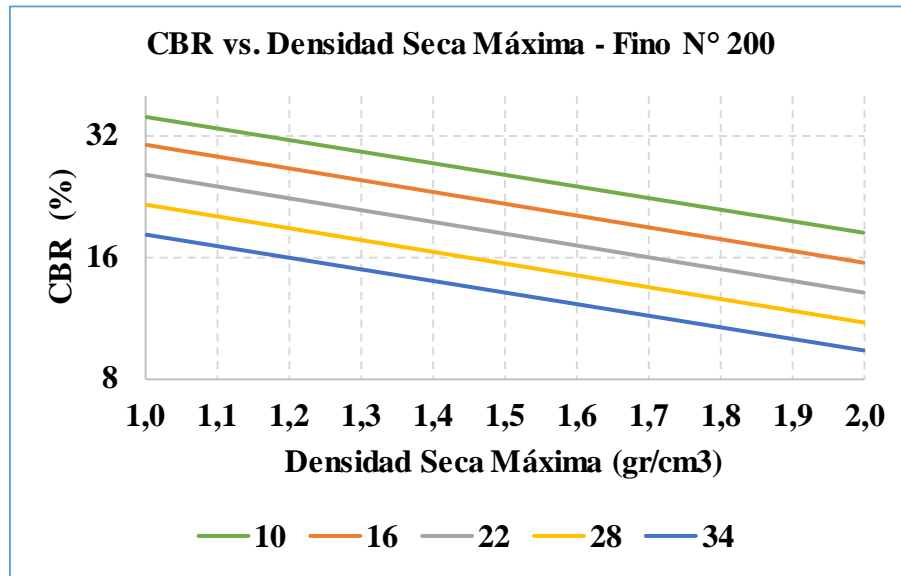


Figura 44. Correlación #21

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Ecuación: $CBR = 82.4704 e^{-0.5985 \gamma_d \text{ máx}} * e^{-0.0286 F\%}$

Factor de Correlación: 64.30%

Análisis:

En base a la figura superior se tiene que es una correlación múltiple de tres variables de tipo exponencial, en este análisis se trabajó con 10 muestras, y se trabajó con propiedades como CBR, densidad seca máxima y el porcentaje de finos.

Se obtuvo un factor de correlación igual a 64.30% que representa una interpretación buena, aquí se descartaron 2 muestras, mismas que no se ajustaban dentro del rango expresado.

Además, se puede decir que la resistencia al corte tiende a aumentar debido a que, gracias a la gran cantidad de finos que posee permite tenga una mayor compactación.

CORRELACIÓN #22 ENTRE CBR, γ_d Máxima Y ARENA

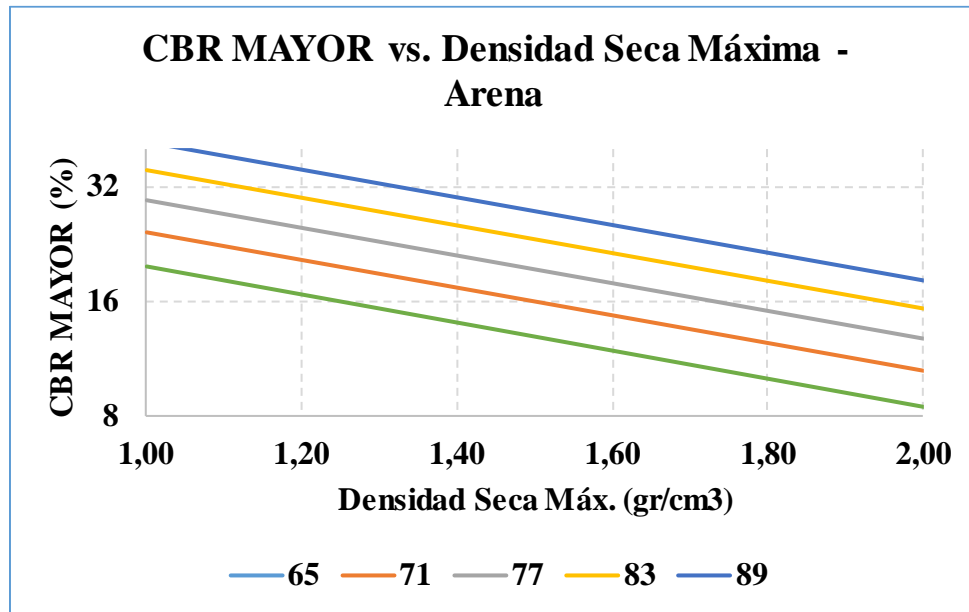


Figura 45. Correlación #22

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Ecuación: $CBR = 0.0006 \gamma_d \text{ máx}^{-1.0989} * A \%^{2.4614}$

Factor de Correlación: 63.12%

Análisis:

Gracias a la gráfica que se aprecia en la parte superior, se determina el CBR en base a la densidad seca máxima y el porcentaje de arenas, mediante una correlación múltiple de tres variables de tipo potencial.

Con esta correlación se obtiene un factor de 63.12%, que es un valor bueno; dentro de este análisis se trabajaron con las 10 muestras que más se ajustaron al rango establecido.

Dentro de esta interpretación se puede decir que la relación entre el CBR y la densidad seca máxima son directamente proporcionales.

CORRELACIÓN # 23 ENTRE DN Y CBR

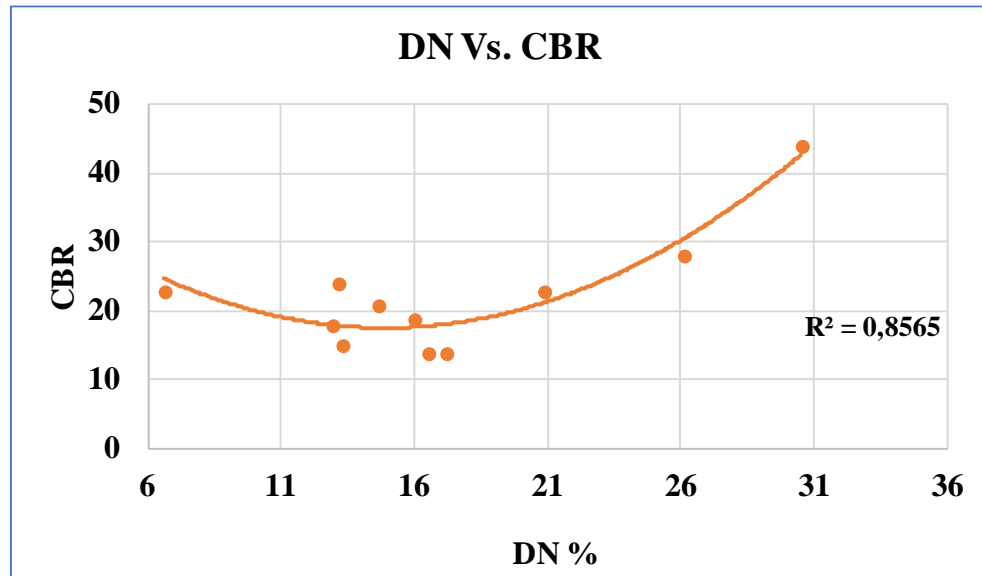


Figura 46. Correlación #23

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Ecuación: $CBR = 0.1026 DN^2 - 3.052 DN + 40.185$

Factor de Correlación: 85.44%

Análisis:

La correlación que se aprecia en la figura superior corresponde a dos variables, al CBR y al DN (mm/golpe). Ésta representa una correlación polinómica de segundo orden.

En este análisis se obtuvo un factor de correlación de 85.44% que representa una interpretación bastante aceptable. Se utilizaron 11 muestras.

La muestra que se descartó fue aquella que no se ajustó a la recta de mínimos cuadrados, en esta gráfica es posible apreciar que la línea de tendencia atraviesa los puntos más altos cuando el CBR también tiene valores altos. Mientras que el índice de penetración disminuye.

3.1.4. Propuesta de Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles

La propuesta de Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles para el siguiente proyecto se basa en el CBR calculado en laboratorio de 19% y con el CBR obtenido mediante la **Figura 46**. Correlación #23; en donde se obtuvo un factor de correlación igual al 85.44%; valor considerado como aceptable; consecuentemente se realizan dos propuestas de diseño.

3.1.4.1. Cálculo de Factores del Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles

Para los factores de diseño estructural de pavimentos flexibles, se van a utilizar los mismos valores en ambas propuestas de diseño, estos valores se detallan a continuación:

3.1.4.1.1. Tráfico

El conteo vehicular se llevó a cabo a lo largo de 12 horas; de 6h00 – 18h00. Para realizar este estudio, se consideró a la calle Alonso Morales en Huambalito, parroquia Bolívar. En donde fue posible establecer que la hora pico corresponde de 7h00 a 8h00.

Tabla 35. Conteo Vehicular Hora Pico

Hora	Vehículos Livianos	Buses	Camiones			Total 15 Minutos
			2 Ejes	3 Ejes	4 Ejes	
7h00-7h15	3	1	-	-	-	4
7h15-7h30	5	1	-	1	-	7
7h30-7h45	4	1	1	-	-	6
7h45-8h00	3	1	-	-	-	4
Total	15	4	1	1	0	21
%	71,43	19,05	4,76	4,76	0	100

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

3.1.4.1.1.1. Factor de Hora Pico

$$FHP = \frac{\text{Total de Vehiculos}}{4 * (\text{mayor valor de tráfico en 15 mintos})}$$

$$FHP = \frac{21}{4 * 7}$$

$$FHP = 0.75$$

En este caso, en donde el factor de hora pico es menor a uno, se interpreta como la existencia de concentraciones de flujo máximo sólo en determinados intervalos cortos de tiempo, en el desarrollo del presente proyecto se asume un valor de 1.

3.1.4.1.1.2. Porcentaje de la trigésima hora

$$TPDA \text{ actual} = \frac{FHP * VHP}{15\%}$$

Donde:

TPDA= Tráfico Promedio Anual

FHP= Factor Hora Pico

VHP= Total de Vehículos por tipo

Nota: Se toma el valor de 15 % debido a que la vía a proyectarse se encuentra en una zona rural.

- *Vehículos Livianos*

$$TPDA \text{ actual} = \frac{1 * 15}{15\%}$$

$$TPDA \text{ actual} = 100 \text{ vehículos/día}$$

- *Buses*

$$TPDA \text{ actual} = \frac{1 * 4}{15\%}$$

$$TPDA \text{ actual} = 27 \text{ vehículos/día}$$

- *Camiones*

$$TPDA \text{ actual} = \frac{1 * 2}{15\%}$$

$$TPDA \text{ actual} = 14 \text{ vehículos/día}$$

$$TPDA \text{ actual} = TPDA \text{ livianos} + TPDA \text{ buses} + TPDA \text{ camiones}$$

$$TPDA \text{ actual} = 100 + 27 + 14$$

$$TPDA \text{ actual} = 141 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

3.1.4.1.1.3. Tr\u00e1fico Vehicular actual en el 1er a\u00f1o

$$TPDA \text{ (1er a\u00f1o)} = Ta * (1 + i)^1$$

Para poder elegir el per\u00edodo de dise\u00f1o, el presente proyecto se basa en el tipo de carretera; en donde seg\u00fan la AASHTO 93, para una v\u00eda *Pavimentada de bajo volumen de tr\u00e1fico*, se toma un valor de 20 a\u00f1os, adem\u00e1s se debe considerar los \u00edndices de crecimiento vehicular.

Tabla 36. \u00cdndice de Crecimiento

<i>Per\u00edodo</i>	<i>Tipo de Veh\u00edculos</i>		
	<i>Livianos</i>	<i>Buses</i>	<i>Camiones</i>
2015-2020	3.97	1.97	1.94
2021-2025	3.57	1.78	1.74
2026-2030	3.25	1.62	1.58
2031-2035	3.25	1.62	1.58
2036-2040	3.25	1.62	1.58

Fuente: AASHTO 93, Gu\u00eda para el Dise\u00f1o de las estructuras del Pavimento [54].

Livianos

$$TPDA \text{ (livianos)} = 100 * (1 + 0.0397)^1$$

$$TPDA \text{ (liviano)} = 104 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Buses

$$TPDA \text{ (buses)} = 27 * (1 + 0.0197)^1$$

$$TPDA \text{ (buses)} = 27 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Camiones

$$TPDA (\text{camiones}) = 14 * (1 + 0.0194)^1$$

$$TPDA (\text{camiones}) = 14$$

$$TPDA (\text{1er año}) = 104 + 27 + 14$$

$$TPDA = 145 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

3.1.4.1.1.4. Tr\u00e1fico Generado

$$Tg = 20\% * Ta(\text{1er a\u00f1o})$$

Livianos

$$Tg(\text{livianos}) = 20\% * (104)$$

$$Tg (\text{livianos}) = 21 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Buses

$$Tg(\text{buses}) = 20 \% * 27$$

$$Tg (\text{buses}) = 5 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Camiones

$$Tg(\text{camiones}) = 20 \% * 14$$

$$Tg(\text{camiones}) = 3 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

3.1.4.1.1.5. Tr\u00e1fico atra\u00eddo

$$Tat = 10\% * Ta (\text{1er a\u00f1o})$$

Liviano

$$Tat = 10\% * 104$$

$$T at = 10 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Buses

$$T \text{ at (buses)} = 10\% * 27$$

$$T \text{ at (buses)} = 3 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Camiones

$$T \text{ at (camiones)} = 10\% * 14$$

$$T \text{ at (camiones)} = 1 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

3.1.4.1.1.6. Tr\u00e1fico desarrollado

$$Td = 5\% * Ta \text{ (1er a\u00f1o)}$$

Livianos

$$Td = 5\% * 104$$

$$Td = 5 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Buses

$$Td = 5\% * 27$$

$$Td = 1 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Camiones

$$Td = 5\% * 14$$

$$Td = 1 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Tabla 37. Tr\u00e1fico actual total del proyecto

	Livianos	Buses	Camiones
TPDA actual	100	27	14
TPDA 1 a\u00f1o	104	27	14
Tg	21	5	3
T at	10	3	1
Td	5	1	1
T a Total	240	63	33

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 38. Tráfico Proyectado para 20 años

Años (n)	Período	Porcentaje de crecimiento			Tránsito promedio diario TPDA			
		Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones	Total
0	2020	3,97	1,97	1,94	100	27	14	141
1	2021	3,57	1,78	1,74	104	27	14	145
2	2022	3,57	1,78	1,74	107	28	14	150
3	2023	3,57	1,78	1,74	111	28	15	154
4	2024	3,57	1,78	1,74	115	29	15	159
5	2025	3,57	1,78	1,74	119	29	15	164
6	2026	3,25	1,62	1,58	123	30	16	169
7	2027	3,25	1,62	1,58	127	30	16	173
8	2028	3,25	1,62	1,58	131	31	16	178
9	2029	3,25	1,62	1,58	135	31	16	183
10	2030	3,25	1,62	1,58	140	32	17	188
11	2031	3,25	1,62	1,58	144	32	17	194
12	2032	3,25	1,62	1,58	149	33	17	199
13	2033	3,25	1,62	1,58	154	34	17	205
14	2034	3,25	1,62	1,58	159	34	18	211
15	2035	3,25	1,62	1,58	164	35	18	217
16	2036	3,25	1,62	1,58	169	35	18	223
17	2037	3,25	1,62	1,58	175	36	18	229
18	2038	3,25	1,62	1,58	181	36	19	236
19	2039	3,25	1,62	1,58	186	37	19	242
20	2040	3,25	1,62	1,58	193	38	19	249

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tomando en cuenta a la **Tabla 10. Clasificación de Carreteras** y a la **Tabla 11. Relación Función, Clase MOP y Tráfico**, y tomando en cuenta, además, que el tráfico proyectado en 20 años es igual a 249 vehículos/hora y que se encuentra en 100 y 300, se procede a elegir para el diseño a una vía colectora IV.

3.1.4.2. Diseño de la estructura del pavimento

3.1.4.2.1. Ejes equivalentes acumulados

Tabla 39. Factores de Daño

Tipo	Simple		Simple Doble		Tandem		Tridem		Factor de Daño
	Ton	$(P/6.6)^4$	Ton	$(P/5.8)^4$	Ton	P	Ton	P	
Liviano	3	0,04							0,04
Bus	4	0,13	8	0,91					1,04
C - 2P	2,5	0,02							1,29
	7	1,27							1,29
C - 2G	6	0,68	11	3,24					3,92

Fuente: AASHTO 93, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento [54].

Ejes Equivalentes

Tabla 40. Cálculo de Ejes Equivalentes

Años (n)	Período	Porcentaje de crecimiento			Tránsito promedio diario TPDA				W18 parcial	W18 acumulado	W18 de diseño
		Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones	Total			
0	2020	3,97	1,97	1,94	100	27	14	141	18301	18301	9151
1	2021	3,57	1,78	1,74	104	27	14	145	18360	36661	18330
2	2022	3,57	1,78	1,74	107	28	14	150	18783	55444	27722
3	2023	3,57	1,78	1,74	111	28	15	154	19312	74756	37378
4	2024	3,57	1,78	1,74	115	29	15	159	19750	94506	47253
5	2025	3,57	1,78	1,74	119	29	15	164	19809	114314	57157
6	2026	3,25	1,62	1,58	123	30	16	169	20717	135032	67516
7	2027	3,25	1,62	1,58	127	30	16	173	20776	155808	77904
8	2028	3,25	1,62	1,58	131	31	16	178	21214	177021	88511
9	2029	3,25	1,62	1,58	135	31	16	183	21272	198294	99147
10	2030	3,25	1,62	1,58	140	32	17	188	22196	220489	110245
11	2031	3,25	1,62	1,58	144	32	17	194	22254	242743	121372
12	2032	3,25	1,62	1,58	149	33	17	199	22707	265450	132725
13	2033	3,25	1,62	1,58	154	34	17	205	23159	288609	144305
14	2034	3,25	1,62	1,58	159	34	18	211	23703	312312	156156
15	2035	3,25	1,62	1,58	164	35	18	217	24156	336468	168234
16	2036	3,25	1,62	1,58	169	35	18	223	24229	360697	180348
17	2037	3,25	1,62	1,58	175	36	18	229	24696	385393	192696
18	2038	3,25	1,62	1,58	181	36	19	236	25254	410647	205323
19	2039	3,25	1,62	1,58	186	37	19	242	25707	436354	218177
20	2040	3,25	1,62	1,58	193	38	19	249	26189	462543	231271

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

En base a la información proporcionada en el cálculo de ejes equivalentes, se logró determinar un valor de 231271 para el año 2040.

Tabla 41. Espesores mínimos en base a Ejes Equivalentes

Tránsito W₁₈	Carpeta Asfáltica D1	Base Granular D2
< 5000	1,0	4,0
5001 a 150 000	2,0	4,0
150 001 a 500 000	2,5	4,0
500 001 a 2 000 000	3,0	6,0
2 000 001 a 7 000 000	3,5	6,0
> 7 000 000	4,0	6,0

Fuente: AASHTO 93, Guía para diseño de la estructura del Pavimento [54].

CARPETA ASFÁLTICA

D1= 2.5 pulg. (6.35 cm)

BASE GRANULAR

D2= 4.0 pulg (10.16 cm)

3.1.4.2.2. Confiabilidad (R)

En base a la **Tabla 16.** Niveles de confiabilidad Sugeridos para varias Clasificaciones Funcionales, para el diseño de la vía colectora en zona rural se toma el valor de 85%, que es un valor medio a los valores establecidos.

3.1.4.2.3. Desviación estándar normal (Zr)

El valor correspondiente al nivel de nivel de confiabilidad con respecto a la desviación normal estándar Zr, es igual a -1.037.

3.1.4.2.4. Desviación estándar global (So)

En el diseño de un pavimento flexible es recomendable la utilización de un valor promedio de 0.45

3.1.4.2.5. Índice de Serviciabilidad (PSI)

Como valor inicial se toma en cuenta 4.2, por otra parte, se considera como valor final un promedio igual a 2, que corresponde al diseño de un pavimento flexible correspondiente a una vía secundaria.

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

3.1.4.2.6. Módulo de Resiliencia (Mr)

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

$$Mr (PSI) = 3000 * 19^{0.65}$$

$$Mr (PSI) = 20338 PSI$$

$$Mr (KSI) = 20.338 KSI$$

3.1.4.2.7. Coeficientes para la carpeta asfáltica

-Coeficiente *a1*

Tabla 42. Determinación coeficiente a 1

Módulos Elásticos		Valores a1
PSI	Mpa	
125 000	875	0.220
150 000	1050	0.250
175 000	1225	0.280
200 000	1400	0.295
225 000	1575	0.320
250 000	1750	0.330
275 000	1925	0.350
300 000	2100	0.360
325 000	2275	0.375
350 000	2450	0.850
375 000	2625	0.405
400 000	2800	0.420
425 000	2975	0.435
450 000	3150	0.440

Fuente: AASHTO 93, Guía para el diseño de la estructura de Pavimentos [54].

Mediante la utilización del ábaco de la **Figura 18**. Ábaco para la estimación de a_1 , es posible encontrar un valor del coeficiente que permita continuar con el cálculo de la estructura del pavimento; en la siguiente figura, se aprecia la línea que permite encontrar los valores de a_1 ; presentando un valor de 0.405; ya que se toma en cuenta la estabilidad mínima que establece la AASHTO de 1800lb.

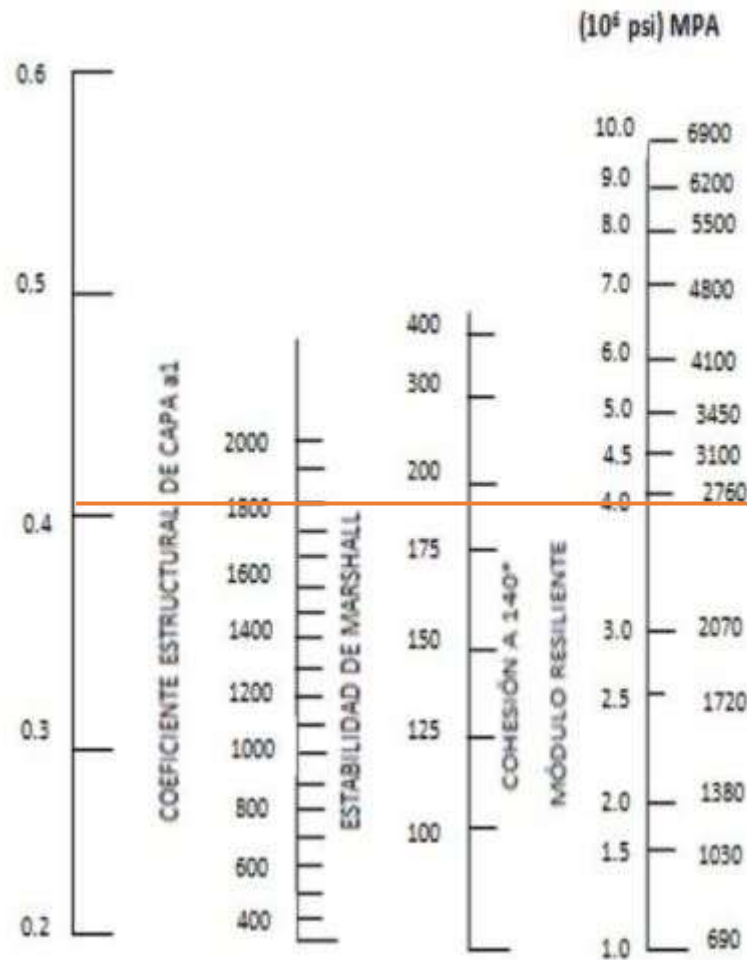


Figura 47. Determinación Coeficiente Estructural a_1

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo, Según AASHTO 93

-Coeficiente a_2

En base a la **Figura 19**. Coeficiente a_2 en Bases Granulares, es posible estimar el valor de a_2 , que corresponde al 80% de CBR, teniendo un valor de 0.133, en la siguiente figura se aprecia la línea que permite encontrar el valor de a_2 .

Tabla 43. Determinación Coeficiente a 2

Base Agregados	
CBR	a2
50	0.115
55	0.120
60	0.125
70	0.130
80	0.133
90	0.137
100	0.140

Fuente: AASHTO 93, Guía para el diseño de la estructura de Pavimentos [54].

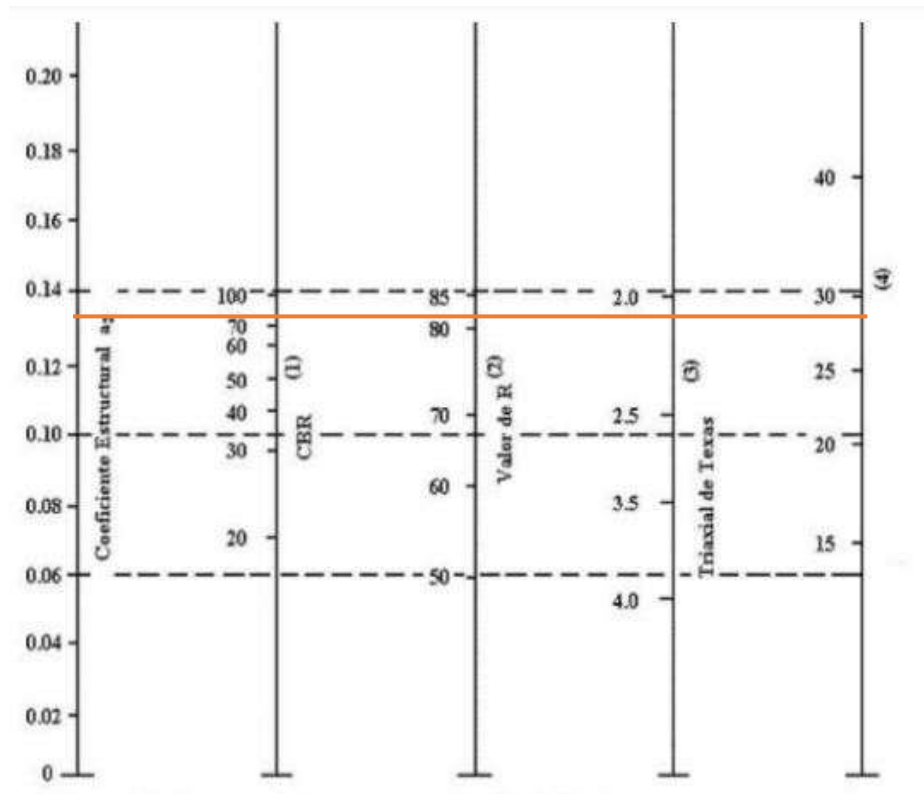


Figura 48. Determinación Coeficiente Estructural a2

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo, según AASTHO 93.

-Coeficiente a3

Con el ábaco de la **Figura 20**. Coeficiente a3, en Subbases Granulares, se obtiene un valor 0.108, ya que el MTOP establece que se puede asumir un valor igual o mayor al 30% del CBR. En la siguiente figura se aprecia la línea que determina el valor de a3.

Tabla 44. Determinación Coeficiente a 3

Base Agregados	
CBR	a3
10	0.080
15	0.090
20	0.093
25	0.102
30	0.108
35	0.115
40	0.120
45	0.125
50	0.128
55	0.130
60	0.135
65	0.138
70	0.140

Fuente: AASHTO 93, Guía para el diseño de la estructura de Pavimentos [54].

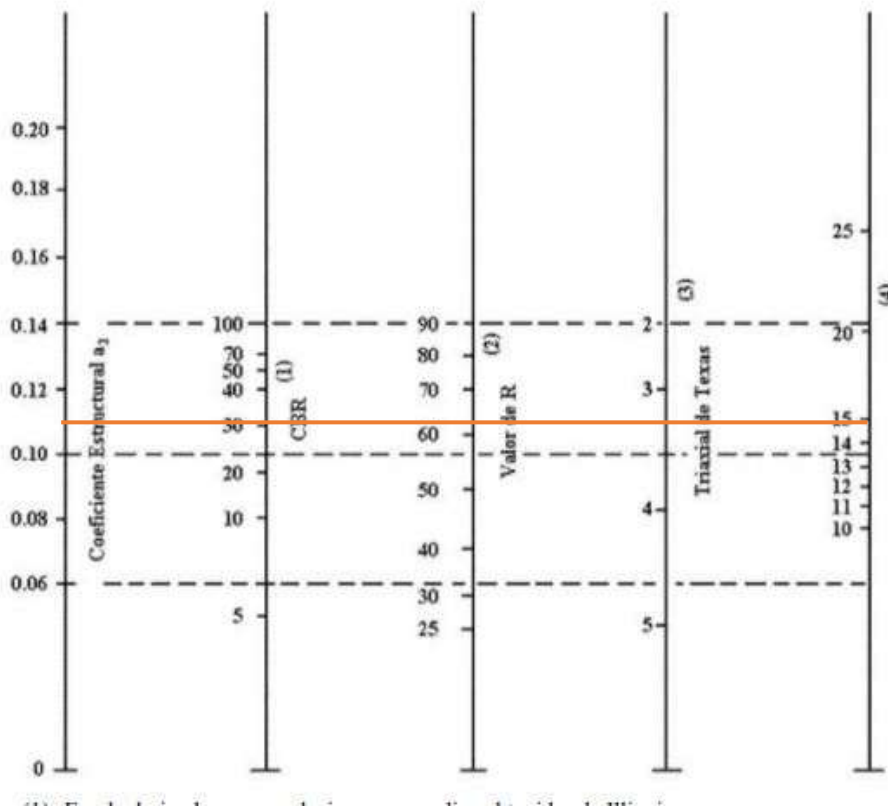


Figura 49. Determinación Coeficiente Estructural a3

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo, Según AASHTO 93

3.1.4.2.8. Coeficientes de drenaje

Tabla 45. Tiempo de Drenaje

Calidad de Drenaje	Agua eliminada en
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Deficiente	Agua no drenada

Fuente: AASHTO 93, Guía para el diseño de la estructura de Pavimentos [54].

Se considera que el agua será eliminada en 1 día, por lo que la calidad de drenaje estaría catalogada como buena.

Tabla 46. Corrección de coeficientes estructurales con respecto al drenaje y a la humedad

Calidad de drenaje	% de tiempo de exposición del pavimento a niveles de humedad, próximos a saturarse			
	< 1%	1%-5%	5%-25%	>25%
Excelente	1,25 - 1,20	1,20 - 1,15	1,15 - 1,10	1.10
Bueno	1,25 - 1,15	1,15 - 1,10	1,10 - 1,00	1.00
Regular	1,15 - 1,10	1,10 - 1,00	1,00 - 0,90	0.90
Pobre	1,10 - 1,00	1,00 - 0,90	0,90 - 0,80	0.80
Muy Pobre	1,00 - 0,90	0,90 - 0,80	0,80 - 0,70	0.70

Fuente: AASHTO 93, Guía para el diseño de la estructura de Pavimentos [54].

Para el diseño del pavimento se considera una calidad de drenaje BUENA, por lo que m_2 y m_3 son igual a 1.

3.1.4.3. Datos para el Diseño de la estructura del Pavimento en función al CBR obtenido en laboratorio

Tabla 47. Datos para el cálculo de SN #1

DATOS OBTENIDOS PARA EL CÁLCULO DE "SN"			
Tipo de pavimento	Flexible	Desviación Global (So)	0,45
TPDA 2040	249	Módulo Resiliente de subrasante (Mr)	20338
Período de diseño	20 años	Módulo de carpeta asfáltica	2760
Ejes Equivalentes	231271	Módulo Resiliente de capa base	207
Serviciabilidad inicial (PSI)	4,2	Módulo Resiliente de capa sub base	97
Serviciabilidad final (PSI)	2,0	Coefficiente a1	0,405
CBR de subrasante	19%	Coefficiente a2	0,133
Confiabilidad (R)	85%	Coefficiente a3	0,108
Desviación Estándar (Zr)	-1,037	Coefficiente m2 y m3	1,0

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

The screenshot shows a software window titled "Ecuación AASHTO 93". It contains several input fields and sections:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for "Pavimento flexible" (selected) and "Pavimento rígido".
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu showing "85 % Zr=-1.037" and a text box for "So" with the value "0.45".
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for "PSI inicial" (4.2) and "PSI final" (2).
- Módulo resiliente de la subrasante:** A text box for "Mr" with the value "20338 psi".
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Text boxes for "Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)", "Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)", "Coeficiente de transmisión de carga - (J)", and "Coeficiente de drenaje - (Cd)".
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for "Calcular SN" (selected) and "Calcular W18".
- W18 =** A text box containing the value "231271".
- Número Estructural:** A text box showing the result "SN = 1.76".
- Buttons:** "Calcular" and "Salir".

Figura 50. Cálculo 1 "SN"

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo, Según AASHTO 93.

Tabla 48. Diseño 1 Pavimento Flexible

DATOS DE ENTRADA :			
1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES			DATOS
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)			2760,00
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)			207,00
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)			97,00
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			231.271
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)			85%
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)			-1,037
DESVIACION ESTANDAR GLOBAL (So)			0,45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)			20,34
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4,2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2,0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			20
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO			
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA			
Concreto Asfáltico Convencional (a ₁)			0,405
Base granular (a ₂)			0,133
Subbase (a ₃)			0,108
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Base granular (m ₂)			1,000
Subbase (m ₃)			1,000
DATOS DE SALIDA :			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})		1,75	
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})		0,55	
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})		0,32	
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})		0,89	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
		PROPUESTA	
	TEORICO	ESPESOR	SN*
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	3,4 cm	5,0 cm	0,80
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	6,1 cm	10,0 cm	0,52
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	20,8 cm	15,0 cm	0,64
ESPESOR TOTAL (cm)		30,0 cm	1,96

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 49. Propuesta de Diseño N° 1 del Pavimento

CAPA DE PAVIMENTO	Espesor (cm)
Carpeta asfáltica	5
Base Granular	10
Subbase Granular	15

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Análisis del Diseño Final

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

$$0.8 + 0.52 + 0.64 \geq 1.76$$

$$1.96 \geq 1.76$$

OK

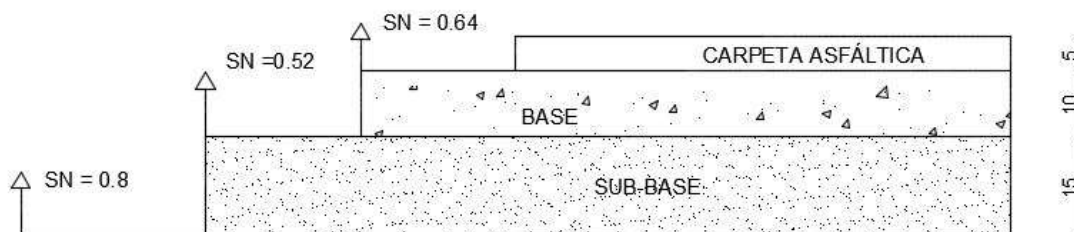


Figura 51. Espesores de las capas del primer diseño de Pavimento en cm

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

3.1.4.4. Datos para el Diseño de la estructura del Pavimento en función al CBR obtenido mediante la correlación #23

Para el segundo diseño del pavimento se va a tomar en cuenta a la **Figura 46**. Correlación #23. En base a su ecuación se va a determinar el CBR de diseño.

-Ecuación obtenida mediante la correlación:

$$CBR = 0.1026 DN^2 - 3.052 DN + 40.185$$

$$CBR = 0.1026 (15.96)^2 - 3.052 (15.96) + 40.185$$

$$CBR = 17.6$$

-Módulo Resiliente de subrasante

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

$$Mr(PSI) = 3000 * 17.6^{0.65}$$

$$Mr(PSI) = 19351.05$$

Tabla 50. Datos para el cálculo del "SN" #2

DATOS OBTENIDOS PARA EL CÁLCULO DE "SN"			
Tipo de pavimento	Flexible	Desviación Global (So)	0,45
TPDA 2040	249	Módulo Resiliente de subrasante (Mr)	19351,05
Período de diseño	20 años	Módulo de carpeta asfáltica	2760
Ejes Equivalentes	231271	Módulo Resiliente de capa base	207
Serviciabilidad inicial (PSI)	4,2	Módulo Resiliente de capa sub base	97
Serviciabilidad final (PSI)	2,0	Coficiente a1	0,405
CBR de subrasante	17,6%	Coficiente a2	0,133
Confiabilidad (R)	85%	Coficiente a3	0,108
Desviación Estándar (Zr)	-1,037	Coficiente m2 y m3	1,0

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento:
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):
 85 % $Z_r = -1.037$ So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final:
 PSI inicial = 4.2 PSI final = 2

Módulo resiliente de la subrasante:
 Mr = 19351.05 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 - (Cd)

Tipo de Análisis:
 Calcular SN **W18 = 231271**
 Calcular W18

Número Estructural:
SN = 1.80

Calcular Salir

Figura 52. Cálculo 2 "SN"

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo, Según AASHTO 93

Tabla 51. Diseño 2 del Pavimento Flexible

DATOS DE ENTRADA :			
1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES			DATOS
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)			2760,00
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)			207,00
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)			97,00
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			231.271
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)			85%
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)			-1,037
DESVIACION ESTANDAR GLOBAL (So)			0,45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)			19,35
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4,2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2,0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			20
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO			
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA			
Concreto Asfáltico Convencional (a ₁)			0,405
Base granular (a ₂)			0,133
Subbase (a ₃)			0,108
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Base granular (m ₂)			1,000
Subbase (m ₃)			1,000
DATOS DE SALIDA :			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})	1,79		
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})	0,55		
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})	0,32		
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})	0,93		
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
		PROPUESTA	
	TEORICO	ESPESOR	SN*
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	3,4 cm	5,0 cm	0,80
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	6,1 cm	10,0 cm	0,52
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	21,8 cm	15,0 cm	0,64
ESPESOR TOTAL (cm)		30,0 cm	1,96

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 52. Propuesta Diseño N°2 del Pavimento

CAPA DE PAVIMENTO	Espesor (cm)
Carpeta asfáltica	5
Base Granular	10
Subbase Granular	15

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Análisis del Diseño Final

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

$$0.8 + 0.52 + 0.64 \geq 1.73$$

$$1.96 \geq 1.8$$

OK

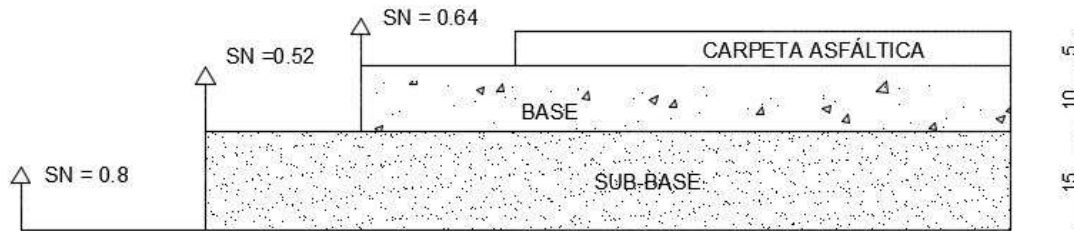


Figura 53. Espesores de las capas del segundo Diseño de Pavimento en cm

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

3.2. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

- Hipótesis Nula

No existen correlaciones entre el valor del CBR de laboratorio con las propiedades índice y mecánicas de los suelos.

-Hipótesis Alternativa

Si existen correlaciones entre el valor del CBR de laboratorio con las propiedades índice y mecánicas de los suelos.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Con la finalidad de realizar las correlaciones respectivas, se procedió a recolectar 12 muestras representativas de suelo de las parroquias La Matriz y Bolívar del cantón Pelileo; al momento de la recolección se realizaron ensayos in situ, tales como la densidad de campo y el ensayo DCP, y los ensayos de laboratorio correspondientes tales como granulometría, gravedad específica, próctor modificado tipo B y límites de Atterberg; que permitieron el análisis e interpretación de las propiedades del suelo.
- Mediante el análisis granulométrico fue posible identificar y clasificar el suelo en función del tamaño de sus partículas, con la clasificación SUCS se determinó que las 12 muestras de suelo de las parroquias la Matriz y Bolívar, corresponden a “SM” (Suelos que pasan más del 50% del tamiz #4, suelos arenosos y limosos); por su parte en la clasificación AASHTO que divide al suelo en grupos y subgrupos, los suelos corresponden al tipo A – 2 – 4 (0) (baja plasticidad).
- Mediante el análisis granulométrico se determinó una distribución promedio para finos igual a 10.69%, para arenas igual a 89.31% y un porcentaje de 0% para gravas; teniendo así, muestras de suelo arenosas.
- El promedio del grado de saturación del agua es igual a 50.84%, esto indica que las muestras de suelo analizadas corresponden a suelos arenosos.
- Mediante el ensayo Próctor Modificado B, el cual busca identificar las condiciones óptimas del suelo, muestra contenidos óptimos de humedad de 11.42% hasta 26.25% y con densidades máximos de 1.612 gr/cm³ a 1.808 gr/cm³, valores que implican que se tratan de suelos granulares.

- Mediante el ensayo de CBR en laboratorio, en donde tanto la humedad como la densidad, son propiedades controladas, la parroquia Bolívar presenta una mayor resistencia a corte que la parroquia La Matriz, ya que se tienen valores que oscilan entre 15%-44% y 14%-28%, respectivamente.
- Los valores de Límites de Atterberg que presentan las 12 muestras de suelo se encuentran por debajo del 50%, estos valores representan suelos en condiciones de baja plasticidad, valores propios de suelos granulares.
- La relación de vacíos de las 12 muestras de suelo se encuentra entre 0.49 y 0.87, cuanto menor sea la relación de vacíos, el suelo presenta mayor compacidad, el suelo no puede absorber fácilmente el agua y viceversa.
- Los valores correspondientes al ensayo CBR se encuentran entre 14% y 44%, definiéndose así, como valores aptos a utilizarse como subrasante dentro del diseño de pavimentos.
- Los valores de DN (mm/golpe) oscilan entre 6.58 y 30.48, estos valores miden la resistencia a la penetración del suelo en un ensayo in situ, se puede interpretar que, el suelo presenta menor resistencia cuando la gradiente de la curva se torna vertical, presentando una mayor resistencia a valores mayores de DN, teniendo así resistencias de suelos medianas y altas, propios de suelos granulares.
- Se realizaron 23 correlaciones entre las propiedades índice y mecánicas del suelo, con el DCP y el CBR; mediante las cuales se pudo determinar factores de correlación mayores/iguales al 50%, que es lo que se buscaba encontrar para tener correlaciones con las que se pueda trabajar.
- La correlación que ingresó al rango de EXCELENTE con un factor de correlación igual al 96% y con el análisis del total de las muestras, es decir 12, corresponde al

análisis entre el límite líquido y el límite plástico, esto puede ser posible debido a que se tratan de propiedades de suelos dentro de la misma clasificación.

- El cálculo del CBR a partir de una correlación se realizó en función del DCP, en donde el factor de correlación es igual a 85%, que permitió encontrar un valor cercano; por lo que es posible estimar valores de CBR en función de otras propiedades.
- Para el valor del CBR de laboratorio 19%, en el diseño de pavimentos flexibles de bajo tráfico, se obtuvieron valores para la carpeta asfáltica igual a 5 cm, una base granular igual a 10 cm y una subbase granular de 15 cm.
- Lo que corresponde al cálculo del diseño del pavimento con el CBR calculado mediante las correlaciones, es decir un CBR de 17,6%; se tiene un valor para la carpeta asfáltica igual a 5cm, para la base granular un valor de 10 cm y para la subbase granular un valor de 15 cm.
- Mediante la elaboración de este proyecto es posible decir que, si se puede determinar la correlación entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de las parroquias Matriz y Bolívar del cantón Pelileo.

4.2. Recomendaciones

- Es recomendable que se tome una muestra lo suficientemente representativa para todos los ensayos a realizarse con la finalidad de que todos y cada uno de los mismos sean llevados a cabo con éxito.
- Es recomendable que las muestras no estén en contacto directo con el sol o en condiciones climáticas que puedan alterar las muestras.
- Es recomendable revisar la normativa tanto de los ensayos en campo como los de laboratorio para que su ejecución no conlleve errores que incidan en malos cálculos y resultados.
- Es recomendable tomar las muestras de suelo en condiciones normales de ambiente, con la finalidad de que las propiedades no se vean afectadas, por el sol o por la lluvia.
- Es recomendable secar al horno las muestras que son destinadas a ensayos como granulometría, límites de Atterberg, entre otros, para que la humedad natural del suelo no afecte a los ensayos.
- Es recomendable realizar tantas correlaciones como sean posibles con la finalidad de obtener factores de correlación que sirvan para su correspondiente cálculo.

ANEXOS

Anexo 1. Bibliografía

- [1] A. Luque y G. Mahave, Algunas propiedades Físicas y Mecánicas del Suelo Fino del Oriente de Santiago, Santiago de Chile: Editorial Universidad Católica, 1952, p. 3.
- [2] H. R. Sainz Rozas, H. E. Echeverría y H. P. Angelini, «Niveles de carbono orgánico y ph en suelos agrícolas de las regiones pampeana y extrapampeana argentina.,» *ResearchGate*, p. 32, Julio 2011.
- [3] F. Hupet y M. Vanclooster, «Intraseasonal dynamics of soil moisture variability within a small agricultural maize cropped field,» *Journal of Hydrology*, vol. 261, n° 1-4, pp. 86-101, April 2002.
- [4] M. Hawley, T. Jackson y R. McCuen, «Surfaces soil moisture variation on small agricultural watersheds,» *Journal of Hydrology*, vol. 62, n° 1-4, pp. 179-200, April 1983.
- [5] R. Grayson y A. Western, «Towards areal estimation of soil water content from point measurements: time and space stability of mean response,» *Journal of Hydrology*, vol. 206, n° 1-2, pp. 68-82, June 1998.
- [6] M. Eyherabide, H. R. Sainz Rozas, P. A. Barbieri y H. E. Echeverria, «Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en suelos,» *Ciencia del Suelo*, vol. 32, n° 1, pp. 13-19, Enero 2014.
- [7] F. Viscarra, El Cono Dinámico de Penetración y su Aplicación en la Evaluación de Suelos, 2006, p. 4.
- [8] F. Nanine y B. Johan, «Un estudio preliminar de las propiedades de ingeniería de dorbank,» *Revista de la Institución Sudafricana de Ingeniería Civil*, vol. 62, n° 1, pp. 22-32, Marzo 2020.
- [9] J. Alarcón, M. Jiménez y R. Benítez, «Estabilización de Suelos mediante el uso de Lodo Aceitoso,» *Revista Ingeniería de Construcción*, vol. 35, n° 1, pp. 5-20, Abril 2020.
- [10] Á. Uribe Velez, A. Gallego Henao, D. García Arizabaleta, J. Beron Zea, E. Donado Polo, A. Montejo Fonseca, A. Murgueitio Valencia, C. Paz Achipiz, J. Flórez Gálvez, N. Correa Muñoz, E. Solano Fajardo, C. Arboleda Vélez, N. Rivas Muñoz

y A. López Rodríguez, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, Ministerio de Transporte, 2008, p. 3.

- [11] «Instituto Nacional de Vías,» de *Norma INV-E 148-07*, p. 2.
- [12] H. A. Rondón Quintana y F. A. Reyes izcano, «Metodologías de diseño de pavimentos flexibles: tendencias, alcances y limitaciones.,» *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 17, n° 2, pp. 41-65, Diciembre 2007.
- [13] E. A. Sandoval Vallejo y W. A. Rivera Mena, «Correlación del CBR con la resistencia a la compresión incofinada,» *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 29, n° 1, pp. 135-152, 2019.
- [14] H. F. Torres Merino, J. A. Castillo Morejón, L. H. Mena Garzón y D. P. Guerrero Cuasapaz, «Correlación entre el penetrómetro dinámico de cono y la relación de soporte de California en campo para el suelo de sub-rasante de la vía Portoviejo-Manta,» *Gaceta Técnica*, vol. 21, n° 1, pp. 27-43, Diciembre 2019.
- [15] A. Rico Rodríguez y H. Del Castillo, *La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres*, vol. 1, Limusa, p. 18.
- [16] W. Lambe y R. Whitman, *Mecánica de Suelos*, Limusa, 2004, pp. 40-50.
- [17] O. Reyez Ortiz y J. Camacho Tauta, «Influencia de la granulometría en la resistencia al ahuellamiento de mezclas asfálticas,» *Ingeniería y Desarrollo*, n° 23, pp. 26-42, 2008.
- [18] B. Das, *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*, Cuarta ed., Santa Fe: Cengage Learnign Editores, S.A., 2015, pp. 78-90.
- [19] L. Borselli, «GEOTECNIA 1,» México, 2019.
- [20] A. D-2487-93, *Práctica Estándar Clasificación de los Suelos para propósitos de Ingeniería. (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) SUCS*.
- [21] A. J. Leoni, «El suelo como elemento estructural,» de *Propiedades Físicas del Suelo*, 2015, pp. 8-20.
- [22] L. Rucks, F. García, A. Kaplán, J. Ponce de Leóm y M. Hill, *PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO*, Montevideo, 2004, p. 3.
- [23] G. Duque Escobar y C. E. Escobar Potes, *Mecánica de Suelos*, Manizales, 2002, pp. 07-37.
- [24] G. Duque y C. Escobar, *Geomecánica*, Manizales, 2016, pp. 40-59.

- [25] ASTM C136-01, *Método de Ensayo Normalizado para determinar el Análisis Granulométrico de los Áridos Finos y Gruesos*.
- [26] E. Juárez Badillo y A. Rico Rodríguez, *Mecánica de Suelos*, vol. Segunda Edición, México: Editorial Limusa, 1973, pp. 61-100.
- [27] D. Taylor, *Fundamentals of Soil Mechanics*, Massachusetts: John Wiley & Sons, INC. New York, 1948, p. 89.
- [28] A. Díaz Rodríguez, *Mecánica de Suelos: Naturaleza y Propiedades*, México: Editorial Trillas, 2014, pp. 37-40.
- [29] S. Carioso y A. Martínez, «Arcillas, Arenas y Cerámicas. Exploraciones Arqueométricas para el Estudio de las Prácticas Alfareras del Noroeste Argentino Prehispánico,» *Revista Chakiñan de Ciencias Sociales y Humanidades*, n° 8, pp. 65-87, 2019.
- [30] J. Hernández Sánchez, B. Figueroa Sandoval y M. Martínez Menes, «Propiedades Físicas del Suelo y su relación con la plasticidad en un sistema bajo labranza tradicional y no labranza,» *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 10, n° spe.22, pp. 53-61, 2019.
- [31] P. Sambenelli, «Los límites de Atterberg y su significado en la industria cerámica y ladrillera,» *Revista Materiales de Construcción*, vol. 16, n° 124, pp. 5-13, 1966.
- [32] R. Valle Rodas, *Carreteras, Calles y Aeropistas*, Cuarta ed., Caracas: Librería "EL ATENEO" Editorial, 1963, pp. 95-120.
- [33] A. Javier, «PROPIEDADES FÍSICAS: DENSIDAD Y POROSIDAD,» *ResearchGate*, pp. 2-5, 2013.
- [34] P. Berry y D. Reid, *Mecánica de Suelos*, Salford: Mc Graw Hill, 1993, pp. 20-40.
- [35] «Instituto Nacional de Vías,» de *INV-E-142-1*.
- [36] «Instituto Nacional de Vías,» de *INV-E-169-1*.
- [37] «Instituto Nacional de Vías,» de *INV-E-172-07*.
- [38] L. Orellana, *Regresión Lineal Simple*, 2008.
- [39] A. Morales, *Estadística y Probabilidades*, 2012, pp. 34-80.
- [40] C. Salazar y S. Del Castillo, *Fundamentos Básicos de Estadística*, Primera ed., 2018, pp. 65-70.



- [41] A. Novales, «Análisis de Regresión,» *EVIEWES*, p. 6, 20 Septiembre 2010.
- [42] C. Laguna, «Correlación y Regresión Lineal,» *Revista IACS*, pp. 12-18, 2014.
- [43] J. M. Rojo Abuín, *Regresión lineal múltiple*, Madrid, 2007, p. 5.
- [44] H. A. Morales Sosa, *Ingeniería Vial I*, Santo Domingo: Editora Búho, 2006, pp. 10-25.
- [45] J. G. Tapia Arandia y R. D. Veizaga Balta, *Apoyo Didáctico para la Enseñanza y Aprendizaje de la Asignatura de Ingeniería de Tráfico*, Cochabamba, 2006, pp. 5-10.
- [46] *NORMAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS*, 2003.
- [47] B. A. Zárate Torres y M. S. Segarra Morales, «Variación temporal de los factores de hora pico y volumen horario de carreteras de dos carriles. Caso de estudio: vía Loja-Zamora,» *AXIOMA*, vol. 2, n° 13, p. 26, 2014.
- [48] F. J. Sierra y A. D. Fissore, *LIBRO VERDE AASHTO*, 2011.
- [49] A. Montejo Fonseca, *Ingeniería de Pavimentos*, Bogotá: Ágora Editores, 2002, pp. 2-8.
- [50] F. Moreira, *Apuntes de Pavimentos*, 2018.
- [51] Instituto Tecnológico de Aeronáutica, *Ingeniería de Pavimentos*, 2000.
- [52] M. A. Salamanca NIño y S. A. Zuluaga Bautista, «Diseño de la Estructura de Pavimento Flexible por medio de los Métodos INVIAS, AASHTO 93 e Instituto del Asfalto para la vía YE-SANTA LUCÍA Barranca Lebrija entre las abscisas K19+250 a K25+750 Ubicada en el Departamento del Cesar,» creative commons, Bogotá, 2014.
- [53] A. Rico Rodríguez, R. Téllez Gutiérrez y P. Garnica Anguas, *Pavimentos Flexibles. Problemática, Metodología de Diseño y Tendencias*, I. M. d. Transporte, Ed., México, 1998.
- [54] AASHTO93, *Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimentos*, 1993, pp. 120-140.
- [55] INSTITUTO NACIONAL ECUATORIANO DE CENSOS, *CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA (CPV 2010)*, 2010.

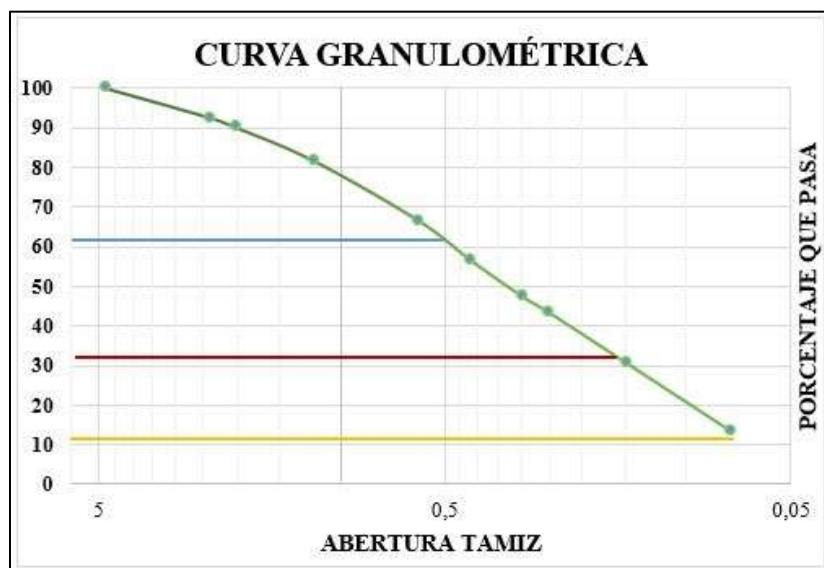
- [56] GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE PELILEO, 2019. [En línea]. Available: <http://www.pelileo.gob.ec/index.php/informacion/planes.html>.
- [57] GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL DE BOLÍVAR, «GAD BOLÍVAR,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.gadparroquiabolivar.gob.ec/>.
- [58] NTE INEN 686 1982-05, *Mecánica de Suelos. TOMA DE MUESTRAS ALTERADAS.*
- [59] AASHTO T-191, *Método Estándar de Prueba para la Densidad del Suelo In-Situ mediante el Cono y Arena de Ottawa.*
- [60] ASTM D 6951-03, *Cono Dinámico de Penetración y su aplicación en la evaluación de Suelos.*
- [61] AASHTO T 100, *Método Estándar para la prueba de Gravedad Específica de Sólidos.*
- [62] NTE INEN 696-2011, *Áridos. Análisis Granulométrico en los áridos fino y grueso.*
- [63] AASHTO T 89, *Método Estándar de prueba para Determinar el Límite Líquido de Suelos.*
- [64] AASHTO T 90, *Método Estándar de prueba para determinar el Límite Plástico de Suelos.*
- [65] AASHTO T 180, *Compactación con Próctor Modificado.*
- [66] AASHTO T 193, *Determinación del CBR.*

Anexo 2. Tablas de Resultados

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Tabla 53. Granulometría Muestra #01

		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación			
		Cantón: Pelileo Estado de la Vía: Camino de Tierra Parroquia: La Matriz Muestra: #01 Sector: Gamboa Realizado por: Eg. Amanda Porras Vía: S/N Revisado por: Ing. Alex Frías			
GRANULOMETRÍA - AASHTO T 88 2013					
PESO MUESTRA SECA(gr):				250	
Tamiz N°	W retenido	W ret. + Acum.	% ret. Acum.	% pasa	
4	4.76	0	0	0	100
8	2.38	18.67	18.67	7.468	92.532
10	2	6.14	24.81	9.924	90.076
16	1.19	21.16	45.97	18.388	81.612
30	0.595	37.58	83.55	33.42	66.58
40	0.42	25.11	108.66	43.464	56.536
50	0.297	23.05	131.71	52.684	47.316
60	0.25	9.75	141.46	56.584	43.416
100	0.149	32.04	173.5	69.4	30.6
200	0.074	43.35	216.85	86.74	13.26
FUENTE		31.38	248.23		

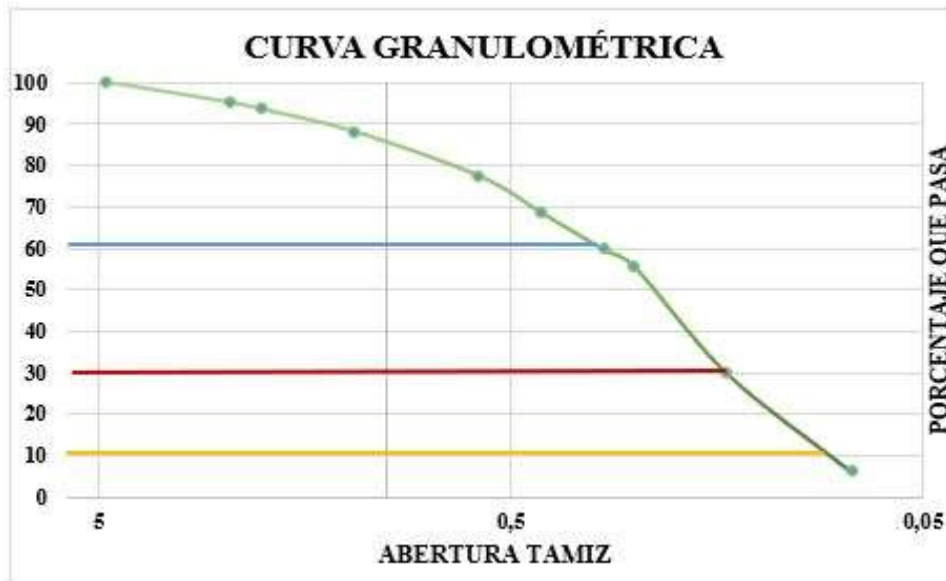


Parámetros Granulométricos			Porcentaje de Suelo		
D60 (mm)	0.480	CU	7.06	%Gravas	0.00
D30 (mm)	0.149	CC	0.68	% Arena	86.74
D10 (mm)	0.068			% Fino	13.26

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 54. Granulometría Muestra #02



		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación			
		Cantón: Pelileo Parroquia: La Matriz Sector: Gamboa Vía: S/N	Estado de la Vía: Camino de Tierra Muestra: #02 Realizado por: Eg. Amanda Porras Revisado por: Ing. Alex Frías		
GRANULOMETRÍA - AASHTO T 88 2013					
PESO MUESTRA SECA(gr):				250	
Tamiz N°	W retenido	W ret. + Acum.	% ret. Acum.	% pasa	
4	4.76	0	0	0	100
8	2.38	12.3	12.3	4.92	95.08
10	2	4.1	16.4	6.56	93.44
16	1.19	13.5	29.9	11.96	88.04
30	0.595	26.7	56.6	22.64	77.36
40	0.42	22.2	78.8	31.52	68.48
50	0.297	22.1	100.9	40.36	59.64
60	0.25	10.2	111.1	44.44	55.56
100	0.149	64.5	175.6	70.24	29.76
200	0.074	59.5	235.1	94.04	5.96
FUENTE		14.2	249.3		

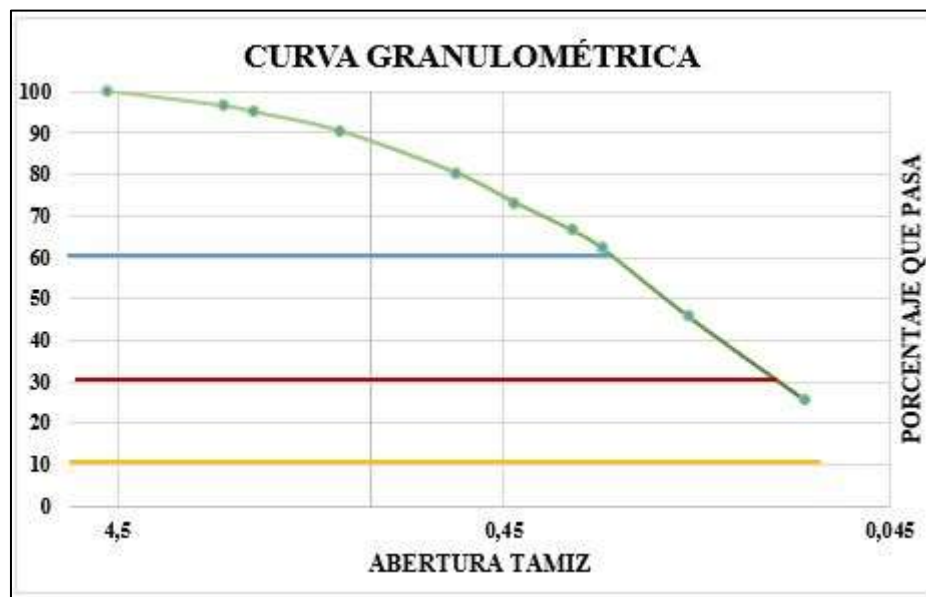


Parámetros Granulométricos			Porcentaje de Suelo		
D60 (mm)	0.298	CU	3.548	% Gravas	0
D30 (mm)	0.15	CC	0.899	% Arena	94.04
D10 (mm)	0.084			% Fino	5.96

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 55. Granulometría Muestra #03



		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación			
		Cantón: Pelileo Parroquia: La Matriz Sector: Huasipamba Vía: S/N	Estado de la Vía: Camino de Tierra Muestra: #03 Realizado por: Eg. Amanda Porras Revisado por: Ing. Alex Frías		
GRANULOMETRÍA - AASHTO T 88 2013					
PESO MUESTRA SECA(gr):				250	
Tamiz N°	W retenido	W ret. + Acum.	% ret. Acum.	% pasa	
4	4.76	0	0	0	100
8	2.38	8.93	8.93	3.572	96.428
10	2	3.57	12.5	5	95
16	1.19	11.66	24.16	9.664	90.336
30	0.595	25.38	49.54	19.816	80.184
40	0.42	17.83	67.37	26.948	73.052
50	0.297	16.87	84.24	33.696	66.304
60	0.25	10.64	94.88	37.952	62.048
100	0.149	41.34	136.22	54.488	45.512
200	0.074	50.69	186.91	74.764	25.236
FUENTE		62.13	249.04		

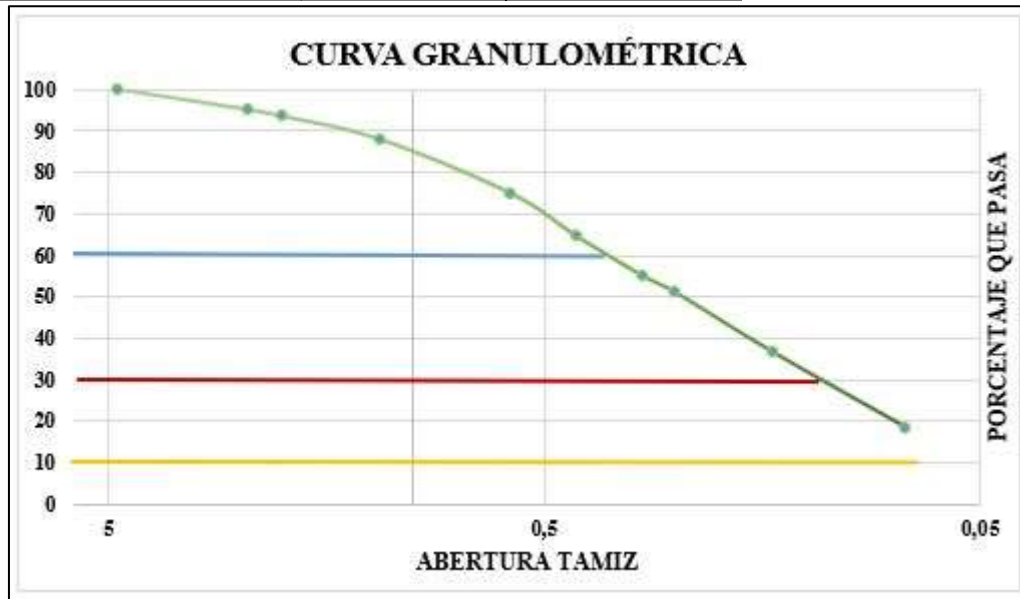


Parámetros Granulométricos			Porcentaje de Suelo		
D60 (mm)	0.24	CU	5.33	% Gravas	0
D30 (mm)	0.088	CC	0.72	% Arena	74.764
D10 (mm)	0.045			% Fino	25.236

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 56. Granulometría Muestra #04



	Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación				
	Cantón: Parroquia: Sector: Vía:	Pelileo La Matriz Huasipamba S/N	Estado de la Vía: Muestra: Realizado por: Revisado por:		Camino de Tierra #04 Eg. Amanda Porras Ing. Alex Frías
GRANULOMETRÍA - AASHTO T 88 2013					
PESO MUESTRA SECA(gr):				250	
Tamiz N°	W retenido	W ret. + Acum.	% ret. Acum.	% pasa	
4	4.76	0	0	0	100
8	2.38	12.45	12.45	4.98	95.02
10	2	3.78	16.23	6.492	93.508
16	1.19	13.97	30.2	12.08	87.92
30	0.595	32.8	63	25.2	74.8
40	0.42	25.94	88.94	35.576	64.424
50	0.297	23.74	112.68	45.072	54.928
60	0.25	9.96	122.64	49.056	50.944
100	0.149	36.19	158.83	63.532	36.468
200	0.074	45.25	204.08	81.632	18.368
FUENTE		44.6	248.68		

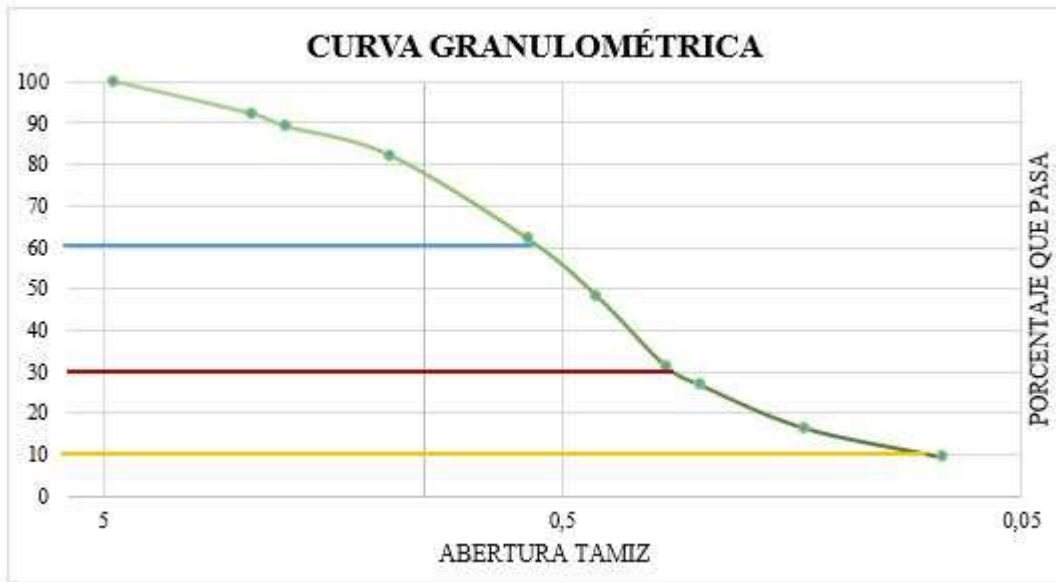


Parámetros Granulométricos			Porcentaje de Suelo		
D60 (mm)	0.37	CU	7.40	% Gravas	0
D30 (mm)	0.115	CC	0.71	% Arena	81.632
D10 (mm)	0.05			% Fino	18.368

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 57. Granulometría Muestra #05



		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación			
		Cantón: Pelileo Parroquia: La Matriz Sector: La Cocha Vía: S/N	Estado de la Vía: Asfaltada Muestra: #05 Realizado por: Eg. Amanda Porras Revisado por: Ing. Alex Frías		
GRANULOMETRÍA - AASHTO T 88 2013					
PESO MUESTRA SECA(gr):				250	
Tamiz N°	W retenido	W ret. + Acum.	% ret. Acum.	% pasa	
4	4.76	0	0	0	100
8	2.38	19.58	19.58	7.832	92.168
10	2	7.67	27.25	10.9	89.1
16	1.19	17.29	44.54	17.816	82.184
30	0.595	50.56	95.1	38.04	61.96
40	0.42	34.79	129.89	51.956	48.044
50	0.297	42.52	172.41	68.964	31.036
60	0.25	10.97	183.38	73.352	26.648
100	0.149	25.83	209.21	83.684	16.316
200	0.074	17.75	226.96	90.784	9.216
FUENTE		20.88	247.84		



Parámetros Granulométricos			Porcentaje de Suelo		
D60 (mm)	0.58	CU	6.90	% Gravas	0
D30 (mm)	0.29	CC	1.73	% Arena	90.784
D10 (mm)	0.084			% Fino	9.216

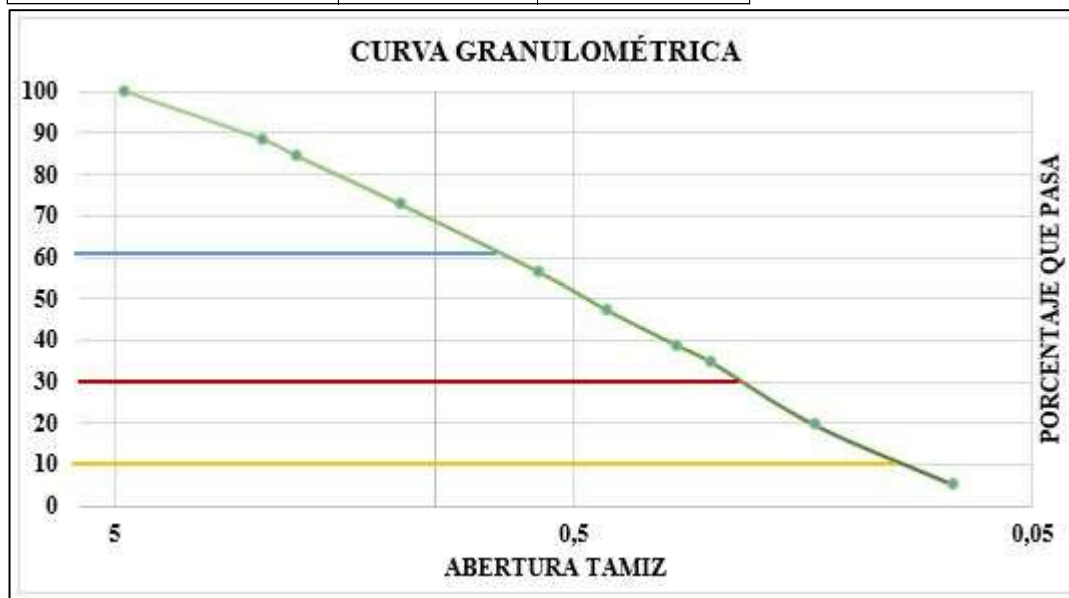
Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 58. Granulometría Muestra #06

	Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación			
	Cantón: Pelileo Parroquia: La Matriz Sector: La Cocha Vía: S/N	Estado de la Vía: Asfaltada Muestra: #06 Realizado por: Eg. Amanda Porras Revisado por: Ing. Alex Frías		

GRANULOMETRÍA - AASHTO T 88 2013

PESO MUESTRA SECA(gr):			250		
Tamiz N°	W retenido	W ret. + Acum.	% ret. Acum.	% pasa	
4	4.76	0	0	0	100
8	2.38	29.08	29.08	11.632	88.368
10	2	10.15	39.23	15.692	84.308
16	1.19	29.11	68.34	27.336	72.664
30	0.595	40.76	109.1	43.64	56.36
40	0.42	23.4	132.5	53	47
50	0.297	21.05	153.55	61.42	38.58
60	0.25	10.11	163.66	65.464	34.536
100	0.149	37.77	201.43	80.572	19.428
200	0.074	36.28	237.71	95.084	4.916
FUENTE		12.28	249.99		



Parámetros Granulométricos			Porcentaje de Suelo		
D60 (mm)	0.71	CU	7.32	% Gravas	0
D30 (mm)	0.215	CC	0.67	% Arena	95.084
D10 (mm)	0.097			% Fino	4.916

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 59. Granulometría Muestra #07



		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación			
		Cantón: Pelileo Parroquia: La Matriz Sector: Clementina Vía: S/N	Estado de la Vía: Lastrada Muestra: #07 Realizado por: Eg. Amanda Porras Revisado por: Ing. Alex Frías		
GRANULOMETRÍA - AASHTO T 88 2013					
PESO MUESTRA SECA(gr):				250	
Tamiz N°	W retenido	W ret. + Acum.	% ret. Acum.	% pasa	
4	4.76	0	0	0	100
8	2.38	17.51	17.51	7.004	92.996
10	2	8.61	26.12	10.448	89.552
16	1.19	24.52	50.64	20.256	79.744
30	0.595	33.80	84.44	33.776	66.224
40	0.42	43.77	128.21	51.284	48.716
50	0.297	33.96	162.17	64.868	35.132
60	0.25	7.80	169.97	67.988	32.012
100	0.149	70.18	240.15	96.06	3.94
200	0.074	7.10	247.25	98.9	1.1
FUENTE		0.68	247.93		

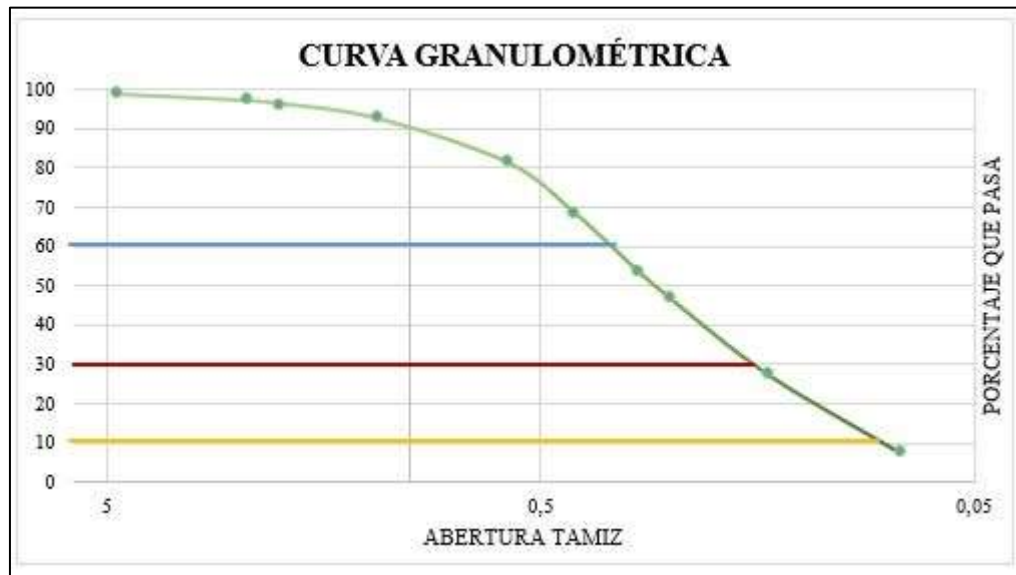


Parámetros Granulométricos			Porcentaje de Suelo		
D60 (mm)	0.51	CU	2.97	% Gravas	0
D30 (mm)	0.237	CC	0.64	% Arena	98.9
D10 (mm)	0.172			% Fino	1.1

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 60. Granulometría Muestra #08



		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación			
		Cantón: Pelileo Parroquia: La Matriz Sector: Clementina Vía: S/N	Estado de la Vía: Lastrada Muestra: #08 Realizado por: Eg. Amanda Porras Revisado por: Ing. Alex Frías		
GRANULOMETRÍA - AASHTO T 88 2013					
PESO MUESTRA SECA(gr):				250	
Tamiz N°	W retenido	W ret. + Acum.	% ret. Acum.	% pasa	
4	4.76	2.45	2.45	0.98	99.02
8	2.38	4.03	6.48	2.592	97.408
10	2	1.92	8.4	3.36	96.64
16	1.19	9.4	17.8	7.12	92.88
30	0.595	28.07	45.87	18.348	81.652
40	0.42	31.25	77.12	30.848	69.152
50	0.297	38.12	115.24	46.096	53.904
60	0.25	17.49	132.73	53.092	46.908
100	0.149	48.5	181.23	72.492	27.508
200	0.074	49.7	230.93	92.372	7.628
FUENTE		17.83	248.76		

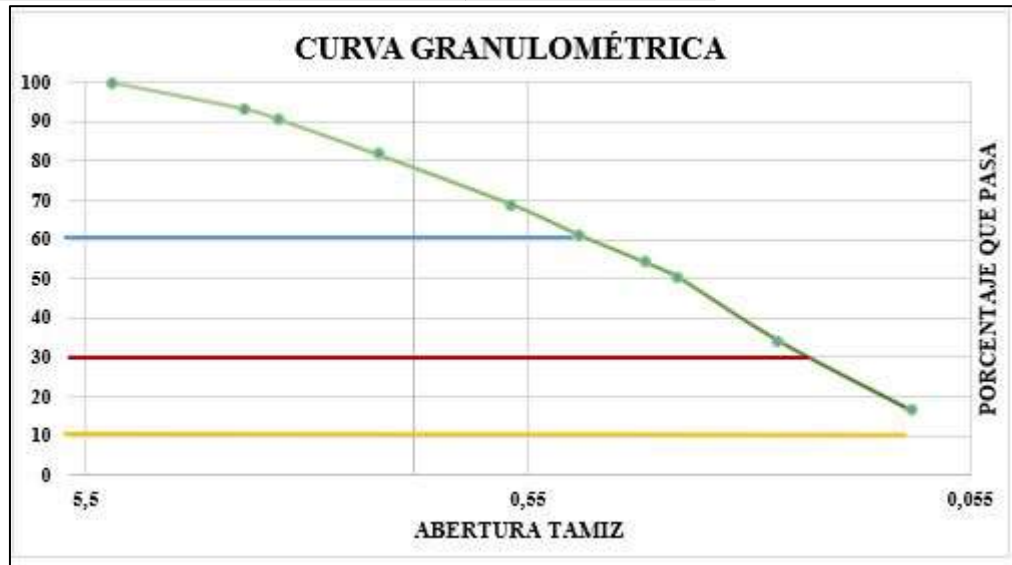


Parámetros Granulométricos			Porcentaje de Suelo		
D60 (mm)	0.34	CU	4.20	% Gravas	0.98
D30 (mm)	0.159	CC	0.92	% Arena	92.372
D10 (mm)	0.081			% Fino	7.628

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 61. Granulometría Muestra #09

		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación			
		Cantón: Pelileo Parroquia: Bolívar Sector: La Tranquilla Vía: S/N	Estado de la Vía: Camino de Tierra Muestra: #9 Realizado por: Eg. Amanda Porras Revisado por: Ing. Alex Frías		
GRANULOMETRÍA - AASHTO T 88 2013					
PESO MUESTRA SECA(gr):				250	
Tamiz N°	W retenido	W ret. + Acum.	% ret. Acum.	% pasa	
4	4.76	0	0	0	100
8	2.38	16.96	16.96	6.784	93.216
10	2	6.8	23.76	9.504	90.496
16	1.19	22.39	46.15	18.46	81.54
30	0.595	31.81	77.96	31.184	68.816
40	0.42	19.21	97.17	38.868	61.132
50	0.297	17.6	114.77	45.908	54.092
60	0.25	9.79	124.56	49.824	50.176
100	0.149	40.09	164.65	65.86	34.14
200	0.074	44.85	209.5	83.8	16.2
FUENTE		40.33	249.83		

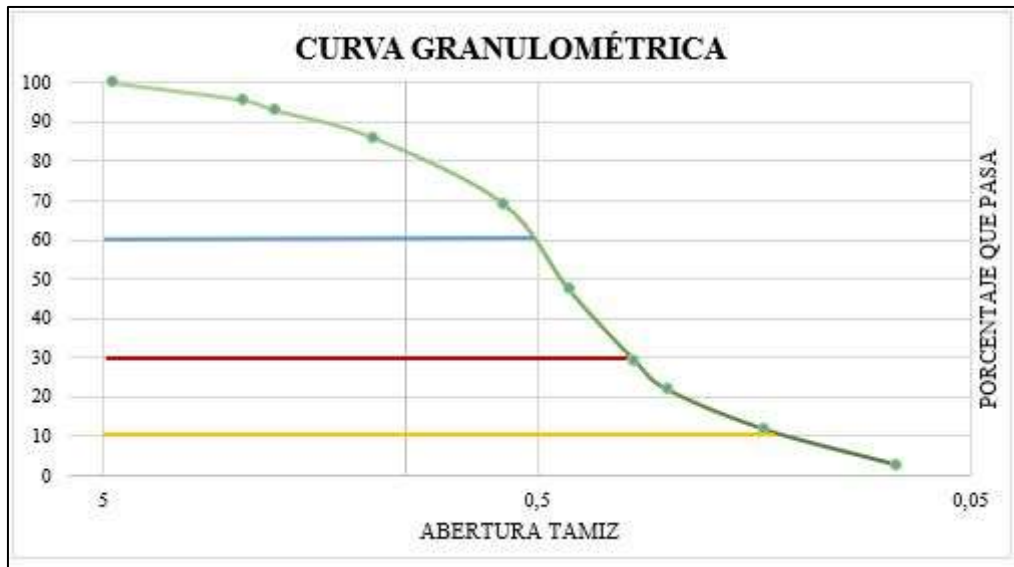


Parámetros Granulométricos			Porcentaje de Suelo		
D60 (mm)	0.405	CU	7.36	% Gravas	0
D30 (mm)	0.127	CC	0.72	% Arena	83.8
D10 (mm)	0.055			% Fino	16.2

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 62. Granulometría Muestra #10



		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación			
		Cantón: Pelileo Parroquia: Bolívar Sector: La Tranquilla Vía: S/N	Estado de la Vía: Camino de Tierra Muestra: #10 Realizado por: Eg. Amanda Porras Revisado por: Ing. Alex Frías		
GRANULOMETRÍA - AASHTO T 88 2013					
PESO MUESTRA SECA(gr):				250	
Tamiz N°		W retenido	W ret. + Acum.	% ret. Acum.	% pasa
4	4.76	0	0	0	100
8	2.38	10.97	10.97	4.388	95.612
10	2	6.56	17.53	7.012	92.988
16	1.19	17.29	34.82	13.928	86.072
30	0.595	42.12	76.94	30.776	69.224
40	0.42	54.81	131.75	52.7	47.3
50	0.297	44.91	176.66	70.664	29.336
60	0.25	18.44	195.1	78.04	21.96
100	0.149	25.56	220.66	88.264	11.736
200	0.074	22.55	243.21	97.284	2.716
FUENTE		3.34	246.55		

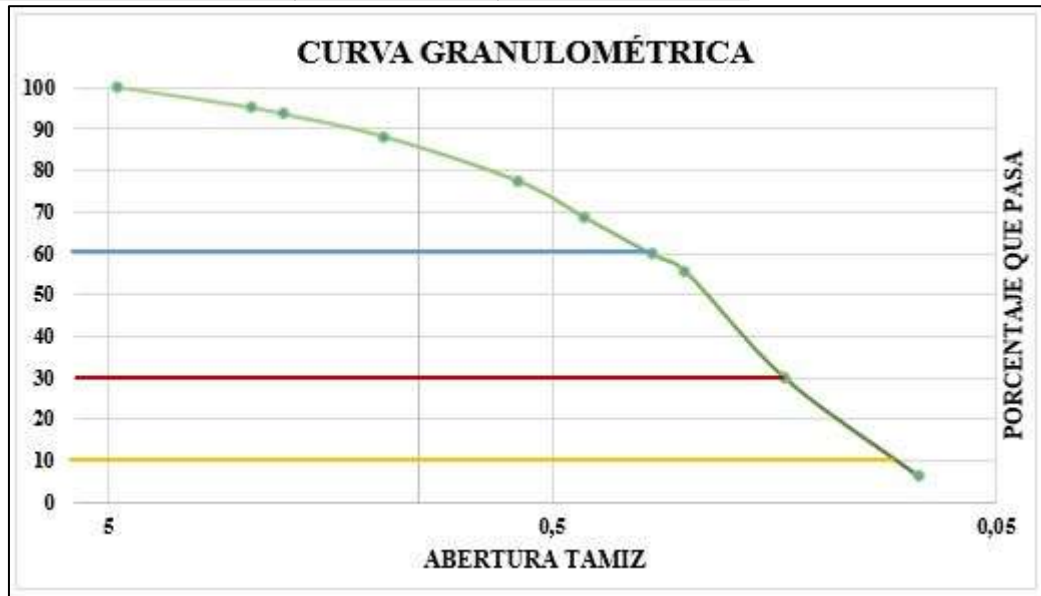


Parámetros Granulométricos		Porcentaje de Suelo	
D60 (mm)	0.5	CU	3.85
D30 (mm)	0.3	CC	1.38
D10 (mm)	0.13		
		% Gravas	0
		% Arena	97.284
		% Fino	2.716

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 63. Granulometría Muestra #11



		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación			
		Cantón: Pelileo Parroquia: La Matriz Sector: Huambalito Vía: Alonso Morales	Estado de la Vía: Camino de Tierra Muestra: #11 Realizado por: Eg. Amanda Porras Revisado por: Ing. Alex Frías		
GRANULOMETRÍA - AASHTO T 88 2013					
PESO MUESTRA SECA(gr):				250	
Tamiz N°	W retenido	W ret. + Acum.	% ret. Acum.	% pasa	
4	4.76	0	0	0	100
8	2.38	12.3	12.3	4.92	95.08
10	2	4.1	16.4	6.56	93.44
16	1.19	13.5	29.9	11.96	88.04
30	0.595	26.7	56.6	22.64	77.36
40	0.42	22.2	78.8	31.52	68.48
50	0.297	22.1	100.9	40.36	59.64
60	0.25	10.2	111.1	44.44	55.56
100	0.149	64.5	175.6	70.24	29.76
200	0.074	59.5	235.1	94.04	5.96
FUENTE		14.2	249.3		

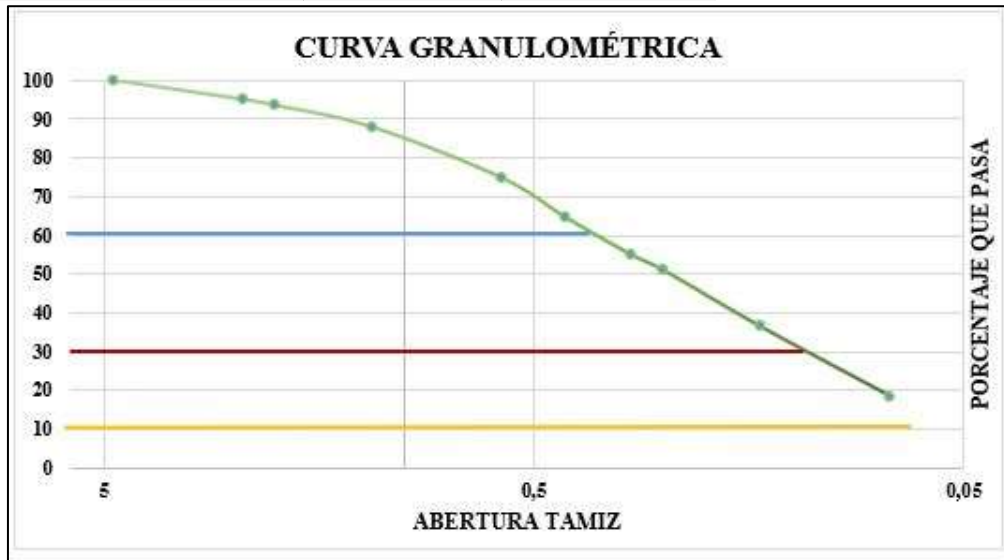


Parámetros Granulométricos			Porcentaje de Suelo		
D60 (mm)	0.297	CU	3.54	% Gravas	0
D30 (mm)	0.149	CC	0.89	% Arena	94.04
D10 (mm)	0.084			% Fino	5.96

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 64. Granulometría Muestra #12

		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación					
		Cantón: Pelileo Parroquia: Bolívar Sector: Huambalito Vía: Alonso Morales	Estado de la Vía: Camino de Tierra Muestra: #01 Realizado por: Eg. Amanda Porras Revisado por: Ing. Fricson Moreira				
GRANULOMETRÍA - AASHTO T 88 2013							
PESO MUESTRA SECA(gr):					250		
Tamiz N°	W retenido	W ret. + Acum.	% ret. Acum.	% pasa			
4	4.76	0	0	0	100		
8	2.38	12.45	12.45	4.98	95.02		
10	2	3.78	16.23	6.492	93.508		
16	1.19	13.97	30.2	12.08	87.92		
30	0.595	32.8	63	25.2	74.8		
40	0.42	25.94	88.94	35.576	64.424		
50	0.297	23.74	112.68	45.072	54.928		
60	0.25	9.96	122.64	49.056	50.944		
100	0.149	36.19	158.83	63.532	36.468		
200	0.074	45.25	204.08	81.632	18.368		
FUENTE		44.6	248.68				





Parámetros Granulométricos			Porcentaje de Suelo		
D60 (mm)	0.37	CU	7.25	% Gravas	0
D30 (mm)	0.115	CC	0.70	% Arena	81.632
D10 (mm)	0.051			% Fino	18.368

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo



DENSIDAD DE CAMPO

Tabla 65. Densidad de Campo Muestra #01

 <div style="text-align: center;"> Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación DENSIDAD DE CAMPO </div> 		
Sector: Gamboa	NORMAS	
Vía: S/N Asfaltada	AASHTO T-205	
Punto: 1	ASTM D 2167	
1. DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO		
Peso de la masa del suelo + funda plástica (gr)	1021	
Peso de la funda plástica (gr)	11	
Peso de la masa del suelo (gr)	1010	
2. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO		
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)	6136.36	
Lectura final frasco + cono + arena (gr)	4818.18	
Peso de arena en el cono (gr)	349	
Peso de arena en el hueco (gr)	969.18	
Calibración de la arena de Ottawa (gr/cm ³)	1.582	
Volumen de la masa (cm ³)	612.63	
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD		
Muestra	1	2
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)	342	333
Peso muestra seca + recipiente (gr)	300	291
Peso recipiente	53	54
Peso del agua	42	42
Peso del suelo seco	289	279
Contenido de humedad w%	14.53	15.05
Contenido de humedad promedio w%	14.79	
4. DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA (γ_m)		
Peso volumétrico de la masa (gr/cm ³)	1.649	
5. DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO (γ_d)		
Peso volumétrico seco (gr/cm ³)	1.436	
6. DETERMINACIÓN DE RELACIÓN DE VACÍOS		
Volumen del Sólido V _s (cm ³)	109.06	
Volumen del Sólido V _v (cm ³)	91.72	
Relación de Vacíos (e)	0.841	
7. DETERMINACIÓN DE LA POROSIDAD		
Porosidad (n%)	45.68	
8. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATURACIÓN DEL AGUA		
Grado de Saturación del agua (G _w %)	45.79	
9. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATURACIÓN DEL AIRE		
Grado de Saturación del aire (G _a %)	54.21	



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 66. Densidad de Campo Muestra #02

 Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación DENSIDAD DE CAMPO 		
Sector: Gamboa	NORMAS	
Vía: S/N Asfaltada	AASHTO T-205	
Punto: 2	ASTM D 2167	
1. DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO		
Peso de la masa del suelo + funda plástica (gr)	1051	
Peso de la funda plástica (gr)	11	
Peso de la masa del suelo (gr)	1040	
2. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO		
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)	4818.18	
Lectura final frasco + cono + arena (gr)	3500	
Peso de arena en el cono (gr)	349	
Peso de arena en el hueco (gr)	969.18	
Calibración de la arena de Ottawa (gr/cm ³)	1.582	
Volumen de la masa (cm ³)	612.63	
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD		
Muestra	1	2
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)	386	378
Peso muestra seca + recipiente (gr)	324	318
Peso recipiente	52	55
Peso del agua	62	60
Peso del suelo seco	334	323
Contenido de humedad w%	18.56	18.58
Contenido de humedad promedio w%	18.57	
4. DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA (γ_m)		
Peso volumétrico de la masa (gr/cm ³)	1.698	
5. DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO (γ_d)		
Peso volumétrico seco (gr/cm ³)	1.432	
6. DETERMINACIÓN DE RELACIÓN DE VACÍOS		
Volumen del Sólido V _s (cm ³)	126.04	
Volumen del Sólido V _v (cm ³)	107.23	
Relación de Vacíos (e)	0.851	
7. DETERMINACIÓN DE LA POROSIDAD		
Porosidad (n%)	45.97	
8. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATURACIÓN DEL AGUA		
Grado de Saturación del agua (G _w %)	57.82	
9. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATURACIÓN DEL AIRE		
Grado de Saturación del aire (G _a %)	42.18	



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 67. Densidad de Campo Muestra #03

 Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación DENSIDAD DE CAMPO			
Sector: Huaspamba	NORMAS		
Vía: S/N Asfaltada	AASHTO T-205		
Punto: 3	ASTM D 2167		
1. DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO			
Peso de la masa del suelo + funda plástica (gr)	1033		
Peso de la funda plástica (gr)	12		
Peso de la masa del suelo (gr)	1021		
2. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO			
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)	7409.09		
Lectura final frasco + cono + arena (gr)	6090.91		
Peso de arena en el cono (gr)	349		
Peso de arena en el hueco (gr)	969.18		
Calibración de la arena de Ottawa (gr/cm ³)	1.582		
Volumen de la masa (cm ³)	612.63		
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Muestra	1	2	
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)	272	312	
Peso muestra seca + recipiente (gr)	251	285	
Peso recipiente	33	33	
Peso del agua	21	27	
Peso del suelo seco	239	279	
Contenido de humedad w%	8.79	9.68	
Contenido de humedad promedio w%	9.23		
4. DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA (γ_m)			
Peso volumétrico de la masa (gr/cm ³)	1.667		
5. DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO (γ_d)			
Peso volumétrico seco (gr/cm ³)	1.526		
6. DETERMINACIÓN DE RELACIÓN DE VACÍOS			
Volumen del Sólido V _s (cm ³)	90.19		
Volumen del Sólido V _v (cm ³)	65.82		
Relación de Vacíos (e)	0.730		
7. DETERMINACIÓN DE LA POROSIDAD			
Porosidad (n%)	42.19		
8. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATURACIÓN DEL AGUA			
Grado de Saturación del agua (G _w %)	31.91		
9. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATURACIÓN DEL AIRE			
Grado de Saturación del aire (G _a %)	68.09		



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 68. Densidad de Campo Muestra #04

 <p style="text-align: center;"> Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación DENSIDAD DE CAMPO </p> 		
Sector: Huaspamba	NORMAS	
Vía: S/N Asfaltada	AASHTO T-205	
Punto: 4	ASTM D 2167	
1. DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO		
Peso de la masa del suelo + funda plástica (gr)	1532	
Peso de la funda plástica (gr)	11	
Peso de la masa del suelo (gr)	1521	
2. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO		
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)	6090.91	
Lectura final frasco + cono + arena (gr)	4272.73	
Peso de arena en el cono (gr)	349	
Peso de arena en el hueco (gr)	1469.18	
Calibración de la arena de Ottawa (gr/cm ³)	1.582	
Volumen de la masa (cm ³)	928.69	
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD		
Muestra	1	2
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)	349	332
Peso muestra seca + recipiente (gr)	335	319
Peso recipiente	36	36
Peso del agua	14	13
Peso del suelo seco	313	296
Contenido de humedad w%	4.47	4.39
Contenido de humedad promedio w%	4.43	
4. DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA (γ_m)		
Peso volumétrico de la masa (gr/cm ³)	1.638	
5. DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO (γ_d)		
Peso volumétrico seco (gr/cm ³)	1.568	
6. DETERMINACIÓN DE RELACIÓN DE VACÍOS		
Volumen del Sólido Vs (cm ³)	118.11	
Volumen del Sólido Vv (cm ³)	81.54	
Relación de Vacíos (e)	0.690	
7. DETERMINACIÓN DE LA POROSIDAD		
Porosidad (n%)	40.84	
8. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATURACIÓN DEL AGUA		
Grado de Saturación del agua (Gw%)	17.17	
9. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATURACIÓN DEL AIRE		
Grado de Saturación del aire (Ga%)	82.83	



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 69. Densidad de Campo Muestra #05

 <div style="text-align: center;"> Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación DENSIDAD DE CAMPO </div> 		
Sector: La Cocha	NORMAS	
Vía: S/N Asfaltada	AASHTO T-205	
Punto: 5	ASTM D 2167	
1. DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO		
Peso de la masa del suelo + funda plástica (gr)	938	
Peso de la funda plástica (gr)	10	
Peso de la masa del suelo (gr)	928	
2. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO		
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)	5909.09	
Lectura final frasco + cono + arena (gr)	4818.18	
Peso de arena en el cono (gr)	349	
Peso de arena en el hueco (gr)	741.91	
Calibración de la arena de Ottawa (gr/cm ³)	1.582	
Volumen de la masa (cm ³)	468.97	
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD		
Muestra	1	2
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)	507	443
Peso muestra seca + recipiente (gr)	456	397
Peso recipiente	41	41
Peso del agua	51	46
Peso del suelo seco	466	402
Contenido de humedad w%	10.94	11.44
Contenido de humedad promedio w%	11.19	
4. DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA (γ_m)		
Peso volumétrico de la masa (gr/cm ³)	1.979	
5. DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO (γ_d)		
Peso volumétrico seco (gr/cm ³)	1.780	
6. DETERMINACIÓN DE RELACIÓN DE VACÍOS		
Volumen del Sólido V _s (cm ³)	175.85	
Volumen del Sólido V _v (cm ³)	85.42	
Relación de Vacíos (e)	0.486	
7. DETERMINACIÓN DE LA POROSIDAD		
Porosidad (n%)	32.69	
8. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATURACIÓN DEL AGUA		
Grado de Saturación del agua (G _w %)	59.71	
9. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATURACIÓN DEL AIRE		
Grado de Saturación del aire (G _a %)	40.29	



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 70. Densidad de Campo Muestra #06

 <div style="text-align: center;"> Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación DENSIDAD DE CAMPO </div> 		
Sector: La Cocha	NORMAS	
Vía: S/N Asfaltada	AASHTO T-205	
Punto: 6	ASTM D 2167	
1. DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO		
Peso de la masa del suelo + funda plástica (gr)	1179	
Peso de la funda plástica (gr)	12	
Peso de la masa del suelo (gr)	1167	
2. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO		
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)	8772.73	
Lectura final frasco + cono + arena (gr)	7363.64	
Peso de arena en el cono (gr)	349	
Peso de arena en el hueco (gr)	1060.09	
Calibración de la arena de Ottawa (gr/cm ³)	1.582	
Volumen de la masa (cm ³)	670.09	
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD		
Muestra	1	2
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)	313	333
Peso muestra seca + recipiente (gr)	253	271
Peso recipiente	30	30
Peso del agua	60	62
Peso del suelo seco	283	303
Contenido de humedad w%	21.20	20.46
Contenido de humedad promedio w%	20.83	
4. DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA (γ_m)		
Peso volumétrico de la masa (gr/cm ³)	1.742	
5. DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO (γ_d)		
Peso volumétrico seco (gr/cm ³)	1.441	
6. DETERMINACIÓN DE RELACIÓN DE VACÍOS		
Volumen del Sólido V _s (cm ³)	106.79	
Volumen del Sólido V _v (cm ³)	90.16	
Relación de Vacíos (e)	0.844	
7. DETERMINACIÓN DE LA POROSIDAD		
Porosidad (n%)	45.78	
8. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATURACIÓN DEL AGUA		
Grado de Saturación del agua (G _w %)	66.55	
9. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATURACIÓN DEL AIRE		
Grado de Saturación del aire (G _a %)	33.45	



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 71. Densidad de Campo Muestra #07

 <div style="text-align: center;"> Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación DENSIDAD DE CAMPO </div> 		
Sector: La Clementina	NORMAS	
Vía: S/N Camino de Tierra	AASHTO T-205	
Punto: 7	ASTM D 2167	
1. DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO		
Peso de la masa del suelo + funda plástica (gr)	910	
Peso de la funda plástica (gr)	11	
Peso de la masa del suelo (gr)	899	
2. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO		
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)	7318.18	
Lectura final frasco + cono + arena (gr)	6136.36	
Peso de arena en el cono (gr)	349	
Peso de arena en el hueco (gr)	832.82	
Calibración de la arena de Ottawa (gr/cm ³)	1.582	
Volumen de la masa (cm ³)	526.43	
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD		
Muestra	1	2
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)	295	278
Peso muestra seca + recipiente (gr)	241	255
Peso recipiente	35	33
Peso del agua	54	23
Peso del suelo seco	260	245
Contenido de humedad w%	20.77	9.39
Contenido de humedad promedio w%	15.08	
4. DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA (γ_m)		
Peso volumétrico de la masa (gr/cm ³)	1.708	
5. DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO (γ_d)		
Peso volumétrico seco (gr/cm ³)	1.484	
6. DETERMINACIÓN DE RELACIÓN DE VACÍOS		
Volumen del Sólido V _s (cm ³)	98.11	
Volumen del Sólido V _v (cm ³)	85.76	
Relación de Vacíos (e)	0.874	
7. DETERMINACIÓN DE LA POROSIDAD		
Porosidad (n%)	46.64	
8. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATURACIÓN DEL AGUA		
Grado de Saturación del agua (G _w %)	62.97	
9. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATURACIÓN DEL AIRE		
Grado de Saturación del aire (G _a %)	37.03	



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 72. Densidad de Campo Muestra #08

 Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación DENSIDAD DE CAMPO 		
Sector: La Clementina	NORMAS	
Vía: S/N Camino de Tierra	AASHTO T-205	
Punto: 8	ASTM D 2167	
1. DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO		
Peso de la masa del suelo + funda plástica (gr)	910	
Peso de la funda plástica (gr)	11	
Peso de la masa del suelo (gr)	899	
2. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO		
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)	6136.36	
Lectura final frasco + cono + arena (gr)	4954.55	
Peso de arena en el cono (gr)	349	
Peso de arena en el hueco (gr)	832.81	
Calibración de la arena de Ottawa (gr/cm ³)	1.582	
Volumen de la masa (cm ³)	526.43	
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD		
Muestra	1	2
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)	258	243
Peso muestra seca + recipiente (gr)	212	200
Peso recipiente	33	33
Peso del agua	46	43
Peso del suelo seco	225	210
Contenido de humedad w%	20.44	20.48
Contenido de humedad promedio w%	20.46	
4. DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA (γ_m)		
Peso volumétrico de la masa (gr/cm ³)	1.708	
5. DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO (γ_d)		
Peso volumétrico seco (gr/cm ³)	1.418	
6. DETERMINACIÓN DE RELACIÓN DE VACÍOS		
Volumen del Sólido V _s (cm ³)	84.91	
Volumen del Sólido V _v (cm ³)	73.78	
Relación de Vacíos (e)	0.869	
7. DETERMINACIÓN DE LA POROSIDAD		
Porosidad (n%)	46.50	
8. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATURACIÓN DEL AGUA		
Grado de Saturación del agua (G _w %)	62.34	
9. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATURACIÓN DEL AIRE		
Grado de Saturación del aire (G _a %)	37.66	



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 73. Densidad de Campo Muestra #09

 <div style="text-align: center;"> Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación DENSIDAD DE CAMPO </div> 		
Sector: La Tranquilla	NORMAS	
Vía: S/N Camino de Tierra	AASHTO T-205	
Punto: 9	ASTM D 2167	
1. DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO		
Peso de la masa del suelo + funda plástica (gr)	1287	
Peso de la funda plástica (gr)	11	
Peso de la masa del suelo (gr)	1276	
2. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO		
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)	8863.64	
Lectura final frasco + cono + arena (gr)	7409.09	
Peso de arena en el cono (gr)	349	
Peso de arena en el hueco (gr)	1105.55	
Calibración de la arena de Ottawa (gr/cm ³)	1.582	
Volumen de la masa (cm ³)	698.83	
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD		
Muestra	1	2
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)	455	408
Peso muestra seca + recipiente (gr)	372	336
Peso recipiente	41	38
Peso del agua	83	72
Peso del suelo seco	414	370
Contenido de humedad w%	20.05	19.46
Contenido de humedad promedio w%	19.75	
4. DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA (γ_m)		
Peso volumétrico de la masa (gr/cm ³)	1.826	
5. DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO (γ_d)		
Peso volumétrico seco (gr/cm ³)	1.525	
6. DETERMINACIÓN DE RELACIÓN DE VACÍOS		
Volumen del Sólido V _s (cm ³)	156.23	
Volumen del Sólido V _v (cm ³)	115.97	
Relación de Vacíos (e)	0.742	
7. DETERMINACIÓN DE LA POROSIDAD		
Porosidad (n%)	42.60	
8. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATURACIÓN DEL AGUA		
Grado de Saturación del agua (G _w %)	71.57	
9. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATURACIÓN DEL AIRE		
Grado de Saturación del aire (G _a %)	28.43	



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 74. Densidad de Campo Muestra #10

 Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación DENSIDAD DE CAMPO			
Sector: La Tranquilla	NORMAS		
Vía: S/N Camino de Tierra	AASHTO T-205		
Punto: 10	ASTM D 2167		
1. DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO			
Peso de la masa del suelo + funda plástica (gr)	1273		
Peso de la funda plástica (gr)	11		
Peso de la masa del suelo (gr)	1262		
2. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO			
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)	7409.09		
Lectura final frasco + cono + arena (gr)	5909.09		
Peso de arena en el cono (gr)	349		
Peso de arena en el hueco (gr)	1151		
Calibración de la arena de Ottawa (gr/cm ³)	1.582		
Volumen de la masa (cm ³)	727.56		
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Muestra	1	2	
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)	438	418	
Peso muestra seca + recipiente (gr)	364	343	
Peso recipiente	39	41	
Peso del agua	74	75	
Peso del suelo seco	399	377	
Contenido de humedad w%	18.55	19.89	
Contenido de humedad promedio w%	19.22		
4. DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA (γ_m)			
Peso volumétrico de la masa (gr/cm ³)	1.735		
5. DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO (γ_d)			
Peso volumétrico seco (gr/cm ³)	1.455		
6. DETERMINACIÓN DE RELACIÓN DE VACÍOS			
Volumen del Sólido V _s (cm ³)	150.57		
Volumen del Sólido V _v (cm ³)	122.12		
Relación de Vacíos (e)	0.811		
7. DETERMINACIÓN DE LA POROSIDAD			
Porosidad (n%)	44.79		
8. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATURACIÓN DEL AGUA			
Grado de Saturación del agua (G _w %)	60.59		
9. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATURACIÓN DEL AIRE			
Grado de Saturación del aire (G _a %)	39.41		



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 75. Densidad de Campo Muestra #11

 <div style="text-align: center;"> Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación DENSIDAD DE CAMPO </div> 		
Sector: Huambalito	NORMAS	
Vía: S/N Asfaltada	AASHTO T-205	
Punto: 10	ASTM D 2167	
1. DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO		
Peso de la masa del suelo + funda plástica (gr)	922	
Peso de la funda plástica (gr)	11	
Peso de la masa del suelo (gr)	911	
2. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO		
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)	4272.73	
Lectura final frasco + cono + arena (gr)	3090.91	
Peso de arena en el cono (gr)	349	
Peso de arena en el hueco (gr)	832.82	
Calibración de la arena de Ottawa (gr/cm ³)	1.582	
Volumen de la masa (cm ³)	526.43	
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD		
Muestra	1	2
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)	246	272
Peso muestra seca + recipiente (gr)	224	249
Peso recipiente	33	34
Peso del agua	22	23
Peso del suelo seco	213	238
Contenido de humedad w%	10.33	9.66
Contenido de humedad promedio w%	10.00	
4. DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA (γ_m)		
Peso volumétrico de la masa (gr/cm ³)	1.731	
5. DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO (γ_d)		
Peso volumétrico seco (gr/cm ³)	1.573	
6. DETERMINACIÓN DE RELACIÓN DE VACÍOS		
Volumen del Sólido V _s (cm ³)	80.38	
Volumen del Sólido V _v (cm ³)	55.42	
Relación de Vacíos (e)	0.690	
7. DETERMINACIÓN DE LA POROSIDAD		
Porosidad (n%)	40.81	
8. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATURACIÓN DEL AGUA		
Grado de Saturación del agua (G _w %)	39.70	
9. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATURACIÓN DEL AIRE		
Grado de Saturación del aire (G _a %)	60.30	

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 76. Densidad de Campo Muestra #12

 Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación DENSIDAD DE CAMPO 		
Sector: Huambalito	NORMAS	
Vía: S/N Asfaltada	AASHTO T-205	
Punto: 2	ASTM D 2167	
1. DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO		
Peso de la masa del suelo + funda plástica (gr)	910	
Peso de la funda plástica (gr)	10	
Peso de la masa del suelo (gr)	900	
2. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO		
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)	7363.64	
Lectura final frasco + cono + arena (gr)	6136.34	
Peso de arena en el cono (gr)	349	
Peso de arena en el hueco (gr)	878.3	
Calibración de la arena de Ottawa (gr/cm ³)	1.582	
Volumen de la masa (cm ³)	555.18	
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD		
Muestra	1	2
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)	339	337
Peso muestra seca + recipiente (gr)	309	309
Peso recipiente	47	54
Peso del agua	30	28
Peso del suelo seco	292	283
Contenido de humedad w%	10.27	9.89
Contenido de humedad promedio w%	10.08	
4. DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA (γ_m)		
Peso volumétrico de la masa (gr/cm ³)	1.621	
5. DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO (γ_d)		
Peso volumétrico seco (gr/cm ³)	1.473	
6. DETERMINACIÓN DE RELACIÓN DE VACÍOS		
Volumen del Sólido V _s (cm ³)	110.19	
Volumen del Sólido V _v (cm ³)	88.44	
Relación de Vacíos (e)	0.803	
7. DETERMINACIÓN DE LA POROSIDAD		
Porosidad (n%)	44.53	
8. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATURACIÓN DEL AGUA		
Grado de Saturación del agua (G _w %)	33.92	
9. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATURACIÓN DEL AIRE		
Grado de Saturación del aire (G _a %)	66.08	

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

GRAVEDAD ESPECÍFICA

Tabla 77. Gravedad Específica Muestra #01



Universidad Técnica de Ambato
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
Carrera de Ingeniería Civil
Proyecto de Titulación



Cantón:	Pelileo	Estado de la Vía:	Camino de Tierra
Parroquia:	Bolívar	Muestra:	#01
Sector:	Gamboa	Realizado por:	Eg. Amanda Porras
Vía:	S/N	Revisado por:	Ing. Alex Frías

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	660
Pg + agua + suelo sumergido Wbws	685
Desplazamiento agua Ws+Wbw-Wbws	15.1
Temperatura del agua y suelo (C°)	19.1
Factor de corrección por temperatura K	0.9984
OBTENCIÓN DE SÓLIDOS	
Recip + peso suelo seco	104.0
Peso del recipiente	63.9
Peso suelo seco Ws	40.1
Gravedad Específica	2.651

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 78. Gravedad Específica Muestra #02



Universidad Técnica de Ambato
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
Carrera de Ingeniería Civil
Proyecto de Titulación



Cantón:	Pelileo	Estado de la Vía:	Camino de Tierra
Parroquia:	Bolívar	Muestra:	#02
Sector:	Gamboa	Realizado por:	Eg. Amanda Porras
Vía:	S/N	Revisado por:	Ing. Alex Frías

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	660
Pg + agua + suelo sumergido Wbws	686
Desplazamiento agua Ws+Wbw-Wbws	15.6
Temperatura del agua y suelo (C°)	23
Factor de corrección por temperatura K	0.9976
OBTENCIÓN DE SÓLIDOS	
Recip + peso suelo seco	105.6
Peso del recipiente	64.0
Peso suelo seco Ws	41.6
Gravedad Específica	2.660

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 79. Gravedad Específica Muestra #03



Universidad Técnica de Ambato
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
Carrera de Ingeniería Civil
Proyecto de Titulación



Cantón:	Pelileo	Estado de la Vía:	Camino de Tierra
Parroquia:	Bolívar	Muestra:	#03
Sector:	Huasipamba	Realizado por:	Eg. Amanda Porras
Vía:	S/N	Revisado por:	Ing. Alex Frías

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	660
Pg + agua + suelo sumergido Wbws	688
Desplazamiento agua Ws+Wbw-Wbws	16.9
Temperatura del agua y suelo (C°)	20
Factor de corrección por temperatura K	0.9982
OBTENCIÓN DE SÓLIDOS	
Recip + peso suelo seco	106.9
Peso del recipiente	62.0
Peso suelo seco Ws	44.9
Gravedad Específica	2.652

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 80. Gravedad Específica Muestra #04



Universidad Técnica de Ambato
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
Carrera de Ingeniería Civil
Proyecto de Titulación



Cantón:	Pelileo	Estado de la Vía:	Camino de Tierra
Parroquia:	Bolívar	Muestra:	#04
Sector:	Huasipamba	Realizado por:	Eg. Amanda Porras
Vía:	S/N	Revisado por:	Ing. Alex Frías

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	660
Pg + agua + suelo sumergido Wbws	687
Desplazamiento agua Ws+Wbw-Wbws	16.2
Temperatura del agua y suelo (C°)	18
Factor de corrección por temperatura K	0.9986
OBTENCIÓN DE SÓLIDOS	
Recip + peso suelo seco	104.2
Peso del recipiente	61.0
Peso suelo seco Ws	43.2
Gravedad Específica	2.663

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 81. Gravedad Específica Muestra #05



Universidad Técnica de Ambato
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
Carrera de Ingeniería Civil
Proyecto de Titulación



Cantón: Pelileo **Estado de la Vía:** Asfaltada
Parroquia: Bolívar **Muestra:** #05
Sector: La Cocha **Realizado por:** Eg. Amanda Porras
Vía: S/N **Revisado por:** Ing. Alex Frías

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	660
Pg + agua + suelo sumergido Wbws	688
Desplazamiento agua Ws+Wbw-Wbws	16.8
Temperatura del agua y suelo (C°)	19
Factor de corrección por temperatura K	0.9984
OBTENCIÓN DE SÓLIDOS	
Recip + peso suelo seco	107.8
Peso del recipiente	63.0
Peso suelo seco Ws	44.8
Gravedad Específica	2.662

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 82. Gravedad Específica Muestra #06



Universidad Técnica de Ambato
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
Carrera de Ingeniería Civil
Proyecto de Titulación



Cantón:	Pelileo	Estado de la Vía:	Asfaltada
Parroquia:	Bolívar	Muestra:	#06
Sector:	La Cocha	Realizado por:	Eg. Amanda Porras
Vía:	S/N	Revisado por:	Ing. Alex Frías

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	660
Pg + agua + suelo sumergido Wbws	687
Desplazamiento agua Ws+Wbw-Wbws	16.3
Temperatura del agua y suelo (C°)	18
Factor de corrección por temperatura K	0.9986
OBTENCIÓN DE SÓLIDOS	
Recip + peso suelo seco	104.3
Peso del recipiente	61.0
Peso suelo seco Ws	43.3
Gravedad Específica	2.653

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 83. Gravedad Específica Muestra #07



Universidad Técnica de Ambato
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
Carrera de Ingeniería Civil
Proyecto de Titulación



Cantón:	Pelileo	Estado de la Vía:	Lastrada
Parroquia:	Bolívar	Muestra:	#07
Sector:	Clementina	Realizado por:	Eg. Amanda Porras
Vía:	S/N	Revisado por:	Ing. Alex Frías

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	660
Pg + agua + suelo sumergido Wbws	686
Desplazamiento agua Ws+Wbw-Wbws	15.7
Temperatura del agua y suelo (C°)	18
Factor de corrección por temperatura K	0.9986
OBTENCIÓN DE SÓLIDOS	
Recip + peso suelo seco	104.7
Peso del recipiente	63
Peso suelo seco Ws	41.7
Gravedad Específica	2.652

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 84. Gravedad Específica #08



Universidad Técnica de Ambato
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
Carrera de Ingeniería Civil
Proyecto de Titulación



Cantón:	Pelileo	Estado de la Vía:	Lastrada
Parroquia:	Bolívar	Muestra:	#08
Sector:	Clementina	Realizado por:	Eg. Amanda Porras
Vía:	S/N	Revisado por:	Ing. Alex Frías

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	660
Pg + agua + suelo sumergido Wbws	686
Desplazamiento agua Ws+Wbw-Wbws	15.7
Temperatura del agua y suelo (C°)	18
Factor de corrección por temperatura K	0.9986
OBTENCIÓN DE SÓLIDOS	
Recip + peso suelo seco	100.5
Peso del recipiente	58.8
Peso suelo seco Ws	41.7
Gravedad Específica	2.652

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 85. Gravedad Específica Muestra #09



Universidad Técnica de Ambato
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
Carrera de Ingeniería Civil
Proyecto de Titulación



Cantón:	Pelileo	Estado de la Vía:	Camino de Tierra
Parroquia:	La Matriz	Muestra:	#09
Sector:	La Tranquilla	Realizado por:	Eg. Amanda Porras
Vía:	S/N	Revisado por:	Ing. Alex Frías

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	660
Pg + agua + suelo sumergido Wbws	685
Desplazamiento agua Ws+Wbw-Wbws	15.1
Temperatura del agua y suelo (C°)	19
Factor de corrección por temperatura K	0.9984
OBTENCIÓN DE SÓLIDOS	
Recip + peso suelo seco	104.1
Peso del recipiente	64
Peso suelo seco Ws	40.1
Gravedad Específica	2.651

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 86. Gravedad Específica Muestra #10



Universidad Técnica de Ambato
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
Carrera de Ingeniería Civil
Proyecto de Titulación



Cantón:	Pelileo	Estado de la Vía:	Camino de Tierra
Parroquia:	La Matriz	Muestra:	#10
Sector:	La Tranquilla	Realizado por:	Eg. Amanda Porras
Vía:	S/N	Revisado por:	Ing. Alex Frías

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	660
Pg + agua + suelo sumergido Wbws	686
Desplazamiento agua Ws+Wbw-Wbws	15.7
Temperatura del agua y suelo (C°)	23
Factor de corrección por temperatura K	0.9976
OBTENCIÓN DE SÓLIDOS	
Recip + peso suelo seco	105.7
Peso del recipiente	64
Peso suelo seco Ws	41.7
Gravedad Específica	2.650

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 87. Gravedad Específica Muestra #11



Universidad Técnica de Ambato
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
Carrera de Ingeniería Civil
Proyecto de Titulación



Cantón: Pelileo **Estado de la Vía:** Camino de Tierra
Parroquia: La Matriz **Muestra:** #11
Sector: Huambalito **Realizado por:** Eg. Amanda Porras
Vía: Alonso Morales **Revisado por:** Ing. Alex Frías

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	660
Pg + agua + suelo sumergido Wbws	688
Desplazamiento agua Ws+Wbw-Wbws	16.8
Temperatura del agua y suelo (C°)	19
Factor de corrección por temperatura K	0.9984
OBTENCIÓN DE SÓLIDOS	
Recip + peso suelo seco	107.8
Peso del recipiente	63
Peso suelo seco Ws	44.8
Gravedad Específica	2.662

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 88. Gravedad Específica Muestra #12



Universidad Técnica de Ambato
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
Carrera de Ingeniería Civil
Proyecto de Titulación



Cantón:	Pelileo	Estado de la Vía:	Camino de Tierra
Parroquia:	La Matriz	Muestra:	#12
Sector:	Huambalito	Realizado por:	Eg. Amanda Porras
Vía:	Alonso Morales	Revisado por:	Ing. Alex Frías



ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	660
Pg + agua + suelo sumergido Wbws	687
Desplazamiento agua Ws+Wbw-Wbws	16.3
Temperatura del agua y suelo (C°)	19
Factor de corrección por temperatura K	0.9984
OBTENCIÓN DE SÓLIDOS	
Recip + peso suelo seco	94.3
Peso del recipiente	51
Peso suelo seco Ws	43.3
Gravedad Específica	2.652

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

LÍMITES DE ATTERBERG

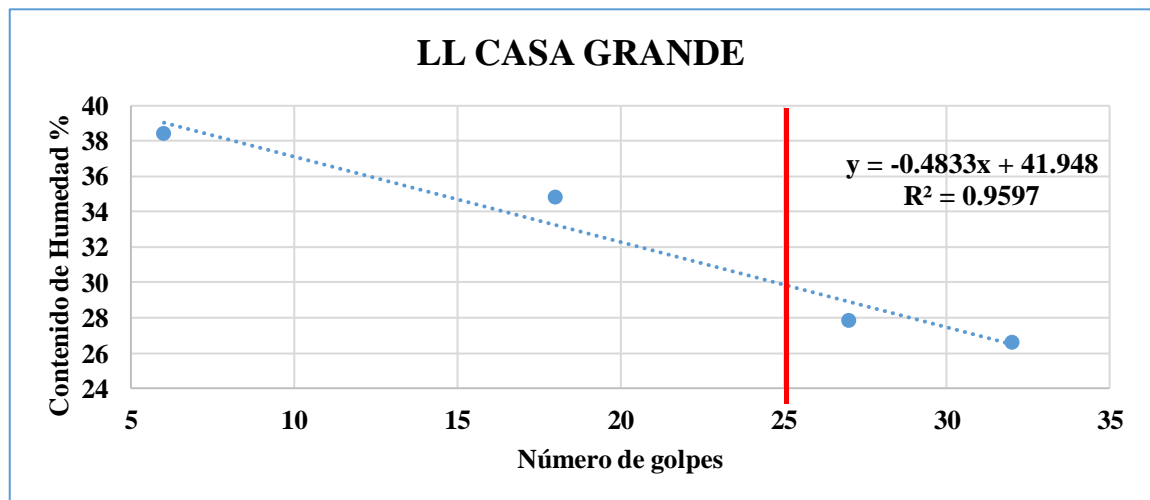
Tabla 89. Límites de Atterberg Muestra #01

		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación			
Cantón:	Pelileo	Estado de la Vía:	Camino de Tierra		
Parroquia:	Bolívar	Muestra:	#01		
Sector:	Gamboa	Realizado por:	Eg. Amanda Porras		
Vía:	S/N	Revisado por:	Ing. Alex Frías		

LÍMITES DE ATTERGERB								
Recipient	Peso	# Golpes	Muestra	Muestra	Peso Agua	Peso	w%	w%
5LP	22.0	6	43.0	37.0	6.0	15.0	40.00	38.42
AP9	10.0		36.0	29.0	7.0	19.0	36.84	
4LL	22.0	18	53.0	45.0	8.0	23.0	34.78	34.78
1LL	22.0		53.0	45.0	8.0	23.0	34.78	
2LL	22.0	27	44.0	39.0	5.0	17.0	29.41	27.86
3LL	21.0		45.0	40.0	5.0	19.0	26.32	
AP10	10.0	32	36.0	31.0	5.0	21.0	23.81	26.61
AP11	10.0		32.0	27.0	5.0	17.0	29.41	



LÍMITE PLÁSTICO								
4	10.2		11.2	11.0	0.2	0.8	25.00	27.54
5	11.0		11.9	11.7	0.2	0.7	28.57	
6	10.8		11.6	11.4	0.2	0.6	33.33	
7	10.8		11.9	11.7	0.2	0.9	22.22	
8	10.6		11.5	11.3	0.2	0.7	28.57	

RESULTADOS		
Límite Líquido %	29.87	
Límite Plástico %	27.54	
Índice de Plasticidad	2.33	



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 90. Límites de Atterberg Muestra #02

		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación			
Cantón:	Pelileo	Estado de la Vía:	Camino de Tierra		
Parroquia:	Bolívar	Muestra:	#02		
Sector:	Gamboa	Realizado por:	Eg. Amanda Porras		
Vía:	S/N	Revisado por:	Ing. Alex Frías		

LÍMITES DE ATTERGERB								
Recipient	Peso	# Golpes	Muestra	Muestra	Peso Agua	Peso	w%	w%
CL4	33.0	13	66.0	58.0	8.0	25.0	32.00	31.22
B2	34.0		64.0	57.0	7.0	23.0	30.43	
S6	6.0	21	37.0	30.0	7.0	24.0	29.17	27.92
SR2	6.0		44.0	36.0	8.0	30.0	26.67	
LP4	6.0	29	41.0	34.0	7.0	28.0	25.00	24.04
LP5	6.0		38.0	32.0	6.0	26.0	23.08	
T1	10.0	37	37.0	32.0	5.0	22.0	22.73	22.47
T2	6.0		28.0	24.0	4.0	18.0	22.22	

LÍMITE PLÁSTICO								
12	10.0		11.3	11.1	0.2	1.1	18.18	22.80
14	10.5		11.7	11.5	0.2	1.0	20.00	
11	10.7		11.6	11.4	0.2	0.7	28.57	
10	10.5		11.6	11.4	0.2	0.9	22.22	
P1	10.7		11.7	11.5	0.2	0.8	25.00	

RESULTADOS	
Límite Líquido %	26.41
Limite Plástico %	22.80
Índice de Plasticidad	3.61

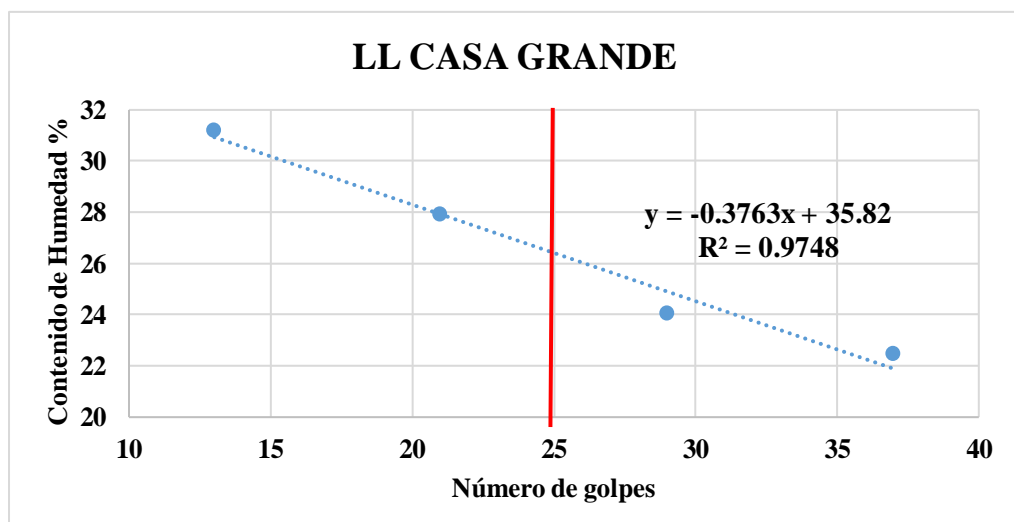




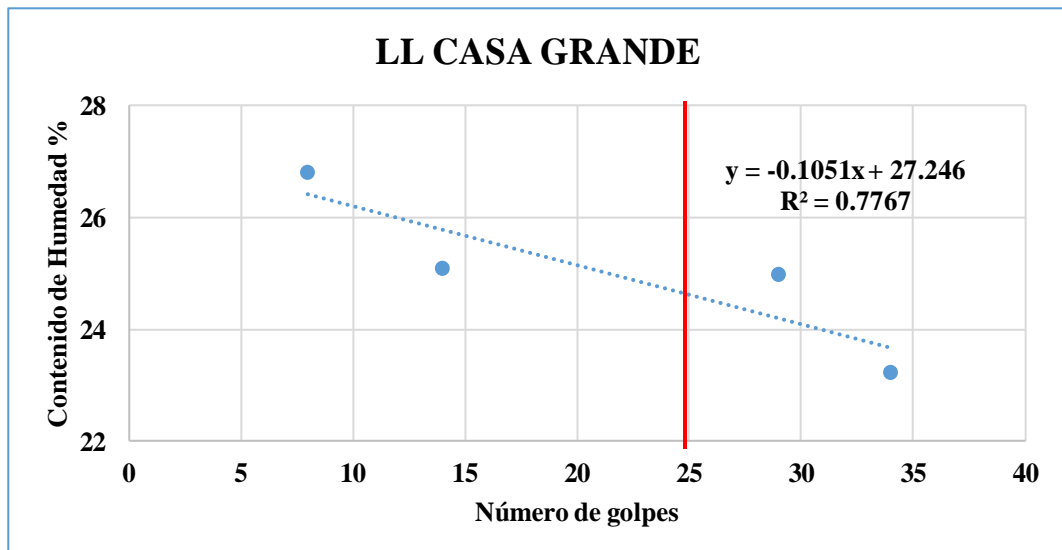
Tabla 91. Límites de Atterberg Muestra #03

		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación			
		Cantón: Pelileo Parroquia: Bolívar Sector: Huasipamba Vía: S/N	Estado de la Vía: Camino de Tierra Muestra: #03 Realizado por: Eg. Amanda Porras Revisado por: Ing. Alex Frías		

LÍMITES DE ATTERGERB								
Recipient	Peso	# Golpes	Muestra	Muestra	Peso Agua	Peso	w%	w%
AP1	10.0	8	52.0	43.0	9.0	33.0	27.27	26.79
AP2	9.0		57.0	47.0	10.0	38.0	26.32	
AP3	10.0	14	57.0	48.0	9.0	38.0	23.68	25.08
AP4	10.0		53.0	44.0	9.0	34.0	26.47	
AP5	10.0	29	44.0	37.0	7.0	27.0	25.93	24.96
AP6	9.0		40.0	34.0	6.0	25.0	24.00	
AP7	11.0	34	41.0	35.0	6.0	24.0	25.00	23.21
AP8	11.0		45.0	39.0	6.0	28.0	21.43	



LÍMITE PLÁSTICO								
64	10.5		11.5	11.3	0.2	0.80	25.00	21.06
35	10.6		12.0	11.8	0.2	1.20	16.67	
P7	10.5		11.7	11.5	0.2	1.00	20.00	
P8	10.5		11.6	11.4	0.2	0.90	22.22	
P10	10.0		11.7	11.4	0.3	1.40	21.43	

RESULTADOS	
Límite Líquido %	24.62
Limite Plástico %	21.06
Índice de Plasticidad	3.56



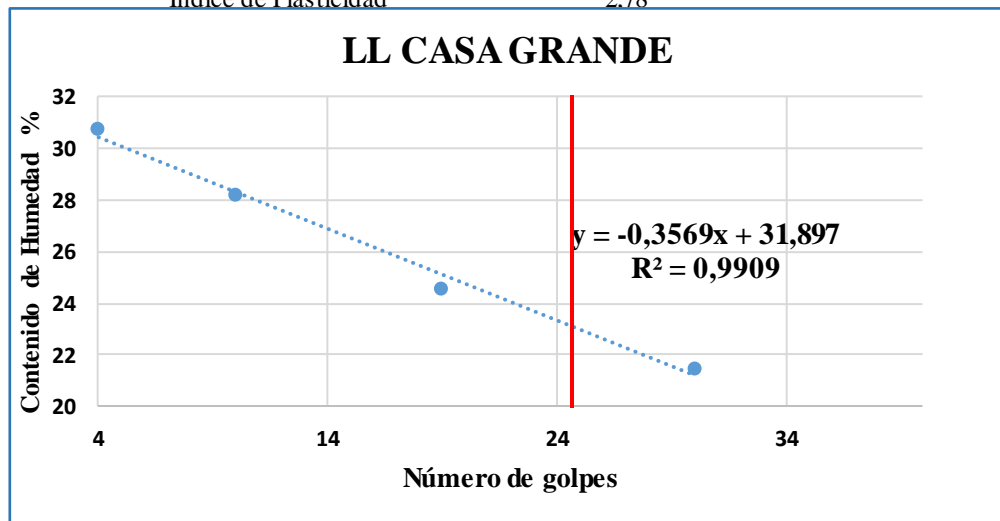
Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 92. Límites de Atterberg Muestra #04

		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación						
		Cantón: Pelileo Parroquia: Bolívar Sector: Huasipamba Vía: S/N	Estado de la Vía: Camino de Tierra Muestra: #04 Realizado por: Eg. Amanda Porras Revisado por: Ing. Alex Frías					
LÍMITES DE ATTERGERB								
Recipient	Peso	# Golpes	Muestra	Muestra	Peso	Peso	w%	w%
60	11,0	4	44,0	36,2	7,8	25,2	30,95	30,75
10	11,0		46,9	38,5	8,4	27,5	30,55	
34	11,2	10	54,8	45,2	9,6	34,0	28,24	28,25
42	11,8		41,3	34,8	6,5	23,0	28,26	
31	12,8	19	37,8	32,9	4,9	20,1	24,38	24,60
76	11,4		46,1	39,2	6,9	27,8	24,82	
8A	11,0	30	33,7	29,7	4,0	18,7	21,39	21,51
47	11,0		38,0	33,2	4,8	22,2	21,62	
LÍMITE PLÁSTICO								
11	10,9		12,3	12,1	0,2	1,2	16,67	20,19
201	11,2		11,8	11,7	0,1	0,5	20,00	
3A	10,8		11,6	11,5	0,1	0,7	14,29	
202	10,8		11,6	11,4	0,2	0,6	33,33	
80	10,8		12,2	12,0	0,2	1,2	16,67	



RESULTADOS

Límite Líquido %	22,97
Límite Plástico %	20,19
Índice de Plasticidad	2,78



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

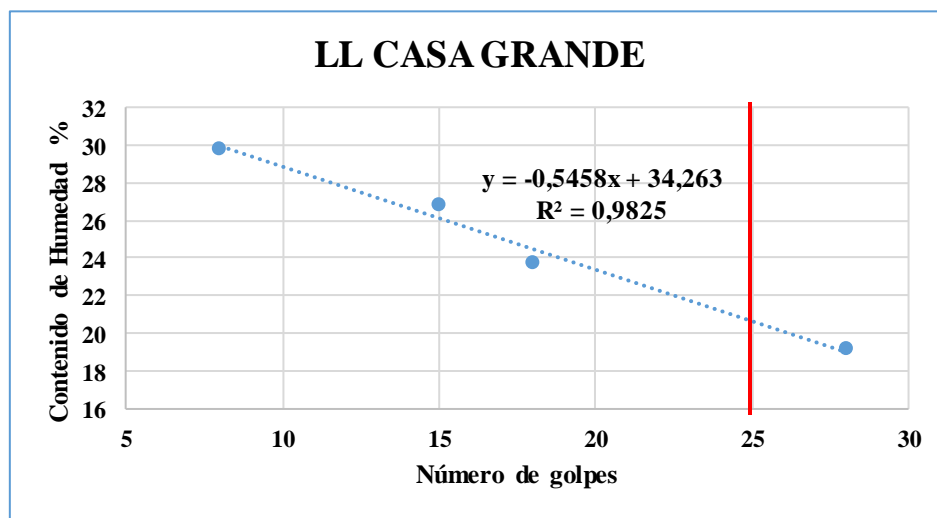
Tabla 93. Límites de Atterberg Muestra #05

		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación			
		Cantón: Pelileo Parroquia: Bolívar Sector: La Cocha Vía: S/N	Estado de la Vía: Asfaltada Muestra: #05 Realizado por: Eg. Amanda Porras Revisado por: Ing. Alex Frías		

LÍMITES DE ATTERGERB								
Recipiente	Peso	# Golpes	Muestra	Muestra	Peso	Peso	w%	w%
LP8	7,0	8	46,0	37,0	9,0	30,0	30,00	29,81
SR10	7,0		42,0	34,0	8,0	27,0	29,63	
LP1	8,0	15	28,0	24,0	4,0	16,0	25,00	26,79
LP2	8,0		26,0	22,0	4,0	14,0	28,57	
LP9	6,0	18	30,0	25,0	5,0	19,0	26,32	23,68
LP10	6,0		29,0	25,0	4,0	19,0	21,05	
S3	6,0	28	35,0	30,0	5,0	24,0	20,83	19,11
S4	6,0		33,0	29,0	4,0	23,0	17,39	



LÍMITE PLÁSTICO								
P1	11,1		11,8	11,7	0,1	0,6	16,67	19,01
77	10,8		12,0	11,8	0,2	1,0	20,00	
61	10,3		11,6	11,4	0,2	1,1	18,18	
P2	10,2		11,9	11,6	0,3	1,4	21,43	
75	10,0		11,9	11,6	0,3	1,6	18,75	

RESULTADOS		
Límite Líquido %		20,62
Límite Plástico %		19,01
Índice de Plasticidad		1,61



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

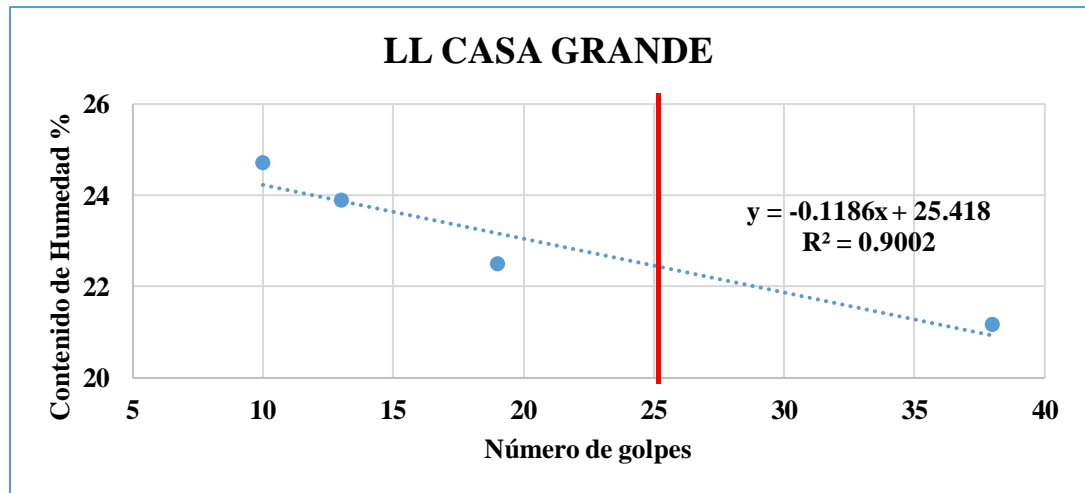
Tabla 94. Límites de Atterberg Muestra #06

		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación			
Cantón:	Pelileo	Estado de la Vía:	Asfaltada		
Parroquia:	Bolívar	Muestra:	#06		
Sector:	La Cocha	Realizado por:	Eg. Amanda Porras		
Vía:	S/N	Revisado por:	Ing. Alex Frías		

LÍMITES DE ATTERGERB								
Recipient	Peso	# Golpes	Muestra	Muestra	Peso Agua	Peso	w%	w%
B1	33.0	10	65.0	59.0	6.0	26.0	23.08	24.70
H4	36.0		60.0	55.0	5.0	19.0	26.32	
CL1	32.0	13	61.0	56.0	5.0	24.0	20.83	23.88
H2	31.0		64.0	57.0	7.0	26.0	26.92	
H1	34.0	19	61.0	56.0	5.0	22.0	22.73	22.47
CL3	31.0		64.0	58.0	6.0	27.0	22.22	
AP11	31.0	38	65.0	59.0	6.0	28.0	21.43	21.13
AP22	35.0		64.0	59.0	5.0	24.0	20.83	



LÍMITE PLÁSTICO								
P9	6.0		7.3	7.1	0.2	1.1	18.18	21.12
P11	6.0		7.9	7.6	0.3	1.6	18.75	
33	6.0		7.7	7.4	0.3	1.4	21.43	
51	6.7		7.8	7.6	0.2	0.9	22.22	
A3	6.5		7.0	6.9	0.1	0.4	25.00	

RESULTADOS	
Límite Líquido %	22.45
Límite Plástico %	21.12
Índice de Plasticidad	1.33



Fuentes: Amanda Noemi Porras Naranjo

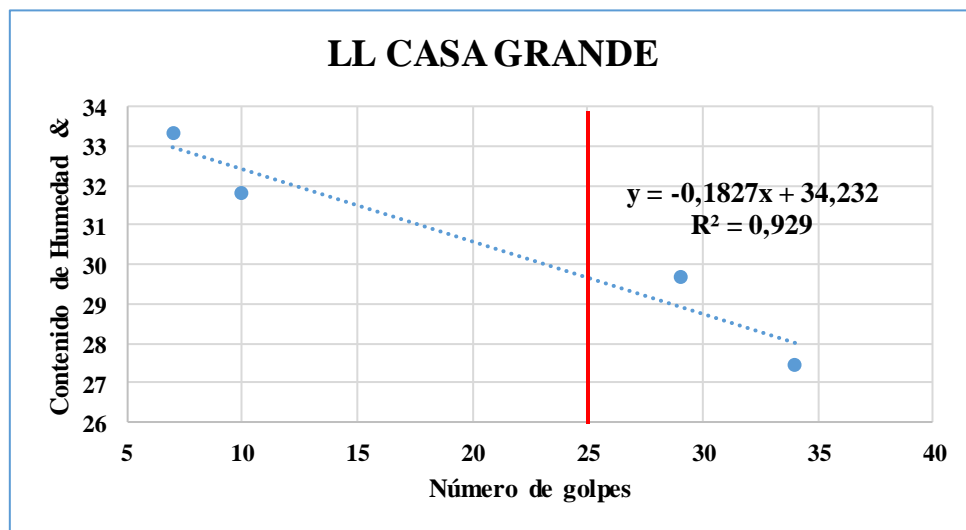
Tabla 95. Límites de Atterberg Muestra #07

		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación			
Cantón:	Pelileo	Estado de la Vía:	Asfaltada		
Parroquia:	Bolívar	Muestra:	#07		
Sector:	La Clementina	Realizado por:	Eg. Amanda Porras		
Vía:	S/N	Revisado por:	Ing. Alex Frías		

LÍMITES DE ATTERGERB								
Recipiente	Peso	# Golpes	Muestra	Muestra	Peso	Peso	w%	w%
L20	10,0	7	38,0	31,0	7,0	21,0	33,33	33,33
L2	14,0		38,0	32,0	6,0	18,0	33,33	
L19	12,0	10	41,0	34,0	7,0	22,0	31,82	31,82
L22	12,0		41,0	34,0	7,0	22,0	31,82	
L19	12,0	29	41,0	34,0	7,0	22,0	31,82	29,70
L21	12,0		49,0	41,0	8,0	29,0	27,59	
L3	12,0	34	44,0	37,0	7,0	25,0	28,00	27,46
L23	12,0		45,0	38,0	7,0	26,0	26,92	



LÍMITE PLÁSTICO								
T1	10,3		11,3	11,1	0,2	0,8	25,00	26,73
21	10,2		11,8	11,5	0,3	1,3	23,08	
11	10,3		11,6	11,3	0,3	1,0	30,00	
P12	10,3		11,4	11,2	0,2	0,9	22,22	
P13	10,8		11,6	11,4	0,2	0,6	33,33	

RESULTADOS		
Límite Líquido %	29,66	
Límite Plástico %	26,73	
Índice de Plasticidad	2,93	



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 96. Límites de Atterberg Muestra #08

		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación			
Cantón:	Pelileo	Estado de la Vía:	Asfaltada		
Parroquia:	Bolívar	Muestra:	#08		
Sector:	La Clementina	Realizado por:	Eg. Amanda Porras		
Vía:	S/N	Revisado por:	Ing. Alex Frías		

LÍMITES DE ATTERGERB

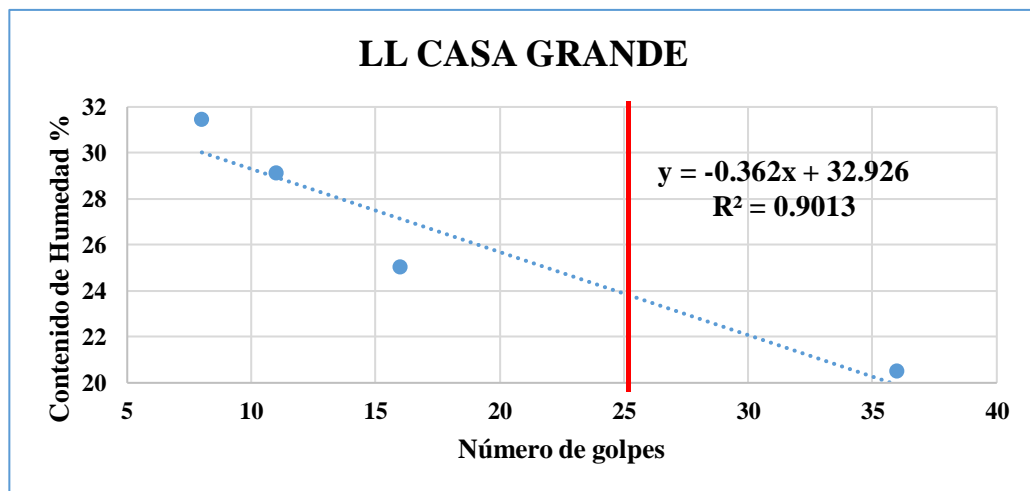
Recipient	Peso	# Golpes	Muestra	Muestra	Peso Agua	Peso	w%	w%
LP6	6.0	8	31.0	25.0	6.0	19.0	31.58	31.41
SR7	6.0		27.0	22.0	5.0	16.0	31.25	
SR5	6.0	11	41.0	33.0	8.0	27.0	29.63	29.10
LP3	5.0		41.0	33.0	8.0	28.0	28.57	
SR6	6.0	16	26.0	22.0	4.0	16.0	25.00	25.00
SR1	6.0		31.0	26.0	5.0	20.0	25.00	
SR8	5.0	36	27.0	23.0	4.0	18.0	22.22	20.49
SR9	5.0		24.0	21.0	3.0	16.0	18.75	

LÍMITE PLÁSTICO

Recipient	Peso	# Golpes	Muestra	Muestra	Peso Agua	Peso	w%	w%
1A	7.1	36	8.5	8.3	0.2	1.2	16.67	20.44
2A	7.2		8.8	8.5	0.3	1.3	23.08	
3A	7.0		9.3	8.9	0.4	1.9	21.05	
4A	7.6		9.4	9.1	0.3	1.5	20.00	
5A	7.1		8.8	8.5	0.3	1.4	21.43	



RESULTADOS

Límite Líquido %	23.25
Límite Plástico %	20.44
Índice de Plasticidad	2.81



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 97. Límites de Atterberg Muestra #09

		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación			
		Cantón: Pelileo Parroquia: La Matriz Sector: La Tranquilla Vía: S/N	Estado de la Vía: Camino de Tierra Muestra: #09 Realizado por: Eg. Amanda Porras Revisado por: Ing. Alex Frías		

LÍMITES DE ATTERGERB

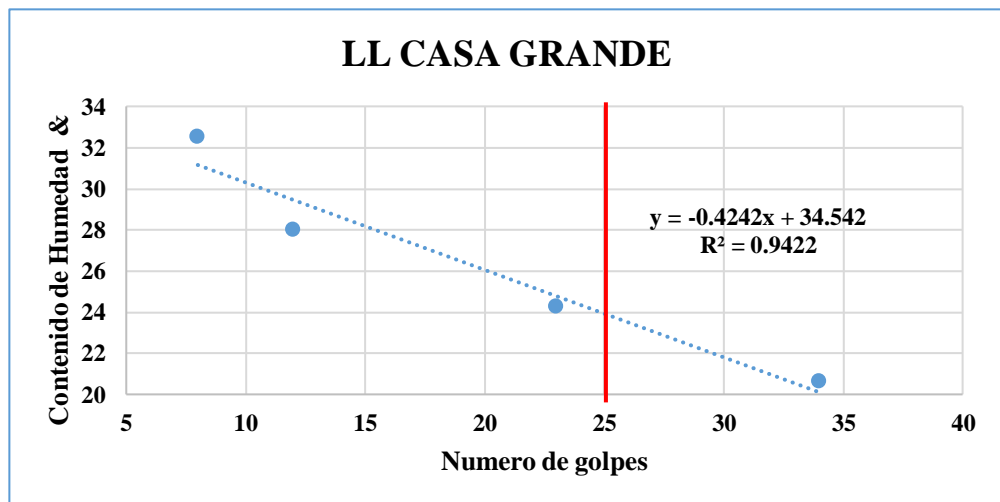
Recipient	Peso	# Golpes	Muestra	Muestra	Peso Agua	Peso	w%	w%
L24	12.0	8	31.0	26.0	5.0	14.0	35.71	32.56
3A	10.0		32.0	27.0	5.0	17.0	29.41	
10A	10.0	12	32.0	27.0	5.0	17.0	29.41	28.04
23A	10.0		29.0	25.0	4.0	15.0	26.67	
22	8.0	23	28.0	24.0	4.0	16.0	25.00	24.26
8	9.0		30.0	26.0	4.0	17.0	23.53	
12	10.0	34	35.0	31.0	4.0	21.0	19.05	20.63
2	10.0		32.0	28.0	4.0	18.0	22.22	

LÍMITE PLÁSTICO

Recipient	Peso	# Golpes	Muestra	Muestra	Peso Agua	Peso	w%	w%
P15	10.5	34	11.6	11.4	0.2	0.9	22.22	20.35
P18	10.9		11.6	11.5	0.1	0.6	16.67	
2A	11.7		12.9	12.7	0.2	1.0	20.00	
3A	10.9		11.7	11.6	0.1	0.7	14.29	
4A	10.7		11.6	11.4	0.2	0.7	28.57	



RESULTADOS

Límite Líquido %	23.94
Límite Plástico %	20.35
Índice de Plasticidad	3.59



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

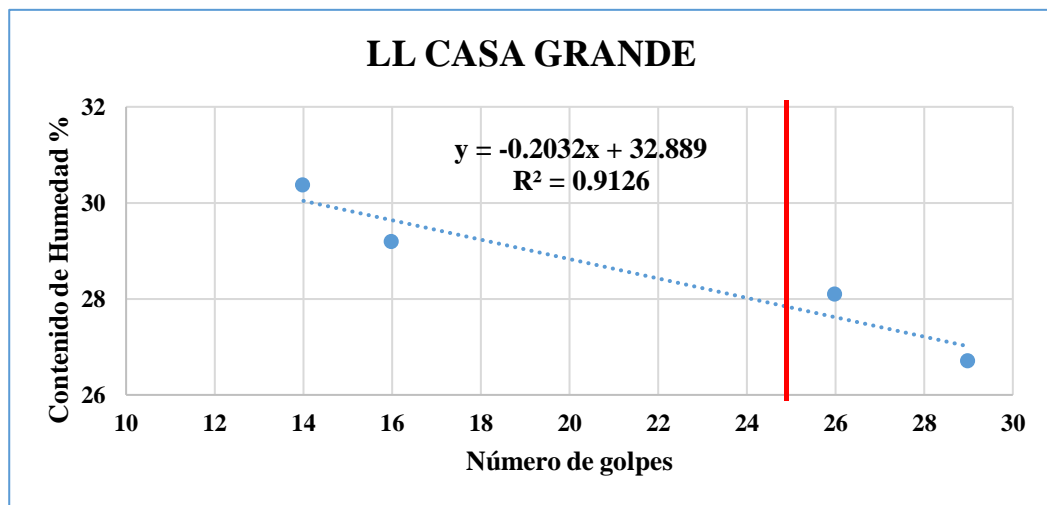
Tabla 98. Límites de Atterberg Muestra #10

		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación			
Cantón:	Pelileo	Estado de la Vía:	Camino de Tierra		
Parroquia:	La Matriz	Muestra:	#10		
Sector:	La Tranquilla	Realizado por:	Eg. Amanda Porras		
Vía:	S/N	Revisado por:	Ing. Alex Frías		

LÍMITES DE ATTERGERB								
Recipient	Peso	# Golpes	Muestra	Muestra	Peso Agua	Peso	w%	w%
11	10.0	14	37.0	31.0	6.0	21.0	28.57	30.36
18	9.0		46.0	37.0	9.0	28.0	32.14	
16	10.0	16	35.0	30.0	5.0	20.0	25.00	29.17
13	10.0		38.0	31.0	7.0	21.0	33.33	
5	10.0	26	37.0	31.0	6.0	21.0	28.57	28.08
1	9.0		46.0	38.0	8.0	29.0	27.59	
14	10.0	29	39.0	33.0	6.0	23.0	26.09	26.68
21	9.0		37.0	31.0	6.0	22.0	27.27	



LÍMITE PLÁSTICO								
1B	6.7		7.8	7.6	0.2	0.9	22.22	24.61
2B	6.6		7.8	7.6	0.2	1.0	20.00	
3B	6.7		7.6	7.4	0.2	0.7	28.57	
4B	6.3		7.7	7.4	0.3	1.1	27.27	
M4	7.1		7.6	7.5	0.1	0.4	25.00	

RESULTADOS		
Límite Líquido %	27.81	
Límite Plástico %	24.61	
Índice de Plasticidad	3.20	



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 99. Límites de Atterberg Muestra #11

		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación			
Cantón:	Pelileo	Estado de la Vía:	Camino de Tierra		
Parroquia:	La Matriz	Muestra:	#11		
Sector:	Huambalito	Realizado por:	Eg. Amanda Porras		
Vía:	Alonso Morales	Revisado por:	Ing. Alex Frías		

LÍMITES DE ATTERGERB

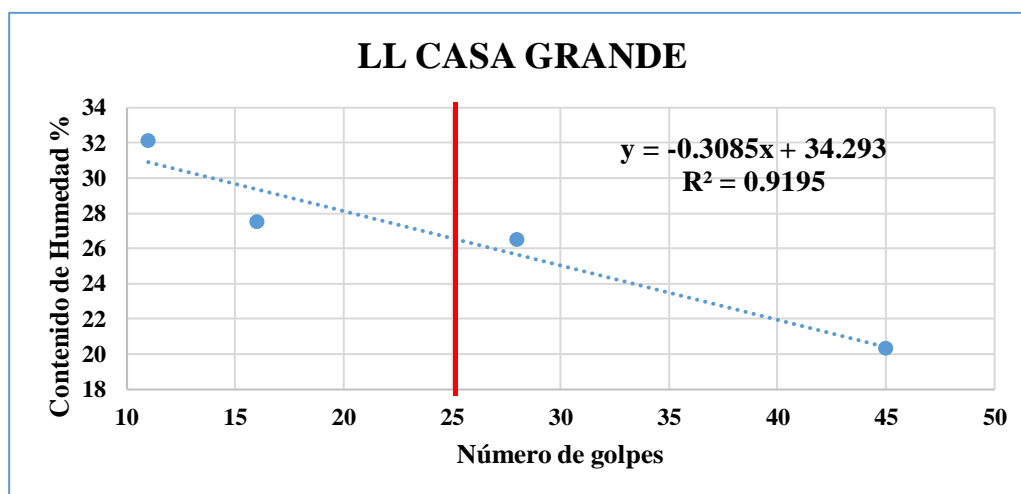
Recipient	Peso	# Golpes	Muestra	Muestra	Peso Agua	Peso	w%	w%
74	11.5	11	73.6	58.5	15.1	47.0	32.13	32.10
61	11.4		74.4	59.1	15.3	47.7	32.08	
4	11.1	16	60.8	50.1	10.7	39.0	27.44	27.47
18	11.5		69.0	56.6	12.4	45.1	27.49	
15	11.4	28	63.7	52.7	11.0	41.3	26.63	26.48
7	11.5		57.1	47.6	9.5	36.1	26.32	
12	10.9	45	34.2	30.6	3.6	19.7	18.27	20.28
5	11.0		34.6	30.3	4.3	19.3	22.28	

LÍMITE PLÁSTICO

13	10.6		12.0	11.7	0.3	1.1	27.27	24.06
1	10.8		11.4	11.3	0.1	0.5	20.00	
74	10.7		11.8	11.6	0.2	0.9	22.22	
P6	10.6		11.5	11.3	0.2	0.7	28.57	
6E	10.7		11.8	11.6	0.2	0.9	22.22	



RESULTADOS

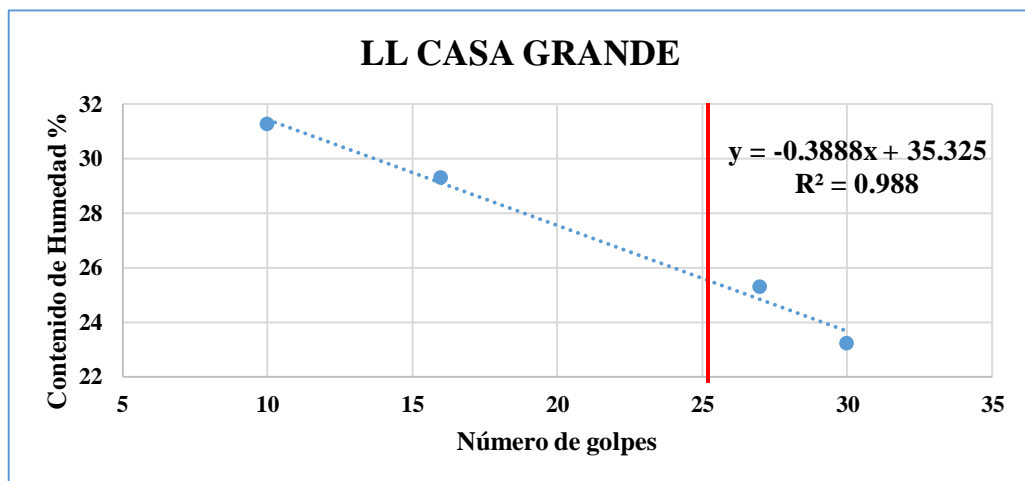
Límite Líquido %	26.58
Límite Plástico %	24.06
Índice de Plasticidad	2.52



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 100. Límites de Atterberg Muestra #12


		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Proyecto de Titulación						
		Cantón: Pelileo Parroquia: La Matriz Sector: Huambalito Vía: Alonso Morales	Estado de la Vía: Camino de Tierra Muestra: #12 Realizado por: Eg. Amanda Porras Revisado por: Ing. Alex Frías					
LÍMITES DE ATTERGERB								
Recipient	Peso	# Golpes	Muestra	Muestra	Peso Agua	Peso	w%	w%
24	10.0	10	38.0	31.0	7.0	21.0	33.33	31.25
7	11.0		42.0	35.0	7.0	24.0	29.17	
6	8.0	16	42.0	34.0	8.0	26.0	30.77	29.27
9	10.0		56.0	46.0	10.0	36.0	27.78	
17	10.0	27	41.0	34.0	7.0	24.0	29.17	25.30
20	9.0		43.0	37.0	6.0	28.0	21.43	
15	10.0	30	44.0	38.0	6.0	28.0	21.43	23.21
19	10.0		50.0	42.0	8.0	32.0	25.00	
LÍMITE PLÁSTICO								
K1	10.6		12.1	11.8	0.3	1.2	25.00	22.93
K14	10.5		11.3	11.2	0.1	0.7	14.29	
K12	10.0		11.7	11.4	0.3	1.4	21.43	
K15	10.1		12.0	11.6	0.4	1.5	26.67	
14	10.1		11.5	11.2	0.3	1.1	27.27	
RESULTADOS								
Límite Líquido %					25.61			
Limite Plástico %					22.93			
Índice de Plasticidad					2.68			

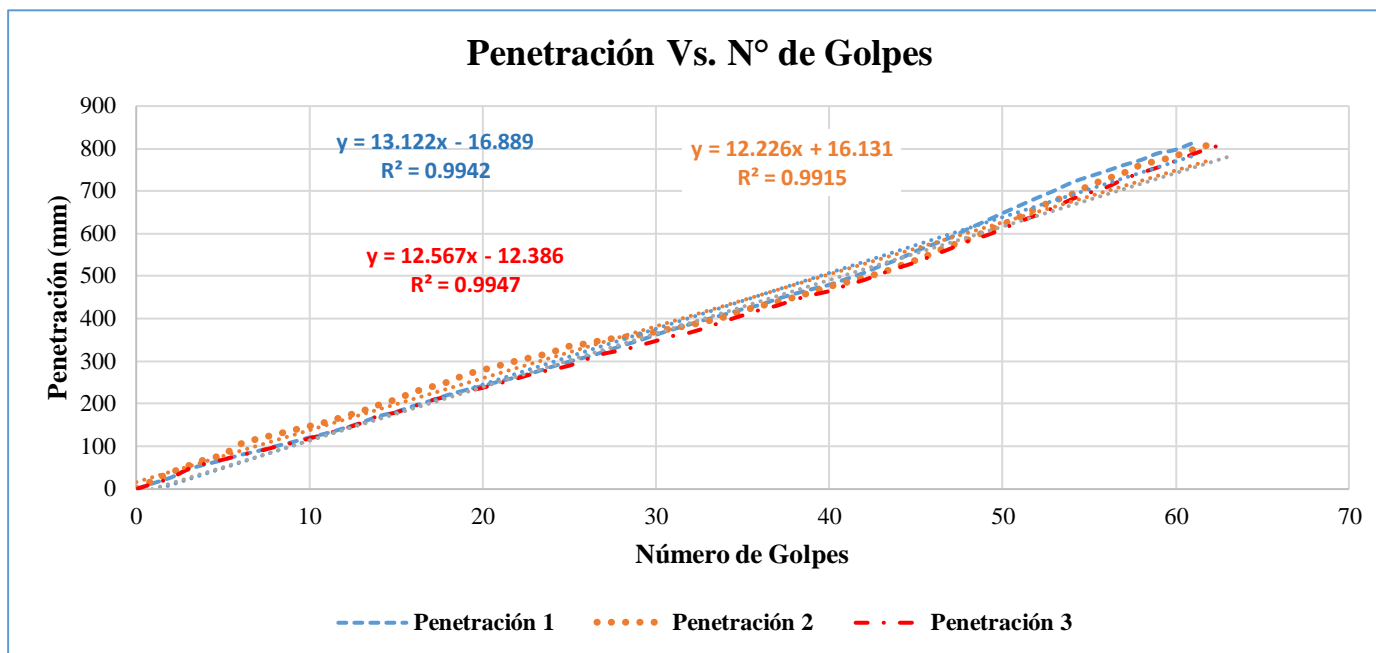


Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

ENSAYO DCP

Tabla 101. Ensayo DCP Muestra #1



				Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil							
Sector:		Gamboa		Muestra:		#01					
Realizado por:		Eg. Amanda Porras									
Revisado por:		Ing. Alex Frías									
Golpes	Penetración (mm)			Golpes	Penetración (mm)			Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3		1	2	3		1	2	3
0	0	0	0	21	253	290	249	41	493	485	479
1	14	20	13	22	263	301	260	42	507	497	491
2	27	38	26	23	274	310	272	43	524	507	506
3	46	54	47	24	287	321	281	44	539	523	520
4	58	69	60	25	299	335	290	45	558	537	533
5	68	80	69	26	310	341	305	46	574	554	549
6	80	105	80	27	322	350	318	47	590	571	565
7	89	117	88	28	336	355	326	48	610	585	582
8	100	127	99	29	348	361	337	49	628	604	595
9	110	137	108	30	362	369	348	50	647	621	611
10	121	147	119	31	375	377	360	51	665	639	629
11	131	157	130	32	387	385	368	52	683	660	644
12	143	170	142	33	399	394	381	53	700	677	662
13	156	182	155	34	410	404	395	54	719	692	681
14	171	197	172	35	422	418	408	55	733	712	696
15	181	210	180	36	432	429	421	56	746	728	709
16	195	227	194	37	446	439	431	57	760	742	728
17	207	239	208	38	458	450	445	58	772	761	743
18	221	251	218	39	469	462	456	59	788	771	756
19	232	268	229	40	479	475	465	60	796	782	771
20	242	279	238					61	812	797	787
								62		809	801
								63			813

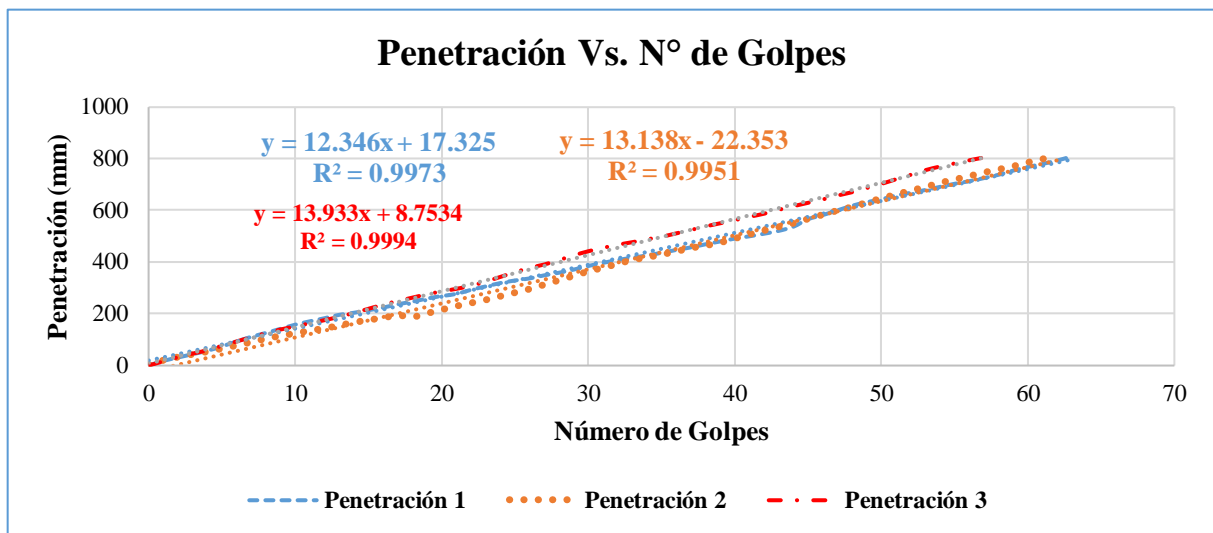


DN (mm/golpe)		DN (Promedio)
1	13.122	12.64
2	12.226	
3	12.567	

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 102. Ensayo DCP Muestra #02

 Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil											
Sector:		Gamboa		Muestra: #2							
Realizado por:		Eg. Amanda Porras									
Revisado por:		Ing. Alex Frías									
Golpes	Penetración (mm)			Golpes	Penetración (mm)			Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3		1	2	3		1	2	3
0	0	0	0	21	277	228	296	42	510	520	586
1	18	19	16	22	293	240	308	43	521	534	601
2	31	31	32	23	306	252	324	44	537	548	615
3	44	42	46	24	319	266	342	45	566	565	628
4	57	52	59	25	329	280	360	46	582	581	641
5	74	64	76	26	337	294	377	47	600	597	656
6	93	76	93	27	349	311	390	48	618	611	669
7	111	89	109	28	359	328	407	49	632	628	685
8	126	102	125	29	371	345	425	50	643	644	701
9	142	113	139	30	385	362	441	51	658	659	719
10	158	123	151	31	397	376	454	52	668	674	736
11	171	133	163	32	408	391	466	53	679	688	754
12	183	142	175	33	417	406	476	54	691	704	768
13	196	153	188	34	426	416	487	55	703	717	780
14	204	165	203	35	436	427	497	56	713	730	792
15	214	174	219	36	447	439	510	57	725	744	803
16	224	183	235	37	457	452	523	58	738	756	
17	237	192	249	38	469	462	537	59	754	768	
18	247	186	262	39	480	473	549	60	768	783	
19	259	200	275	40	491	489	561	61	780	796	
20	269	214	286	41	500	505	574	62	793	808	
								63	809		



DN (mm/golpe)		DN (Promedio)
1	12.346	13.14
2	13.138	
3	13.933	

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 103. Ensayo DCP Muestra #03



Universidad Técnica de Ambato
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
Carrera de Ingeniería Civil

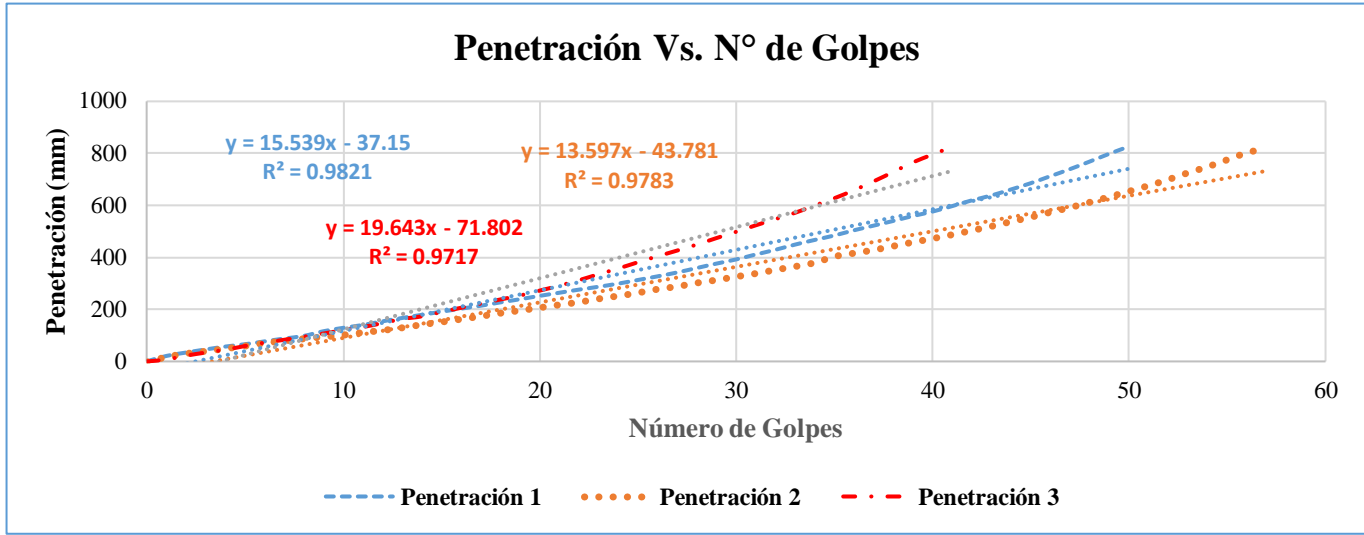


Sector: Huasipamba **Muestra:** #3
Realizado por: Eg. Amanda Porras
Revisado por: Ing. Alex Frías

Golpes	Penetración		
	1	2	3
0	0	0	0
1	21	19	7
2	34	32	22
3	46	41	34
4	57	51	45
5	66	61	59
6	77	72	72
7	88	81	83
8	98	89	95
9	116	96	107
10	129	103	120
11	140	113	132
12	154	121	147
13	167	131	163
14	179	143	173
15	191	153	190
16	203	164	206
17	214	175	222
18	227	187	238
19	239	197	253
20	252	208	272

Golpes	Penetración		
	1	2	3
21	264	219	291
22	276	229	312
23	287	242	335
24	299	253	357
25	313	265	381
26	327	279	404
27	342	289	426
28	359	303	449
29	376	314	474
30	392	327	498
31	411	339	523
32	429	353	547
33	449	366	571
34	467	380	599
35	484	404	627
36	504	417	658
37	522	429	692
38	540	444	728
39	559	459	765
40	576	473	795
41	597	488	825

Golpes	Penetración		
	1	2	3
42	619	504	
43	638	520	
44	661	538	
45	685	555	
46	712	574	
47	739	592	
48	768	612	
49	798	633	
50	826	654	
51		676	
52		699	
53		725	
54		748	
55		775	
56		802	
57		820	

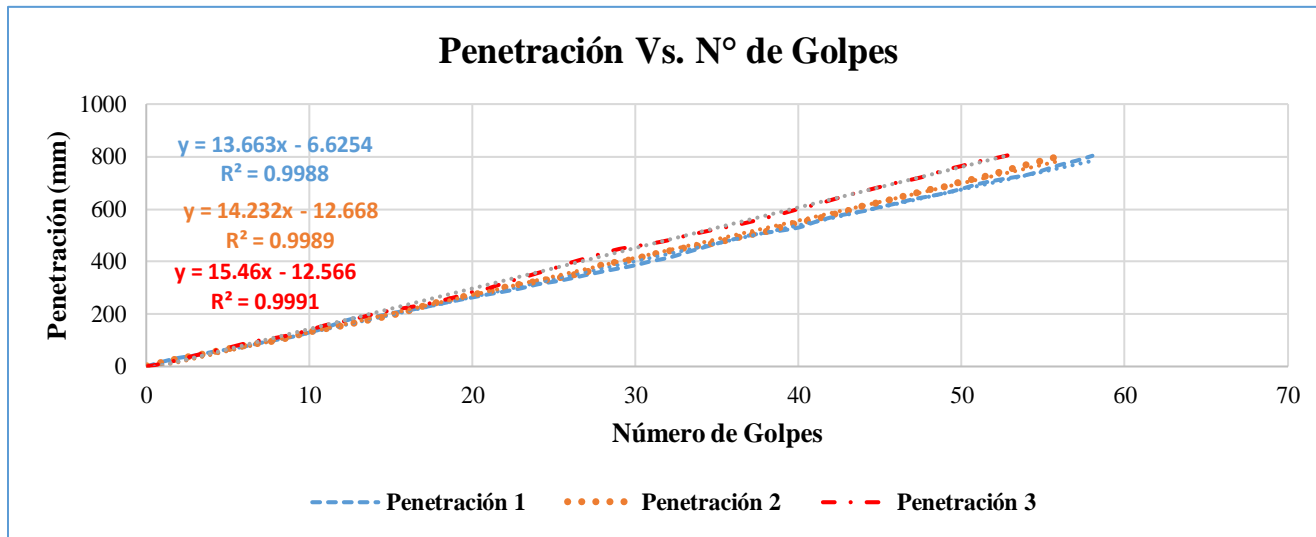


DN (mm/golpe)		DN (Promedio)
1	15.539	16.26
2	13.597	
3	19.643	

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 104. Ensayo DCP Muestra #04



 Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil											
Sector:		Huasipamba		Muestra: #4							
Realizado por:		Eg. Amanda Porras									
Revisado por:		Ing. Alex Frías									
Golpes	Penetración			Golpes	Penetración			Golpes	Penetración		
	1	2	3		1	2	3		1	2	3
0	0	0	0	21	276	286	299	42	570	578	636
1	18	15	11	22	287	302	320	43	583	594	654
2	33	29	26	23	299	314	338	44	594	614	670
3	42	40	42	24	314	325	357	45	610	627	686
4	55	53	58	25	324	334	375	46	623	643	702
5	65	66	71	26	336	347	396	47	639	659	715
6	76	78	87	27	350	360	414	48	650	675	731
7	90	88	100	28	363	389	432	49	663	687	751
8	102	98	110	29	375	399	449	50	679	706	766
9	114	114	123	30	387	411	459	51	697	719	783
10	130	130	139	31	403	427	470	52	710	736	795
11	148	143	158	32	415	440	482	53	721	754	809
12	171	154	171	33	434	452	498	54	732	771	
13	187	168	185	34	452	462	512	55	750	787	
14	190	181	201	35	470	473	525	56	770	803	
15	203	194	214	36	486	488	538	57	786		
16	214	210	225	37	501	502	552	58	805		
17	226	230	236	38	511	515	568				
18	239	246	250	39	520	533	584				
19	252	260	266	40	531	549	602				
20	264	273	285	41	552	562	618				



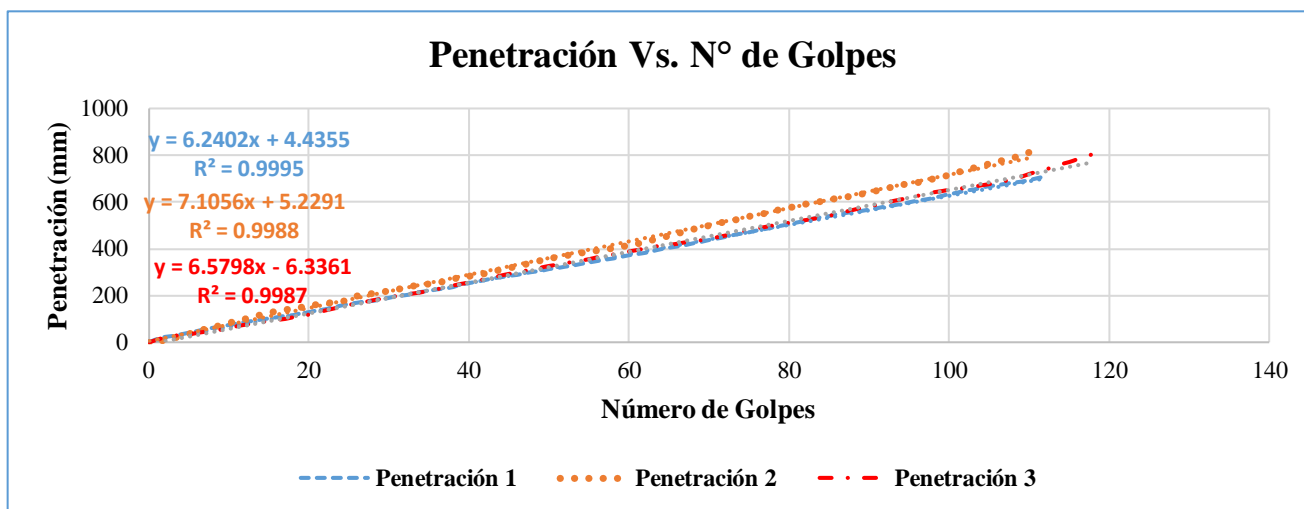
DN (mm/golpe)		DN (Promedio)
1	13.663	14.452
2	14.232	
3	15.46	

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 105. Ensayo DCP Muestra #05

 Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil											
Sector:		La Cocha		Muestra:		#5					
Realizado por:		Eg. Amanda Porras									
Revisado por:		Ing. Alex Frías									
Golpes	Penetración			Golpes	Penetración			Golpes	Penetración		
	1	2	3		1	2	3		1	2	3
0	0	0	0	21	136	163	127	42	266	295	271
1	14	13	11	22	141	167	136	43	273	303	278
2	23	9	21	23	149	172	144	44	278	312	286
3	27	18	27	24	157	176	152	45	284	319	293
4	34	29	31	25	164	183	160	46	288	326	299
5	41	38	34	26	169	199	167	47	295	334	306
6	48	46	40	27	174	206	173	48	301	343	312
7	56	58	45	28	177	210	180	49	305	351	320
8	62	66	50	29	183	216	186	50	313	359	327
9	68	74	54	30	190	221	191	51	317	365	332
10	74	84	60	31	197	227	199	52	323	371	339
11	80	93	69	32	201	235	204	53	328	377	344
12	87	101	75	33	207	242	209	54	335	383	350
13	91	110	81	34	215	246	214	55	341	388	356
14	97	119	86	35	220	251	221	56	347	393	364
15	102	127	92	36	226	255	227	57	353	398	370
16	107	135	96	37	230	263	236	58	358	403	376
17	113	141	100	38	236	272	243	59	365	409	382
18	116	144	107	39	247	279	250	60	372	416	389
19	124	151	111	40	253	284	256	61	377	422	395
20	129	157	119	41	259	288	263	62	382	430	402



Golpes	Penetración			Golpes	Penetración			Golpes	Penetración		
	1	2	3		1	2	3		1	2	3
63	390	439	409	84	534	603	534	105	667	763	677
64	398	448	413	85	539	610	541	106	671	772	682
65	404	456	417	86	548	616	551	107	677	780	691
66	409	465	422	87	552	621	559	108	682	789	699
67	415	475	428	88	557	627	567	109	686	799	709
68	423	484	432	89	561	634	575	110	693	812	721
69	429	492	437	90	567	641	581	111	701		731
70	437	500	443	91	573	649	589	112	709		740
71	443	508	450	92	580	657	598	113	715		751
72	450	516	457	93	585	665	605	114	723		763
73	458	522	464	94	591	673	612	115	731		772
74	464	530	472	95	598	679	619	116	740		784
75	470	539	479	96	605	683	627	117	746		796
76	478	546	487	97	610	691	634	118	758		806
77	484	552	494	98	616	699	642	119	768		
78	491	561	500	99	625	706	647	120	777		
79	498	569	506	100	633	716	653	121	786		
80	505	576	512	101	639	727	657	122	795		
81	512	583	519	102	648	735	661	123	804		
82	519	591	523	103	652	745	666				
83	528	597	529	104	660	754	672				

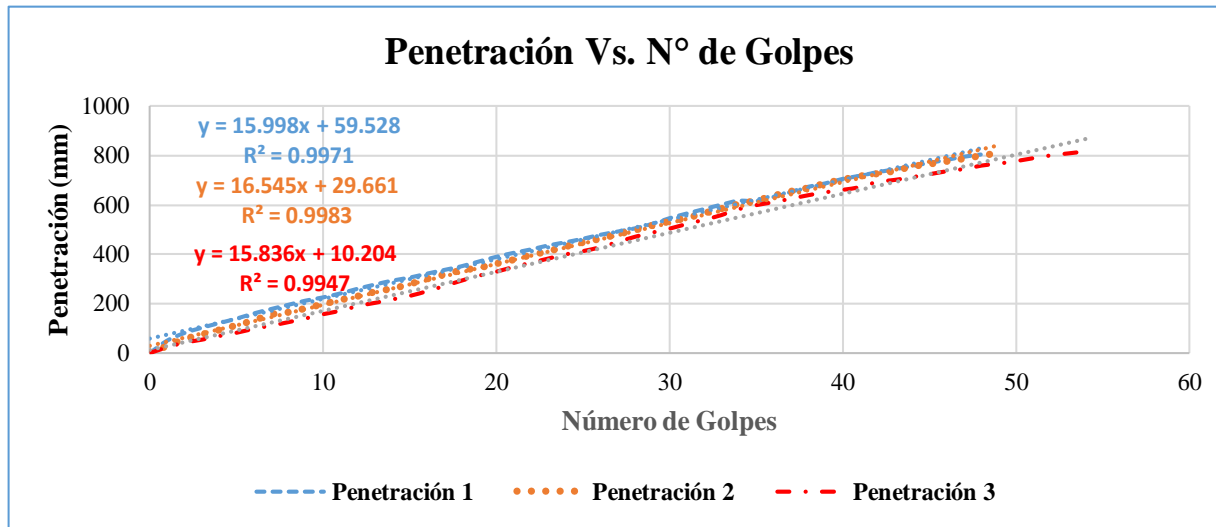


DN (mm/golpe)		DN (Promedio)
1	6.2402	6.642
2	7.1056	
3	6.5798	

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 106. Ensayo DCP Muestra #06



		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil									
		Sector: La Cocha Realizado por: Eg. Amanda Porras Revisado por: Ing. Alex Frías	Muestra: #6								
Golpes	Penetración			Golpes	Penetración			Golpes	Penetración		
	1	2	3		1	2	3		1	2	3
0	0	0	0	21	405	377	348	42	731	726	692
1	50	27	23	22	419	396	365	43	743	737	700
2	81	55	42	23	435	411	382	44	756	755	711
3	102	74	54	24	448	430	399	45	769	765	723
4	121	92	69	25	462	447	412	46	781	776	735
5	139	111	82	26	478	462	428	47	794	787	744
6	160	131	98	27	491	480	449	48	803	799	758
7	178	155	111	28	504	497	470	49	811	810	766
8	195	164	125	29	522	516	487	50			776
9	212	180	140	30	545	532	503	51			788
10	225	197	157	31	564	546	522	52			799
11	241	214	171	32	582	566	539	53			807
12	260	229	190	33	600	584	558	54			815
13	277	247	203	34	616	603	582				
14	293	260	217	35	615	617	598				
15	305	278	231	36	631	636	610				
16	321	299	250	37	651	654	624				
17	336	317	271	38	672	668	638				
18	351	334	293	39	686	687	650				
19	370	344	313	40	704	702	660				
20	389	361	329	41	717	716	671				

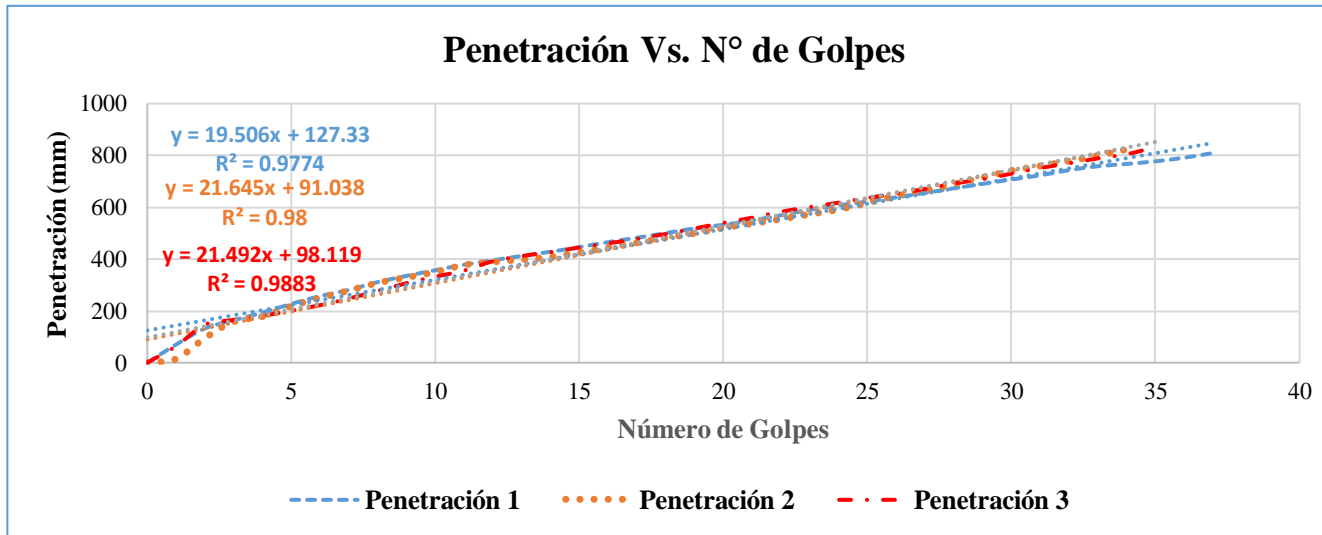


DN (mm/golpe)		DN (Promedio)
1	15.998	16.13
2	16.545	
3	15.836	

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 107. Ensayo DCP Muestra #07



 Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil				 FICM							
Sector:		La Clementina		Muestra: #7							
Realizado por:		Eg. Amanda Porras									
Revisado por:		Ing. Alex Frías									
Golpes	Penetración			Golpes	Penetración			Golpes	Penetración		
	1	2	3		1	2	3		1	2	3
0	0	0	0	22	569	487	601	44		649	771
1	70	14	64	23	590	505	603	45		657	780
2	132	76	147	24	607	521	608	46		667	798
3	164	158	196	25	622	532	614	47		675	811
4	193	178	240	26	638	538	619	48		681	
5	227	218	288	27	655	542	632	49		687	
6	257	250	337	28	673	550	642	50		692	
7	281	278	462	29	690	563	646	51		698	
8	311	308	451	30	707	571	652	52		705	
9	335	329	477	31	723	573	657	53		716	
10	357	350	494	32	743	578	659	54		726	
11	378	377	510	33	758	583	663	55		733	
12	395	389	526	34	767	585	667	56		742	
13	412	398	542	35	777	590	670	57		751	
14	428	408	552	36	791	597	675	58		757	
15	446	425	558	37	809	605	685	59		763	
16	465	436	564	38		612	697	60		772	
17	482	442	570	39		614	713	61		782	
18	500	451	574	40		621	726	62		790	
19	518	457	578	41		628	735	63		798	
20	532	458	583	42		634	747	64		808	
21	549	471	594	43		641	757				

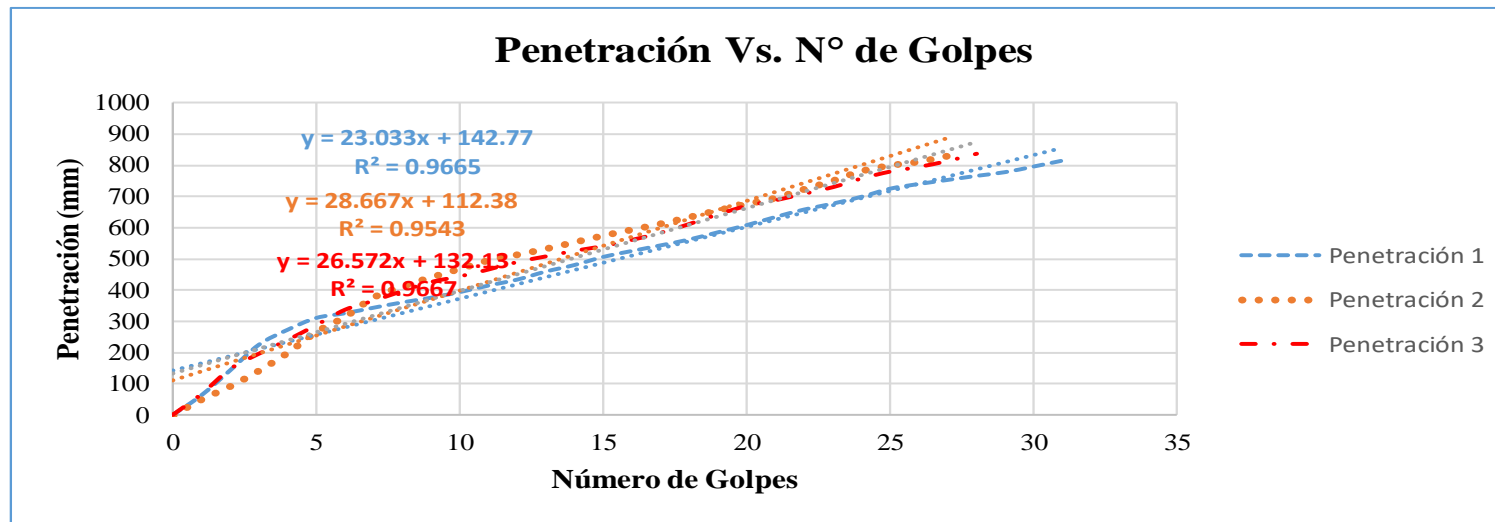


DN (mm/golpe)		DN (Promedio)
1	19.506	20.881
2	21.645	
3	21.492	

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 108. Ensayo DCP Muestras #08



 Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil											
Sector:		La Clementina		Muestra:		#8					
Realizado por:		Eg. Amanda Porras									
Revisado por:		Ing. Alex Frías									
Golpes	Penetración			Golpes	Penetración			Golpes	Penetración		
	1	2	3		1	2	3		1	2	3
0	0	0	0	22	569	487	601	44		649	771
1	70	14	64	23	590	505	603	45		657	780
2	132	76	147	24	607	521	608	46		667	798
3	164	158	196	25	622	532	614	47		675	814
4	193	178	240	26	638	538	619	48		681	
5	227	218	288	27	655	542	632	49		687	
6	257	250	337	28	673	550	642	50		692	
7	281	278	462	29	690	563	646	51		698	
8	311	308	451	30	707	571	652	52		705	
9	335	329	477	31	723	573	657	53		716	
10	357	350	494	32	743	578	659	54		726	
11	378	377	510	33	758	583	663	55		733	
12	395	389	526	34	767	585	667	56		742	
13	412	398	542	35	777	590	670	57		751	
14	428	408	552	36	791	597	675	58		757	
15	446	425	558	37	809	605	685	59		763	
16	465	436	564	38		612	697	60		772	
17	482	442	570	39		614	713	61		782	
18	500	451	574	40		621	726	62		790	
19	518	457	578	41		628	735	63		798	
20	532	458	583	42		634	747	64		808	
21	549	471	594	43		641	757				

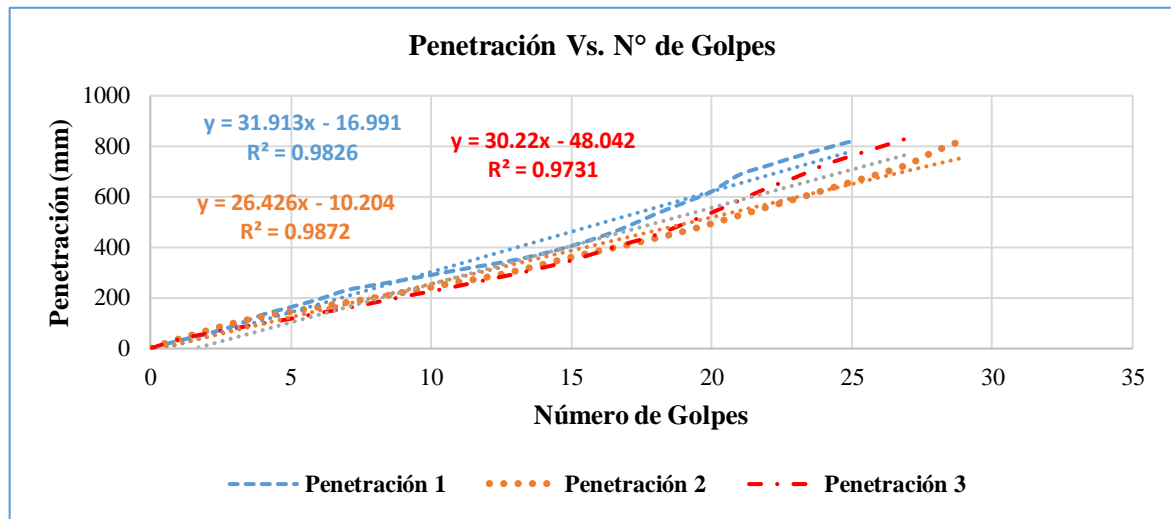


	DN (mm/golpe)	DN (Promedio)
1	23.033	26.09
2	28.667	
3	26.572	

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 109. Ensayo DCP Muestra #09



 Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil											
Sector:		La Tranquilla		Muestra:		#9					
Realizado por:		Eg. Amanda Porras									
Revisado por:		Ing. Alex Frías									
Golpes	Penetración			Golpes	Penetración			Golpes	Penetración		
	1	2	3		1	2	3		1	2	3
0	0	0	0	11	312	262	248	21	688	526	586
1	31	36	36	12	331	281	272	22	724	559	635
2	58	69	59	13	351	305	295	23	759	591	677
3	91	100	80	14	376	332	320	24	791	625	725
4	134	125	99	15	406	360	348	25	821	659	762
5	164	144	118	16	441	385	382	26		691	797
6	195	163	140	17	483	409	416	27		728	832
7	231	181	160	18	532	435	449	28		782	
8	252	200	182	19	576	462	492	29		825	
9	271	220	205	20	621	493	537				
10	291	241	226								

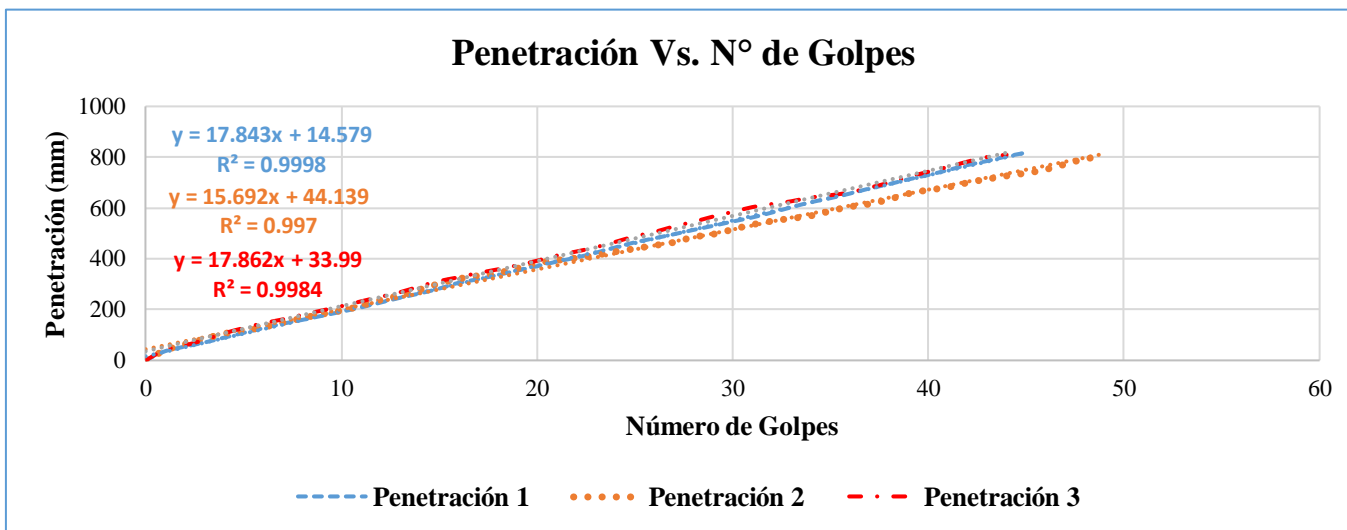


DN (mm/golpe)		DN (Promedio)
1	31.913	29.520
2	26.426	
3	30.22	

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 110. Ensayo DCP Muestra #10



		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil									
Sector:	La Tranquilla	Muestra:	#10								
Realizado por:	Eg. Amanda Porras										
Revisado por:	Ing. Alex Frías										
Golpes	Penetración			Golpes	Penetración			Golpes	Penetración		
	1	2	3		1	2	3		1	2	3
0	0	0	0	17	319	333	344	34	622	570	641
1	36	38	41	18	336	344	358	35	638	589	650
2	54	62	59	19	353	362	374	36	656	606	661
3	70	83	80	20	370	383	392	37	676	617	680
4	89	104	106	21	388	394	412	38	693	635	699
5	108	116	127	22	404	403	428	39	712	658	722
6	126	129	146	23	423	414	445	40	729	672	742
7	144	147	161	24	444	428	466	41	748	683	761
8	159	165	179	25	464	440	488	42	768	701	782
9	175	181	196	26	480	453	505	43	784	715	800
10	191	195	213	27	496	465	527	44	802	728	809
11	208	214	232	28	513	486	545	45	817	739	
12	227	237	250	29	529	497	566	46		753	
13	246	255	268	30	546	516	584	47		774	
14	263	278	291	31	562	535	603	48		795	
15	282	302	312	32	581	549	615	49		806	
16	305	321	327	33	602	560	626				

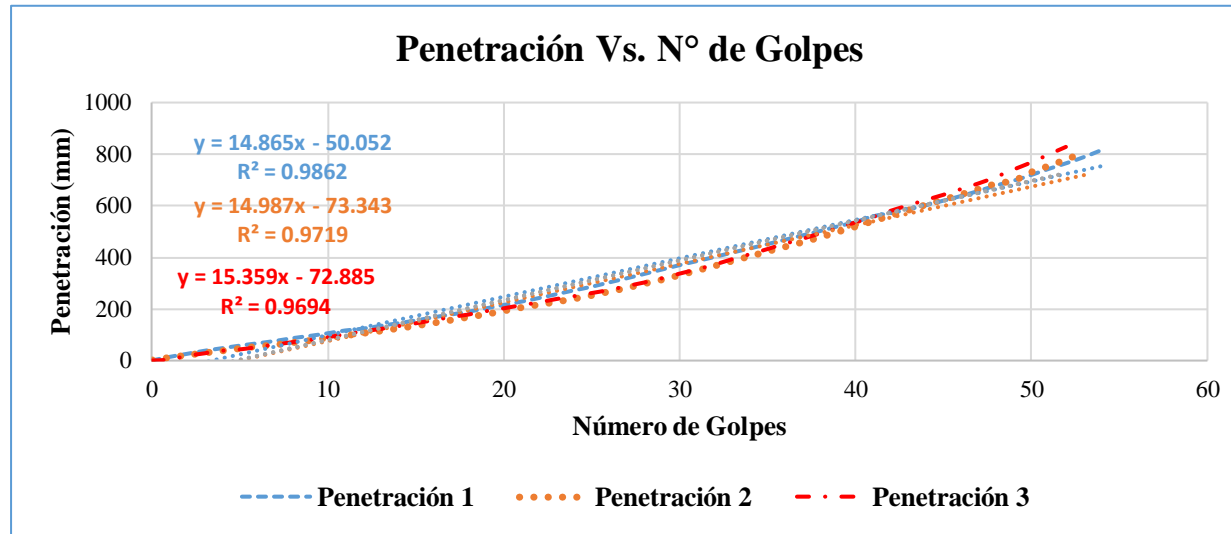


DN (mm/golpe)	DN (Promedio)
1	17.843
2	15.692
3	17.862
	17.13

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 111. Ensayo DCP Muestra #11

 Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil											
Sector:		Huambalito		Muestra:		#11					
Realizado por:		Eg. Amanda Porras									
Revisado por:		Ing. Alex Frías									
Golpes	Penetración			Golpes	Penetración			Golpes	Penetración		
	1	2	3		1	2	3		1	2	3
0	0	0	0	18	190	167	178	36	470	440	452
1	14	10	4	19	203	178	191	37	487	458	471
2	26	19	18	20	216	191	202	38	504	477	492
3	38	28	28	21	229	204	214	39	522	498	513
4	48	36	38	22	243	215	225	40	539	518	534
5	58	45	43	23	258	226	238	41	561	540	555
6	67	53	52	24	273	238	249	42	573	561	579
7	76	59	62	25	287	251	261	43	588	582	600
8	87	68	71	26	304	266	273	44	604	603	621
9	96	76	80	27	320	280	288	45	622	623	641
10	106	87	90	28	337	297	302	46	640	643	663
11	117	95	102	29	354	312	318	47	660	664	685
12	124	104	113	30	371	330	336	48	681	685	710
13	135	113	122	31	387	348	353	49	700	697	739
14	145	123	133	32	403	366	371	50	722	730	766
15	156	133	144	33	420	385	392	51	746	754	797
16	168	144	156	34	436	403	411	52	768	780	827
17	179	155	168	35	453	422	431	53	792	806	
								54	819		

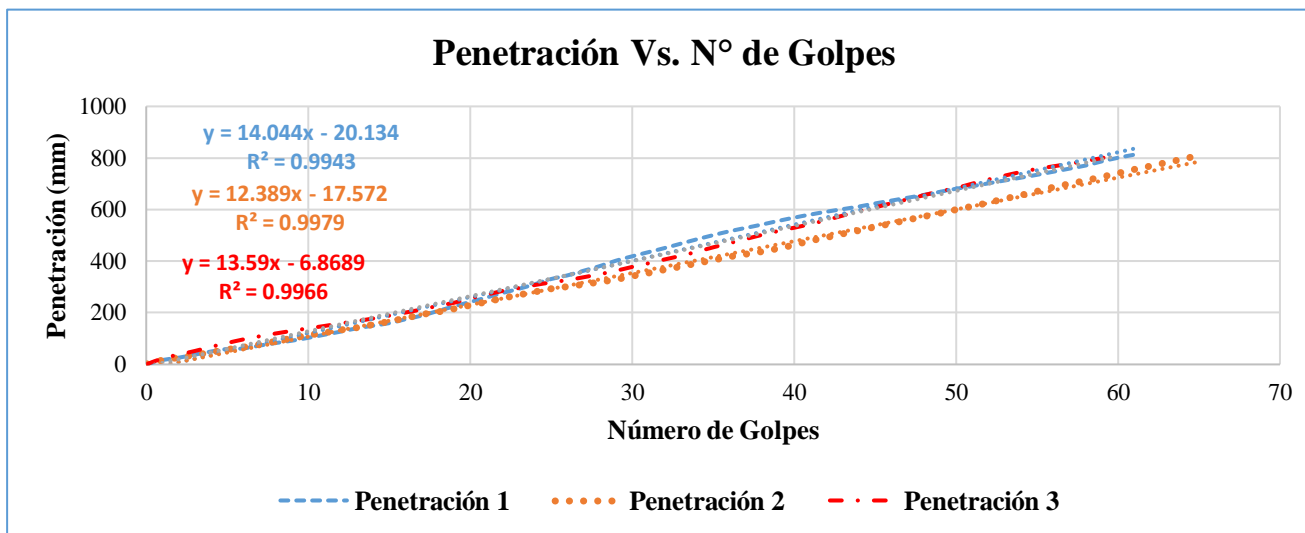


	DN (mm/golpe)	DN (Promedio)
1	14.865	15.070
2	14.987	
3	15.359	

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 112. Ensayo DCP Muestra #12

				Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil							
Sector:				Huambalito				Muestra: #12			
Realizado por:				Eg. Amanda Porras							
Revisado por:				Ing. Alex Frías							
Golpes	Penetración			Golpes	Penetración			Golpes	Penetración		
	1	2	3		1	2	3		1	2	3
0	0	0	0	22	277	255	285	44	612	518	595
1	17	15	23	23	293	268	296	45	624	532	609
2	26	25	38	24	311	280	308	46	635	545	625
3	38	35	52	25	331	292	318	47	646	559	640
4	50	45	68	26	345	300	327	48	657	572	656
5	60	56	83	27	363	309	338	49	669	585	671
6	62	65	97	28	381	318	350	50	681	599	684
7	73	76	109	29	402	328	363	51	691	612	701
8	83	88	120	30	419	341	378	52	702	626	717
9	92	100	130	31	435	353	392	53	713	641	732
10	103	112	140	32	451	366	407	54	724	655	746
11	115	121	149	33	468	378	421	55	735	670	758
12	127	132	159	34	485	391	437	56	747	686	768
13	140	141	168	35	501	403	454	57	759	699	778
14	150	153	178	36	516	416	470	58	771	712	789
15	160	165	189	37	529	426	486	59	787	726	800
16	175	178	201	38	542	436	502	60	801	740	813
17	189	192	213	39	556	448	517	61	813	755	
18	207	202	227	40	569	462	530	62		768	
19	225	214	239	41	581	478	544	63		782	
20	242	228	256	42	592	491	560	64		795	
21	259	241	270	43	602	505	577	65		810	





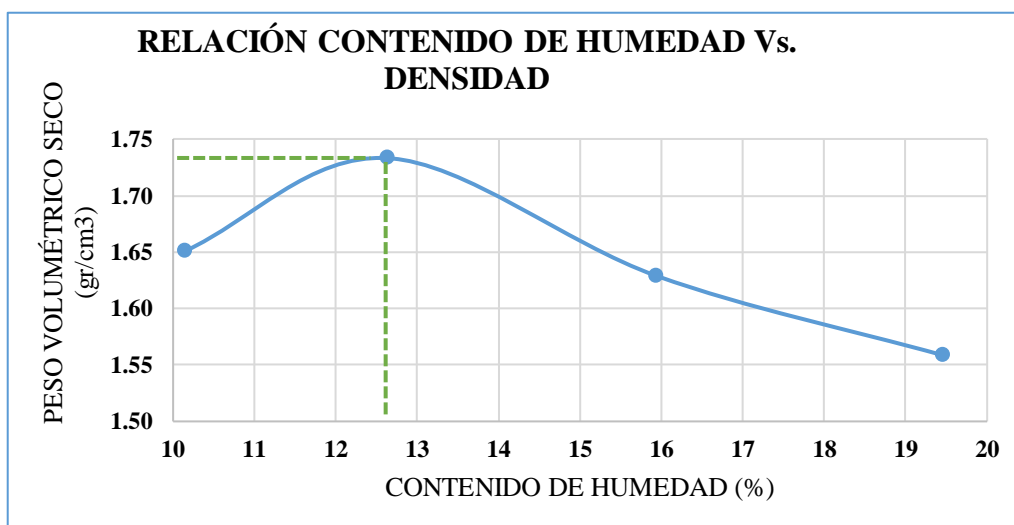
DN (mm/golpe)		DN (Promedio)
1	14.044	13.341
2	12.389	
3	13.59	

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

PRÓCTOR MODIFICADO TIPO B



Tabla 113. Ensayo Próctor B Muestra #01

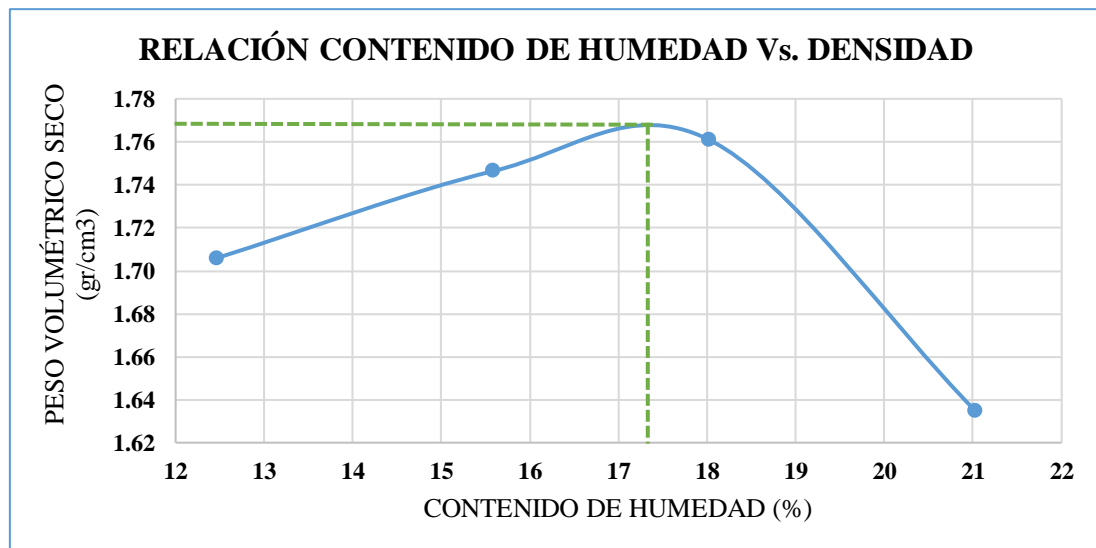
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
Realizado por:	Eg. Amanda Porras	Sector:	Gamboa						
Revisado por:	Ing. Alex Frías	Muestra:	#1						
PRÓCTOR MODIFICADO B									
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO									
N° Golpes: 56	Peso Molde (gr):	14954.55	Volumen Molde (cm ³)	2274.3					
N° Capas: 5	Peso Martillo (lb):	10	Altura de caída (in)	18					
MUESTRA		1	2	3	4				
Humedad Añadida en %		9	12	15	18				
Suelo húmedo + molde (gr)		19090.91	19395.45	19250	19189.05				
Peso Molde (gr)		14954.55	14954.55	14954.55	14954.55				
Peso Suelo Húmedo (gr)		4136.36	4440.9	4295.45	4234.5				
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)		1.819	1.953	1.889	1.862				
CONTENIDO DE HUMEDAD		1	2	1	2	1	2		
Peso Recipiente (gr)		35.1	34.2	47.3	52.8	49.9	53.1	32.1	33.2
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		142.4	125.5	258.4	287.1	234.6	269.7	310.2	284.5
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		132.5	117.1	235.2	260.3	209.3	239.8	265.2	243.3
Peso Agua (gr)		9.9	8.4	23.2	26.8	25.3	29.9	45.0	41.2
Peso Suelo Seco (gr)		97.4	82.9	187.9	207.5	159.4	186.7	233.1	210.1
Contenido de Agua (%)		10.2	10.1	12.3	12.9	15.9	16.0	19.3	19.6
w (%) Promedio		10.15	12.63	15.94	19.46				
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)		1.65	1.73	1.63	1.56				
Densidad Seca Maxima								1.738	
Humedad Óptima								12.63	
Grado de Compactación (%)								82.63	



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo



Tabla 114. Próctor Modificado B Muestra #02

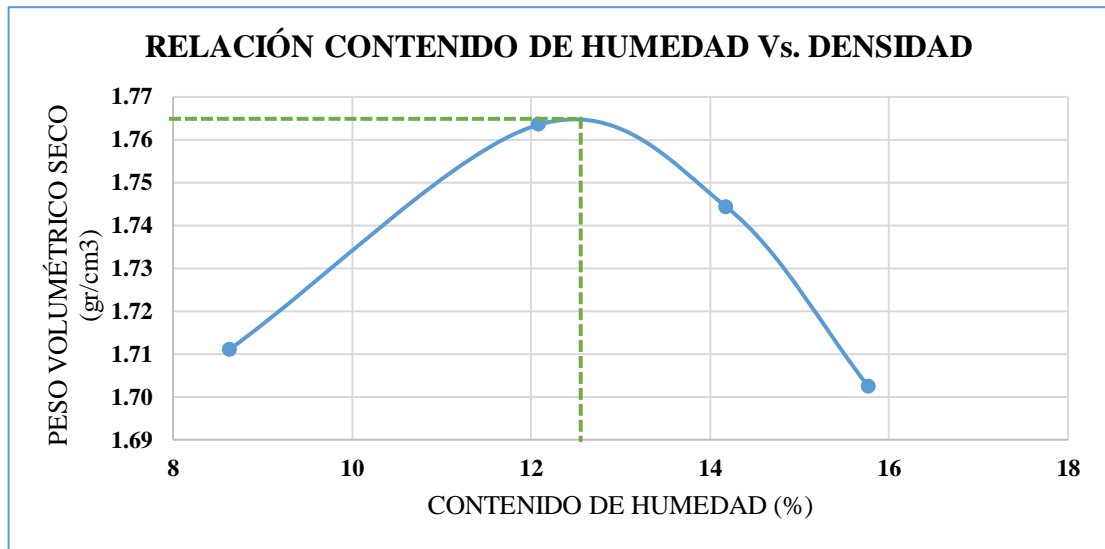
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
Realizado por:	Eg. Amanda Porras	Sector:	Gamboa						
Revisado por:	Ing. Alex Frías	Muestra:	#2						
PRÓCTOR MODIFICADO B									
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO									
Nº Golpes: 56	Peso Molde (gr):	14954.55	Volumen Molde (cm3)	2274.3					
Nº Capas: 5	Peso Martillo (lb):	10	Altura de caída (in)	18					
MUESTRA		1	2	3	4				
Humedad Añadida en %		9	12	15	18				
Suelo húmedo + molde (gr)		19318.18	19545.45	19681.82	19454.55				
Peso Molde (gr)		14954.55	14954.55	14954.55	14954.55				
Peso Suelo Húmedo (gr)		4363.63	4590.9	4727.27	4500				
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)		1.919	2.019	2.079	1.979				
CONTENIDO DE HUMEDAD		1	2	1	2	1	2	1	2
Peso Recipiente (gr)		45	88.1	34.5	32.1	32.5	32.8	45.45	90.91
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		318.2	272.7	145.7	109.7	120.3	175.2	318.2	272.7
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		289.2	251.4	131.2	98.9	107.3	152.8	271	241
Peso Agua (gr)		28.98	21.33	14.5	10.8	13	22.4	47.18	31.73
Peso Suelo Seco (gr)		244.2	163.3	96.7	66.8	74.8	120	225.6	150.1
Contenido de Agua (%)		11.87	13.06	14.99	16.17	17.38	18.67	20.92	21.14
w (%) Promedio		12.46	15.58	18.02		21.03			
Peso Unitario Seco (gr/cm3)		1.706	1.746	1.761	1.635				
Densidad Seca Maxima								1.768	
Humedad Óptima								17.32	
Grado de Compactación								1.768	



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo



Tabla 115. Próctor Modificado B Muestra #03

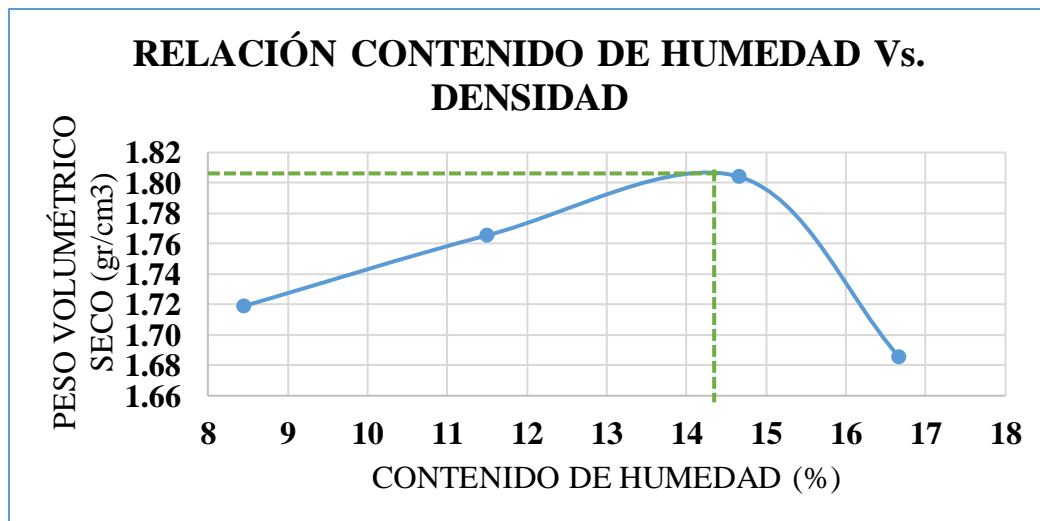
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
Realizado por:	Eg. Amanda Porras	Sector:	Huasipamba						
Revisado por:	Ing. Alex Frías	Muestra:	#3						
PRÓCTOR MODIFICADO B									
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO									
Nº Golpes: 56	Peso Molde (gr):	14954.55	Volumen Molde (cm3)	2274.3					
Nº Capas: 5	Peso Martillo (lb):	10	Altura de caída (in)	18					
MUESTRA		1	2	3	4				
Humedad Añadida en %		6	9	12	15				
Suelo húmedo + molde (gr)		19181.82	19450	19483.87	19436.36				
Peso Molde (gr)		14954.55	14954.55	14954.55	14954.55				
Peso Suelo Húmedo (gr)		4227.27	4495.45	4529.32	4481.81				
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)		1.859	1.977	1.992	1.971				
CONTENIDO DE HUMEDAD		1	2	1	2	1	2		
Peso Recipiente (gr)		34.2	35.1	45.2	41.2	33.2	33	45.3	50.2
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		248.2	274.2	188.2	207.4	130.1	145.2	342.1	388.7
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		231.1	255.3	173.1	189.1	118.2	131.1	300.1	344.4
Peso Agua (gr)		17.1	18.9	15.1	18.3	11.9	14.1	42	44.3
Peso Suelo Seco (gr)		196.9	220.2	127.9	147.9	85	98.1	254.8	294.2
Contenido de Agua (%)		8.68	8.58	11.81	12.37	14.00	14.37	16.48	15.06
w (%) Promedio		8.63	12.09	14.19	15.77				
Peso Unitario Seco (gr/cm3)		1.711	1.763	1.744	1.702				
Densidad Seca Maxima						1.765			
Humedad Óptima						12.51			
Grado de Compactación						86.44			



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo



Tabla 116. Próctor Modificado B Muestra #04

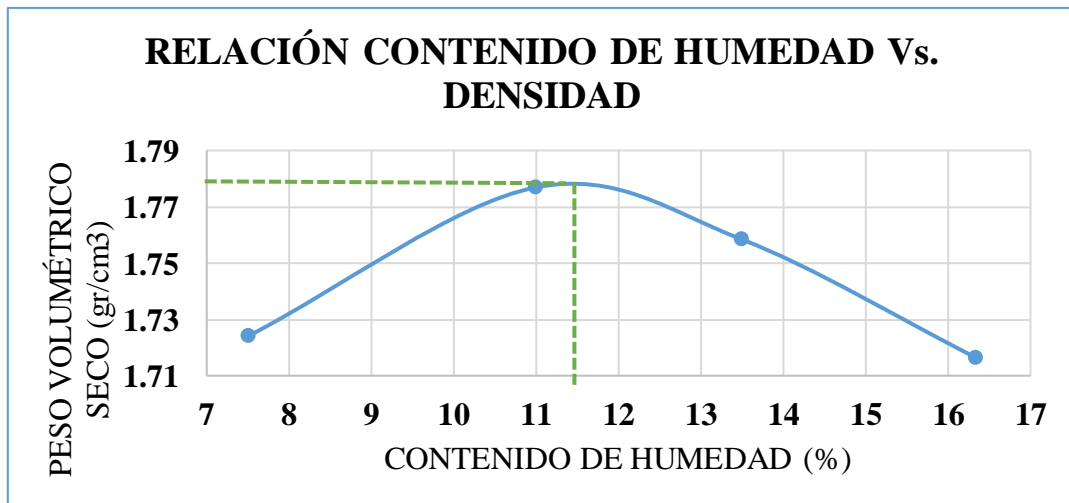
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
Realizado por:	Eg. Amanda Porras	Sector:	Huaspamba						
Revisado por:	Ing. Alex Frías	Muestra:	#4						
PRÓCTOR MODIFICADO B									
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO									
Nº Golpes: 56	Peso Molde (gr):	14954.55	Volumen Molde (cm ³)	2274.3					
Nº Capas: 5	Peso Martillo (lb):	10	Altura de caída (in)	18					
MUESTRA		1	2	3	4				
Humedad Añadida en %		6	9	12	15				
Suelo húmedo + molde (gr)		19193.64	19431.82	19658.91	19426.36				
Peso Molde (gr)		14954.55	14954.55	14954.55	14954.55				
Peso Suelo Húmedo (gr)		4239.09	4477.27	4704.36	4471.81				
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)		1.864	1.969	2.068	1.966				
CONTENIDO DE HUMEDAD		1	2	1	2	1	2	1	2
Peso Recipiente (gr)		40.7	45.7	35.1	37.2	45.2	34.2	38.1	47.2
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		306.2	289.7	199.9	178.7	147.1	178.1	308.1	280.1
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		285.1	271.1	182.9	164.1	133.1	161.1	269.1	247.2
Peso Agua (gr)		21.1	18.6	17	14.6	14	17	39	32.9
Peso Suelo Seco (gr)		244.4	225.4	147.8	126.9	87.9	126.9	231	200
Contenido de Agua (%)		8.63	8.25	11.50	11.51	15.93	13.40	16.88	16.45
w (%) Promedio		8.44		11.50		14.66		16.67	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)		1.719		1.766		1.804		1.685	
Densidad Seca Maxima								1.808	
Humedad Óptima								14.32	
Grado de Compactación								86.74	



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo



Tabla 117. Próctor Modificado B Muestra #05

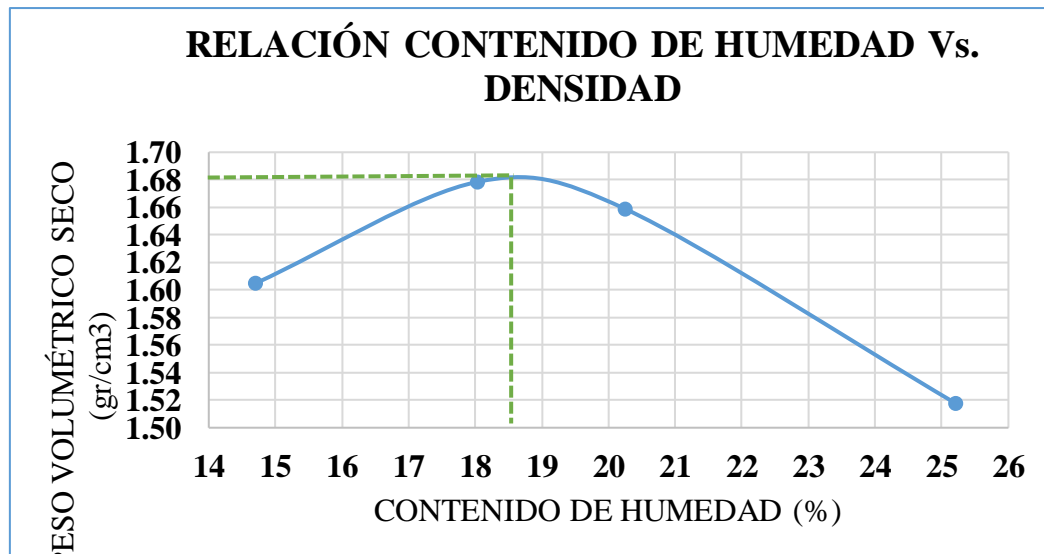
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
Realizado por:	Eg. Amanda Porras	Sector:	La Cocha						
Revisado por:	Ing. Alex Frías	Muestra:	#5						
PRÓCTOR MODIFICADO B									
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO									
Nº Golpes: 56	Peso Molde (gr):	14954.55	Volumen Molde (cm ³)	2274.3					
Nº Capas: 5	Peso Martillo (lb):	10	Altura de caída (in)	18					
MUESTRA		1	2	3	4				
Humedad Añadida en %		6	9	12	15				
Suelo húmedo + molde (gr)		19171.28	19440.24	19493.78	19496.63				
Peso Molde (gr)		14954.55	14954.55	14954.55	14954.55				
Peso Suelo Húmedo (gr)		4216.73	4485.69	4539.23	4542.08				
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)		1.854	1.972	1.996	1.997				
CONTENIDO DE HUMEDAD		1	2	1	2	1	2	1	2
Peso Recipiente (gr)		70.1	71.1	50.3	41.3	42.1	44.1	40.2	47.1
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		272.8	245.3	189.7	187.0	191.1	193.6	203.6	215.4
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		258.3	233.4	175.1	173.4	173.9	175.3	181.3	191.1
Peso Agua (gr)		14.5	11.9	14.6	13.6	17.2	18.3	22.3	24.3
Peso Suelo Seco (gr)		188.2	162.3	124.8	132.1	131.8	131.2	141.1	144
Contenido de Agua (%)		7.70	7.33	11.70	10.30	13.05	13.95	15.80	16.88
w (%) Promedio		7.52		11.00		13.50		16.34	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)		1.724		1.777		1.758		1.717	
Densidad Seca Maxima		1.779							
Humedad Óptima		11.42							
Grado de Compactación		100.03							



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo



Tabla 118. Próctor Modificado B Muestra #06

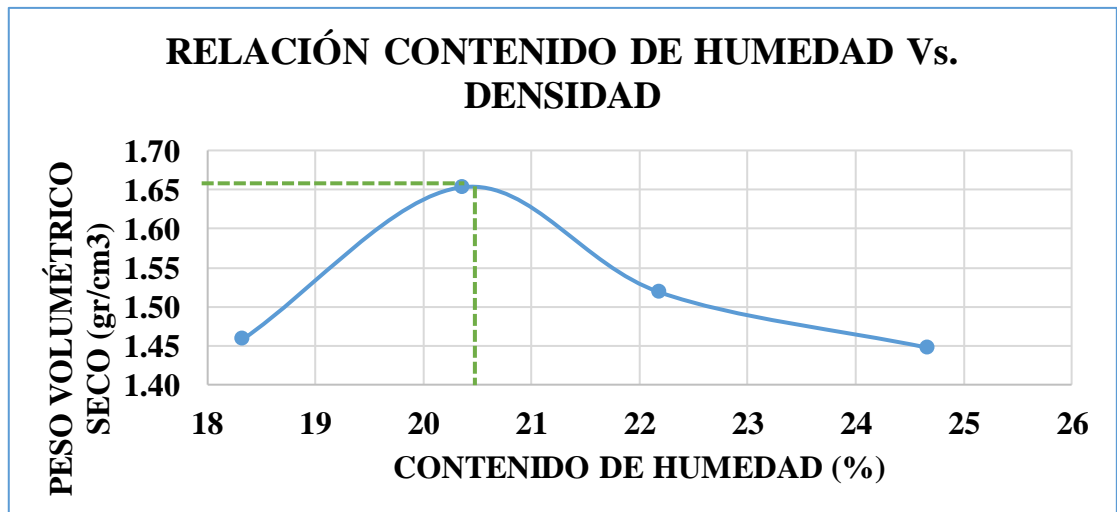
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
Realizado por:	Eg. Amanda Porras	Sector:	La Cocha				
Revisado por:	Ing. Alex Frías	Muestra:	#6				
PRÓCTOR MODIFICADO B							
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO							
N° Golpes: 56	Peso Molde (gr):	14954.55	Volumen Molde (cm ³)	2274.3			
N° Capas: 5	Peso Martillo (lb):	10	Altura de caída (in)	18			
MUESTRA		1	2	3	4		
Humedad Añadida en %		13	16	19	22		
Suelo húmedo + molde (gr)		19141.11	19459.09	19490.01	19276.36		
Peso Molde (gr)		14954.55	14954.55	14954.55	14954.55		
Peso Suelo Húmedo (gr)		4186.56	4504.54	4535.46	4321.81		
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)		1.841	1.981	1.994	1.900		
CONTENIDO DE HUMEDAD		1	2	1	2	1	2
Peso Recipiente (gr)		37.4	34.1	45.1	47.2	35.1	44.7
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		186.7	198.7	198.9	187.4	152.7	147.3
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		168.0	177.1	175.7	165.7	132.8	130.1
Peso Agua (gr)		18.7	21.6	23.2	21.7	19.9	17.2
Peso Suelo Seco (gr)		130.6	143	130.6	118.5	97.7	85.4
Contenido de Agua (%)		14.32	15.10	17.76	18.31	20.37	20.14
w (%) Promedio		14.71	18.04	20.25	25.22		
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)		1.605	1.678	1.658	1.518		
Densidad Seca Maxima						1.681	
Humedad Óptima						18.78	
Grado de Compactación						85.74	



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo



Tabla 119. Próctor Modificado B Muestra #07

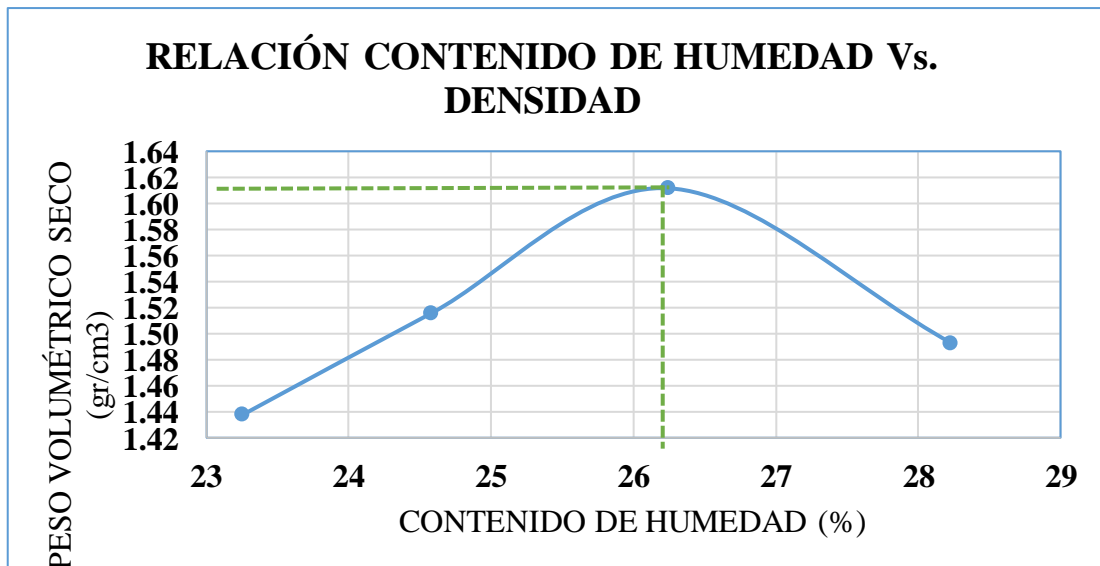
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
Realizado por:	Eg. Amanda Porras	Sector:	La Clementina						
Revisado por:	Ing. Alex Frías	Muestra:	#7						
PRÓCTOR MODIFICADO B									
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO									
Nº Golpes: 56	Peso Molde (gr):	14954.55	Volumen Molde (cm3)	2274.3					
Nº Capas: 5	Peso Martillo (lb):	10	Altura de caída (in)	18					
MUESTRA		1	2	3	4				
Humedad Añadida en %		15	18	21	24				
Suelo húmedo + molde (gr)		18880.55	19480.35	19175.51	19060.5				
Peso Molde (gr)		14954.55	14954.55	14954.55	14954.55				
Peso Suelo Húmedo (gr)		3926	4525.8	4220.96	4105.95				
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)		1.726	1.990	1.856	1.805				
CONTENIDO DE HUMEDAD		1	2	1	2	1	2		
Peso Recipiente (gr)		32.2	33.4	34.6	31.1	32.5	32.8	31.6	31.5
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		108.2	107.9	135.7	109.7	117.1	154.2	144.3	150.2
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		96.7	96.1	118.6	96.4	101.5	132.5	122.2	126.5
Peso Agua (gr)		11.5	11.8	17.1	13.3	15.6	21.7	22.1	23.7
Peso Suelo Seco (gr)		64.5	62.7	84	65.3	69	99.7	90.6	95
Contenido de Agua (%)		17.83	18.82	20.36	20.37	22.61	21.77	24.39	24.95
w (%) Promedio		18.32	20.36	22.19	24.67				
Peso Unitario Seco (gr/cm3)		1.459	1.653	1.519	1.448				
Densidad Seca Maxima						1.654			
Humedad Óptima						20.37			
Grado de Compactación						89.72			



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo



Tabla 120. Próctor Modificado B Muestra #08

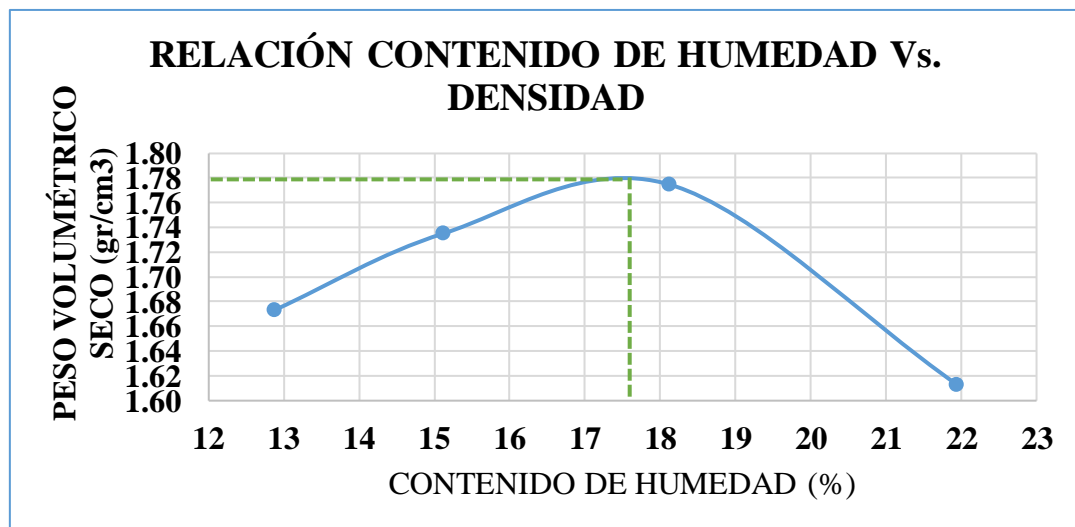
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
Realizado por:	Eg. Amanda Porras	Sector:	La Clementina						
Revisado por:	Ing. Alex Frías	Muestra:	#8						
PRÓCTOR MODIFICADO B									
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO									
N° Golpes: 56	Peso Molde (gr):	14954.55	Volumen Molde (cm3)	2274.3					
N° Capas: 5	Peso Martillo (lb):	10	Altura de caída (in)	18					
MUESTRA		1	2	3	4				
Humedad Añadida en %		20	22	24	26				
Suelo húmedo + molde (gr)		18984.55	19249.09	19582.15	19308.18				
Peso Molde (gr)		14954.55	14954.55	14954.55	14954.55				
Peso Suelo Húmedo (gr)		4030	4294.54	4627.6	4353.63				
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)		1.772	1.888	2.035	1.914				
CONTENIDO DE HUMEDAD		1	2	1	2	1	2		
Peso Recipiente (gr)		34.1	34.0	41.2	45.3	40.1	40.3	32.3	33.4
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		58.9	52.1	100.2	88.6	109.2	140.1	114.4	107.6
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		54.2	48.7	88.5	80.1	94.8	119.4	96.4	91.2
Peso Agua (gr)		4.7	3.4	11.7	8.5	14.4	20.7	18	16.4
Peso Suelo Seco (gr)		20.1	14.7	47.3	34.8	54.7	79.1	64.1	57.8
Contenido de Agua (%)		23.38	23.13	24.74	24.43	26.33	26.17	28.08	28.37
w (%) Promedio		23.26	24.58	26.25	28.23				
Peso Unitario Seco (gr/cm3)		1.438	1.516	1.612	1.493				
Densidad Seca Maxima								1.612	
Humedad Óptima								26.25	
Grado de Compactación								87.95	



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo



Tabla 121. Próctor Modificado B Muestra #09

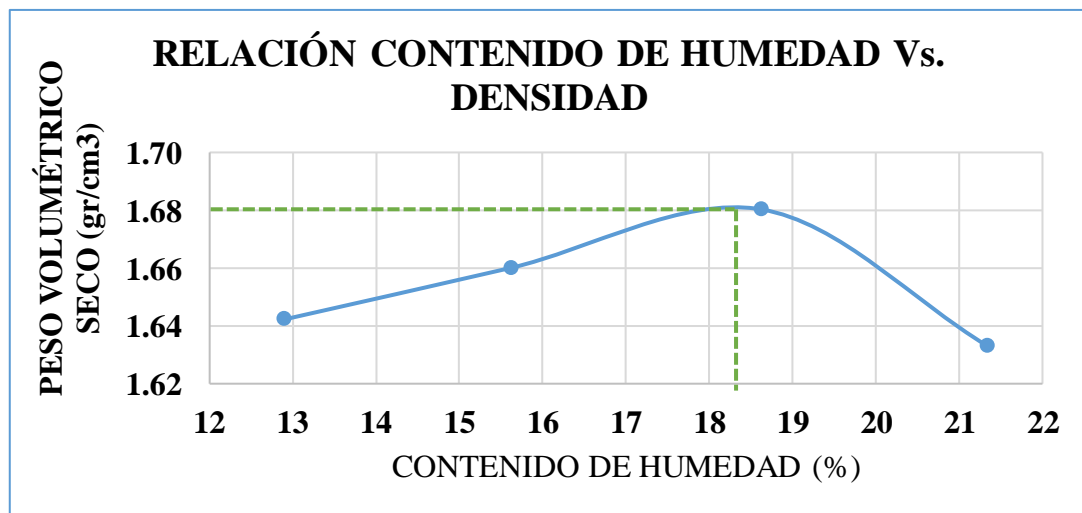
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
Realizado por:	Eg. Amanda Porras	Sector:	La Tranquilla						
Revisado por:	Ing. Alex Frías	Muestra:	#9						
PRÓCTOR MODIFICADO B									
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO									
Nº Golpes: 56	Peso Molde (gr):	14954.55	Volumen Molde (cm3)	2274.3					
Nº Capas: 5	Peso Martillo (lb):	10	Altura de caída (in)	18					
MUESTRA		1	2	3	4				
Humedad Añadida en %		11	14	17	20				
Suelo húmedo + molde (gr)		19249.82	19497.23	19721.43	19427.11				
Peso Molde (gr)		14954.55	14954.55	14954.55	14954.55				
Peso Suelo Húmedo (gr)		4295.27	4542.68	4766.88	4472.56				
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)		1.889	1.997	2.096	1.967				
CONTENIDO DE HUMEDAD		1	2	1	2	1	2	1	2
Peso Recipiente (gr)		31.0	31.0	24.0	25.0	31.3	30.1	31.2	31.1
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		147.2	154.1	144.2	136.8	144.4	132.7	166.3	179.4
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		133.9	140.1	128.1	122.4	127.1	116.9	142.0	152.7
Peso Agua (gr)		13.3	14	16.1	14.4	17.3	15.8	24.3	26.71
Peso Suelo Seco (gr)		102.9	109.1	104.1	97.4	95.8	86.8	110.8	121.6
Contenido de Agua (%)		12.93	12.83	15.47	14.78	18.06	18.20	21.93	21.97
w (%) Promedio		12.88	15.13	18.13	18.13	18.13	18.13	21.95	21.95
Peso Unitario Seco (gr/cm3)		1.673	1.735	1.774	1.774	1.774	1.774	1.613	1.613
Densidad Seca Maxima								1.780	
Humedad Óptima								17.51	
Grado de Compactación								85.66	



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo



Tabla 122. Próctor Modificado B Muestra #10

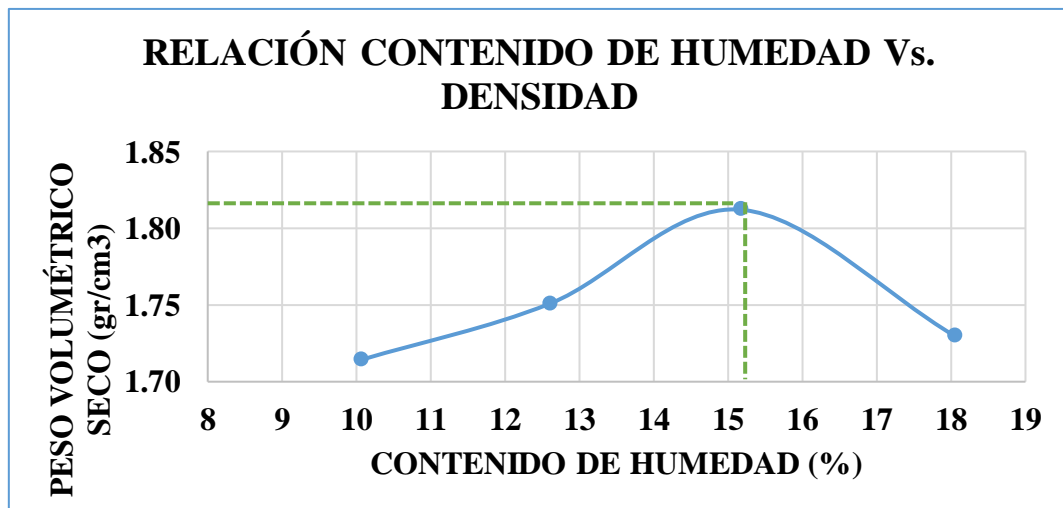
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
Realizado por:	Eg. Amanda Porras	Sector:	La Tranquilla						
Revisado por:	Ing. Alex Frías	Muestra:	#10						
PRÓCTOR MODIFICADO B									
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO									
Nº Golpes: 56	Peso Molde (gr):	14954.55	Volumen Molde (cm ³)	2274.3					
Nº Capas: 5	Peso Martillo (lb):	10	Altura de caída (in)	18					
MUESTRA		1	2	3	4				
Humedad Añadida en %		11	14	17	20				
Suelo húmedo + molde (gr)		19171.47	19319.98	19487.74	19461.77				
Peso Molde (gr)		14954.55	14954.55	14954.55	14954.55				
Peso Suelo Húmedo (gr)		4216.92	4365.43	4533.19	4507.22				
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)		1.854	1.919	1.993	1.982				
CONTENIDO DE HUMEDAD		1	2	1	2	1	2	1	2
Peso Recipiente (gr)		31.2	31.1	30.3	31.2	40.2	40.1	40.3	43.1
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		164.7	141.3	138.7	122.7	166.9	178.6	166.3	179.4
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		150.2	128.1	124.1	110.3	146.7	157.2	143.9	155.7
Peso Agua (gr)		14.5	13.2	14.6	12.4	20.2	21.4	22.4	23.71
Peso Suelo Seco (gr)		119	97	93.8	79.1	106.5	117.1	103.6	112.6
Contenido de Agua (%)		12.18	13.61	15.57	15.68	18.97	18.27	21.62	21.06
w (%) Promedio		12.90		15.62		18.62		21.34	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)		1.642		1.660		1.680		1.633	
Densidad Seca Maxima				1.681					
Humedad Óptima				18.22					
Grado de Compactación				86.55					



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo



Tabla 123. Próctor Modificado B Muestra #11

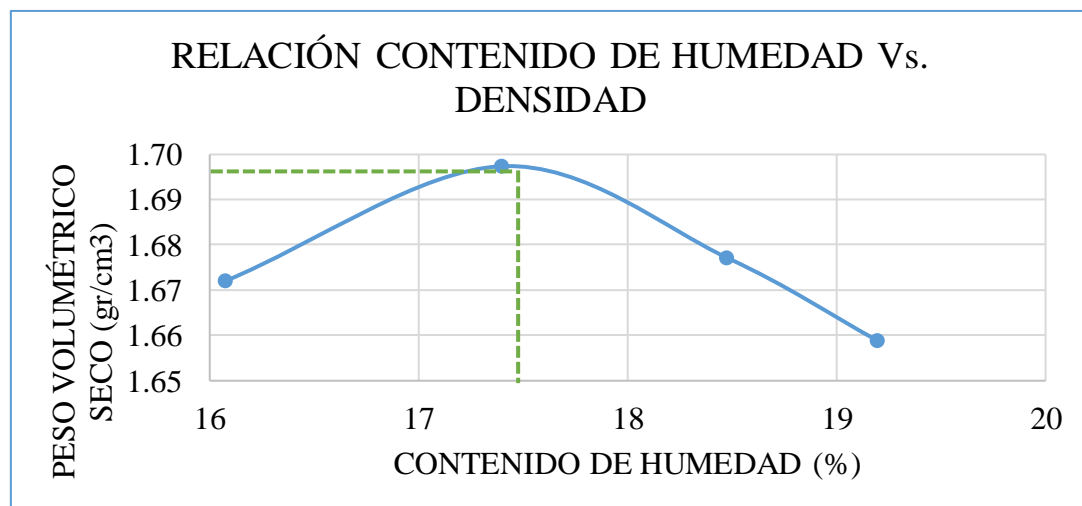
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
Realizado por:	Eg. Amanda Porras	Sector:	Huambalito						
Revisado por:	Ing. Alex Frías	Muestra:	#11						
PRÓCTOR MODIFICADO B									
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO									
Nº Golpes: 56	Peso Molde (gr):	14954.55	Volumen Molde (cm ³)	2274.3					
Nº Capas: 5	Peso Martillo (lb):	10	Altura de caída (in)	18					
MUESTRA		1	2	3	4				
Humedad Añadida en %		6	9	12	15				
Suelo húmedo + molde (gr)		19245.36	19437.96	19701.22	19598.14				
Peso Molde (gr)		14954.55	14954.55	14954.55	14954.55				
Peso Suelo Húmedo (gr)		4290.81	4483.41	4746.67	4643.59				
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)		1.887	1.971	2.087	2.042				
CONTENIDO DE HUMEDAD		1	2	1	2	1	2	1	2
Peso Recipiente (gr)		33.1	30.2	31.2	30.3	41.1	40.3	31.0	31.1
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		127.4	143.5	144.6	168.8	120.6	148.3	140.7	122.3
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		118.8	133.1	132.4	152.7	109.6	134.8	124.1	108.2
Peso Agua (gr)		8.6	10.4	12.2	16.1	11	13.5	16.6	14.1
Peso Suelo Seco (gr)		85.7	102.9	101.2	122.4	68.5	94.5	93.1	77.1
Contenido de Agua (%)		10.04	10.11	12.06	13.15	16.06	14.29	17.83	18.29
w (%) Promedio		10.07		12.60		15.17		18.06	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)		1.714		1.751		1.812		1.729	
Densidad Seca Maxima								1.812	
Humedad Óptima								15.17	
Grado de Compactación								86.82	



Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 124. Próctor Modificado B Muestra #12



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
Realizado por:	Eg. Amanda Porras	Sector:	Huambalito						
Revisado por:	Ing. Alex Frías	Muestra:	#12						
PRÓCTOR MODIFICADO B									
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO									
Nº Golpes: 56	Peso Molde (gr):	14954.55	Volumen Molde (cm ³)	2274.3					
Nº Capas: 5	Peso Martillo (lb):	10	Altura de caída (in)	18					
MUESTRA		1	2	3	4				
Humedad Añadida en %		13	15	17	19				
Suelo húmedo + molde (gr)		19368.41	19486.37	19473.36	19451.14				
Peso Molde (gr)		14954.55	14954.55	14954.55	14954.55				
Peso Suelo Húmedo (gr)		4413.86	4531.82	4518.81	4496.59				
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)		1.941	1.993	1.987	1.977				
CONTENIDO DE HUMEDAD		1	2	1	2	1	2	1	2
Peso Recipiente (gr)		30.1	30.2	31.2	31.1	33.1	30.2	31.1	30.1
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		158.1	145.5	137.3	170.8	120.8	150.3	140.7	120.3
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		140.3	129.6	121.5	150.2	107.1	131.6	122.3	106.4
Peso Agua (gr)		17.8	15.9	15.8	20.6	13.7	18.7	18.4	13.9
Peso Suelo Seco (gr)		110.2	99.4	90.3	119.1	74	101.4	91.2	76.3
Contenido de Agua (%)		16.15	16.00	17.50	17.30	18.51	18.44	20.18	18.22
w (%) Promedio		16.07	17.40	18.48	19.20				
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)		1.672	1.697	1.677	1.659				
Densidad Seca Maxima						1.698			
Humedad Óptima						17.45			
Grado de Compactación						86.72			



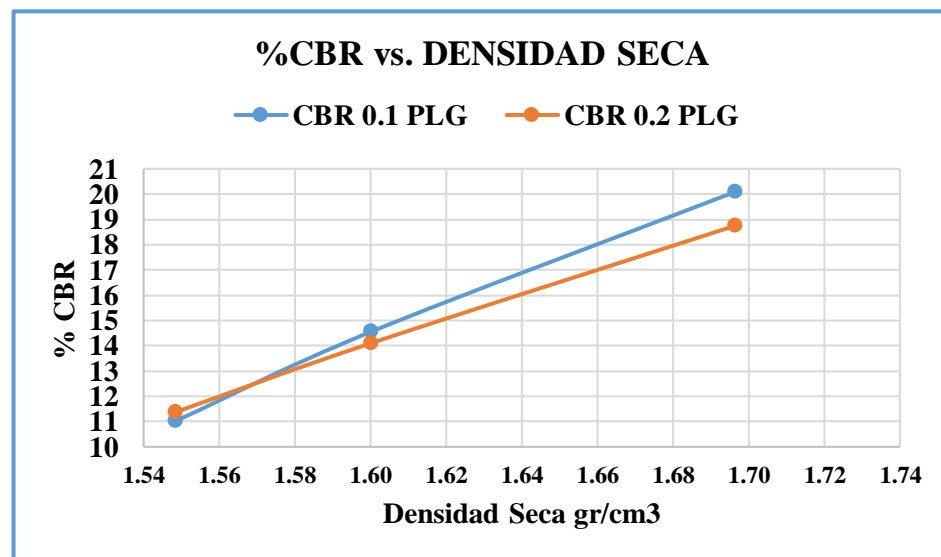
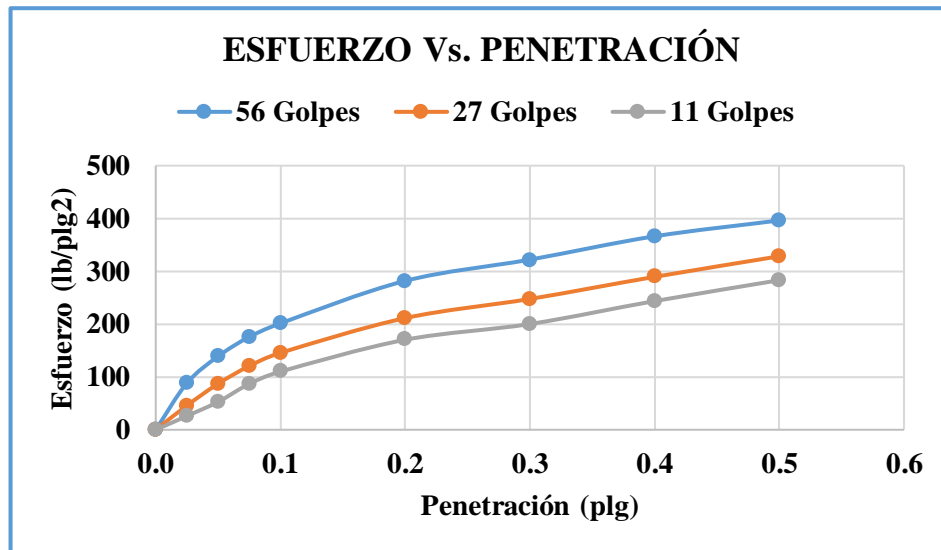
Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

ENSAYO CBR (California Bearing Ratio)

Tabla 125. Ensayo CBR Muestra #01

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 									
Realizado por:	Eg. Amanda Porras		Sector:	Gamboa					
Revisado por:	Ing. Alex Frías		Muestra:	#01					
PROCTOR MODIFICADO B									
DATOS DEL MOLDE		1		2		3			
Diámetro		15.1		15.2		15.2			
Altura		12.7		12.9		12.7			
DATOS DE LA MUESTRA		1		2		3			
Número de Golpes		56		27		11			
Suelo húmedo + molde (gr)		10972		11764		11974			
Peso Molde (gr)		6601		7485		7887			
Peso Suelo Húmedo (gr)		4371		4279		4087			
Volumen muestra (cm3)		2274.299		2340.813		2304.522			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)		1.922		1.828		1.773			
CONTENIDO DE HUMEDAD		1		2		1		2	
Peso Recipiente (gr)		33.1		30.3		30.2		30.3	
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		121.2		122.0		141.1		152.8	
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		110.9		111.2		127.4		137.4	
Peso Agua (gr)		10.3		10.8		13.7		15.4	
Peso Suelo Seco (gr)		77.8		80.9		97.2		107.1	
Contenido de Agua (%)		13.24		13.35		14.09		14.38	
w (%) Promedio		13.29		14.24		14.53			
Peso Unitario Seco (gr/cm3)		1.696		1.600		1.549			
DATOS DESPUES DE LA SATURACIÓN									
Suelo húmedo + molde (gr)		11254		12141		12446			
Peso Molde (gr)		6601		7485		7887			
Peso Suelo Húmedo (gr)		4653		4656		4559			
Peso Agua Absorbida		282		377		472			
% Agua Absorbida		6.45		8.81		11.55			
CONTENIDO DE HUMEDAD		1		2		1		2	
Peso Recipiente (gr)		33.3		30.3		30.3		30.0	
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		143.3		165.6		163.2		192.1	
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		129.4		147.9		143.8		167.8	
Peso Agua (gr)		13.9		17.7		19.4		24.3	
Peso Suelo Seco (gr)		96.1		117.6		113.5		137.8	
Contenido de Agua (%)		14.46		15.05		17.09		17.63	
w (%) Promedio		14.76		17.36		19.04			
ENSAYO CBR									
MOLDE		1		2		3			
Penetración (plg)		Dial		Presión		Dial		Presión	
0.000		0.0		0.00		0.0		0.00	
0.025		264.6		88.20		137.8		45.93	
0.050		416.3		138.77		261.7		87.23	
0.075		526.4		175.47		362.4		120.80	
0.100		603.2		201.07		437.1		145.70	
0.200		843.9		281.30		634.9		211.63	
0.300		964.5		321.50		743.8		247.93	
0.400		1096.7		365.57		869.4		289.80	
0.500		1186.7		395.57		986.3		328.77	



PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE	Presión	CBR 0.1	Densida	Presión	CBR	Densidad
1	201.1	20.11	1.696	281.3	18.75	1.696
2	145.7	14.57	1.600	211.6	14.11	1.600
3	110.3	11.03	1.549	170.8	11.38	1.549



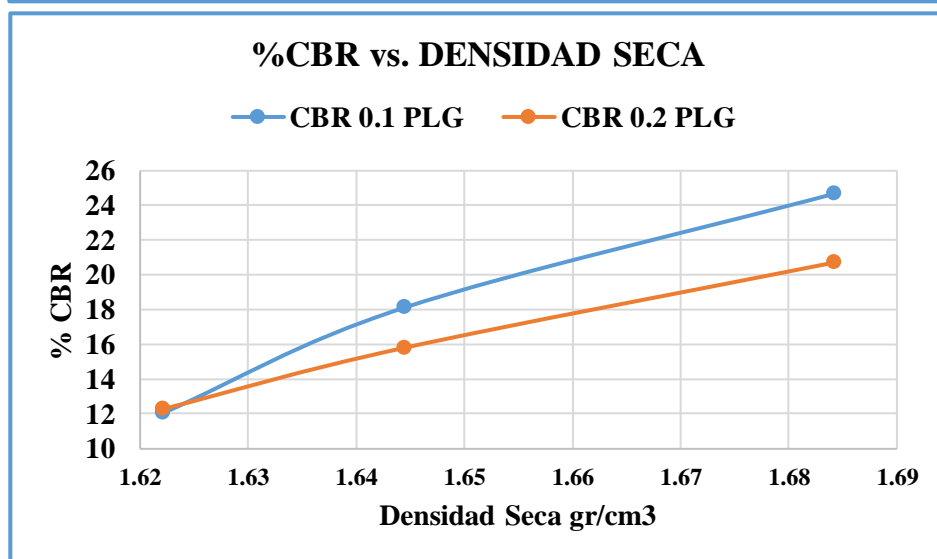
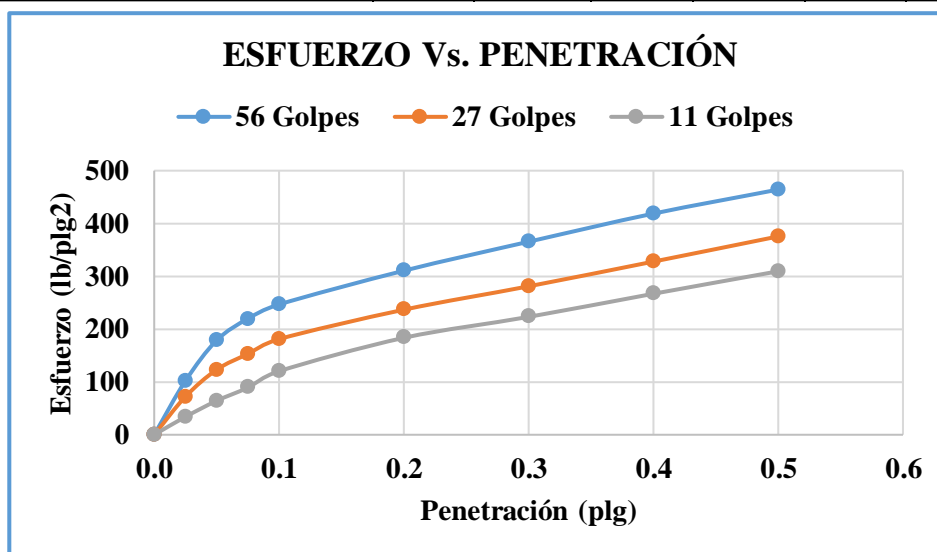
Densidad Seca Máxima (gr/cm3)	DSM		CBR	
			0,1 plg	0,2 plg
1.738	95%	1.651	17.5	16.5

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 126. Ensayo CBR Muestra #02

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
Realizado por:	Eg. Amanda Porras	Sector:	Gamboa						
Revisado por:	Ing. Alex Frías	Muestra:	#02						
PROCTOR MODIFICADO B									
DATOS DEL MOLDE		1		2		3			
Diámetro		15.1		15.2		15.2			
Altura		12.7		12.9		12.7			
DATOS DE LA MUESTRA		1		2		3			
Número de Golpes		56		27		11			
Suelo húmedo + molde (gr)		13512		12631		11745			
Peso Molde (gr)		8996		8087		7314			
Peso Suelo Húmedo (gr)		4516		4544		4431			
Volumen muestra (cm ³)		2274.299		2340.813		2304.522			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)		1.986		1.941		1.923			
CONTENIDO DE HUMEDAD		1		2		1		2	
Peso Recipiente (gr)		30.0		31.3		33.0		33.3	
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		143.1		162.6		185.2		173.2	
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		125.9		142.7		161.3		152.4	
Peso Agua (gr)		17.2		19.9		23.9		20.8	
Peso Suelo Seco (gr)		95.9		111.4		128.3		119.1	
Contenido de Agua (%)		17.94		17.86		18.63		17.46	
w (%) Promedio		17.90		18.05		18.53			
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)		1.684		1.644		1.622			
DATOS DESPUES DE LA SATURACIÓN									
Suelo húmedo + molde (gr)		13831		13224		12612			
Peso Molde (gr)		8996		8087		7314			
Peso Suelo Húmedo (gr)		4835		5137		5298			
Peso Agua Absorbida		319		593		867			
% Agua Absorbida		7.06		13.05		19.57			
CONTENIDO DE HUMEDAD		1		2		1		2	
Peso Recipiente (gr)		33.3		30.3		30.3		30.0	
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		199.9		189.3		136.7		157.4	
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		171.2		163.2		117.8		135.6	
Peso Agua (gr)		28.7		26.1		18.9		21.8	
Peso Suelo Seco (gr)		137.9		132.9		87.5		105.6	
Contenido de Agua (%)		20.81		19.64		21.60		20.64	
w (%) Promedio		20.23		21.12		22.38			
ENSAYO CBR									
MOLDE		1		2		3			
Penetración (plg)		Dial		Presión		Dial		Presión	
0.000		0.0		0.00		0.0		0.00	
0.025		305.8		101.93		216.4		72.13	
0.050		536.1		178.70		369.7		123.23	
0.075		658.9		219.63		459.3		153.10	
0.100		739.8		246.60		543.4		181.13	
0.200		931.4		310.47		710.5		236.83	
0.300		1096.1		365.37		843.3		281.10	
0.400		1255.7		418.57		983.7		327.90	
0.500		1392.1		464.03		1126.7		375.57	
		931.3		310.4					



PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE	Presión	CBR 0.1	Densida	Presión	CBR	Densidad
1	246.6	24.66	1.684	310.5	20.70	1.684
2	181.1	18.11	1.644	236.8	15.79	1.644
3	120.7	12.07	1.622	184.1	12.27	1.622



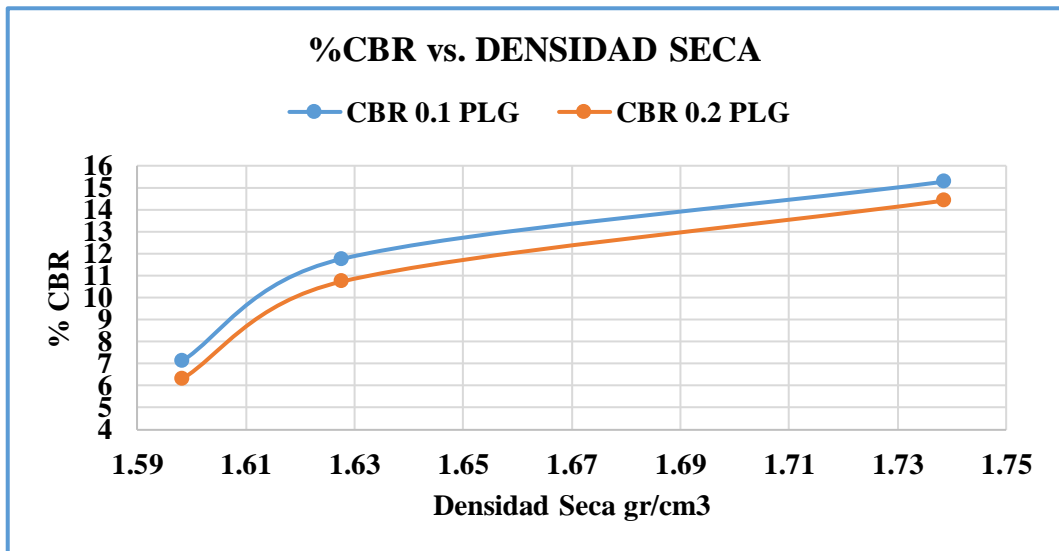
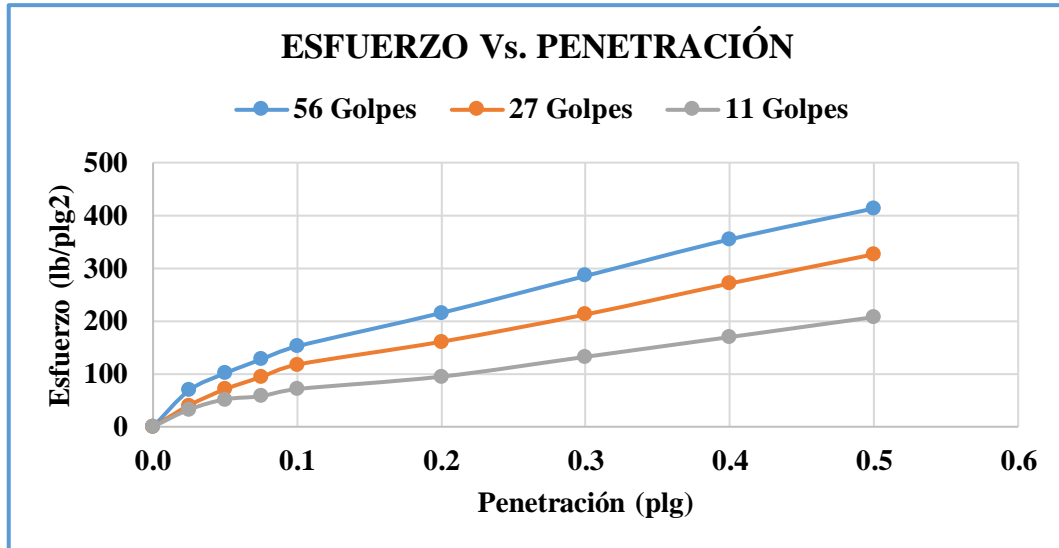
Densidad Seca Máxima (gr/cm3)	DSM		CBR	
			0,1 plg	0,2 plg
1.768	95%	1.680	24	20

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 127. Ensayo CBR Muestra #03

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 													
Realizado por:	Eg. Amanda Porras		Sector:	Huasipamba									
Revisado por:	Ing. Alex Frías		Muestra:	#03									
PROCTOR MODIFICADO B													
DATOS DEL MOLDE		1		2		3							
Diámetro		15.1		15.1		15.2							
Altura		12.9		12.8		12.7							
DATOS DE LA MUESTRA		1		2		3							
Número de Golpes		56		27		11							
Suelo húmedo + molde (gr)		10395		12579		12795							
Peso Molde (gr)		5836		8350		8621							
Peso Suelo Húmedo (gr)		4559		4229		4174							
Volumen muestra (cm ³)		2310.114		2292.207		2304.522							
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)		1.973		1.845		1.811							
CONTENIDO DE HUMEDAD		1		2		1		2					
Peso Recipiente (gr)		31.1		31.0		24.0		25.0		31.2		31.1	
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		74.5		71.6		108.1		99.5		153.2		94.8	
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		69.3		66.8		98.0		90.9		138.5		87.5	
Peso Agua (gr)		5.2		4.8		10.1		8.6		14.7		7.3	
Peso Suelo Seco (gr)		38.2		35.8		74		65.9		107.3		56.4	
Contenido de Agua (%)		13.61		13.41		13.65		13.05		13.70		12.94	
w (%) Promedio		13.51		13.35		13.35		13.35		13.32		13.32	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)		1.739		1.628		1.628		1.628		1.598		1.598	
DATOS DESPUES DE LA SATURACIÓN													
Suelo húmedo + molde (gr)		10549		12848		13215		13215		13215		13215	
Peso Molde (gr)		5836		8350		8621		8621		8621		8621	
Peso Suelo Húmedo (gr)		4713		4498		4594		4594		4594		4594	
Peso Agua Absorbida		154		269		420		420		420		420	
% Agua Absorbida		3.38		6.36		10.06		10.06		10.06		10.06	
CONTENIDO DE HUMEDAD		1		2		1		2		1		2	
Peso Recipiente (gr)		30.2		31.2		33.1		30.3		30.2		31.0	
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		164.2		152.4		169.8		174.3		155.3		136.2	
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		145.1		134.8		148.6		152.4		133.1		117.8	
Peso Agua (gr)		19.1		17.6		21.2		21.9		22.2		18.4	
Peso Suelo Seco (gr)		114.9		103.6		115.5		122.1		102.9		86.8	
Contenido de Agua (%)		16.62		16.99		18.35		17.94		21.57		21.20	
w (%) Promedio		16.81		18.15		18.15		18.15		21.39		21.39	
ENSAYO CBR													
MOLDE		1		2		3							
Penetración (plg)		Dial		Presión		Dial		Presión		Dial		Presión	
0.000		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0	
0.025		207.1		69.0		121.4		40.5		97.4		32.5	
0.050		304.2		101.4		213.1		71.0		155.4		51.8	
0.075		383.3		127.8		282.4		94.1		173.1		57.7	
0.100		457.9		152.6		352.7		117.6		213.8		71.3	
0.200		647.8		215.9		482.7		160.9		284.1		94.7	
0.300		858.2		286.1		637.3		212.4		396.4		132.1	
0.400		1066.1		355.4		813.1		271.0		508.3		169.4	
0.500		1242.3		414.1		978.9		326.3		621.4		207.1	



PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE	Presión	CBR 0.1	Densida	Presión	CBR	Densidad
1	152.6	15.26	1.739	215.9	14.40	1.739
2	117.6	11.76	1.628	160.9	10.73	1.628
3	71.3	7.13	1.598	94.7	6.31	1.598



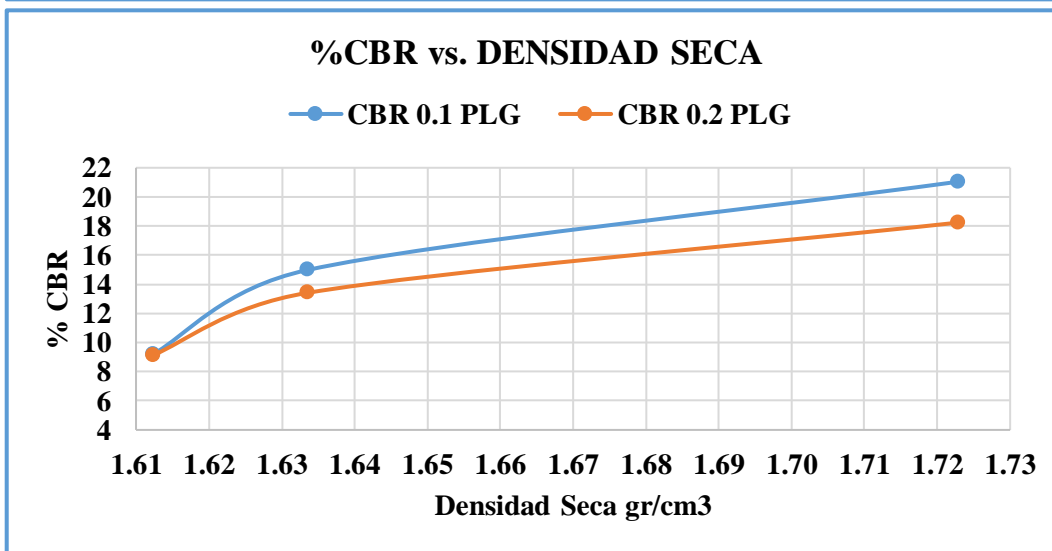
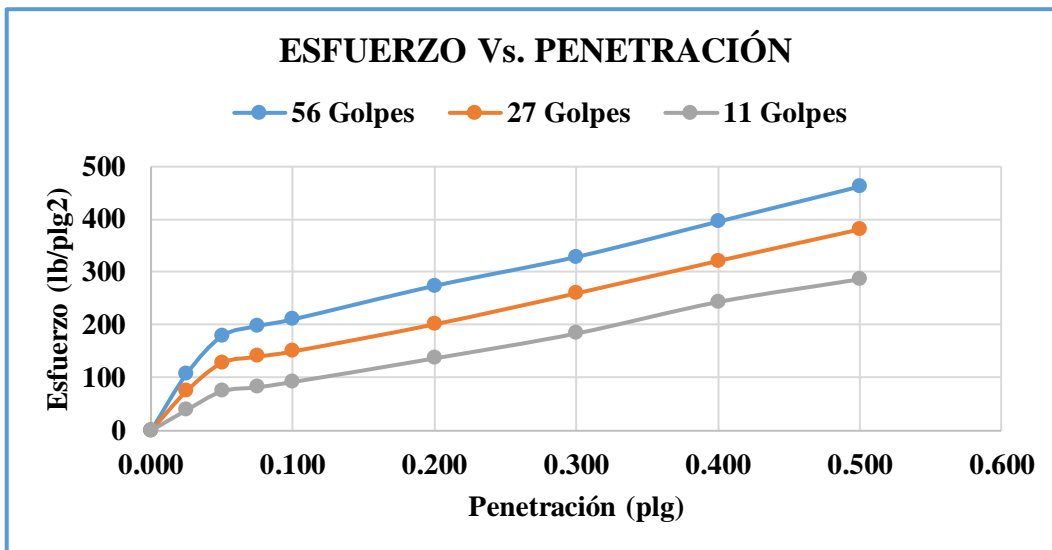
Densidad Seca Máxima (gr/cm ³)	DSM		CBR	
			0,1 plg	0,2 plg
1.765	95%	1.677	14	12.5

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 128. Ensayo CBR Muestra #04

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 													
Realizado por:	Eg. Amanda Porras		Sector:	Huasipamba									
Revisado por:	Ing. Alex Frías		Muestra:	#04									
PROCTOR MODIFICADO B													
DATOS DEL MOLDE		1		2		3							
Diámetro		15.2		15.2		15.1							
Altura		12.9		12.9		12.8							
DATOS DE LA MUESTRA		1		2		3							
Número de Golpes		56		27		11							
Suelo húmedo + molde (gr)		11587		10364		12451							
Peso Molde (gr)		6975		5941		8154							
Peso Suelo Húmedo (gr)		4612		4423		4297							
Volumen muestra (cm ³)		2340.813		2340.813		2292.207							
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)		1.970		1.890		1.875							
CONTENIDO DE HUMEDAD		1		2		1		2					
Peso Recipiente (gr)		40.1		40.3		40.0		41.1		40.3		40.1	
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		187.6		176.4		146.3		176.4		149.3		135.5	
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		169.1		159.3		131.8		158.2		134.1		122.1	
Peso Agua (gr)		18.5		17.1		14.5		18.2		15.2		13.4	
Peso Suelo Seco (gr)		129		119		91.8		117.1		93.8		82.0	
Contenido de Agua (%)		14.34		14.37		15.80		15.54		16.20		16.34	
w (%) Promedio		14.36		15.67		16.27							
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)		1.723		1.634		1.612							
DATOS DESPUES DE LA SATURACION													
Suelo húmedo + molde (gr)		11857		10687		12857							
Peso Molde (gr)		6975		5941		8154							
Peso Suelo Húmedo (gr)		4882		4746		4703							
Peso Agua Absorbida		270		323		406							
% Agua Absorbida		5.85		7.30		9.45							
CONTENIDO DE HUMEDAD		1		2		1		2		1		2	
Peso Recipiente (gr)		31.0		31.1		31.0		33.2		33.1		33.0	
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		158.7		165.3		163.4		192.2		168.3		171.3	
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		141.9		146.9		143.5		168.9		145.8		148.1	
Peso Agua (gr)		16.8		18.4		19.9		23.3		22.5		23.2	
Peso Suelo Seco (gr)		110.9		115.8		112.5		135.7		112.7		115.1	
Contenido de Agua (%)		15.15		15.89		17.69		17.17		19.96		20.16	
w (%) Promedio		15.52		17.43		20.06							
ENSAYO CBR													
MOLDE		1		2		3							
Penetración (plg)		Dial		Presión		Dial		Presión		Dial		Presión	
0.000		0.0		0.00		0.0		0.00		0.0		0.00	
0.025		321.4		107.13		224.8		74.93		117.1		39.03	
0.050		536.1		178.70		384.1		128.03		223.3		74.43	
0.075		593.6		197.87		419.8		139.93		246.7		82.23	
0.100		631.2		210.40		449.8		149.93		276.3		92.10	
0.200		821.2		273.73		603.8		201.27		410.3		136.77	
0.300		985.2		328.40		779.6		259.87		551.5		183.83	
0.400		1185.1		395.03		963.2		321.07		729.9		243.30	
0.500		1384.1		461.37		1142.3		380.77		859.2		286.40	



PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE	Presión	CBR 0.1	Densida	Presión	CBR	Densidad
1	210.4	21.04	1.723	273.7	18.25	1.723
2	149.9	14.99	1.634	201.3	13.42	1.634
3	92.1	9.21	1.612	136.8	9.12	1.612



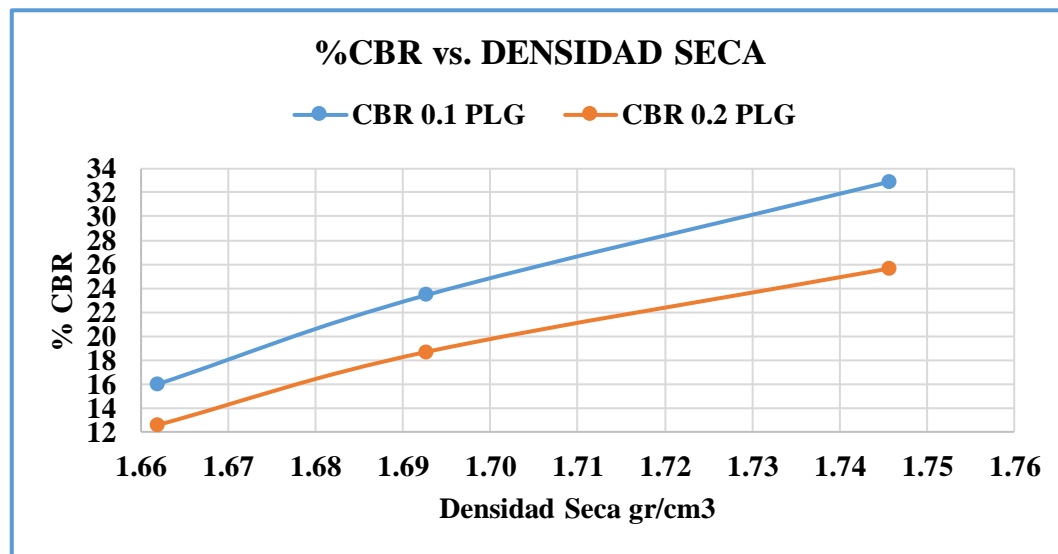
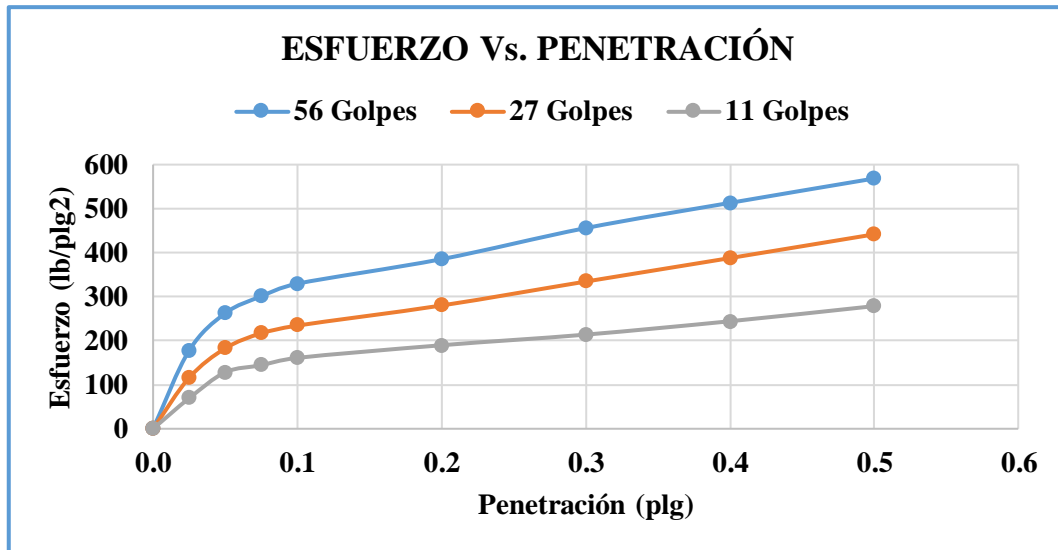
Densidad Seca Máxima (gr/cm ³)	DSM		CBR	
			0,1 plg	0,2 plg
1.808	95%	1.718	21	18

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 129. Ensayo CBR Muestra #05

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 													
Realizado por:	Eg. Amanda Porras		Sector:	La Cocha									
Revisado por:	Ing. Alex Frías		Muestra:	#05									
PROCTOR MODIFICADO B													
DATOS DEL MOLDE		1		2		3							
Diámetro		15.1		15.1		15.1							
Altura		12.9		12.8		12.8							
DATOS DE LA MUESTRA		1		2		3							
Número de Golpes		56		27		11							
Suelo húmedo + molde (gr)		12541		13247		11642							
Peso Molde (gr)		8014		8874		7318							
Peso Suelo Húmedo (gr)		4527		4373		4324							
Volumen muestra (cm ³)		2310.114		2292.207		2292.207							
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)		1.960		1.908		1.886							
CONTENIDO DE HUMEDAD		1		2		1		2					
Peso Recipiente (gr)		30.3		31.0		33.1		30.2		30.1		31.1	
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		142.3		132.4		154.3		141.3		120.3		163.4	
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		130.0		121.4		140.5		128.9		109.4		147.9	
Peso Agua (gr)		12.3		11		13.8		12.4		10.9		15.5	
Peso Suelo Seco (gr)		99.7		90.4		107.4		98.7		79.3		116.8	
Contenido de Agua (%)		12.34		12.17		12.85		12.56		13.75		13.27	
w (%) Promedio		12.25		12.71						13.51			
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)		1.746		1.693						1.662			
DATOS DESPUES DE LA SATURACION													
Suelo húmedo + molde (gr)		12937		13746		12312							
Peso Molde (gr)		8014		8874		7318							
Peso Suelo Húmedo (gr)		4923		4872		4994							
Peso Agua Absorbida		396		499		670							
% Agua Absorbida		8.75		11.41		15.49							
CONTENIDO DE HUMEDAD		1		2		1		2					
Peso Recipiente (gr)		32.1		33.1		30.0		33.1		30.3		33.3	
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		162.4		152.3		183.3		127.9		136.4		195.6	
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		142.7		134.7		157.1		112.1		117.5		166.4	
Peso Agua (gr)		19.7		17.6		26.2		15.8		18.9		29.2	
Peso Suelo Seco (gr)		110.6		101.6		127.1		79		87.2		133.1	
Contenido de Agua (%)		17.81		17.32		20.61		20.00		21.67		21.94	
w (%) Promedio		17.57		20.31						21.81			
ENSAYO CBR													
MOLDE		1		2		3							
Penetración (plg)		Dial		Presión		Dial		Presión		Dial		Presión	
0.000		0.0		0.00		0.0		0.00		0.0		0.00	
0.025		532.4		177.47		348.1		116.03		207.3		69.10	
0.050		786.1		262.03		548.9		182.97		383.1		127.70	
0.075		901.4		300.47		651.7		217.23		431.6		143.87	
0.100		987.3		329.10		704.1		234.70		481.4		160.47	
0.200		1154.3		384.77		841.4		280.47		567.3		189.10	
0.300		1365.7		455.23		1004.6		334.87		639.4		213.13	
0.400		1537.3		512.43		1164.8		388.27		730.2		243.40	
0.500		1702.9		567.63		1326.8		442.27		832.8		277.60	



PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE	Presión	CBR 0.1	Densida	Presión	CBR	Densidad
1	329.1	32.91	1.746	384.8	25.65	1.746
2	234.7	23.47	1.693	280.5	18.70	1.693
3	160.5	16.05	1.662	189.1	12.61	1.662



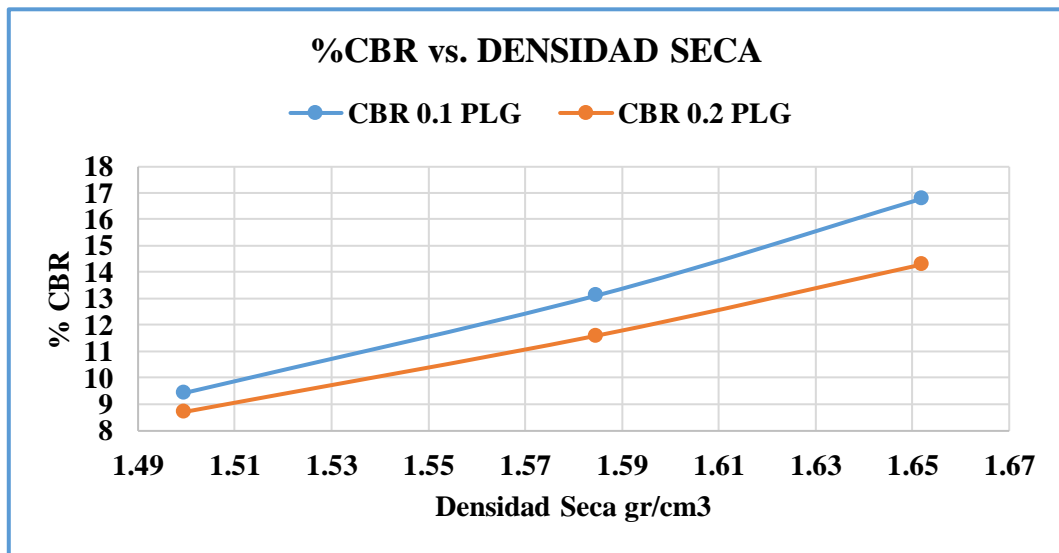
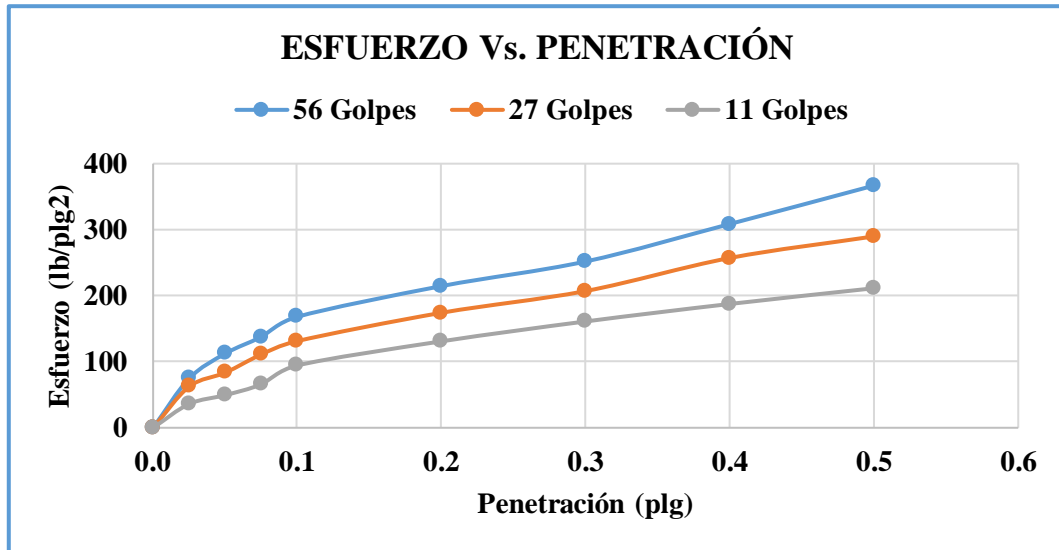
Densidad Seca Máxima (gr/cm3)	DSM		CBR	
			0,1 plg	0,2 plg
1.779	95%	1.690	23	18

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 130. Ensayo CBR Muestra #06

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 													
Realizado por:	Eg. Amanda Porras		Sector:	La Cocha									
Revisado por:	Ing. Alex Frías		Muestra:	#06									
PROCTOR MODIFICADO B													
DATOS DEL MOLDE		1		2		3							
Diámetro		15.2		15.1		15.2							
Altura		12.9		12.9		12.8							
DATOS DE LA MUESTRA		1		2		3							
Número de Golpes		56		27		11							
Suelo húmedo + molde (gr)		10553		11524		10347							
Peso Molde (gr)		5901		7090		6104							
Peso Suelo Húmedo (gr)		4652		4434		4243							
Volumen muestra (cm ³)		2340.813		2310.114		2322.667							
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)		1.987		1.919		1.827							
CONTENIDO DE HUMEDAD		1		2		1		2					
Peso Recipiente (gr)		33.3		33.0		30.3		30.1		33.0		33.3	
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		163.4		154.2		175.2		142.8		154.6		160.7	
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		141.3		133.9		150.0		123.1		132.9		137.8	
Peso Agua (gr)		22.1		20.3		25.2		19.7		21.7		22.9	
Peso Suelo Seco (gr)		108		100.9		119.7		93		99.9		104.5	
Contenido de Agua (%)		20.46		20.12		21.05		21.18		21.72		21.91	
w (%) Promedio		20.29		21.12		21.82							
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)		1.652		1.585		1.500							
DATOS DESPUES DE LA SATURACIÓN													
Suelo húmedo + molde (gr)		10754		11978		10854							
Peso Molde (gr)		5901		7090		6104							
Peso Suelo Húmedo (gr)		4853		4888		4750							
Peso Agua Absorbida		201		454		507							
% Agua Absorbida		4.32		10.24		11.95							
CONTENIDO DE HUMEDAD		1		2		1		2		1		2	
Peso Recipiente (gr)		30.1		30.0		31.0		31.3		30.0		31.3	
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		157.6		163.7		164.7		163.7		187.6		186.2	
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		133.5		137.8		136.9		135.6		152.9		150.8	
Peso Agua (gr)		24.1		25.9		27.8		28.1		34.7		35.4	
Peso Suelo Seco (gr)		103.4		107.8		105.9		104.3		122.9		119.5	
Contenido de Agua (%)		23.31		24.03		26.25		26.94		28.23		29.62	
w (%) Promedio		23.67		26.60		28.93							
ENSAYO CBR													
MOLDE		1		2		3							
Penetración (plg)		Dial		Presión		Dial		Presión		Dial		Presión	
0.000		0.0		0.00		0.0		0.00		0.0		0.00	
0.025		223.5		74.50		186.4		62.13		107.9		35.97	
0.050		336.4		112.13		249.8		83.27		147.8		49.27	
0.075		412.4		137.47		332.4		110.80		196.7		65.57	
0.100		503.4		167.80		393.1		131.03		282.4		94.13	
0.200		642.6		214.20		521.3		173.77		391.8		130.60	
0.300		754.3		251.43		619.8		206.60		481.9		160.63	
0.400		924.3		308.10		769.7		256.57		561.2		187.07	
0.500		1098.6		366.20		867.5		289.17		632.4		210.80	



PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE	Presión	CBR 0.1	Densida	Presión	CBR	Densidad
1	167.8	16.78	1.652	214.2	14.28	1.652
2	131.0	13.10	1.585	173.8	11.58	1.585
3	94.1	9.41	1.500	130.6	8.71	1.500



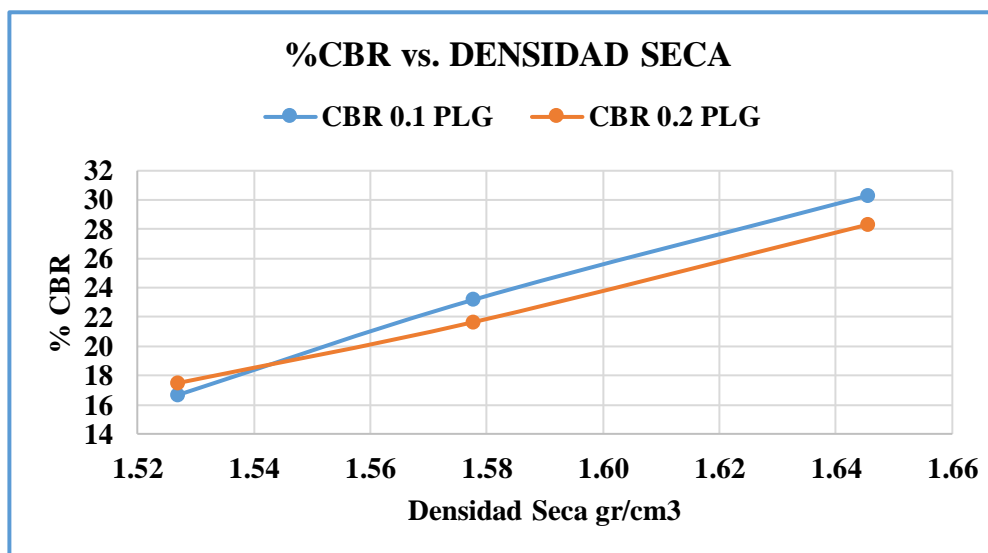
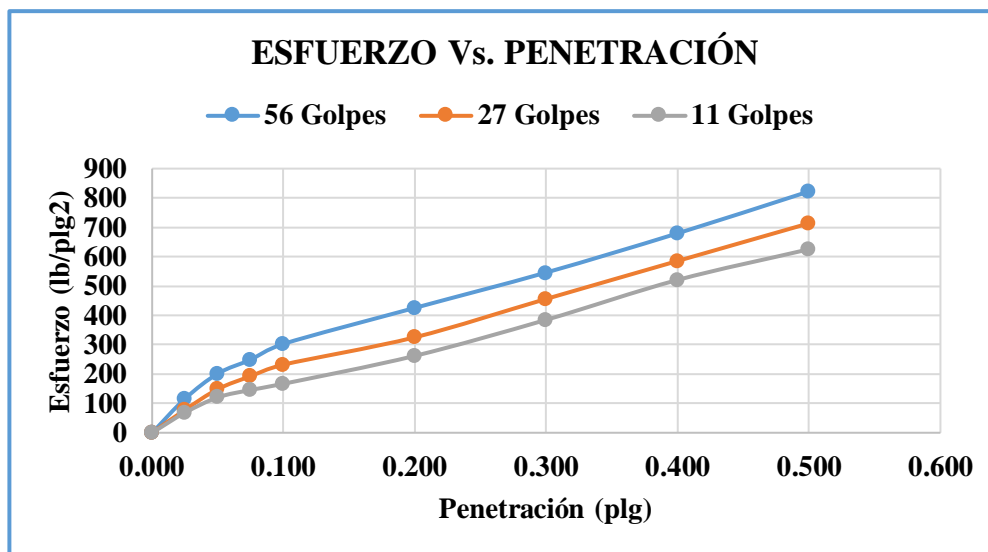
Densidad Seca Máxima (gr/cm3)	DSM		CBR	
			0,1 plg	0,2 plg
1.681	95%	1.597	14	12

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 131. Ensayo CBR Muestra #07

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 													
Realizado por:	Eg. Amanda Porras		Sector:	Clementina									
Revisado por:	Ing. Alex Frías		Muestra:	#07									
PROCTOR MODIFICADO B													
DATOS DEL MOLDE		1		2		3							
Diámetro		15.2		15.2		15.1							
Altura		12.9		12.8		12.8							
DATOS DE LA MUESTRA		1		2		3							
Número de Golpes		56		27		11							
Suelo húmedo + molde (gr)		10491		13658		12714							
Peso Molde (gr)		5836		9218		8459							
Peso Suelo Húmedo (gr)		4655		4440		4255							
Volumen muestra (cm ³)		2340.813		2322.667		2292.207							
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)		1.989		1.912		1.856							
CONTENIDO DE HUMEDAD		1		2		1		2					
Peso Recipiente (gr)		30.1		30.2		30.0		30.1		30.0		30.3	
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		125.4		147.3		112.0		123.2		141.3		165.2	
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		109.2		126.8		97.8		106.8		121.6		141.2	
Peso Agua (gr)		16.2		20.5		14.2		16.4		19.7		24	
Peso Suelo Seco (gr)		79.1		96.6		67.8		76.7		91.6		110.9	
Contenido de Agua (%)		20.48		21.22		20.94		21.38		21.51		21.64	
w (%) Promedio		20.85		21.16		21.57							
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)		1.646		1.578		1.527							
DATOS DESPUES DE LA SATURACIÓN													
Suelo húmedo + molde (gr)		10731		13985		13084							
Peso Molde (gr)		5836		9218		8459							
Peso Suelo Húmedo (gr)		4895		4767		4625							
Peso Agua Absorbida		240		327		370							
% Agua Absorbida		5.16		7.36		8.70							
CONTENIDO DE HUMEDAD		1		2		1		2		1		2	
Peso Recipiente (gr)		33.1		31.2		31.2		31.1		32.2		32.2	
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		128.9		174.3		165.6		117.8		167.8		176.3	
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		111.2		148.8		139.5		100.8		139.2		145.5	
Peso Agua (gr)		17.7		25.5		26.1		17		28.6		30.8	
Peso Suelo Seco (gr)		78.1		117.6		108.3		69.7		107		113.3	
Contenido de Agua (%)		22.66		21.68		24.10		24.39		26.73		27.18	
w (%) Promedio		22.17		24.24		26.96							
ENSAYO CBR													
MOLDE		1		2		3							
Penetración (plg)		Dial		Presión		Dial		Presión		Dial		Presión	
0.000		0.0		0.00		0.0		0.00		0.0		0.00	
0.025		347.3		115.77		234.2		78.07		205.4		68.47	
0.050		604.2		201.40		445.3		148.43		361.9		120.63	
0.075		746.3		248.77		577.4		192.47		438.1		146.03	
0.100		907.2		302.40		695.2		231.73		501.1		167.03	
0.200		1274.6		424.87		974.2		324.73		786.4		262.13	
0.300		1635.7		545.23		1365.7		455.23		1154.7		384.90	
0.400		2035.4		678.47		1752.9		584.30		1562.4		520.80	
0.500		2463.1		821.03		2136.9		712.30		1876.2		625.40	



PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)							
MOLDE	Presión	CBR 0.1	Densida	Presión	CBR	Densidad	
1	302.4	30.24	1.646	424.9	28.32	1.646	
2	231.7	23.17	1.578	324.7	21.65	1.578	
3	167.0	16.70	1.527	262.1	17.48	1.527	



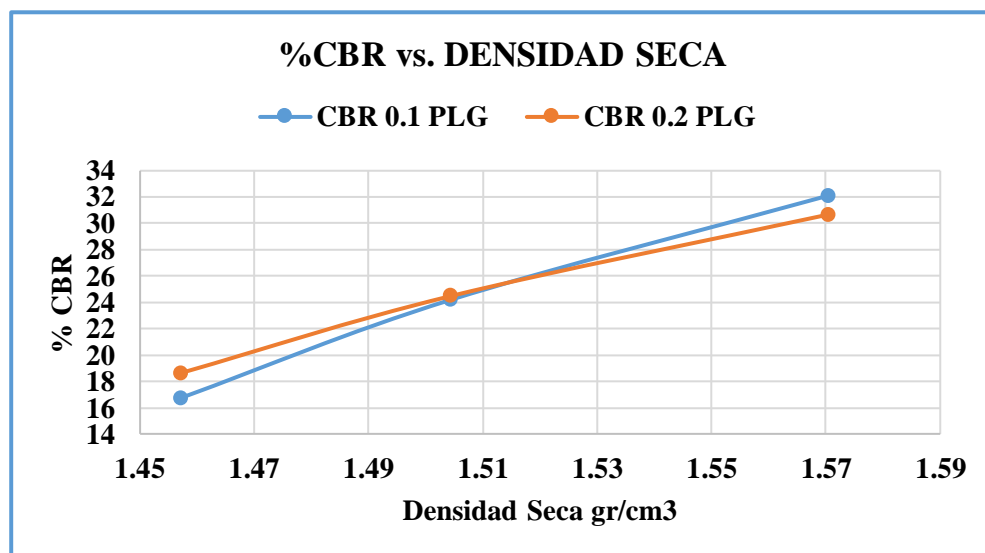
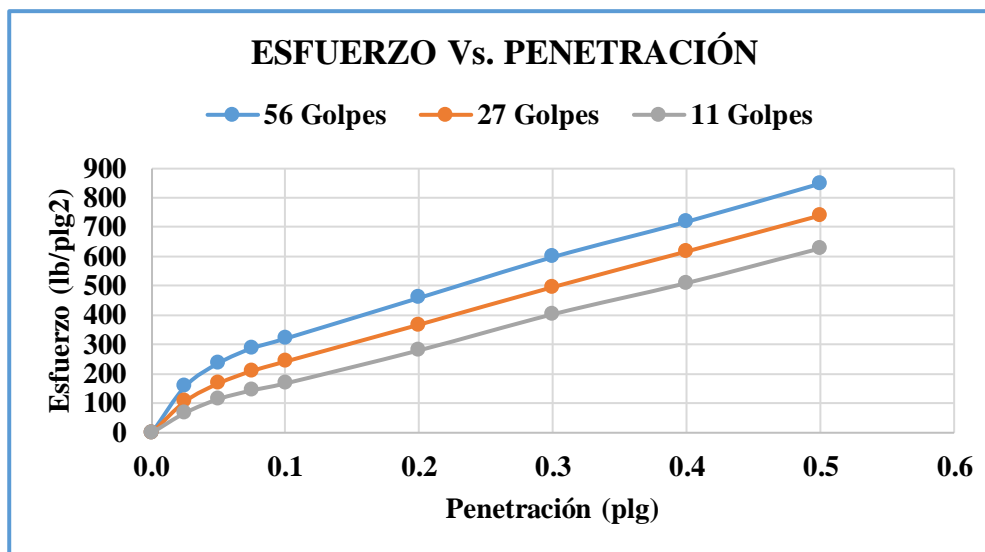
Densidad Seca Máxima (gr/cm³)	DSM		CBR	
			0,1 plg	0,2 plg
1.654	95%	1.571	23	21

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 132. Ensayo CBR Muestra #08

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO							
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA							
		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
Realizado por:	Eg. Amanda Porras	Sector:		Clementina					
Revisado por:	Ing. Alex Frías	Muestra:		#08					
PROCTOR MODIFICADO B									
DATOS DEL MOLDE		1		2		3			
Diámetro		15.2		15.2		15.1			
Altura		12.9		12.8		12.8			
DATOS DE LA MUESTRA		1		2		3			
Número de Golpes		56		27		11			
Suelo húmedo + molde (gr)		11348		12478		12648			
Peso Molde (gr)		6694		8039		8399			
Peso Suelo Húmedo (gr)		4654		4439		4249			
Volumen muestra (cm ³)		2340.813		2322.667		2292.207			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)		1.988		1.911		1.854			
CONTENIDO DE HUMEDAD		1		2		1		2	
Peso Recipiente (gr)		33.1	33.0	30.1	30.1	30.1	30.0		
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		98.4	106.2	124.3	141.2	128.1	149.0		
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		84.7	90.8	104.3	117.5	107.1	123.6		
Peso Agua (gr)		13.7	15.4	20	23.7	21	25.4		
Peso Suelo Seco (gr)		51.6	57.8	74.2	87.4	77	93.6		
Contenido de Agua (%)		26.55	26.64	26.95	27.12	27.27	27.14		
w (%) Promedio		26.60		27.04		27.20			
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)		1.570		1.504		1.457			
DATOS DESPUES DE LA SATURACIÓN									
Suelo húmedo + molde (gr)		11615		12812		13101			
Peso Molde (gr)		6694		8039		8399			
Peso Suelo Húmedo (gr)		4921		4773		4702			
Peso Agua Absorbida		267		334		453			
% Agua Absorbida		5.74		7.52		10.66			
CONTENIDO DE HUMEDAD		1		2		1		2	
Peso Recipiente (gr)		30.0	30.1	33.1	30.0	31.3	33.1		
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		132.3	122.1	110.6	103.2	141.9	133.1		
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		110.0	102.2	93.1	86.3	115.1	109.3		
Peso Agua (gr)		22.3	19.9	17.5	16.9	26.8	23.8		
Peso Suelo Seco (gr)		80	72.1	60	56.3	83.8	76.2		
Contenido de Agua (%)		27.88	27.60	29.17	30.02	31.98	31.23		
w (%) Promedio		27.74		29.59		31.61			
ENSAYO CBR									
MOLDE		1		2		3			
Penetración (plg)		Dial	Presión	Dial	Presión	Dial	Presión		
0.000		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00		
0.025		475.9	158.63	321.3	107.10	204.1	68.03		
0.050		713.2	237.73	503.7	167.90	344.2	114.73		
0.075		865.1	288.37	631.1	210.37	432.3	144.10		
0.100		963.1	321.03	726.2	242.07	503.1	167.70		
0.200		1379.5	459.83	1102.1	367.37	840.3	280.10		
0.300		1796.3	598.77	1484.7	494.90	1207.3	402.43		
0.400		2157.4	719.13	1847.3	615.77	1525.1	508.37		
0.500		2547.9	849.30	2214.3	738.10	1878.5	626.17		



PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)							
MOLDE	Presión	CBR 0.1	Densida	Presión	CBR	Densidad	
1	321.0	32.10	1.570	459.8	30.66	1.570	
2	242.1	24.21	1.504	367.4	24.49	1.504	
3	167.7	16.77	1.457	280.1	18.67	1.457	



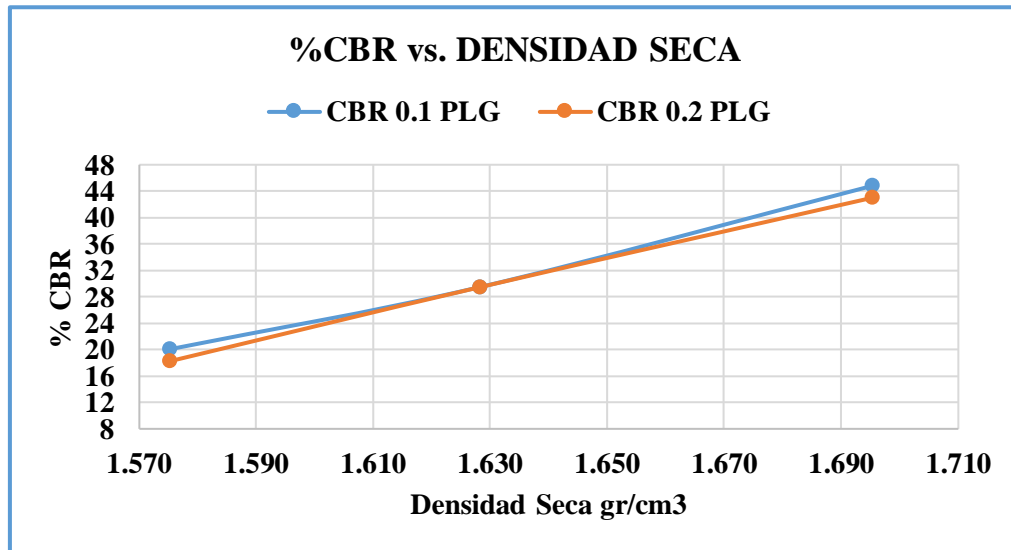
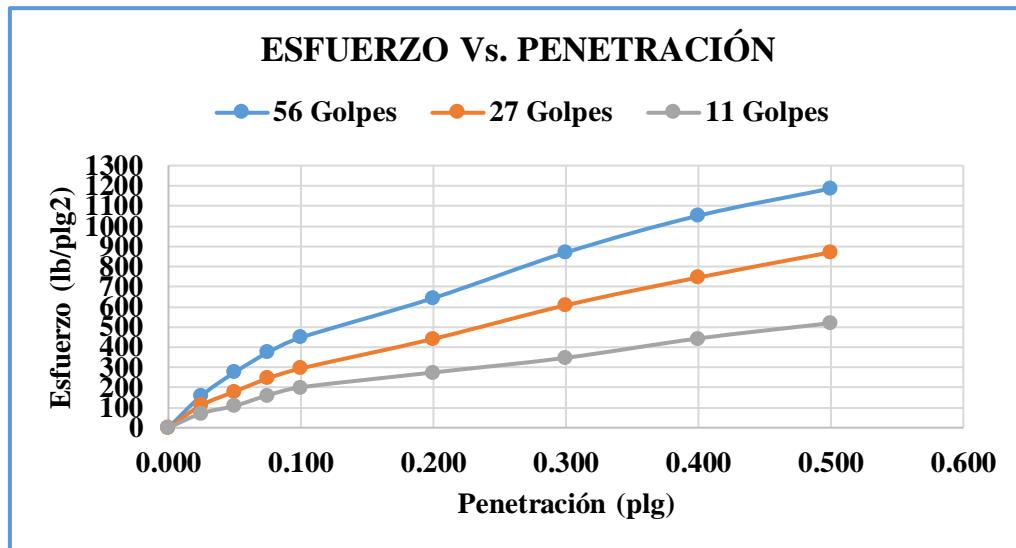
Densidad Seca Máxima (gr/cm3)	DSM		CBR	
			0,1 plg	0,2 plg
1.612	95%	1.531	28	27

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 133. Ensayo CBR Muestra #09

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Realizado por:	Eg. Amanda Porras		Sector:	La Tranquilla		
Revisado por:	Ing. Alex Frías		Muestra:	#09		
PROCTOR MODIFICADO B						
DATOS DEL MOLDE	1		2		3	
Diámetro	15.2		15.1		15.2	
Altura	12.6		12.7		12.9	
DATOS DE LA MUESTRA	1		2		3	
Número de Golpes	56		27		11	
Suelo húmedo + molde (gr)	14080		10861		11988	
Peso Molde (gr)	9512		6465		7613	
Peso Suelo Húmedo (gr)	4568		4396		4375	
Volumen muestra (cm ³)	2286.376		2274.299		2340.813	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)	1.998		1.933		1.869	
CONTENIDO DE HUMEDAD	1	2	1	2	1	2
Peso Recipiente (gr)	30.1	30.1	31.3	30.3	31.3	30.3
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)	125.6	132.1	132.5	151.2	141.6	136.4
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)	111.2	116.6	116.6	132.1	124.1	119.9
Peso Agua (gr)	14.4	15.5	15.9	19.1	17.5	16.5
Peso Suelo Seco (gr)	81.1	86.5	85.3	101.8	92.8	89.6
Contenido de Agua (%)	17.76	17.92	18.64	18.76	18.86	18.42
w (%) Promedio	17.84		18.70		18.64	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1.695		1.628		1.575	
DATOS DESPUES DE LA SATURACION						
Suelo húmedo + molde (gr)	14325		11141		12378	
Peso Molde (gr)	9512		6465		7613	
Peso Suelo Húmedo (gr)	4813		4676		4765	
Peso Agua Absorbida	245		280		390	
% Agua Absorbida	5.36		6.37		8.91	
CONTENIDO DE HUMEDAD	1	2	1	2	1	2
Peso Recipiente (gr)	30.1	30.2	30.0	31.1	31.1	31.2
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)	163.2	157.1	171.3	143.5	141.7	159.1
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)	142.8	137.5	147.8	124.8	123.1	137.9
Peso Agua (gr)	20.4	19.6	23.5	18.7	18.6	21.2
Peso Suelo Seco (gr)	112.7	107.3	117.8	93.7	92	106.7
Contenido de Agua (%)	18.10	18.27	19.95	19.96	20.22	19.87
w (%) Promedio	18.18		19.95		20.04	
ENSAYO CBR						
MOLDE	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión	Dial	Presión	Dial	Presión
0.000	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025	479.3	159.77	336.1	112.03	214.1	71.37
0.050	825.5	275.17	538.7	179.57	325.1	108.37
0.075	1121.3	373.77	735.5	245.17	481.5	160.50
0.100	1345.4	448.47	884.1	294.70	601.1	200.37
0.200	1934.6	644.87	1325.4	441.80	821.4	273.80
0.300	2614.6	871.53	1826.4	608.80	1039.1	346.37
0.400	3163.4	1054.47	2241.1	747.03	1326.6	442.20
0.500	3568.4	1189.47	2615.7	871.90	1554.9	518.30



MOLDE	Presión	CBR 0.1	Densida	Presión	CBR	Densidad
1	448.5	44.85	1.695	644.9	42.99	1.695
2	294.7	29.47	1.628	441.8	29.45	1.628
3	200.4	20.04	1.575	273.8	18.25	1.575



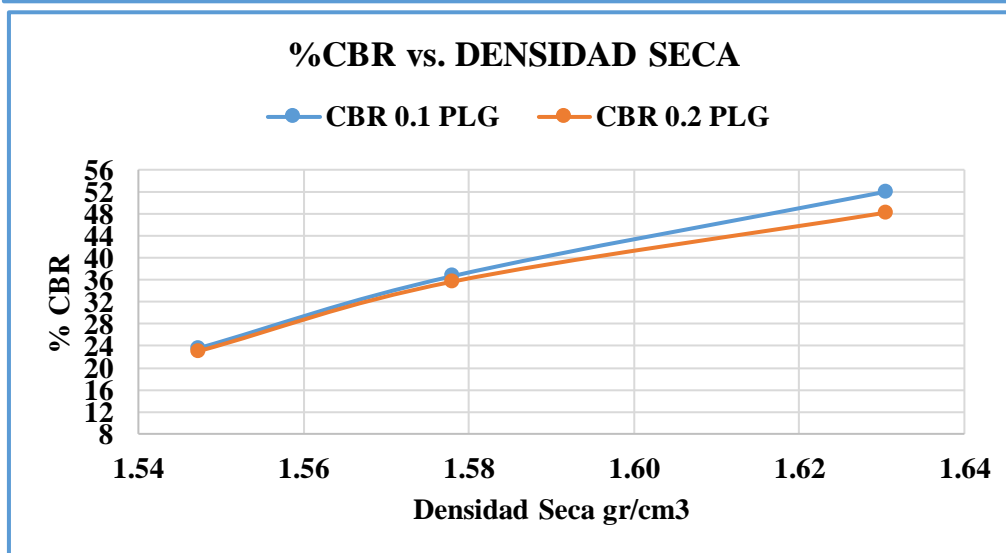
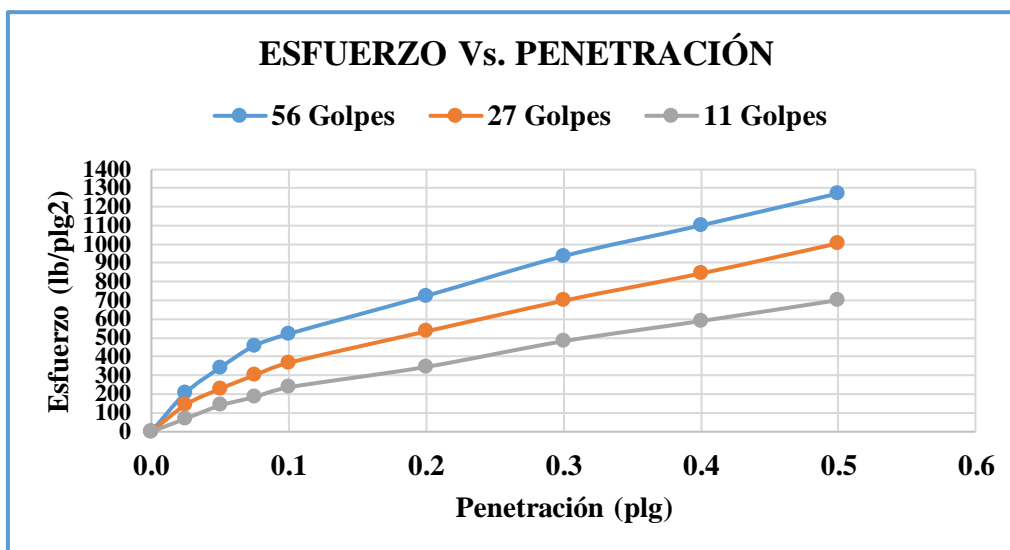
Densidad Seca Máxima (gr/cm3)	DSM		CBR	
			0,1 plg	0,2 plg
1.780	95%	1.691	44	42

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 134. Ensayo CBR Muestra #10

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
Realizado por:	Eg. Amanda Porras	Sector:		La Tranquilla			
Revisado por:	Ing. Alex Frías	Muestra:		#10			
PROCTOR MODIFICADO B							
DATOS DEL MOLDE		1		2		3	
Diámetro		15.1		15.2		15.2	
Altura		12.5		12.9		12.7	
DATOS DE LA MUESTRA		1		2		3	
Número de Golpes		56		27		11	
Suelo húmedo + molde (gr)		10574		11354		11473	
Peso Molde (gr)		6234		6934		7228	
Peso Suelo Húmedo (gr)		4340		4420		4245	
Volumen muestra (cm ³)		2238.483		2340.813		2304.522	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)		1.939		1.888		1.842	
CONTENIDO DE HUMEDAD		1		2		1	
Peso Recipiente (gr)		33.0	31.1	30.2	33.0	33.2	33.3
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		117.9	174.3	156.3	196.3	136.2	159.8
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		104.3	151.7	135.8	169.2	120.1	139.1
Peso Agua (gr)		13.6	22.6	20.5	27.1	16.1	20.7
Peso Suelo Seco (gr)		71.3	120.6	105.6	136.2	86.9	105.8
Contenido de Agua (%)		19.07	18.74	19.41	19.90	18.53	19.57
w (%) Promedio		18.91		19.66		19.05	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)		1.631		1.578		1.547	
DATOS DESPUES DE LA SATURACION							
Suelo húmedo + molde (gr)		10841		11697		11874	
Peso Molde (gr)		6234		6934		7228	
Peso Suelo Húmedo (gr)		4607		4763		4646	
Peso Agua Absorbida		267		343		401	
% Agua Absorbida		6.15		7.76		9.45	
CONTENIDO DE HUMEDAD		1		2		1	
Peso Recipiente (gr)		30.0	31.1	30.2	30.1	30.0	30.3
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		148.6	103.5	136.5	154.7	182.1	136.6
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		129.1	91.5	117.5	133.2	153.2	116.8
Peso Agua (gr)		19.5	12	19	21.5	28.9	19.8
Peso Suelo Seco (gr)		99.1	60.4	87.3	103.1	123.2	86.5
Contenido de Agua (%)		19.68	19.87	21.76	20.85	23.46	22.89
w (%) Promedio		19.77		21.31		23.17	
ENSAYO CBR							
MOLDE		1		2		3	
Penetración (plg)		Dial	Presión	Dial	Presión	Dial	Presión
0.000		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		623.4	207.80	432.6	144.20	210.5	70.17
0.050		1021.8	340.60	686.3	228.77	418.7	139.57
0.075		1373.3	457.77	903.3	301.10	554.6	184.87
0.100		1563.2	521.07	1103.1	367.70	710.5	236.83
0.200		2168.7	722.90	1604.8	534.93	1036.7	345.57
0.300		2803.1	934.37	2096.1	698.70	1447.6	482.53
0.400		3293.1	1097.70	2531.4	843.80	1769.8	589.93
0.500		3803.3	1267.77	3014.3	1004.77	2104.7	701.57



PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE	Presión	CBR 0.1	Densida	Presión	CBR	Densidad
1	521.1	52.11	1.631	722.9	48.19	1.631
2	367.7	36.77	1.578	534.9	35.66	1.578
3	236.8	23.68	1.547	345.6	23.04	1.547



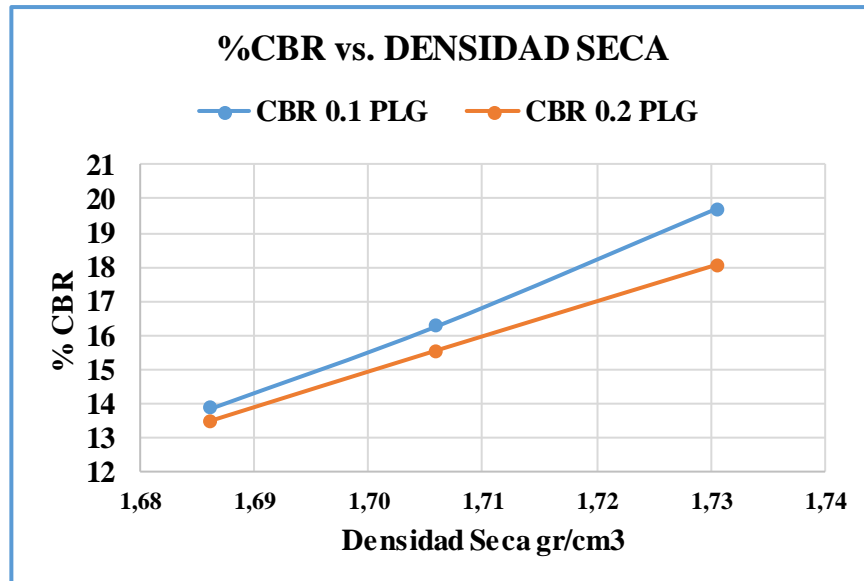
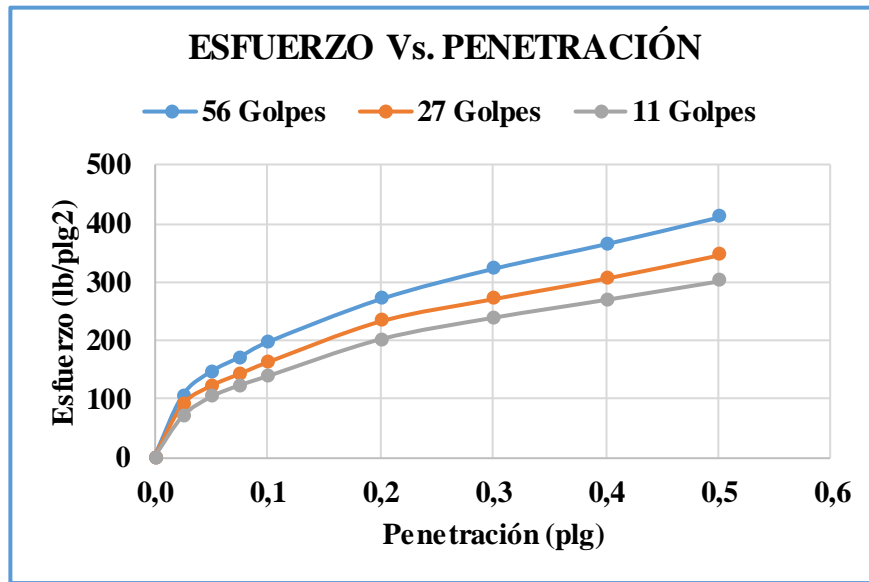
Densidad Seca Máxima (gr/cm3)	DSM		CBR	
			0,1 plg	0,2 plg
1.681	95%	1.597	40	38

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 135. Ensayo CBR Muestra #11

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 													
Realizado por:	Eg. Amanda Porras		Sector:	Huambalito									
Revisado por:	Ing. Alex Frías		Muestra:	#11									
PROCTOR MODIFICADO B													
DATOS DEL MOLDE		1		2		3							
Diámetro		15.1		15.1		15.2							
Altura		12.9		12.8		12.7							
DATOS DE LA MUESTRA		1		2		3							
Número de Golpes		56		27		11							
Suelo húmedo + molde (gr)		14168		13325		11529							
Peso Molde (gr)		9557		8765		6996							
Peso Suelo Húmedo (gr)		4611		4560		4533							
Volumen muestra (cm ³)		2310.114		2292.207		2304.522							
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)		1.996		1.989		1.967							
CONTENIDO DE HUMEDAD		1		2		1		2					
Peso Recipiente (gr)		30.3		30.5		31.2		31.1		30.3		30.5	
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		86.1		122.0		75.2		95.1		87.1		124.0	
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		78.7		109.8		69.2		85.6		78.9		110.8	
Peso Agua (gr)		7.4		12.2		6		9.5		8.2		13.2	
Peso Suelo Seco (gr)		48.4		79.3		38		54.5		48.6		80.3	
Contenido de Agua (%)		15.29		15.38		15.79		17.43		16.87		16.44	
w (%) Promedio		15.34		16.61						16.66			
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)		1.731		1.706						1.686			
DATOS DESPUES DE LA SATURACION													
Suelo húmedo + molde (gr)		14513		13878		12312							
Peso Molde (gr)		9557		8765		6996							
Peso Suelo Húmedo (gr)		4956		5113		5316							
Peso Agua Absorbida		345		553		783							
% Agua Absorbida		7.48		12.13		17.27							
CONTENIDO DE HUMEDAD		1		2		1		2					
Peso Recipiente (gr)		31.1		30.1		31.2		31.1		30.3		30.1	
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		106.3		95.6		174.8		122.9		89.6		74.3	
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		94.4		85.6		150.7		107.3		79.2		66.6	
Peso Agua (gr)		11.9		10		24.1		15.6		10.4		7.7	
Peso Suelo Seco (gr)		63.3		55.5		119.5		76.2		48.9		36.5	
Contenido de Agua (%)		18.80		18.02		20.17		20.47		21.27		21.10	
w (%) Promedio		18.41		20.32						21.18			
ENSAYO CBR													
MOLDE		1		2		3							
Penetración (plg)		Dial		Presión		Dial		Presión		Dial		Presión	
0.000		0.0		0.00		0.0		0.00		0.0		0.00	
0.025		316.6		105.53		268.8		89.60		209.8		69.93	
0.050		439.4		146.47		366.3		122.10		309.3		103.10	
0.075		513.3		171.10		427.9		142.63		368.8		122.93	
0.100		591.1		197.03		487.9		162.63		415.8		138.60	
0.200		812.3		270.77		698.8		232.93		605.7		201.90	
0.300		968.6		322.87		813.8		271.27		716.6		238.87	
0.400		1096.1		365.37		919.9		306.63		808.7		269.57	
0.500		1233.7		411.23		1039.8		346.60		903.8		301.27	



PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE	Presión	CBR 0.1	Densid	Presión	CBR 0.2	Densida
1	197,0	19,70	1,731	270,8	18,05	1,731
2	162,6	16,26	1,706	232,9	15,53	1,706
3	138,6	13,86	1,686	201,9	13,46	1,686



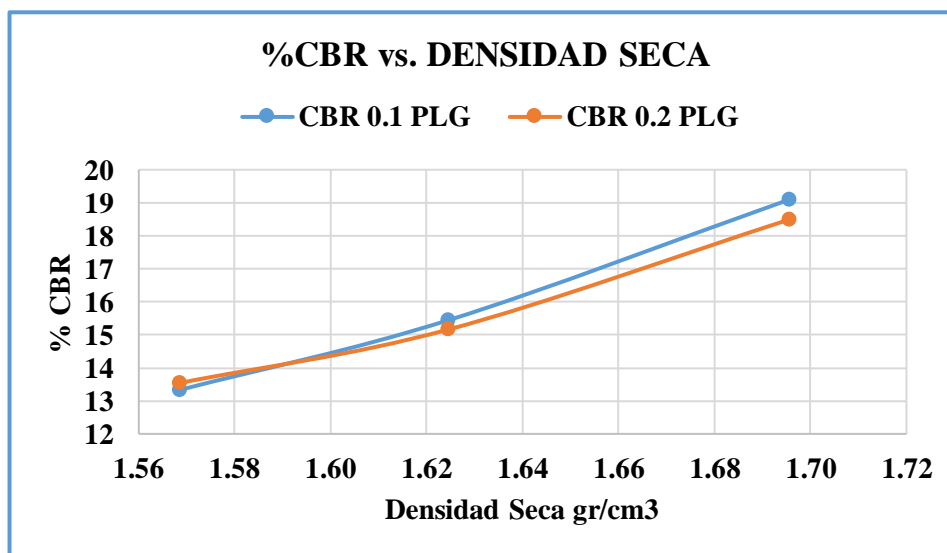
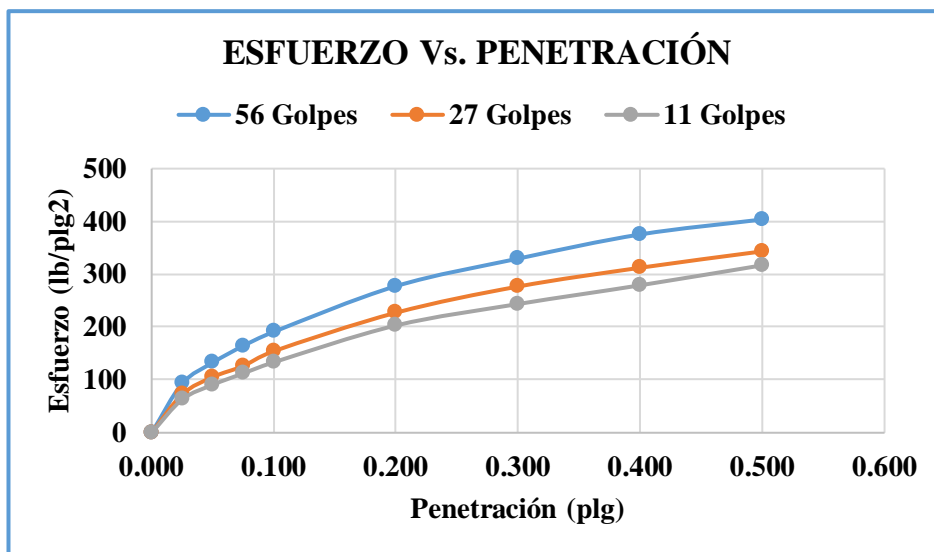
Densidad Seca Máxima (gr/cm3)	DSM		CBR	
	95%	1,727	0,1 plg	0,2 plg
1,818			19	17

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Tabla 136. Ensayo CBR Muestra #12

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 													
Realizado por:	Eg. Amanda Porras		Sector:	Huambalito									
Revisado por:	Ing. Alex Frías		Muestra:	#12									
PROCTOR MODIFICADO B													
DATOS DEL MOLDE		1		2		3							
Diámetro		15.1		15.0		15.1							
Altura		12.8		12.8		12.9							
DATOS DE LA MUESTRA		1		2		3							
Número de Golpes		56		27		11							
Suelo húmedo + molde (gr)		10397		12662		13596							
Peso Molde (gr)		5839		8339		9337							
Peso Suelo Húmedo (gr)		4558		4323		4259							
Volumen muestra (cm ³)		2292.207		2261.947		2310.114							
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)		1.988		1.911		1.844							
CONTENIDO DE HUMEDAD		1		2		1		2					
Peso Recipiente (gr)		31.1		31.1		30.0		30.1		31.2		31.1	
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		127.7		108.4		112.0		101.0		114.2		135.4	
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		113.6		96.9		100.0		90.1		101.6		120.1	
Peso Agua (gr)		14.1		11.5		12		10.9		12.6		15.3	
Peso Suelo Seco (gr)		82.5		65.8		70		60		70.4		89	
Contenido de Agua (%)		17.09		17.48		17.14		18.17		17.90		17.19	
w (%) Promedio		17.28		17.65		17.54							
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)		1.695		1.624		1.568							
DATOS DESPUES DE LA SATURACIÓN													
Suelo húmedo + molde (gr)		10569		12946		13940							
Peso Molde (gr)		5839		8339		9337							
Peso Suelo Húmedo (gr)		4730		4607		4603							
Peso Agua Absorbida		172		284		344							
% Agua Absorbida		3.77		6.57		8.08							
CONTENIDO DE HUMEDAD		1		2		1		2		1		2	
Peso Recipiente (gr)		30.1		30.2		30.0		31.1		31.1		31.2	
Peso Rec+ Suelo Húmedo (gr)		163.2		157.1		171.3		143.5		141.7		159.1	
Peso Rec+ Suelo Seco (gr)		142.8		137.5		147.8		124.8		123.1		137.9	
Peso Agua (gr)		20.4		19.6		23.5		18.7		18.6		21.2	
Peso Suelo Seco (gr)		112.7		107.3		117.8		93.7		92		106.7	
Contenido de Agua (%)		18.10		18.27		19.95		19.96		20.22		19.87	
w (%) Promedio		18.18		19.95		20.04							
ENSAYO CBR													
MOLDE		1		2		3							
Penetración (plg)		Dial		Presión		Dial		Presión		Dial		Presión	
0.000		0.0		0.00		0.0		0.00		0.0		0.00	
0.025		279.0		93.00		218.2		72.73		189.1		63.03	
0.050		398.1		132.70		316.7		105.57		272.3		90.77	
0.075		493.3		164.43		379.1		126.37		337.2		112.40	
0.100		573.1		191.03		463.6		154.53		400.3		133.43	
0.200		832.3		277.43		682.3		227.43		609.4		203.13	
0.300		988.6		329.53		831.2		277.07		731.2		243.73	
0.400		1126.1		375.37		937.9		312.63		837.6		279.20	
0.500		1211.2		403.73		1031.2		343.73		951.2		317.07	

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)							
MOLDE	Presión	CBR 0.1	Densida	Presión	CBR	Densidad	
1	191.0	19.10	1.695	277.4	18.50	1.695	
2	154.5	15.45	1.624	227.4	15.16	1.624	
3	133.4	13.34	1.568	203.1	13.54	1.568	



Densidad Seca Máxima (gr/cm ³)	DSM		CBR	
			0,1 plg	0,2 plg
1.698	95%	1.613	15	14.5

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Anexo 3. Conteo Vehicular

Tabla 137. TPDA

Hora	Vehículos Livianos	Buses	PESADOS							TOTAL	Acumulado por hora
			C-2P	C-2G	C-3	C-4	C-5	C-6	TOTAL		
6:00-6:15	1	1	0	1	0	0	0	0	1	3	3
6:15-6:30	2	1	1	0	0	0	0	0	1	4	7
6:30-6:45	3	1	1	0	0	0	0	0	1	5	12
6:45-7:00	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4	16
7:00-7:15	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4	20
7:15-7:30	5	1	0	1	0	0	0	0	1	7	27
7:30-7:45	4	1	1	0	0	0	0	0	1	6	33
7:45-8:00	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4	37
8:00-8:15	2	1	1	0	0	0	0	0	1	4	41
8:15-8:30	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	43
8:30-8:45	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4	47
8:45-9:00	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4	51
9:00-9:15	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	53
9:15-9:30	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	55
9:30-9:45	3	1	1	0	0	0	0	0	1	5	60
9:45-10:00	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	62
10:00-10:15	2	1	1	0	0	0	0	0	1	4	66
10:15-10:30	4	1	0	1	0	0	0	0	1	6	72
10:30-10:45	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	74
10:45-11:00	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	77
11:00-11:15	1	1	0	1	0	0	0	0	1	3	80
11:15-11:30	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	83
11:30-11:45	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	86
11:45-12:00	1	1	1	0	0	0	0	0	1	3	89
12:00-12:15	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4	93
12:15-12:30	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4	97
12:30-12:45	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	99
12:45-13:00	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	102
13:00-13:15	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	104
13:15-13:30	3	1	1	0	0	0	0	0	1	5	109
13:30-13:45	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4	113
13:45-14:00	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	115
14:00-14:15	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	118
14:15-14:30	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	121
14:30-14:45	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	123
14:45-15:00	2	1	1	0	0	0	0	0	1	4	127
15:00-15:15	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4	131
15:15-15:30	1	1	0	1	0	0	0	0	1	3	134
15:30-15:45	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4	138
15:45-16:00	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	140
16:00-16:15	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	142
16:15-16:30	2	1	1	0	0	0	0	0	1	4	146
16:30-16:45	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4	150
16:45-17:00	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4	154
17:00-17:15	2	1	1	0	0	0	0	0	1	4	158
17:15-17:30	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	161
17:30-17:45	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	163
17:45-18:00	1	1	1	0	0	0	0	0	1	3	166
18:00-18:15	2	1	1	0	0	0	0	0	1	4	170
18:15-18:30	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	173
18:30-18:45	2	1	1	0	0	0	0	0	1	4	177
18:45-19:00	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	179
Total	108	52	14	5	0	0	0	0	19	179	
%	60,34	29,05	7,82	2,79	0,00	0,00	0,00	0,00	10,61	100	

Fuente: Amanda Noemi Porras Naranjo

Anexo 4. Fotografías

Fotografía 1



Excavación de la calicata

Fotografía 2



Determinación diferencia de peso inicial y peso final del cono de arena de Ottawa

Fotografía 3



Realización Ensayo DCP

Fotografía 4



Juego de tamices

Fotografía 5



Ensayo Copa Casa Grande

Fotografía 6



Realización de rollitos

Fotografía 7



Compactación de suelo

Fotografía 8



Ensayo CBR

Anexo 5. Ubicación Calicatas

