

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

“COMPARACIÓN TÉCNICA ENTRE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO DE MÓDULO RESILIENTE Y CBR PARA BASE Y SUBBASE. CASOS DE ESTUDIO MINA DE PIFO (QUITO - PICHINCHA) Y MINA DE PINTAG (QUITO- PICHINCHA)”.

AUTORES:

CHARLES DAVID AGUILERA AGUIRRE      ALEJANDRO VINICIO MONAR TAPIA

DIRECTOR: ING. WILSON CANDO

QUITO, 2018

## **AGRADECIMIENTOS**

*Primeramente quiero agradecer a la prestigiosa Pontificia Universidad Católica del Ecuador y a la Facultad de Ingeniería la cuál me ha formado tanto con conocimientos como con valores éticos y profesionales excepcionales y a la cuál procuró dejar su nombre siempre en lo más alto en mi vida profesional y personal.*

*Agradezco a mi Director de Tesis el Ing. Wilson Cando por compartir sus conocimientos, guía y sobre todo su amistad en varios de los momentos difíciles que afrontamos en esta investigación.*

*A mi corrector el Ing. Gustavo Yanez por su solidaridad al compartir sus conocimientos en clases ya que fueron pilar fundamental en el desarrollo exitoso de esta tesis.*

*A mi corrector el Ing. Mauricio Cely por brindarnos su apoyo y disponibilidad en todo momento.*

***Charles David Aguilera Aguirre***

*Primeramente, agradezco a Dios por guiarme a lo largo de mi vida, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.*

*A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, muchos de los logros se los debo a ustedes, en los que incluyo este. Me formaron con reglas y ciertas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron con constancia para alcanzar mis metas.*

*Gracias a mi mamá por estar dispuesta a acompañarme cada larga y agotadora noche, deseando y anhelando lo mejor para mi vida. Gracias a mi papá por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida. Gracias por creer en mí.*

*A mi hermana que con sus palabras me hacían sentir orgulloso de lo que soy y de lo que le puedo enseñar. Ojalá algún día yo me convierta en su fuerza para que pueda seguir avanzando en su camino.*

*A mis abuelos por poder vivir y disfrutar la vida a su lado, por enseñarme a disfrutar cada detalle de la vida.*

*A mis amigos con todos los que compartí dentro y fuera de las aulas. Aquellos amigos del colegio, que se convierten en amigos de vida y aquellos que serán mis colegas, gracias por todo su apoyo y amistad.*

*De igual manera mis agradecimientos a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, a toda la Facultad de Ingeniería.*

***Alejandro Vinicio Monar Tapia***

## DEDICATORIA

*Dedico y agradezco a Dios por permitirme culminar tan grande objetivo en mi vida, por las lecciones aprendidas en mis caídas, por tus bendiciones y amor incondicional en cada paso.*

*Me faltarían capítulos para manifestar el agradecimiento a mi padre Charles y mi madre Rocío, les quedaré eternamente agradecido. Gracias papá por ser el cimiento de carácter, perseverancia y honestidad en los buenos y malos momentos que existieron a lo largo de esta meta de ser Ingeniero, sin tu sabiduría no hubiera conseguido este logro ni muchos más que haz forjado a lo largo de mi vida . Gracias mamá por ser siempre el pilar de fuerza, amor inagotable y comprensión ya que te debo a ti quien soy ahora, nunca me faltó tu dulce mano en mis momentos difíciles ni abrazos cariñosos en mis logros, sin tus consejos y experiencia no hubiera podido encarar tan inusitado reto.*

*A mi hermano Nicolás por ser mi mejor amigo, confidente y camarada de extraordinarias experiencias, en esta etapa que enrumbamos juntos lejos de nuestros seres queridos. Tu compañía y fraternidad fueron estribo de este logro.*

*A mi hermanita Isabellita por ser la alegría y razón de mis sonrisas, con su inocencia y felicidad que irradia, motivó mi trabajo y dedicación.*

*Agradezco a mis abuelitos Lolita, Rommel y Chelita por su cariño inmesurable y moldear los valores primordiales de esfuerzo y superación en mi vida, con dedicación y constancia todo se puede lograr. A mi abuelito Jaime que aunque ya no este junto a mi sé que siempre guió mis pasos y cuidó de mí.*

*A todos mis tíos y tías que siempre con sus consejos y aliento me motivaban a dar lo mejor de mí, en especial a Eduardo, Fredy, Enith y Pao que me brindaron su apoyo profesional y personal para lograr conseguir esta investigación. A mi ñaño Ricardo que ahora desde el cielo siempre me saca una sonrisa y un sentimiento de admiración por la calidad de persona que siempre fue conmigo.*

*A mis primos Rommel, Richard, Anghy, Andrea, Pato, Gaby, Majo, Gaby, Erick, Kevin que siempre con su valiosa compañía, espontaneidad y alegría en cada experiencia aligeraron el peso y estrés de tan ardua carrera.*

*A mis más grandes amigos Jandry, Juan Rafael, Daniela, Alejo, Felipe, Chicho, Crisito, Pao, Dome, Marcelo, Ángel, Fabo, Ine, Gene, Toro, Alexis, Pedro, Mateo, Sebas, Rafa, el cuarteto obrero: Pancho, Víctor, Zurdo, a quienes aprecio mucho y son un elemento fundamental en mis días ya que sin ellos la vida no sería la misma, más que amigos son mis hermanos.*

*A la Residencia Universitaria Illinizas por abrirme sus puertas y hacerme sentir como en casa, lugar donde transcurrió la mayor parte de mi carrera y donde conocí a gente excepcional como Antonio, Padre Pachi, Chaval, Joaquín, Juan Carlos por resumir a todas las personas que hicieron inolvidable mi experiencia en ese lugar.*

*“Procura volverte un hombre de éxito, sin olvidar el hombre de valor que fuiste”*

**Charles David Aguilera Aguirre**

***A mi madre Silvia Tapia.***

*Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.*

***A mi padre Eduardo Monar.***

*Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, además del valor mostrado para salir adelante.*

***A mi hermana Celeste Monar.***

*Por ser mi amiga incondicional y compartir buenos y malos momentos juntos, pero en especial, que veas que si crees en tu propio éxito lo tendrás.*

***Alejandro Vinicio Monar Tapia***

# CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	I
DEDICATORIA.....	III
CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE TABLAS .....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	XIII
ÍNDICE DE GRÁFICAS .....	XIV
RESUMEN .....	XVI
ABSTRACT .....	XVII
CAPÍTULO 1 .....	1
GENERALIDADES .....	1
1.1. Justificación .....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Formulación del problema.....	3
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo general .....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Alcance .....	4
CAPÍTULO 2 .....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes .....	5
2.2. Marco conceptual .....	6
2.2.1. Definición y características de los suelos .....	6
2.2.2. Clasificación de los suelos .....	6
2.2.3. Resistencia al corte de los suelos.....	12
2.2.4. Estructura de pavimento .....	13
2.2.5. Base.....	15
2.2.6. Subbase .....	17
2.2.7. California Bearing Ratio (C.B.R.).....	18
2.2.8. Módulo Resiliente.....	20
2.3. Zonas de extracción de muestras.....	23
CAPÍTULO 3 .....	25
TRABAJOS DE LABORATORIO .....	25

3.1. Resistencia a la abrasión de los agregados en la máquina de los Ángeles (ASTM C-131) .....	25
3.1.1. Cálculos y resultados .....	26
3.2. Durabilidad de los agregados a la acción del sulfato de sodio. (ASTM C-88).....	27
3.2.1. Cálculos y resultados .....	28
3.3. Ensayo normalizado para la determinación granulométrica de agregados finos y gruesos. (ASTM C-136).....	33
3.3.1. Cálculos y resultados .....	34
3.4. Método estándar de ensayos para limite liquido, limite plástico e índice de plasticidad de suelos. (ASTM D 4318).....	66
3.4.1. Cálculos y resultados.....	66
3.5. Equivalente de arena. (ASTM D-2419).....	69
3.5.1. Cálculos y resultados .....	69
3.6. Contenido orgánico de la arena. (ASTM C 40-99).....	70
3.6.1. Resultados .....	70
3.7. Gravedad específica del agregado fino (ASTM C-128).....	71
3.7.1. Cálculos y Resultados.....	71
3.8. Gravedad específica y Absorción del agregado grueso (ASTM C-127).....	74
3.8.1. Cálculos y Resultados.....	74
3.9. California Bearing Ratio (C.B.R) (ASTM D 1883).....	76
3.9.1. Cálculos y resultados .....	76
3.9.2. Proctor Modificado.....	78
3.9.3 Ensayos C.B.R.....	106
3.9.4. Resumen de resultados.....	148
3.10. Módulo Resiliente (AASHTO T307-99).....	149
3.10.1. Equipos.....	149
3.10.2. Preparación de la muestra .....	149
3.10.3. Procedimiento.....	150
3.10.4. Ensayos de Módulo Resiliente .....	153
3.10.11. Resumen de resultados.....	175
CAPÍTULO 4 .....	176
CORRELACIONES C.B.R. Y MÓDULO RESILIENTE.....	176
4.1. Ecuación de Green & Hall (1975).....	176
4.2. Ecuación de Uzan.....	177
4.3. Ecuación de National Cooperative Highway Research Program (NCHRP).....	178
4.4. Ecuación usada en Chile.....	179
CAPÍTULO 5 .....	180
HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS .....	180

5.1. Análisis de regresión lineal.....	180
5.2. Comparación de resultados.....	186
CAPÍTULO 6 .....	187
DISEÑO DE LAS CAPAS: BASE Y SUBBASE, APLICANDO EL MÉTODO AASHTO 1993.....	187
6.1. Mina de Pintag .....	193
6.2. Mina de Pifo.....	205
6.3. Comparación de resultados .....	217
CAPÍTULO 7 .....	218
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	218
BIBLIOGRAFÍA .....	221
ANEXOS.....	224
Anexo 1. Fotografías del desarrollo de los ensayos de caracterización de las minas de Pintag y Pifo. ....	224
Anexo 2. Fotografías del desarrollo de los ensayos de C.B.R de las minas de Pintag y Pifo. .....	227
Anexo 3. Fotografías del desarrollo de los ensayos de Módulo Resiliente de las minas de Pintag y Pifo. ....	228
Anexo 4. Informes de laboratorio de C.B.R y Módulo Resiliente de las minas de Pintag y Pifo. ....	230

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1. Tamaño de grano de suelos según el SUCS.....	8
Tabla 2. 2. Símbolos de grupo (SUCS).....	9
Tabla 2. 3. Tipología de Suelos SUCS.....	9
Tabla 2. 4. Granulometría de las clases de Bases.....	16
Tabla 2. 5. Granulometría de las clases de subbases.....	18
Tabla 3. 1. Gradación de las muestras del ensayo.....	25
Tabla 3. 2. Resultado del desgaste de los agregados.....	26
Tabla 3. 3. Fracciones de muestras para el agregado fino.....	27
Tabla 3. 4. Fracciones de muestra para el agregado grueso.....	27
Tabla 3. 5. Desgaste a los sulfatos del agregado grueso Base de Pintag.....	29
Tabla 3. 6. Desgaste a los sulfatos del agregado grueso subbase de Pintag.....	29
Tabla 3. 7. Desgaste a los sulfatos del agregado grueso Base de Pifo.....	30
Tabla 3. 8. Desgaste a los sulfatos del agregado grueso Subbase de Pifo.....	30
Tabla 3. 9. Desgaste a los sulfatos del agregado fino Base de Pintag.....	31
Tabla 3. 10. Desgaste a los sulfatos del agregado fino Subbase de Pintag.....	31
Tabla 3. 11. Desgaste a los sulfatos del agregado fino Base de Pifo.....	32
Tabla 3. 12. Desgaste a los sulfatos del agregado fino SubBase de Pifo.....	32
Tabla 3. 13. Masa mínima de muestra para agregado grueso.....	33
Tabla 3. 14. Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices para Base clase 1,2,3 y 4... 36	36
Tabla 3. 15. Clases de Sub Base de agregados.....	37
Tabla 3. 16. Granulometría Base clase 1 Pintag.....	38
Tabla 3. 17. Granulometría Base clase 2 Pintag.....	40
Tabla 3. 18. Granulometría Base clase 3 Pintag.....	42
Tabla 3. 19. Granulometría Base clase 4 Pintag.....	44
Tabla 3. 20. Granulometría Subbase clase 1 Pintag.....	46
Tabla 3. 21. Granulometría Subbase clase 2 Pintag.....	48
Tabla 3. 22. Granulometría Subbase clase 3 Pintag.....	50
Tabla 3. 23. Granulometría Base clase 1 Pifo.....	52
Tabla 3. 24. Granulometría Base clase 2 Pifo.....	54
Tabla 3. 25. Granulometría Base clase 3 Pifo.....	56
Tabla 3. 26. Granulometría Base clase 4 Pifo.....	58
Tabla 3. 27. Granulometría Subbase clase 1 Pifo.....	60
Tabla 3. 28. Granulometría Subbase clase 2 Pifo.....	62
Tabla 3. 29. Granulometría Subbase clase 3 Pifo.....	64
Tabla 3. 30. Contenido de agua Base Pintag.....	67
Tabla 3. 31. Contenido de agua Subbase Pintag.....	67
Tabla 3. 32. Contenido de agua Base Pifo.....	68
Tabla 3. 33. Contenido de agua Subbase Pifo.....	68
Tabla 3. 34. Resultados de equivalente de arena.....	69
Tabla 3. 35. Resultados contenido orgánico.....	70
Tabla 3. 36. Gravedad específica Bulk del agregado fino.....	73
Tabla 3. 37. Gravedad específica saturada superficie seca.....	73
Tabla 3. 38. Gravedad específica aparente de agregado fino.....	73
Tabla 3. 39. Porcentaje de absorción del agregado fino.....	73
Tabla 3. 40. Gravedad específica y absorción del agregado grueso.....	75
Tabla 3. 41. Proctor Modificado Base Pintag clase 1 tipo A: Relación densidad seca-humedad.....	78

Tabla 3. 42. Proctor Modificado Base Pintag clase 2: Relación densidad seca y humedad. ...	80
Tabla 3. 43. Proctor Modificado Base Pintag Clase 3: Relación densidad seca-humedad. ....	81
Tabla 3. 44. Proctor Modificado Base Pintag Clase 4: Relación densidad seca-humedad. ....	83
Tabla 3. 45. Proctor Modificado Subbase Pintag Clase 1: Relación densidad seca-humedad.	85
Tabla 3. 46. Proctor Modificado Subbase Pintag Clase 2: Relación densidad seca-humedad..	87
Tabla 3. 47. Proctor Modificado Subbase Pintag Clase 3: Relación densidad seca- humedad.	89
.....	89
Tabla 3. 48. Proctor Modificado Base Pifo Clase 1: Relación densidad seca-humedad. ....	91
Tabla 3. 49. Proctor Modificado Base Pifo Clase 2: Relación densidad seca-humedad. ....	93
Tabla 3. 50. Proctor Modificado Base Pifo Clase 3: Relación densidad seca-humedad. ....	95
Tabla 3. 51. Proctor Modificado Base Pifo Clase 4: Relación densidad seca-humedad. ....	97
Tabla 3. 52. Proctor Modificado Subbase Pifo Clase 1: Relación densidad seca-humedad. ...	99
Tabla 3. 53. Proctor Modificado Subbase Pifo Clase 2: Relación densidad seca-humedad. .	101
Tabla 3. 54. Proctor Modificado Subbase Pifo Clase 3: Relación densidad seca-humedad. .	103
Tabla 3. 55. California Bearing Ratio Base Pintag Clase 1A.....	106
Tabla 3. 56. Resumen Valor C.B.R Base Pintag Clase 1.....	108
Tabla 3. 57. California Bearing Ratio Base Pintag Clase 2. ....	109
Tabla 3. 58. Resumen Valor C.B.R. Base Pintag Clase 2.....	111
Tabla 3. 59. California Bearing Ratio Base Pintag Clase 3. ....	112
Tabla 3. 60. Resumen Valor C.B.R. Base Pintag Clase 3.....	114
Tabla 3. 61. California Bearing Ratio Base Pintag Clase 4. ....	115
Tabla 3. 62. Resumen Valor C.B.R. Base Pintag Clase 4.....	117
Tabla 3. 63. California Bearing Ratio Subbase Pintag Clase 1. ....	118
Tabla 3. 64. Resumen Valor Del C.B.R.Subbase Pintag Clase 1.....	120
Tabla 3. 65. California Bearing Ratio Subbase Pintag Clase 2. ....	121
Tabla 3. 66. Resumen Valor del C.B.R. Subbase Pintag Clase 2.....	123
Tabla 3. 67. California Bearing Ratio Subbase Pintag Clase 3.....	124
Tabla 3. 68. Valor de C.B.R. Subbase Pintag Clase 3. ....	126
Tabla 3. 69. California Bearing Ratio Base Pifo Clase 1.....	127
Tabla 3. 70. Resumen Valor C.B.R Base Pifo Clase 1. ....	129
Tabla 3. 71. California Bearing Ratio Subbase Pifo Clase 2.....	130
Tabla 3. 72. Resumen Valor C.B.R. Base Pifo Clase 2. ....	132
Tabla 3. 73. California Bearing Ratio Subbase Pifo Clase 3.....	133
Tabla 3. 74. Resumen Valor C.B.R. Base Pifo Clase 3. ....	135
Tabla 3. 75. California Bearing Ratio Base Pifo Clase 4.....	136
Tabla 3. 76. Resumen Valor C.B.R. Base Pifo Clase 4. ....	138
Tabla 3. 77. California Bearing Ratio Subbase Pifo Clase 1.....	139
Tabla 3. 78. Resumen Valor Del C.B.R.Subbase Pifo Clase 1. ....	141
Tabla 3. 79. California Bearing Ratio Subbase Pifo Clase 2.....	142
Tabla 3. 80. Resumen Valor del C.B.R. Subbase Pifo Clase 2. ....	144
Tabla 3. 81. California Bearing Ratio Subbase Pifo Clase 3.....	145
Tabla 3. 82. Valor de C.B.R. Subbase Pifo Clase 3.....	147
Tabla 3. 83. Resumen de resultados de C.B.R mina Pintag. ....	148
Tabla 3. 84. Resumen de resultados de C.B.R mina Pifo. ....	148
Tabla 3. 85. Secuencia de prueba para ensayo de Módulo Resiliente. ....	151
Tabla 3. 86. Valores típicos de Módulo Resiliente para materiales granulares en (psi) .....	152
Tabla 3. 87. Ensayo No.1 Módulo Resiliente Base Clase 1 tipo A Pintag. ....	153
Tabla 3. 88. Ensayo No.2 Módulo Resiliente Base Clase 1 tipo A Pintag. ....	154
Tabla 3. 89. Ensayo No.3 Módulo Resiliente Base Clase 1 tipo A Pintag. ....	154
Tabla 3. 90. Ensayo No.1 Módulo Resiliente Base Clase 2 Pintag. ....	155

Tabla 3. 91. Ensayo No.2 Módulo Resiliente Base Clase 2 Pintag.....	155
Tabla 3. 92. Ensayo No.3 Módulo Resiliente Base Clase 2 Pintag.....	156
Tabla 3. 93. Ensayo No.1 Módulo Resiliente Base Clase 3 Pintag.....	156
Tabla 3. 94. Ensayo No.2 Módulo Resiliente Base Clase 3 Pintag.....	157
Tabla 3. 95. Ensayo No.3 Módulo Resiliente Base Clase 3 Pintag.....	157
Tabla 3. 96. Ensayo No.1 Módulo Resiliente Base Clase 4 Pintag.....	158
Tabla 3. 97. Ensayo No.2 Módulo Resiliente Base Clase 4 Pintag.....	158
Tabla 3. 98. Ensayo No.3 Módulo Resiliente Base Clase 4 Pintag.....	159
Tabla 3. 99. Ensayo No .1 Módulo Resiliente Subbase Clase 1 Pintag.....	159
Tabla 3. 100. Ensayo No .2 Módulo Resiliente Subbase Clase 1 Pintag.....	160
Tabla 3. 101. Ensayo No .3 Módulo Resiliente Subbase Clase 1 Pintag.....	160
Tabla 3. 102. Ensayo No .1 Módulo Resiliente Subbase Clase 2 Pintag.....	161
Tabla 3. 103. Ensayo No .2 Módulo Resiliente Subbase Clase 2 Pintag.....	161
Tabla 3. 104. Ensayo No .3 Módulo Resiliente Subbase Clase 2 Pintag.....	162
Tabla 3. 105. Ensayo No .1 Módulo Resiliente Subbase Clase 3 Pintag.....	162
Tabla 3. 106. Ensayo No .2 Módulo Resiliente Subbase Clase 3 Pintag.....	163
Tabla 3. 107. Ensayo No .3 Módulo Resiliente Subbase Clase 3 Pintag.....	163
Tabla 3. 108. Ensayo No.1 Módulo Resiliente Base clase 1A Pifo.....	164
Tabla 3. 109. Ensayo No.2 Módulo Resiliente Base clase 1A Pifo.....	164
Tabla 3. 110. Ensayo No.3 Módulo Resiliente Base clase 1A Pifo.....	165
Tabla 3. 111. Ensayo No.1 Módulo Resiliente Base clase 2 Pifo.....	165
Tabla 3. 112. Ensayo No.2 Módulo Resiliente Base clase 2 Pifo.....	166
Tabla 3. 113. Ensayo No.3 Módulo Resiliente Base clase 2 Pifo.....	166
Tabla 3. 114. Ensayo No.1 Módulo Resiliente Base clase 3 Pifo.....	167
Tabla 3. 115. Ensayo No.2 Módulo Resiliente Base clase 3 Pifo.....	167
Tabla 3. 116. Ensayo No.3 Módulo Resiliente Base clase 3 Pifo.....	168
Tabla 3. 117. Ensayo No.1 Módulo Resiliente Base clase 4 Pifo.....	168
Tabla 3. 118. Ensayo No.2 Módulo Resiliente Base clase 4 Pifo.....	169
Tabla 3. 119. Ensayo No.3 Módulo Resiliente Base clase 4 Pifo.....	169
Tabla 3. 120. Ensayo No.1 Módulo Resiliente Subbase clase 1 Pifo.....	170
Tabla 3. 121. Ensayo No.2 Módulo Resiliente Subbase clase 1 Pifo.....	170
Tabla 3. 122. Ensayo No.3 Módulo Resiliente Subbase clase 1 Pifo.....	171
Tabla 3. 123. Ensayo No.1 Módulo Resiliente Subbase clase 2 Pifo.....	171
Tabla 3. 124. Ensayo No.2 Módulo Resiliente Subbase clase 2 Pifo.....	172
Tabla 3. 125. Ensayo No.3 Módulo Resiliente Subbase clase 2 Pifo.....	172
Tabla 3. 126. Ensayo No.1 Módulo Resiliente Subbase clase 3 Pifo.....	173
Tabla 3. 127. Ensayo No.2 Módulo Resiliente Subbase clase 3 Pifo.....	173
Tabla 3. 128. Ensayo No.3 Módulo Resiliente Subbase clase 3 Pifo.....	174
Tabla 3. 129. Resumen de resultados de Módulos Resilientes mina Pintag.....	175
Tabla 3. 130. Resumen de resultados de Módulos Resilientes mina Pifo.....	175
Tabla 4. 1. Correlación C.B.R y Módulo Resiliente para Bases y Subbases de Pintag según Green & Hall.....	176
Tabla 4. 2. Correlación C.B.R y Módulo Resiliente para Bases y Subbases de Pifo según Green & Hall.....	176
Tabla 4. 3. Correlación C.B.R y Módulo Resiliente para Bases y Subbases de Pintag según la ecuación de UZAN.....	177
Tabla 4. 4. Correlación C.B.R y Módulo Resiliente para Bases y Subbases de Pifo según la ecuación de UZAN.....	177

Tabla 4. 5. Correlación C.B.R y Módulo Resiliente para Bases y Subbases de Pintag según la ecuación de NCHRP. ....	178
Tabla 4. 6. Correlación C.B.R y Módulo Resiliente para Bases y Subbases de Pifo según la ecuación de NCHRP. ....	178
Tabla 4. 7. Correlación C.B.R y Módulo Resiliente para Bases y Subbases de Pintag según la ecuación usada en Chile. ....	179
Tabla 4. 8. Correlación C.B.R y Módulo Resiliente para Bases y Subbases de Pifo según la ecuación usada en Chile. ....	179
Tabla 5. 1. Resultados C.B.R y Módulo Resiliente Bases Pintag.....	180
Tabla 5. 2. Resultados de la correlación aplicando la fórmula obtenida, Bases Pintag.....	181
Tabla 5. 3. Resultados C.B.R y Módulo Resiliente Subbases Pintag. ....	182
Tabla 5. 4. Resultados de la correlación aplicando la fórmula obtenida, Subbases Pintag....	183
Tabla 5. 5. Resultados C.B.R y Módulo Resiliente Bases Pifo.....	183
Tabla 5. 6. Resultados de la correlación aplicando la fórmula obtenida, Bases Pifo. ....	184
Tabla 5. 7. Resultados C.B.R y Módulo Resiliente Subbases Pifo.....	184
Tabla 5. 8. Resultados de la correlación aplicando la fórmula obtenida, Subbases Pifo.....	185
Tabla 5. 9. Resumen de resultados de Módulos Resilientes mina Pintag.....	186
Tabla 5. 10. Resumen de resultados de Módulos Resilientes mina Pifo.....	186
Tabla 6. 1. Datos de tesis Ortega y Villafuerte,2015. ....	187
Tabla 6. 2. Nivel de confianza según la clasificación funcional de una vía.....	188
Tabla 6. 3. Valores recomendados para la variación estándar So. ....	188
Tabla 6. 4. Tráfico Promedio Anual (TPDA).....	189
Tabla 6. 5. Tipos de vehículos motorizados, remolques y semirremolques.....	189
Tabla 6. 6. TPDA final. ....	190
Tabla 6. 7. Factor de carga equivalente.....	190

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Estructura convencional del pavimento flexible.....	13
Figura 2.2. Estructura convencional del pavimento rígido .....	14
Figura 2.3. Estado de esfuerzos provocados en la subrasante por el paso de un vehículo en movimiento.....	20
Figura 2.4. Diagrama Esfuerzo vs Deformación. ....	21
Figura 6.1. Espesores de la estructura vial por el método AASHTO (1993),Pintag. ....	198
Figura 6.2. Espesores de la estructura vial por correlación obtenida Pintag.....	204
Figura 6.3. Espesores de la estructura vial por el método AASHTO (1993),Pifo.....	210
Figura 6.4. Espesores de la estructura vial por correlación obtenida,Pifo. ....	216
Figura 6.5. Comparación de espesores de las capas obtenidos por método AASHTO (1993) y correlación Pintag. ....	217
Figura 6.6.Comparación de espesores de la vía obtenidos por método AASHTO (1993) y correlación, Pifo.....	217

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 2.1. Ubicación mina de Pintag (Quito-Pichincha).....	23
Fotografía 2.2. Mina de Pintag.....	23
Fotografía 2.3. Ubicación mina de Pifo (Quito-Pichincha).....	24
Fotografía 2.4. Mina de Pifo.....	24
Fotografía A.1. Máquina de los Ángeles.....	225
Fotografía A.2. Tamizado del material.....	225
Fotografía A.3. Ciclo de secado del sulfato de los agregados fino y grueso.....	225
Fotografía A.4. Extracción del sulfato de los agregados fino y grueso.....	225
Fotografía A.5. Enfriado a temperatura ambiente de la muestra.....	226
Fotografía A.6. Vaciado de la muestra en las probetas con defloculante.....	226
Fotografía A.7. Comparación con la tabla de colores estándar.....	226
Fotografía A.8. Tabla de colores estándar.....	226
Fotografía A.9. Diferencias de humedad en muestra de agregado fino.....	227
Fotografía A.10. Extracción de burbujas de aire.....	227
Fotografía A.11. Preparación del molde para CBR.....	227
Fotografía A.12. Colocación de la placa perforada en el molde de CBR.....	227
Fotografía A.13. Moldes de CBR sumergidos.....	228
Fotografía A.14. Compresión de la muestra en la prensa hidráulica.....	228
Fotografía A.15. Humedecimiento de la muestra.....	228
Fotografía A.16. Colocación de la membrana en el molde.....	228
Fotografía A.17. Compactación de la muestra.....	229
Fotografía A.18. Ajuste de los dispositivos LVDT.....	229

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 3. 1. Granulometría Base clase 1 Pintag.....	39
Gráfica 3. 2. Granulometría Base clase 2 Pintag.....	41
Gráfica 3. 3. Granulometría Base clase 3 Pintag.....	43
Gráfica 3. 4. Granulometría Base clase 4 Pintag.....	45
Gráfica 3. 5. Granulometría Subbase clase 1 Pintag.....	47
Gráfica 3. 6. Granulometría Subbase clase 2 Pintag.....	49
Gráfica 3. 7. Granulometría Subbase clase 3 Pintag.....	51
Gráfica 3. 8. Granulometría Base clase 1 Pifo.....	53
Gráfica 3. 9. Granulometría Base clase 2 Pifo.....	55
Gráfica 3. 10. Granulometría Base clase 3 Pifo.....	57
Gráfica 3. 11. Granulometría Base clase 4 Pifo.....	59
Gráfica 3. 12. Granulometría Subbase clase 1 Pifo.....	61
Gráfica 3. 13. Granulometría Subbase clase 2 Pifo.....	63
Gráfica 3. 14. Granulometría Subbase clase 3 Pifo.....	65
Gráfica 3. 15. Gráfica Densidad seca-Humedad Base Pintag Clase 1.....	79
Gráfica 3. 16. Densidad seca- Humedad Base Pintag Clase 2.....	80
Gráfica 3. 17. Densidad seca-Humedad Base Pintag Clase 3.....	82
Gráfica 3. 18. Densidad seca-Humedad Base Pintag Clase 4.....	84
Gráfica 3. 19. Densidad seca-Humedad Subbase Pintag Clase 1.....	86
Gráfica 3. 20. Densidad seca-Humedad Subbase Pintag Clase 2.....	88
Gráfica 3. 21. Densidad seca-Humedad Subbase Pintag Clase 3.....	90
Gráfica 3. 22. Densidad seca-Humedad Base Pifo Clase 1 tipo A.....	92
Gráfica 3. 23. Densidad seca-Humedad Base Pifo Clase 2.....	94
Gráfica 3. 24. Densidad seca-Humedad Base Pifo Clase 3.....	96
Gráfica 3. 25. Densidad seca-Humedad Base Pifo Clase 4.....	98
Gráfica 3. 26. Densidad seca-Humedad Subbase Pifo Clase 1.....	100
Gráfica 3. 27. Densidad seca-Humedad Subbase Pifo Clase 2.....	102
Gráfica 3. 28. Densidad seca-Humedad Subbase Pifo Clase 3.....	104
Gráfica 3. 29. Gráfica Presiones vs Penetración Base Pintag Clase 1A.....	108
Gráfica 3. 30. CBR vs Densidad máxima Base Pintag Clase 1A.....	108
Gráfica 3. 31. Presiones vs Penetración Base Pintag Clase 2.....	111
Gráfica 3. 32. Densidad máxima vs C.B.R. Base Pintag Clase 2.....	111
Gráfica 3. 33. Presiones vs Penetración Base Pintag Clase 3.....	114
Gráfica 3. 34. Densidad Máxima vs C.B.R. Base Pintag Clase 3.....	114
Gráfica 3. 35. Presiones vs Penetración Base Pintag Clase 4.....	117
Gráfica 3. 36. Densidad Máxima vs C.B.R. Base Pintag Clase 4.....	117
Gráfica 3. 37. Presiones vs Penetración Subbase Pintag Clase 1.....	120
Gráfica 3. 38. Densidad Máxima vs C.B.R. Subbase Pintag Clase 1.....	120
Gráfica 3. 39. Presiones vs Penetración Subbase Pintag Clase 2.....	123
Gráfica 3. 40. Densidades Máximas vs C.B.R. Subbase Pintag Clase 2.....	123
Gráfica 3. 41. Presiones vs Penetración Subbase Pintag Clase 3.....	126
Gráfica 3. 42. Densidad Máxima vs C.B.R. Subbase Pintag Clase 3.....	126
Gráfica 3. 43. Presiones vs Penetración Subbase Pifo Clase 1.....	129
Gráfica 3. 44. Densidad Máxima vs C.B.R. Subbase Pifo Clase 1.....	129
Gráfica 3. 45. Presiones vs Penetración Subbase Pifo Clase 2.....	132
Gráfica 3. 46. Densidades Máximas vs C.B.R. Subbase Pifo Clase 2.....	132
Gráfica 3. 47. Presiones vs Penetración Subbase Pifo Clase 3.....	135
Gráfica 3. 48. Densidad Máxima vs C.B.R. Subbase Pifo Clase 3.....	135

Gráfica 3. 49. Presiones vs Penetración Base Pifo Clase 4.....	138
Gráfica 3. 50. Densidad Máxima vs C.B.R. Base Pifo Clase 4.....	138
Gráfica 3. 51. Presiones vs Penetración Subbase Pifo Clase 1.....	141
Gráfica 3. 52. Presiones vs Penetración Subbase Pifo Clase 1.....	141
Gráfica 3. 53. Presiones vs Penetración Subbase Pifo Clase 2.....	144
Gráfica 3. 54. Presiones vs Penetración Subbase Pifo Clase 2.....	144
Gráfica 3. 55. Presiones vs Penetración Subbase Pifo Clase 3.....	147
Gráfica 3. 56. Densidad Máxima vs C.B.R. Subbase Pifo Clase 3.....	147
Gráfica 5. 1. Análisis de regresión lineal Bases Pintag.....	181
Gráfica 5. 2. Análisis de regresión lineal Subbases Pintag.....	182
Gráfica 5. 3. Análisis de regresión lineal Bases Pifo.....	183
Gráfica 5. 4. Análisis de regresión lineal Subbases Pifo.....	185
Gráfica 6. 1. Programa AASHTO 1993 número estructural Subrasante.....	192
Gráfica 6. 2. Ábaco norma AASHTO para obtener el coeficiente estructural de Bases,Pintag. .....	193
Gráfica 6. 3. Programa AASHTO 1993 número estructural de la Base,Pintag.....	194
Gráfica 6. 4. Ábaco norma AASHTO para obtener el coeficiente estructural de Subbases,Pintag.....	195
Gráfica 6. 5. Programa AASHTO 1993 número estructural de Subbase Pintag.....	196
Gráfica 6. 6. Ábaco norma AASHTO para obtener el coeficiente estructural de la carpeta asfáltica,Pintag.....	197
Gráfica 6. 7. Ábaco norma AASHTO para obtener el coeficiente estructural de Bases,Pintag. .....	199
Gráfica 6. 8. Ábaco norma AASHTO para obtener el número estructural de Bases Clase 1 Pintag.....	200
Gráfica 6. 9. Programa AASHTO 1993 número estructural Base Clase 1 Pintag.....	201
Gráfica 6. 10. Ábaco norma AASHTO para obtener el coeficiente estructural de Subbases,Pintag.....	202
Gráfica 6. 11. Programa AASHTO 1993 número estructural de Subbase Pintag.....	203
Gráfica 6. 12. Ábaco norma AASHTO para obtener el coeficiente estructural de Bases,Pifo. .....	205
Gráfica 6. 13. Programa AASHTO 1993 número estructural de Base Pifo.....	206
Gráfica 6. 14. Ábaco norma AASHTO para obtener el coeficiente estructural de Subbases,Pifo.....	207
Gráfica 6. 15. Programa AASHTO 1993 número estructural de Subbase Pifo.....	208
Gráfica 6. 16. Ábaco norma AASHTO para obtener el coeficiente estructural de la carpeta asfáltica,Pifo.....	209
Gráfica 6. 17. Ábaco norma AASHTO para obtener el coeficiente estructural de Bases,Pifo. .....	211
Gráfica 6. 18. Ábaco norma AASHTO para obtener el número estructural de Bases,Pifo. ..	212
Gráfica 6. 19. Programa AASHTO 1993 número estructural Base Clase 1 Pifo.....	213
Gráfica 6. 20. Ábaco norma AASHTO para obtener el coeficiente estructural de Subbases,Pifo.....	214
Gráfica 6. 21. Programa AASHTO 1993 número estructural de Subbase Pifo.....	215

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como propósito determinar el valor del ensayo de laboratorio de soporte de California (C.B.R) y del Módulo Resiliente para los diferentes tipos de Bases y Subbases de las minas de Pintag (Quito-Pichincha) y Pifo (Quito-Pichincha).

Inicialmente se procede a realizar la calificación de las minas en estudio realizando los ensayos de laboratorio específicos como se muestra en este trabajo, para así determinar si las minas cumplen con los requisitos para poder proceder con la investigación.

Se pretende hallar la existencia o inexistencia de una correlación entre los ensayos de valor de soporte de california (C.B.R) y el Módulo Resiliente. Para dar cumplimiento a este objetivo se realizaron los ensayos de laboratorio anteriormente mencionados para cada una de las minas de Pintag y Pifo.

Para el análisis de resultados se utilizaron regresiones lineales para Bases y Subbases de cada una de las minas en estudio, con el fin de observar la tendencia de los resultados de cada ensayo de C.B.R vs Módulo Resiliente. Con los resultados obtenidos se observó que el grado de relación entre los ensayos es alto y se determinó una ecuación que represente de la mejor manera su correlación.

Se realizan los diseños viales basándose en el método AASHTO (1993) con el fin de determinar los espesores de las capas de Base y Subbase para cada una de las minas y compararlos con los espesores que se obtienen de las correlaciones desarrolladas en este trabajo para así determinar la variación en los espesores e identificar el óptimo.

## ABSTRACT

The purpose of this paper is to determine the value of the California laboratory support test (C.B.R) and the Resilient Module for the different types of Bases and Subbases of the Pintag (Quito-Pichincha) and Pifo (Quito-Pichincha) mines. Initially, the qualification of the mines is carried out in the study that performs the specific laboratory tests as shown in this work, in order to determine if the mines meet the requirements to be able to proceed with the investigation.

We intend to find the existence or nonexistence of a correlation between the California support value tests (C.B.R.) and the Resilient Module. In order to comply with this objective, previously controlled laboratory tests were carried out for each of the Pintag and Pifo mines. For the analysis of results, linear regressions are used for Bases and Subbases of each of the mines under study, in order to observe the trend of the results of each test of C.B.R. vs Resilient Module. With the results obtained it is observed that the degree of relationship between the trials is high and it does determine an equation that represents the best correlation. These are the viable designs based on the AASHTO method (1993) in order to determine the Base and Subbase levels for each mine and compare them with the thicknesses obtained by the correlations developed in this work to determine the variation in thicknesses will identify the optimum.

# CAPÍTULO 1

## GENERALIDADES

### 1.1. Justificación

Por motivos de investigación, se pretende realizar la comparación entre el CBR de laboratorio y el Módulo Resiliente para generar un análisis técnico en la mina de Pifo (Quito – Pichincha) y mina Pintag (Quito – Pichincha) para las diferentes clases de bases y subbases determinadas en la norma AASHTO, con este análisis se logrará determinar de manera ágil el método más apropiado para obtener el espesor de la base y la subbase requerida para realizar un proyecto vial.

La relevancia social de esta investigación está dirigida principalmente al pueblo en general ya que se beneficiará de las obras viales que se realicen y en específico a las constructoras que podrán utilizar la información proporcionada que agilizará los estudios para las obras viales.

Con esta investigación se obtendrá una correlación entre el CBR y el Módulo Resiliente que en nuestro medio no existe lo cual facilitará la obtención de parámetros necesarios para la realización de la base y subbase de los proyectos viales futuros a realizarse en nuestro país lo cual aumenta la eficiencia en la realización de estudios que implica una reducción en los costos, lo que es favorable para el desarrollo de la industria de la construcción y beneficio de los ciudadanos.

Ya que la investigación está basada en el estudio de diversas minas alrededor de todo el Ecuador; (Este plan de disertación se enfoca solamente en dos de ellas, la mina de Pifo y la mina de Pintag.) se puede mencionar que se está creando un instrumento de recolección de datos para beneficio común a futuro.

## **1.2. Planteamiento del problema**

Sabiendo que las carreteras son estructuras indispensables para desarrollo y producción de un país, estas adquieren una importancia considerable, por lo tanto, el buen funcionamiento fusionado la serviciabilidad y la conservación de la economía del país es primordial. Esta tesis ayudara realizaran mejores carreteras optimizando la cantidad de materiales a utilizar en cada una de las capas, brindando el espesor necesario de las mismas para las solicitaciones que sean necesarias.

El fin de la investigación es la comparación técnica del CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) con el Módulo Resiliente y de esta manera tener una aproximación de cuáles serían los valores correctos para el diseño de bases clase 1, 2, 3 y 4 y subbases clase 1,2 y 3 de las minas de Pintag-Quito y de Pifo-Quito.

Lo anteriormente mencionado se realizará mediante el análisis de relación de los resultados de CBR y Módulo Resiliente para cada clase de Base y Sub base que consta en la NEC (Norma ecuatoriana de construcción). Proporcionado información muy útil, no existente en nuestro país, para las siguientes obras realizadas con el material de las minas en cuestión.

El ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R) determina un valor de comparación entre la carga de penetración que soporta el suelo y la de un material estándar, permitiendo evaluar la calidad relativa y espesor de suelos usados en subrasantes, y capas de subbases y bases para pavimentos.

El valor de Soporte de California (CBR) es utilizado para estimar el Módulo Resiliente, que es el parámetro de diseño para representar la capacidad de soporte de los materiales de la estructura de pavimento, vías temporales o definitivas para proyectos mineros, hidroeléctricos, etc.

(Rivera Mena, 2013)

### **1.3. Formulación del problema**

¿Cuál es el contraste entre ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R) y el Modulo Resiliente en las minas de Pifo y Pintag ubicadas en Quito?

¿Cómo utilizaríamos estos resultados en futuras obras viales y en qué tipo de obras aportaría?

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Obtener el Módulo Resiliente real y CBR mediante ensayos de laboratorio correspondiente a la Base y Subbase de la mina de Pifo (Quito – Pichincha) y mina de Pintag (Quito – Pichincha).

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Obtener CBR en laboratorio de Base y Subbase de la mina de Pifo (Quito-Pichincha) y de la mina de Pintag (Quito-Pichincha).
- Comparar los resultados obtenidos entre el CBR de laboratorio y el Módulo Resiliente.
- Contrastar el tamaño de estructura que resulta del CBR de laboratorio vs Módulo Resiliente.

## **1.5. Alcance**

En el presente trabajo de disertación de grado se va a realizar los estudios necesarios para conocer la relación o grado de asociación que existe entre el ensayo CBR y el Módulo Resiliente; se va a cuantificar y analizar los resultados obtenidos para llegar a conocer el grado de vinculación.

Es necesaria la caracterización de cada una de las minas, la mina de Pifo (Quito – Pichincha) y mina Pintag (Quito – Pichincha); Con el fin de determinar la abrasión que poseen los agregados, equivalente de arena, peso específico, resistencia a los sulfatos, contenido orgánico, clasificación y granulometría; que son las características básicas que se debe analizar del agregado que posee una mina para así poder caracterizarla.

Se va a realizar el ensayo CBR para cada una de las clases de Bases y Subbases de su respectiva mina, por lo que se realizaran 7 ensayos CBR para la mina de Pintag (Quito – Pichincha) y 7 ensayos CBR para la mina de Pifo (Quito – Pichincha) por lo que se realizaran un total de 14 ensayos.

Se realizará el ensayo de Módulo Resiliente en la maquina universal para cada una de las clases de Bases y Subbases de su respectiva mina, por lo que se realizaran 21 ensayos para la mina de Pintag (Quito – Pichincha) y 21 ensayos para la mina de Pifo (Quito – Pichincha) por lo que se realizaran un total de 42 ensayos de Módulo Resiliente con el fin de poder obtener los datos necesarios para realizar una correcta correlación.

## CAPÍTULO 2

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

El estudio y caracterización de los agregados pétreos es de vital importancia para la ejecución de una obra de Ingeniería Civil en específico para la realización de una obra vial, ya que ellos harán parte importante en las interacciones entre la estructura en este caso el pavimento con los agregados.

La metodología tradicional para el diseño de pavimentos utilizada en nuestro país se basa en los parámetros obtenidos del ensayo CBR, las ventajas que ofrece este ensayo y que lo ha ratificado como indispensable en las labores de exploración es su simplicidad de ejecución y de interpretación; en contraste la gran desventaja es que estas interpretaciones son empíricas y en consecuencia el CBR como parámetro de diseño no se considera de forma directa, así, por ejemplo, para la valoración de subrasantes se emplean parámetros como el Módulo Resiliente MR, y el módulo de reacción K, los cuales se pueden obtener a partir de correlaciones empíricas con el CBR, ya que los valores estándar corresponden a un suelo de buena capacidad portante característico de una zona de california (EE.UU).

La metodología actual para el diseño de pavimentos utilizada por el método AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) considera que la propiedad fundamental para la caracterización de los materiales que constituyen la sección de una carretera es el parámetro denominado Módulo Resiliente.

Es por esto que, para el diseño, construcción y conservación de tales estructuras, se debe tener el conocimiento básico de lo que el parámetro Módulo Resiliente representa.

En nuestro país no se tienen estudios previos sobre la correlación que existe entre el CBR y el módulo Resiliente por lo que es de suma importancia tener un banco de datos para facilitar los estudios en las futuras obras viales que se realicen en nuestro medio.

La investigación se enfoca en el estudio de los agregados mina por mina con las diferentes clases de bases y sub bases que se pueden obtener de cada mina (base clase 1, clase 2, clase 3 y clase 4) al igual que las sub bases (subbase clase 1, clase 2 y clase 3) con ellas se procede a realizar la comparación y así tener un banco de datos completo y útil ya que los nuevos métodos de diseño requieren el conocimiento del Módulo Resiliente con el objeto de usarlo en el dimensionamiento del paquete estructural.

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Definición y características de los suelos**

El suelo es una mezcla de minerales, materia orgánica, bacterias, agua y aire. Es también un material térmico no homogéneo y poroso cuyas propiedades son influenciadas por los cambios de humedad y densidad. El suelo puede clasificarse en diferentes grupos que abarcan propiedades semejantes como tamaño de partículas y plasticidad, la cual evalúa como el agua los afecta. (Rivera Mena, 2013)

### **2.2.2. Clasificación de los suelos**

Dada la gran variedad con que los suelos se presentan en la naturaleza, la Mecánica de Suelos desarrolló en principio sistemas de clasificación basados en fundamentos descriptivos, debido al insuficiente conocimiento que se tenía sobre estos. (Rivera Mena, 2013)

La clasificación de los suelos es la división de estos en grupos, donde los suelos incluidos en el grupo presentan características o comportamientos semejantes. (Rivera Mena, 2013)

El propósito principal es estimar en forma fácil las propiedades de un suelo por comparación con otros del mismo tipo, cuyas características son conocidas. (Rivera Mena, 2013). Los sistemas de clasificación de suelos más comúnmente utilizados son: el sistema AASTHO (American Association of State Highway and Transportation Officials) y el USCS (Unified Soil Classification System). (Rivera Mena, 2013)

El sistema AASTHO creado en 1943, se utiliza principalmente para la evaluación cualitativa de la conveniencia de un suelo como material para la construcción de explanadas de carreteras. (Rivera Mena, 2013). Estudios realizados por el Dr. Arturo Casagrande en la Universidad de Harvard en el año 1942, ayudaron en gran parte para que se pudiera establecer un sistema de clasificación de suelos que satisficiera los distintos campos de aplicación de la Mecánica de Suelos. (Rivera Mena, 2013). Estos estudios dieron origen al llamado Sistema de Clasificación de Aeropuertos, que fue utilizado para la construcción de aeropuertos durante la segunda guerra mundial.

Diez años más tarde, el sistema de clasificación fue ligeramente modificado por el Bureau of Reclamation, para dar origen al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) en el año de 1952, que fue adoptado por el cuerpo de ingenieros del ejército de los Estados Unidos y posteriormente por muchas otras organizaciones del país y del resto del mundo, entre ellas la ASTM (American Society of Testing Materials), que lo adoptaron como parte de sus métodos normalizados. (Bañon & Bevia, 2000)

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), se basa en la distribución de tamaños de las partículas del suelo (determinación de la composición granulométrica) y de la plasticidad del suelo, es decir como el agua lo afecta. La distribución de tamaños

de partículas que forman el suelo se analiza mediante una curva granulométrica, que es una representación gráfica de la distribución de diámetros de las partículas presentes en una muestra de suelo. Dicha distribución se lleva a cabo mediante el uso de mallas o tamices, los cuales tienen aberturas estandarizadas que van usualmente desde 76.2 mm hasta 0.074 mm. (Rivera Mena, 2013)

#### **2.2.2.1. Clasificación de los suelos según el SUCS**

Según el SUCS, los suelos se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- Suelos de grano grueso o granulares (SGG): Formados por gravas y arenas con menos del 50% de contenido en finos, es decir suelos con tamaños superiores a 0.074mm.
- Suelos de grano fino (SGF): Formados por limos y arcillas con más del 50% de contenido de finos, corresponde a suelos con tamaños inferiores a 0.074mm. Dentro de este grupo, las arcillas son conocidas como suelos cohesivos y los limos como suelos no cohesivos.
- Suelos orgánicos: compuestos por materia orgánica descompuesta o en estado de descomposición. Estos suelos generalmente son de grano fino. (Bureau of Reclamation, 1998)

En el siguiente cuadro, se presenta el tamaño de grano para diferentes tipos de suelo.

*Tabla 2. 1. Tamaño de grano de suelos según el SUCS.*

Tamaño de grano	
Tipo de suelo	Tamaño (mm)
Gravas	>4.74
Arenas	4.74- 0.074
Limos	0.074- 0.002
Arcillas	<0.002

Fuente: Braja M. Das. (2014). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica* (Vol. Cuarta edición). India.

El SUCS se basa en un grupo de símbolos, que consisten en un prefijo que designa la distribución granulométrica del suelo y un sufijo que matiza sus propiedades. (Rivera Mena, 2013)

Tabla 2. 2. Símbolos de grupo (SUCS)

TIPO DE SUELO	PREFIJO	SUBGRUPO	SUFIJO
Grava	G	Bien gradado	W
Arena	S	Pobremente gradado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	De alta plasticidad	L
Turba	Pt	De baja plasticidad	H

Fuente: BAÑON BLÁZQUEZ, L., & BEVIÁ GARCÍA, J. (2000). *Manual de Carreteras: Construcción y Mantenimiento* (Vol. II). (C. d. Ortiz e Hijos, Ed.) Alicante, España.

En función de estos símbolos, pueden establecerse diferentes combinaciones que definen los diferentes tipos de suelo, según el SUCS. (Rivera Mena, 2013)

Tabla 2. 3. Tipología de Suelos SUCS

DIVISIONES MAYORES			SÍMBOLO DE GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN PARA SUELOS GRANULARES	
Suelos de grano grueso (más del 50% del material es mayor en tamaño que el tamiz n° 200)	Gravas (más de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz N° 4)	Gravas Limpias (poco o ningún fino)	GW	Gravas bien gradadas, mezclas gravosas poco o ningún fino	Cu>4 1< Cc<3	
			GP	Gravas pobremente gradadas, mezclas grava - arena, poco o ningún fino	No cumple todos los requisitos de gradación para Gw	
		Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	GM	Gravas limosas, mezcla grava - arena - limo	Límites de Atteberg por debajo de la línea A o lp <4	A los materiales sobre la línea A con 4< lp<7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo
			GC	Gravas arcillosas, mezcla grava - arena - arcillosas	Límites de Atteberg por encima de la línea A o lp > 7	
	Arenas (más de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz N°4)	Arenas Limpias (poco o ningún fino)	SW	Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	Cu>6 1< Cc<3	
			SP	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	No cumplen todos los requisitos de gradación para SW	
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	SM	Arenas limosas mezcla de arena - limo	Límites de Atteberg por debajo de la línea A o lp <4	A los materiales sobre la línea A con 4< lp<7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena - arcilla	Límites de Atteberg por encima de la línea A o lp > 7	

DIVISIONES MAYORES		SÍMBOLO DE GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN PARA SUELOS GRANULARES
Suelos de grano fino (más del 50% del material pasa el tamiz n° 200)	Limos y arcillas (Límite líquido $w_l < 50$ )	ML	Limos inorgánicos y arena muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad	1. Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva granulométrica. 2. Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz N° 200) los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% - GW, GP, SW, SP
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.	
		OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad	
	Limos y arcillas (Límite líquido $w_l > 50$ )	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos, suelos elásticos.	CARTA DE PLASTICIDAD
		CH	Arcillas orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.	
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos	
	Suelos Altamente orgánicos	Pt	Turba u otros suelos altamente orgánicos	

Fuente: Joshep E. Bowles. (1980). *Propiedades Geofísicas de los suelos*. Nueva York, Estados Unidos.

### **2.2.3. Resistencia al corte de los suelos**

La resistencia al corte es la capacidad interna que tiene el suelo para soportar un esfuerzo aplicado. Cuando una estructura se apoya en el suelo, éste experimenta una serie de esfuerzos que pueden ocurrir por: cambio de volumen en el suelo como consecuencia de la evacuación del agua existente en los espacios entre partículas, o por deslizamiento de las partículas. Los esfuerzos aplicados pueden conducir a excesivas deformaciones o a la falla del suelo. A pesar de que, en la mayoría de los casos, el suelo se somete a esfuerzos de compresión, la falla se produce por esfuerzos cortantes. (Lambe, 1979)

Muchos problemas geotécnicos requieren de una evaluación de la resistencia al corte del suelo, con el fin de asegurar que los esfuerzos de corte solicitantes son menores que la resistencia del suelo, para garantizar la seguridad de la obra. (Mena, 2013)

Las pruebas que permiten evaluar la resistencia al corte de los suelos pueden ser de campo o de laboratorio. Existen entre otras, las siguientes pruebas directas e indirectas para medir la resistencia al corte de los suelos:

#### **Pruebas de campo:**

- Ensayo de Penetración Estándar (SPT).
- Veleta de Torsión.
- Ensayo de Penetración Estática o Piezocono (CPT).
- Ensayo de Penetrómetro Dinámico de Cono (PDC).

#### **Pruebas de laboratorio:**

- Ensayo de compresión inconfiada
- Ensayo de corte directo
- Ensayo de compresión triaxial

El ensayo de compresión inconfiada es una prueba rápida, económica y fácil de realizar que se utiliza para medir la resistencia al corte no drenado de suelos cohesivos.

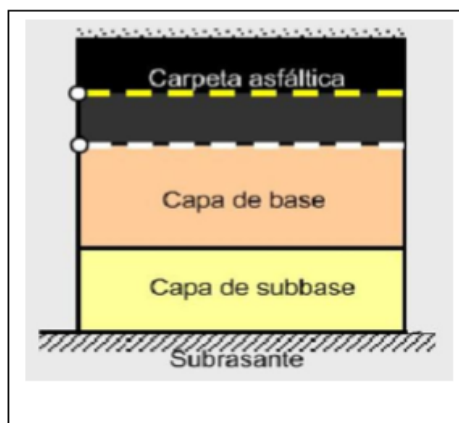
#### **2.2.4. Estructura de pavimento**

Un pavimento se puede definir como una estructura constituida por varias capas de materiales seleccionados, diseñada y construida técnicamente con el objetivo de brindar el tránsito de vehículos de una manera cómoda, segura, eficiente y económica. (Urbano, 2012)

Una estructura de pavimento está conformada por capas de diferente espesor y calidad, las cuales se apoyan sobre la capa de suelo natural conocida como subrasante. Convencionalmente las capas que forman la estructura del pavimento son subbase, base y carpeta asfáltica para pavimentos flexibles; y subbase y losa de concreto hidráulico para pavimentos rígidos. (Bañon & Bevia, 2000)

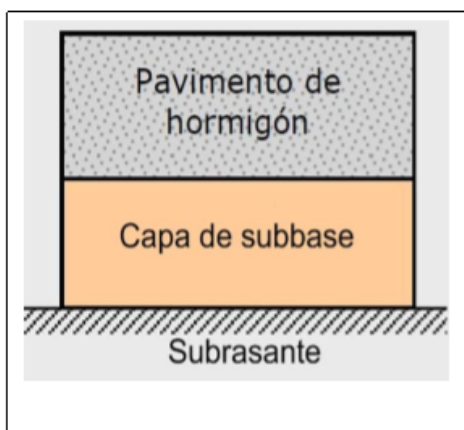
La subrasante es la capa encargada de soportar la estructura de pavimento, las características de resistencia y deformabilidad de ésta, influyen directamente en el tipo y espesor de la estructura de pavimento que se utilice. (Rivera Mena, 2013)

*Figura 2.1. Estructura convencional del pavimento flexible*



Fuente: BAÑON BLÁZQUEZ, L., & BEVIÁ GARCÍA, J. (2000). *Manual de Carreteras: Construcción y Mantenimiento* (Vol. II). (C. d. Ortiz e Hijos, Ed.) Alicante, España.

*Figura 2.2. Estructura convencional del pavimento rígido*



Fuente: BAÑON BLÁZQUEZ, L., & BEVIÁ GARCÍA, J. (2000). *Manual de Carreteras: Construcción y Mantenimiento* (Vol. II). (C. d. Ortiz e Hijos, Ed.) Alicante, España.

Cada capa que conforma la estructura del pavimento tiene como función disipar esfuerzos, para que los que lleguen a la subrasante sean mínimos. En algunos proyectos específicos se suelen incrementar capas adicionales con el fin de mejorar la capacidad de la estructura de pavimento, garantizar adherencia entre capas y/o reducir los esfuerzos transmitidos a la subrasante. (Coronado, 2002).

### 2.2.5. Base

Capa (o capas), de espesor determinado, de materiales sometidos a determinadas especificaciones, colocada sobre la subbase o la subrasante para soportar las capas de Superficie o Rodadura.

Las Bases que vaya a utilizarse para la conformación de la estructura del pavimento deberán cumplir las siguientes condiciones:

- El límite líquido de la fracción que pase el tamiz N° 40 deberá ser menor de 25 y de igual manera el índice de plasticidad menor de 6.
- El porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menor del 40%
- El valor de soporte de CBR deberá ser igual o mayor al 80%.
- Los agregados serán elementos limpios, sólidos y resistentes, exentos de polvo, suciedad, arcilla u otras materias extrañas.

Las bases de agregados se clasifican de la siguiente manera, según la norma NEVI-12-MTOP

- Clase 1: Realizadas de agregados gruesos y finos, en la cual el 100% de sus componentes son triturados y graduados uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados para los Tipos A y B que se observa en la Tabla 4.
- Clase 2: constituida por fragmentos de roca o grava trituradas, cuya fracción de agregado grueso será triturada al menos el 50% en peso y el resto será cribado. Estas bases deberán hallarse graduadas uniformemente dentro de los límites en la Tabla 4.
- Clase 3: estas bases son formadas por fragmentos de roca o grava trituradas, cuya fracción de agregado grueso será triturada al menos el 25% en peso. Estas bases deberán hallarse graduadas uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados en la Tabla 4.

- Clase 4: Son bases constituidas por agregados obtenidos por trituración o cribado de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas, y graduadas uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados en la Tabla 4.<sup>1</sup>

Tabla 2. 4. Granulometría de las clases de Bases.

Tamiz #	Clase 1		Clase 2	Clase 3	Clase 4
	Tipo A	Tipo B			
2"	100	100			100
1 1/2"	70-100	70-100			
1"	55-85	55-85	100		60-90
3/4"	50-80	60-90	70-100	100	
3/8"	35-70	45-75	50-80		
No. 4	25-50	30-60	35-65	45-80	20-50
No. 10	20-40	20-50	25-30	30-60	
No. 40	12-25	10-25	15-30	20-35	
No. 200	2-12	2-12	3-15	3-15	0-15

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2002). Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes. Quito, Ecuador.

<sup>1</sup> Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2002). *Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes*. Quito, Ecuador.

### 2.2.6. Subbase

Capas, de espesor definido, de materiales que cumplen determinadas especificaciones, las cuales se colocan sobre una subrasante aprobada, para soportar la Capa de Base.

Las subbases deben cumplir con ciertos requerimientos para que funcionen apropiadamente, estos son:

- Los agregados gruesos no deben presentar un porcentaje de desgaste mayor a 50 en el ensayo de abrasión, Normas INEN 860 y 861 (AASHTO T-96), con 500 vueltas de la máquina de Los Ángeles.
- La porción del agregado que pase el tamiz N° 40, incluyendo el relleno mineral, deberá carecer de plasticidad o tener un límite líquido menor de 25 y un índice de plasticidad menor de 6, al ensayarse de acuerdo a los métodos establecidos en las Normas INEN 691 y 692 (AASHTO T-89 y T-90).

**Subbase Clase 1.** La subbase Clase 1 está formada por agregados gruesos provenientes de la trituración de grava o roca, mezclados con arena natural o material finamente triturado para alcanzar la granulometría especificada.

La subbase clase 1 deberá cumplir con los requisitos establecidos anteriormente.

**Subbase Clase 2.** La subbase Clase 2 está formada por agregados gruesos, obtenidos mediante trituración o cribado de gravas o yacimientos cuyas partículas estén fragmentadas naturalmente, mezclados con arena natural o material finamente triturado para alcanzar la granulometría especificada.

La subbase clase 2 deberá cumplir con los requisitos establecidos anteriormente.

**Subbase Clase 3.** La subbase Clase 3 está formada por agregados gruesos, obtenidos mediante cribado de gravas o roca mezcladas con arena natural o material finamente triturado para alcanzar la granulometría especificada en la Tabla.

La subbase clase 3 deberá cumplir con los requisitos establecidos anteriormente.

*Tabla 2. 5. Granulometría de las clases de subbases.*

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

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2002). Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes. Quito, Ecuador.

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

### 2.2.7.1. Origen del ensayo

Este método fue propuesto en 1929 por los ingenieros T. E. Stanton y O. J. Porter del departamento de carreteras de California. Desde esa fecha tanto en Europa como en América, el método CBR se ha generalizado y es una forma de clasificación de un suelo para ser utilizado como subrasante o material de base en la construcción de carreteras. Durante la segunda guerra mundial, el cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos adoptó este ensayo para utilizarlo en la construcción de aeropuertos. (Chang, 2010)

### **2.2.7.2. Definición de C.B.R**

La relación de soporte de california, CBR de un suelo es la carga unitaria correspondiente a 0.1” ó 0.2” de penetración, expresada como porcentaje del respectivo valor obtenido para una muestra estándar (suelo california). (Feria Casas, García Ávila, Lozano Rada, & Gutiérrez, 2014)

$$C.B.R = \frac{\text{Esfuerzo en el suelo ensayado}}{\text{Esfuerzo en el suelo patrón}}$$

También mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, que no es constante para un suelo dado, sino que se aplica solo al estado de esfuerzos en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo. (Feria Casas, García Ávila, Lozano Rada, & Gutiérrez, 2014)

### **2.2.7.3. Interpretación del valor C.B.R**

El valor de CBR, es un parámetro de resistencia que se ha utilizado para caracterizar el comportamiento esfuerzo-deformación de un material pétreo ante unas condiciones conocidas de humedad y compactación para determinar su capacidad portante.

En el desarrollo de diferentes investigaciones se han establecido correlaciones a partir de las propiedades índice de los materiales y el CBR; en el contexto del diseño de pavimentos, destacan las correlaciones del CBR con el tipo de suelo, el Nódulo Resiliente MR y el módulo de reacción K en subrasantes como se muestra en los diagramas anexos.

Así, resulta posible a partir del valor de CBR obtener buenas aproximaciones de las propiedades mencionadas sin que estas reemplacen las mediciones directas de las mismas cuando resulte posible su realización, pues estas correlaciones pueden ajustarse o no al contexto geotécnico de estudio e interferir en las decisiones de diseño. (Feria Casas, García Ávila, Lozano Rada, & Gutiérrez, 2014)

El CBR es en sí mismo un criterio de aceptación de los materiales para construcción de infraestructura vial, los valores de rechazo varían para bases y subbases (tratadas o no) de acuerdo a las especificaciones dadas en cada país. ( Universidad Nacional de Colombia, 2014)

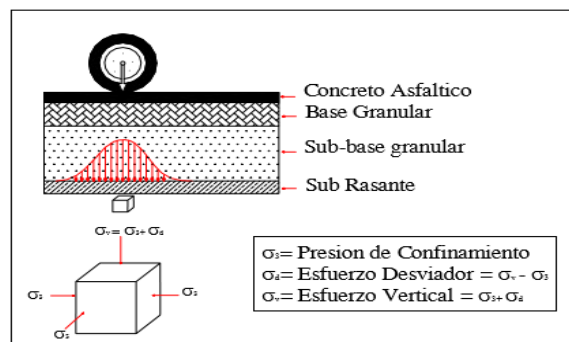
## 2.2.8. Módulo Resiliente

### 2.2.8.1. Concepto de resiliencia

Cuando un vehículo circula sobre el pavimento, los neumáticos transmiten cargas que son absorbidas por la estructura, entonces un elemento diferencial de suelo ubicado en la subrasante, estará sometido a esfuerzos que a su vez inducen un estado de deformaciones. Si se considera al material de la subrasante como un material elástico, isótropo y homogéneo, hipótesis básicas para la mecánica de suelos esfuerzos y deformaciones se relacionarán con el módulo de elasticidad y relación de Poisson, propios del material.

Pero la respuesta real está en función de las características propias de los materiales que conforman el pavimento donde la carga impuestas por el transito tienen un carácter dinámico con muy cortos tiempos de aplicación. Luego la deformación total inducida, se recupera al cesar la carga aplicada.

Figura 2.3. Estado de esfuerzos provocados en la subrasante por el paso de un vehículo en movimiento.



Fuente: Limaymanta Mendoza, F.F. & Gutiérrez Lázares, W.(2003). Ensayo de Modulo Resiliente. Perú

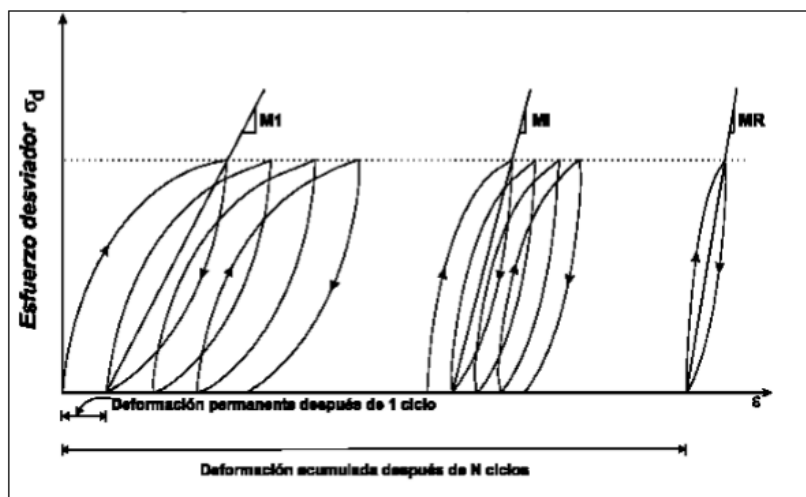
### 2.2.8.2. Definición

Los materiales que constituyen los pavimentos se ven sometidos a cargas dinámicas de diversas magnitudes que le son transmitidas por el tráfico. Con el fin de tener en cuenta la naturaleza cíclica de las cargas que actúan en los materiales que conforman una estructura de pavimento, así como el comportamiento no lineal y resiliente de los materiales, se han realizado en el mundo varios trabajos experimentales, tanto en modelos a escala natural como en muestras de material probadas en el laboratorio, obteniéndose valiosa información sobre el comportamiento esfuerzo-deformación de los materiales. (Moreno, 2005)

Las deformaciones resilientes o elásticas son de recuperación instantánea y suele denominarse plásticas a aquéllas que permanecen en el pavimento después de cesar la carga.

Bajo carga móvil la deformación permanente se va acumulando y para ciclos intermedios la deformación permanente para cada ciclo disminuye, hasta que prácticamente desaparece en los ciclos finales. (Moreno, 2005)

Figura 2.4. Diagrama Esfuerzo vs Deformación.



La muestra llega así a un estado tal en que toda la deformación es recuperable, en ese momento se tiene un comportamiento resiliente. De aquí se desprende el concepto de

módulo resiliente, el cual está definido como el esfuerzo desviador repetido aplicado en compresión triaxial entre la deformación axial recuperable. (Moreno, 2005)

Así pues, el concepto de módulo resiliente está ligado invariablemente a un proceso de carga repetida.

Como se ha observado en los estudios llevados a cabo sobre módulo resiliente, este parámetro no es una propiedad constante del material, sino que depende de muchos factores. Los principales son: número de aplicaciones del esfuerzo, tixotropía, magnitud del esfuerzo desviador, método de compactación y condiciones de compactación. (Moreno, 2005)

La metodología actual para diseño de pavimentos utilizada por el método AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) considera que la propiedad fundamental para caracterizar los materiales constitutivos de la sección de una carretera es el parámetro denominado módulo resiliente. <sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> UNIVERSIDAD DE CATALUNYA. (2014). Módulo Resiliente. Barcelona.

### 2.3. Zonas de extracción de muestras

En esta investigación se tomaron muestras de Base y Subbase de la mina de Pifo y la mina de Pintag, las muestras se tomaron en diferentes sectores de las minas para que de esta manera se puedan considerar muestras representativas.

La ubicación geográfica de la mina de Pintag es la siguiente:

Latitud: 0°25'20.32"S

Longitud: 78°21'29.19"O



*Fotografía 2.1. Ubicación mina de Pintag (Quito-Pichincha).*

Fuente: Google Earth (2018)

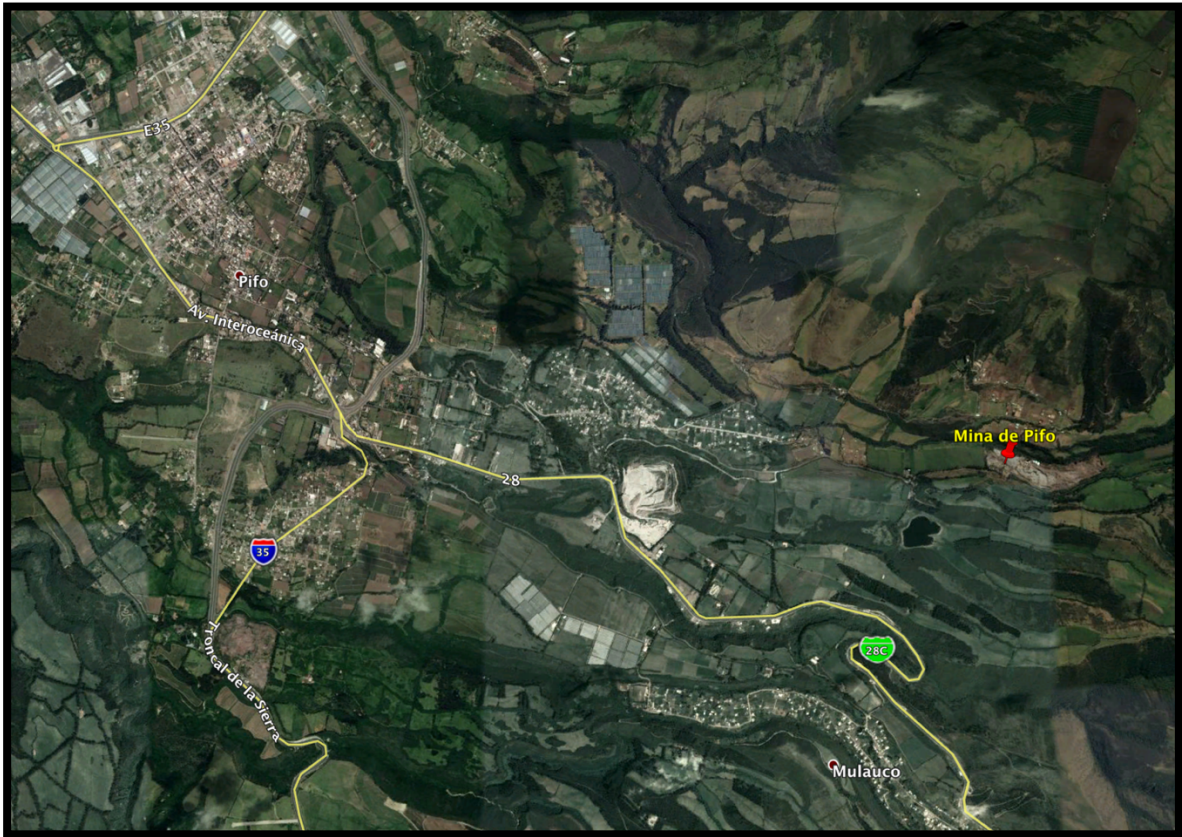


*Fotografía 2.2. Mina de Pintag.*

La ubicación geográfica de la mina de Pifo es la siguiente:

Latitud: 0°14'28.63"S

Longitud: 78°17'40.83"O



*Fotografía 2.3. Ubicación mina de Pifo (Quito-Pichincha).*

Fuente: Google Earth (2018)



*Fotografía 2.4. Mina de Pifo.*

## CAPÍTULO 3

### TRABAJOS DE LABORATORIO

#### 3.1. Resistencia a la abrasión de los agregados en la máquina de los Ángeles (ASTM C-131)

La resistencia a la abrasión, desgaste, o dureza de un agregado, es una propiedad que depende principalmente de las características de la roca madre. Este factor cobra importancia cuando las partículas van a estar sometidas a un roce continuo como es el caso de pisos y pavimentos, para lo cual los agregados que se utilizan deben ser duros.

El ensayo que se aplicará a continuación da a conocer el porcentaje de desgaste que este sufrirá en condiciones de roce continuo de las partículas y las esferas de acero. Esto nos indica si el agregado a utilizar es el adecuado para el diseño.

*Tabla 3. 1. Gradación de las muestras del ensayo.*

<i>TAMAÑO DEL TAMIZ</i>				<i>MASA DE LOS TAMAÑOS INDICADOS (g.) GRADACION</i>			
<i>PASA</i>		<i>RETIENE</i>		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>1 ½</i>	<i>38.1</i>	<i>7</i>	<i>25.4</i>	<i>1250<sub>+25</sub></i>			
<i>1</i>	<i>25.4</i>	<i>¾</i>	<i>19.0</i>	<i>1250<sub>+25</sub></i>			
<i>¾</i>	<i>19.0</i>	<i>½</i>	<i>12.7</i>	<i>1250<sub>+10</sub></i>	<i>2500<sub>+10</sub></i>		
<i>½</i>	<i>12.7</i>	<i>3/8</i>	<i>9.5</i>	<i>1250<sub>+10</sub></i>	<i>2500<sub>+10</sub></i>		
<i>3/8</i>	<i>9.5</i>	<i>No. 3</i>	<i>6.3</i>			<i>2500<sub>+10</sub></i>	
<i>No. 3</i>	<i>6.3</i>	<i>No. 4</i>	<i>4.76</i>			<i>2500<sub>+10</sub></i>	
<i>No. 4</i>	<i>4.76</i>	<i>No. 8</i>	<i>2.36</i>				<i>5000<sub>+10</sub></i>
<i>TOTAL</i>				<i>5000<sub>+10</sub></i>	<i>5000<sub>+10</sub></i>	<i>5000<sub>+10</sub></i>	<i>5000<sub>+10</sub></i>

Fuente: ASTM INTERNATIONAL. (2006). ASTM C-131 Resistencia a la abrasión de los agregados en la máquina de los ángeles. West Conshohocken, Estados Unidos.

### 3.1.1. Cálculos y resultados

1. Se determina la masa de material que pasa el tamiz No. 12, después del ensayo, utilizando la siguiente fórmula:<sup>3</sup>

$$C = A - B$$

En donde:

C = Material que pasa el tamiz No. 12 (g.)

A = Masa inicial de la muestra (g.)

B = Masa sostenida en el tamiz No. 12 (g.)

2. Se calcula el porcentaje de desgaste del agregado, mediante la siguiente relación:

$$\% \text{ de desgaste} = \frac{C \times 100}{A}$$

Tabla 3. 2. Resultado del desgaste de los agregados.

ABRASIÓN DE LOS AGREGADOS				
MATERIAL	INICIAL (A) gr.	TAMIZ No.12 (B) gr.	MATERIAL (C ) gr.	% DE DESGASTE
Base Pintag	5000	3740	1260	25,20
Subbase Pintag	5000	3495,2	1504,8	30,10
Base Pifo	5000	3822,6	1177,4	23,55
Subbase Pifo	5000	3543,8	1456,2	29,12

<sup>3</sup> ASTM INTERNATIONAL. (2006). ASTM C-131 Resistencia a la abrasión de los agregados en la máquina de los ángeles. West Conshohocken, Estados Unidos.

### 3.2. Durabilidad de los agregados a la acción del sulfato de sodio. (ASTM C-88)

Este método cubre el procedimiento a seguirse en el ensayo de agregados para determinar su resistencia a la desintegración por saturación en soluciones de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. Provee información que ayuda a juzgar la resistencia de los agregados sujetos a la acción climática, particularmente si es que no existe información estadística de los materiales sujetos a las actuales condiciones climáticas.

Tabla 3. 3. Fracciones de muestras para el agregado fino.

FRACCION	NUMERO DEL TAMIZ			
	PASA		RETIENE	
	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.
1	3/8	9.51	No. 4	4.76
2	No. 4	4.76	No. 8	2.38
3	No. 8	2.38	No. 16	1.19
4	No. 16	1.19	No. 30	0.595
5	No. 30	0.595	No. 30	0.297

Fuente: ASTM INTERNATIONAL. (s.f.). ASTM C-88 Durabilidad de los agregados a la acción del sulfato de sodio o sulfato de magnesio. West Conshohocken, Estados Unidos.

Tabla 3. 4. Fracciones de muestra para el agregado grueso.

FRACCION	NUMERO DEL TAMIZ				MASA MINIMA DE LA MUESTRA g.
	PASA		RETIENE		
	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	
1	3/8	9.51	No. 4	4.76	300
2	3/4	19.0	3/8	9.51	1.000
	3/4	19.0	1/2	12.7	670
	1/2	12.7	3/8	9.51	330
3	1 1/2	38.1	3/4	19.0	1.500
	1 1/2	38.1	1	25.4	1000
	1	25.4	3/4	19.0	500
4	2 1/2	64.0	1 1/2	38.1	5 000
	2 1/2	64.0	2	50.8	3 000
	2	50.8	1 1/2	38.1	2 000

Fuente: ASTM INTERNATIONAL. (s.f.). ASTM C-88 Durabilidad de los agregados a la acción del sulfato de sodio o sulfato de magnesio. West Conshohocken, Estados Unidos.

### 3.2.1. Cálculos y resultados

1. Se calcula el porcentaje retenido parcial con respecto a la granulometría original del agregado, el cálculo se realiza para cada fracción y con la siguiente relación:

$$\% \text{ retenido parcial} = \frac{\text{masa retenida parcial}}{\text{masa total de la muestra}} \times 100$$

2. Se calcula el porcentaje que pasa el tamiz más fino después del ensayo; este valor se calcula para cada fracción, con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ que pasa} = \frac{\text{masa inicial} - \text{masa retenida despues del ensayo}}{\text{masa inicial}} \times 100$$

3. Se calcula el porcentaje de desgaste parcial, con la siguiente relación:

$$\% \text{ desgaste parcial} = \frac{\text{porcentaje retino parcial} \times \% \text{ que pasa}}{100}$$

4. El porcentaje de desgaste total del agregado a la acción de los sulfatos, es igual a la suma de los porcentajes de desgaste parcial.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> ASTM INTERNATIONAL. (s.f.). ASTM C-88 Durabilidad de los agregados a la acción del sulfato de sodio o sulfato de magnesio. West Conshohocken, Estados Unidos.

TABLAS DE DESGASTE A LOS SULFATOS DEL AGREGADO GRUESO.

Tabla 3. 5. Desgaste a los sulfatos del agregado grueso Base de Pintag.

DESGASTE A LOS SULFATOS DEL AGREGADO GRUESO						
No. Tamiz		Pintag Base				
Pasa	Retiene	Masa de las fracciones antes del ensayo (gr)	Masa de las fracciones despues del ensayo (gr)	% Retenido Parcial	% Que pasa	% Desgaste Parcial
1 1/2"	1"	1000	982,7	35,78	1,73	0,62
1"	3/4"	495	450,7	17,71	8,95	1,58
3/4"	1/2"	670	614,2	23,97	8,33	2,00
1/2"	3/8"	330	292,5	11,81	11,36	1,34
3/8"	No.4	300	275	10,73	8,33	0,89
No.4						
	<b>Total</b>	2795				<b>6,44</b>

Tabla 3. 6. Desgaste a los sulfatos del agregado grueso subbase de Pintag

DESGASTE A LOS SULFATOS DEL AGREGADO GRUESO						
No. Tamiz		Pintag SubBase				
Pasa	Retiene	Masa de las fracciones antes del ensayo (gr)	Masa de las fracciones despues del ensayo (gr)	% Retenido Parcial	% Que pasa	% Desgaste Parcial
1 1/2"	1"	1000	994,1	35,59	0,59	0,21
1"	3/4"	505	503,9	17,97	0,22	0,04
3/4"	1/2"	675	633	24,02	6,22	1,49
1/2"	3/8"	330	290,6	11,74	11,94	1,40
3/8"	No.4	300	267,2	10,68	10,93	1,17
No.4						
	<b>Total</b>	2810				<b>4,10</b>

Tabla 3. 7. Desgaste a los sulfatos del agregado grueso Base de Pifo

DESGASTE A LOS SULFATOS DEL AGREGADO GRUESO						
No. Tamiz		Pifo Base				
Pasa	Retiene	Masa de las fracciones antes del ensayo (gr)	Masa de las fracciones despues del ensayo (gr)	% Retenido Parcial	% Que pasa	% Desgaste Parcial
1 1/2"	1"	1000	973,4	35,71	2,66	0,95
1"	3/4"	500	455,7	17,86	8,86	1,58
3/4"	1/2"	670	576,3	23,93	13,99	3,35
1/2"	3/8"	330	284,2	11,79	13,88	1,64
3/8"	No.4	300	216,8	10,71	27,73	2,97
No.4						
	<b>Total</b>	2800				<b>10,49</b>

Tabla 3. 8. Desgaste a los sulfatos del agregado grueso Subbase de Pifo.

DESGASTE A LOS SULFATOS DEL AGREGADO GRUESO						
No. Tamiz		Pifo SubBase				
Pasa	Retiene	Masa de las fracciones antes del ensayo (gr)	Masa de las fracciones despues del ensayo (gr)	% Retenido Parcial	% Que pasa	% Desgaste Parcial
1 1/2"	1"	995	967,3	35,47	2,78	0,99
1"	3/4"	505	449	18,00	11,09	2,00
3/4"	1/2"	675	595,8	24,06	11,73	2,82
1/2"	3/8"	330	292,7	11,76	11,30	1,33
3/8"	No.4	300	247,8	10,70	17,40	1,86
No.4						
	<b>Total</b>	2805				<b>9,00</b>

TABLAS DE DESGASTE A LOS SULFATOS DEL AGREGADO FINO.

Tabla 3. 9. Desgaste a los sulfatos del agregado fino Base de Pintag

DESGASTE A LOS SULFATOS DEL AGREGADO FINO						
No. Tamiz		Pintag Base				
Pasa	Retiene	Masa de las fracciones antes del ensayo (gr)	Masa de las fracciones despues del ensayo (gr)	% Retenido Parcial	% Que pasa	% Desgaste Parcial
	No.4	0	0	0	0	0
No.4	No.8	115	91,9	25,20	20,09	5,06
No.8	No.16	115	97,9	25,20	14,87	3,75
No.16	No.30	115,8	95,1	25,37	17,88	4,54
No.30	No.50	110,6	92,4	24,23	16,46	3,99
No.50						
	<b>Total</b>	456,4				<b>17,33</b>

Tabla 3. 10. Desgaste a los sulfatos del agregado fino Subbase de Pintag

DESGASTE A LOS SULFATOS DEL AGREGADO FINO						
No. Tamiz		Pintag SubBase				
Pasa	Retiene	Masa de las fracciones antes del ensayo (gr)	Masa de las fracciones despues del ensayo (gr)	% Retenido Parcial	% Que pasa	% Desgaste Parcial
	No.4	0	0	0	0	0
No.4	No.8	116,93	89,2	25,75	23,72	6,11
No.8	No.16	112,47	86,3	24,77	23,27	5,76
No.16	No.30	114,31	70,1	25,17	38,68	9,74
No.30	No.50	110,42	45,4	24,31	58,88	14,32
No.50						
	<b>Total</b>	454,13				<b>35,92</b>

Tabla 3. 11. Desgaste a los sulfatos del agregado fino Base de Pifo

DESGASTE A LOS SULFATOS DEL AGREGADO FINO						
No. Tamiz		Pifo Base				
Pasa	Retiene	Masa de las fracciones antes del ensayo (gr)	Masa de las fracciones despues del ensayo (gr)	% Retenido Parcial	% Que pasa	% Desgaste Parcial
	No.4	0	0	0	0	0
No.4	No.8	114	72,4	25,34	36,49	9,25
No.8	No.16	112,47	78,7	25,00	30,03	7,51
No.16	No.30	113,25	74,2	25,18	34,48	8,68
No.30	No.50	110,1	79,8	24,48	27,52	6,74
No.50						
	<b>Total</b>	449,82				<b>32,17</b>

Tabla 3. 12. Desgaste a los sulfatos del agregado fino SubBase de Pifo.

DESGASTE A LOS SULFATOS DEL AGREGADO FINO						
No. Tamiz		Pifo SubBase				
Pasa	Retiene	Masa de las fracciones antes del ensayo (gr)	Masa de las fracciones despues del ensayo (gr)	% Retenido Parcial	% Que pasa	% Desgaste Parcial
	No.4	0	0	0	0	0
No.4	No.8	110,02	65,1	24,55	40,83	10,02
No.8	No.16	114,14	69,7	25,47	38,93	9,92
No.16	No.30	113,76	56,1	25,38	50,69	12,87
No.30	No.50	110,27	47,1	24,60	57,29	14,09
No.50						
	<b>Total</b>	448,19				<b>46,90</b>

### 3.3. Ensayo normalizado para la determinación granulométrica de agregados finos y gruesos. (ASTM C-136)

El presente método de prueba cubre la determinación de la distribución del tamaño de partículas de agregados finos y gruesos mediante cribado.

Algunas especificaciones para los agregados que hacen referencia a este método contienen requerimientos de clasificación que incluyen tanto fracciones de agregados gruesos como de agregados finos.

Tabla 3. 13. Masa mínima de muestra para agregado grueso.

TAMAÑO MÁXIMO		MASA MINIMA
<i>Pulg.</i>	<i>mm.</i>	<i>Kg.</i>
3/8	9.51	1.0
1/2	12.70	2.0
3/4	19.00	5.0
1	25.40	10.0
1 1/2	38.10	15.0
2	50.80	20.0
2 1/2	62.75	35.0

Fuente: ASTM INTERNATIONAL. (2006). *Ensayo Normalizado para la Determinación Granulométrica de Agregados Finos y Gruesos*. West Conshohocken, Estados Unidos.

Tabla 3.13. Tamices para granulometría.

<i>AGREGADO GRUESO</i>	<i>Pulg.</i>	2,	1 ½,	1,	¾	½,	3/8,	No. 4
	<i>mm.</i>	50.8,	38.1,	25.4,	19.0,	12.7,	9.51,	4.76
<i>AGREGADO FINO</i>	<i>Pulg.</i>	No. 4	No. 8,	No. 16,	No. 30,	No. 50,	No.100	
	<i>Mm.</i>	4.76,	2.36,	1.190,	0.595,	0.297,	0.142	

Fuente: ASTM INTERNATIONAL. (2006). *Ensayo Normalizado para la Determinación Granulométrica de Agregados Finos y Gruesos*. West Conshohocken, Estados Unidos.

### 3.3.1. Cálculos y resultados

1. En cada tamiz se determina la masa retenida acumulada; está es igual a la suma de la masa retenida en el tamiz más las masas retenidas en los tamices de mayor abertura.
2. Se obtiene el porcentaje retenido, para cada tamiz, que está por la siguiente relación:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Masa retenida acumulada}}{\text{Masa de la muestra}} \times 100$$

3. Se calcula el porcentaje que pasa en cada tamiz, utilizando la fórmula siguiente:

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido}$$

<sup>1</sup> ASTM INTERNATIONAL. (2006). *Ensayo Normalizado para la Determinación Granulométrica de Agregados Finos y Gruesos*. West Conshohocken, Estados Unidos.

4. Los resultados deben incluir:
  - 4.1. Masa retenida parcial.
  - 4.2. Masa retenida acumulada.
  - 4.3. Porcentaje retenido.
  - 4.4. Porcentaje que pasa.

#### Clasificación SUCS

##### Suelos de grano grueso:

> 50 % queda retenido en la malla # 200 (0.074 mm)

1. Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla # 4 (4.75 mm).
  - a. fracción fina < 5 %: GW, GP.
  - b. fracción fina > 12 %: GM, GC según carta de plasticidad.
  - c. fracción entre 5 % y 12 %: Símbolos dobles. Ej: GW-GC, mezcla bien graduada de arena y grava en una matriz arcillosa.
2. Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla # 4 (4.75 mm).
  - a. fracción fina < 5 %: SW, SP.
  - b. fracción fina > 12 %: SM, SC según carta de plasticidad.
  - c. fracción entre 5 % y 12 %: Símbolos dobles.

##### Suelos de grano fino:

> 50 % pasa por la malla # 200 (0.074 mm)

1. Carta de plasticidad.

Tabla 3. 14. Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices para Base clase 1,2,3 y 4.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	
	Tipo A	Tipo B
2" (50.8 mm.)	100	--
1 1/2" (38,1mm.)	70 - 100	100
1" (25.4 mm.)	55 - 85	70 - 100
3/4"(19.0 mm.)	50 - 80	60 - 90
3/8"(9.5 mm.)	35 - 60	45 - 75
Nº 4 (4.76 mm.)	25 - 50	30 - 60
Nº 10 (2.00 mm.)	20 - 40	20 - 50
Nº 40 (0.425 mm.)	10 - 25	10 - 25
Nº 200 (0.075 mm.)	2 - 12	2 - 12

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

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

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

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2002). *Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes*. Quito, Ecuador.

Tabla 3. 15. Clases de Sub Base de agregados.

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

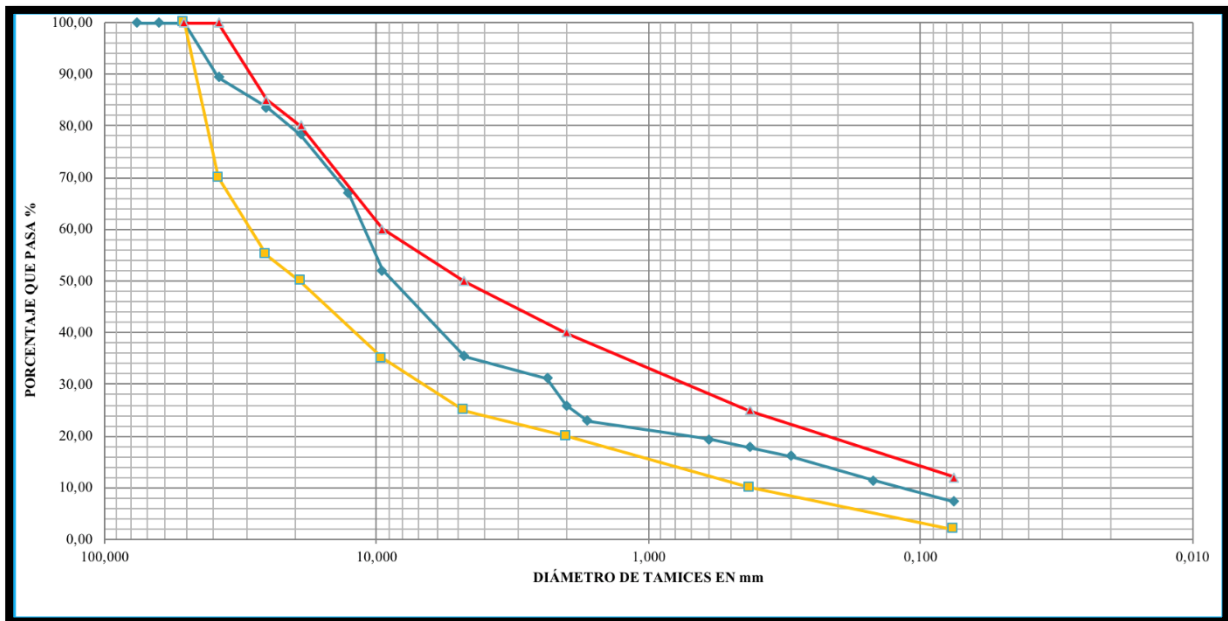
Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2002). *Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes*. Quito, Ecuador.

Tabla 3. 16. Granulometría Base clase 1 Pintag.

GRANULOMETRIA BASE PINTAG							
TAMIZ		MASA RETENIDA (gr)		% RETENIDO	% QUE PASA	% QUE PASA SEGÚN NORMA	EVALUACIÓN BASE CLASE 1
INEN	ASTM	PARCIAL	ACUMULADA				
76,00mm	3'	0	0	0,00	100,00		
63,00mm	2½'	0	0	0,00	100,00		
50,80mm	2'	0	0	0,00	100,00	100	SI CUMPLE
38,00mm	1½'	2111	2111	10,60	89,40	70 - 100	SI CUMPLE
25,40mm	1'	1163	3274	16,44	83,56	55 - 85	SI CUMPLE
19,00mm	¾'	1024	4298	21,59	78,41	50 - 80	SI CUMPLE
12,70mm	½'	2276	6574	33,02	66,98		
9,50mm	⅜'	2978	9552	47,97	52,03	35 - 60	SI CUMPLE
4,75mm	No.4	3288	12840	64,49	35,51	25 - 50	SI CUMPLE
pasa 4,75mm		7071	7071	35,51			
Σ		19911					
4,75mm	No.4	0	0,00	0,00	35,51		
2,36mm	No.8	86,12	86,12	4,30	31,22		
2,00mm	No.10	105	191,12	9,53	25,98	20 - 40	SI CUMPLE
1,68mm	No.16	61,53	252,65	12,60	22,91		
850 μm	No.20						
600 μm	No.30	70,93	323,58	16,14	19,37		
425 μm	No.40	30,32	353,90	17,65	17,86	10 - 25	SI CUMPLE
300 μm	No.50	33,56	387,46	19,33	16,19		
250 μm	No.60						
150 μm	No.100	95,43	482,89	24,09	11,43		
75 μm	No.200	80,81	563,70	28,12	7,40	2 - 12	SI CUMPLE
Pasa 75 μm		148,3	148,30	7,40			
Σ		712,00					

LABADO DEL FINO	
ANTES	712 gr
DESPUES	563,7 gr
PERDIDA	148,3 gr

Gráfica 3. 1. Granulometría Base clase 1 Pintag.



CLASIFICACION SUCS: GW

OBSERVACIONES: Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco ó ningún fino.

Amplio margen de variación del grano y cantidades importantes de todos los tamaños intermedios de los granos.

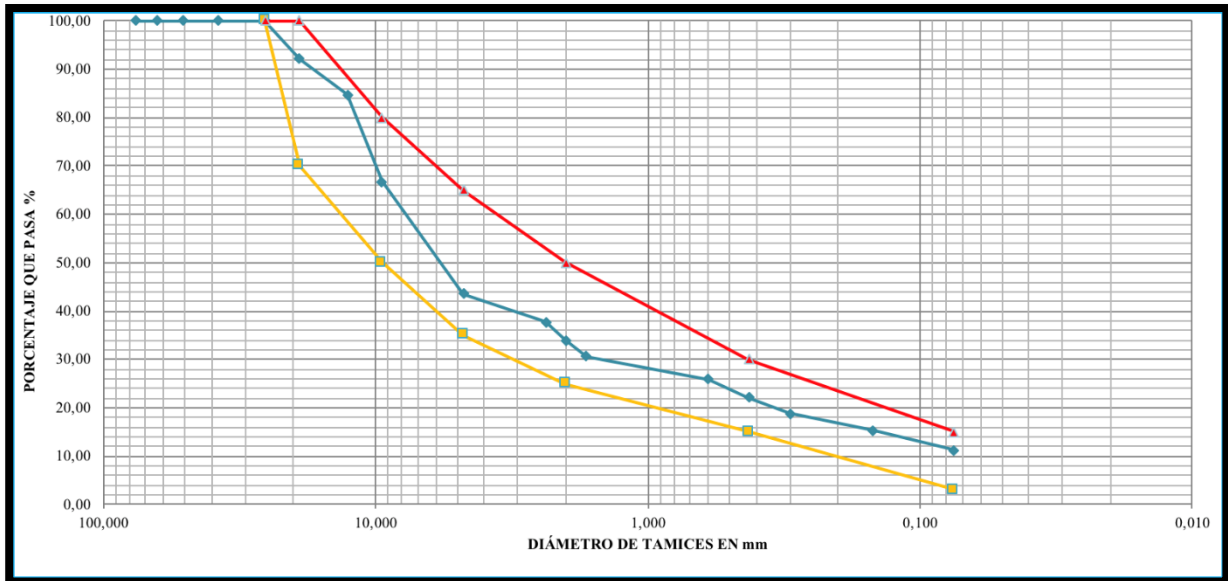
La granulometría de la Base de Pintag cumple con la granulometría para Base clase 1 según la tabla 20.

Tabla 3. 17. Granulometría Base clase 2 Pintag.

GRANULOMETRIA BASE PINTAG							
TAMIZ		MASA RETENIDA (gr)		% RETENIDO	% QUE PASA	% QUE PASA SEGÚN NORMA	EVALUACIÓN BASE CLASE 2
INEN	ASTM	PARCIAL	ACUMULADA				
76,00mm	3'	0	0	0,00	100,00		
63,00mm	2½'	0	0	0,00	100,00		
50,80mm	2'	0	0	0,00	100,00		
38,00mm	1½'	0	0	0,00	100,00		
25,40mm	1'	0	0	0,00	100,00	100	SI CUMPLE
19,00mm	¾'	1012	1012	7,81	92,19	70 - 100	SI CUMPLE
12,70mm	½'	976	1988	15,33	84,67		
9,50mm	⅜'	2312	4300	33,17	66,83	50 - 80	SI CUMPLE
4,75mm	No.4	3023	7323	56,48	43,52	35 - 65	SI CUMPLE
pasa 4,75mm		5642	5642	43,52			
Σ		12965					
4,75mm	No.4	0	0,00	0,00	43,52		
2,36mm	No.8	65,64	65,64	5,71	37,80		
2,00mm	No.10	44,39	110,03	9,58	33,94	25 - 50	SI CUMPLE
1,68mm	No.16	37,14	147,17	12,81	30,71		
850 μm	No.20						
600 μm	No.30	55,94	203,11	17,68	25,84		
425 μm	No.40	43,25	246,36	21,44	22,08	15 - 30	SI CUMPLE
300 μm	No.50	38,18	284,54	24,76	18,75		
250 μm	No.60						
150 μm	No.100	39,84	324,38	28,23	15,28		
75 μm	No.200	46,72	371,10	32,30	11,22	3 - 15.	SI CUMPLE
Pasa 75 μm		128,9	128,90	11,22			
Σ		500,00					

LABADO DEL FINO	
ANTES	500 gr
DESPUES	371,1 gr
PERDIDA	128,9 gr

Gráfica 3. 2. Granulometría Base clase 2 Pintag.



CLASIFICACION SUCS: GW

OBSERVACIONES: Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco ó ningún fino.

Amplio margen de variación del grano y cantidades importantes de todos los tamaños intermedios de los granos.

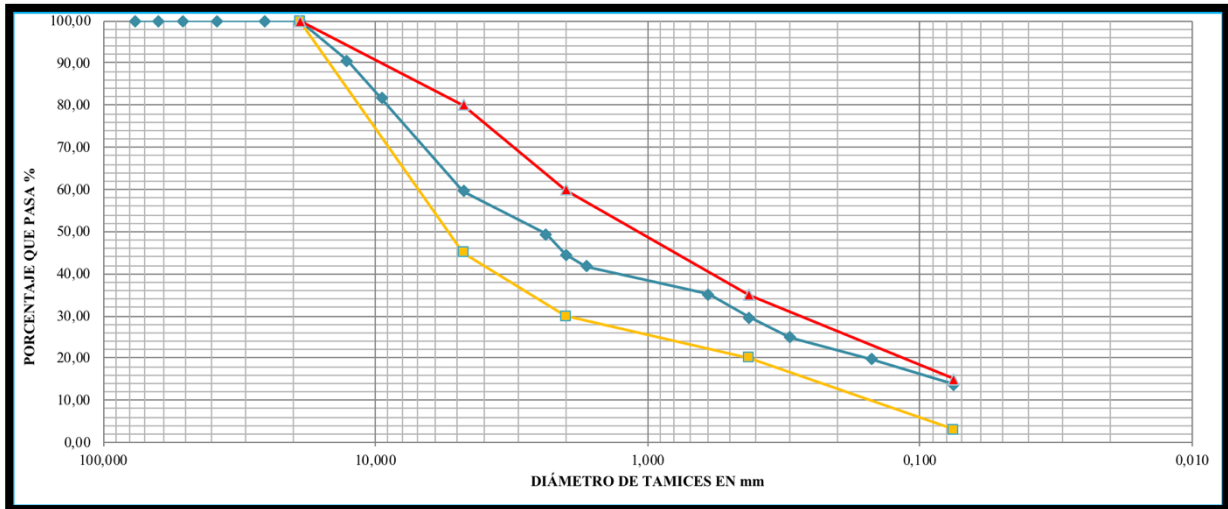
La granulometría de la Base de Pintag cumple con la granulometría para Base clase 2 según la tabla 20.

Tabla 3. 18. Granulometría Base clase 3 Pintag.

GRANULOMETRIA BASE PINTAG							
TAMIZ		MASA RETENIDA (gr)		% RETENIDO	% QUE PASA	% QUE PASA SEGÚN NORMA	EVALUACIÓN BASE CLASE 3
INEN	ASTM	PARCIAL	ACUMULADA				
76,00mm	3'	0	0	0,00	100,00		
63,00mm	2½'	0	0	0,00	100,00		
50,80mm	2'	0	0	0,00	100,00		
38,00mm	1½'	0	0	0,00	100,00		
25,40mm	1'	0	0	0,00	100,00		
19,00mm	¾'	0	0	0,00	100,00	100,00	SI CUMPLE
12,70mm	½'	912	912	9,38	90,62		
9,50mm	⅜'	875	1787	18,38	81,62		
4,75mm	No.4	2144	3931	40,44	59,56	45 - 80	SI CUMPLE
pasa 4,75mm		5789	5789	59,56			
Σ		9720					
4,75mm	No.4	0	0,00	0,00	59,56		
2,36mm	No.8	86,42	86,42	10,18	49,37		
2,00mm	No.10	41,24	127,66	15,04	44,51	30 - 60	SI CUMPLE
1,68mm	No.16	23,23	150,89	17,78	41,78		
850 μm	No.20						
600 μm	No.30	56,09	206,98	24,39	35,17		
425 μm	No.40	47,14	254,12	29,95	29,61	20 - 35	SI CUMPLE
300 μm	No.50	39,49	293,61	34,60	24,96		
250 μm	No.60						
150 μm	No.100	45,04	338,65	39,91	19,65		
75 μm	No.200	50,25	388,90	45,83	13,73	3 - 15	SI CUMPLE
Pasa 75 μm		116,5	116,50	13,73			
Σ		505,40					

LABADO DEL FINO	
ANTES	505,4 gr
DESPUES	388,9 gr
PERDIDA	116,5 gr

Gráfica 3. 3. Granulometría Base clase 3 Pintag.



CLASIFICACION SUCS: GW

OBSERVACIONES: Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco ó ningún fino.

Amplio margen de variación del grano y cantidades importantes de todos los tamaños intermedios de los granos.

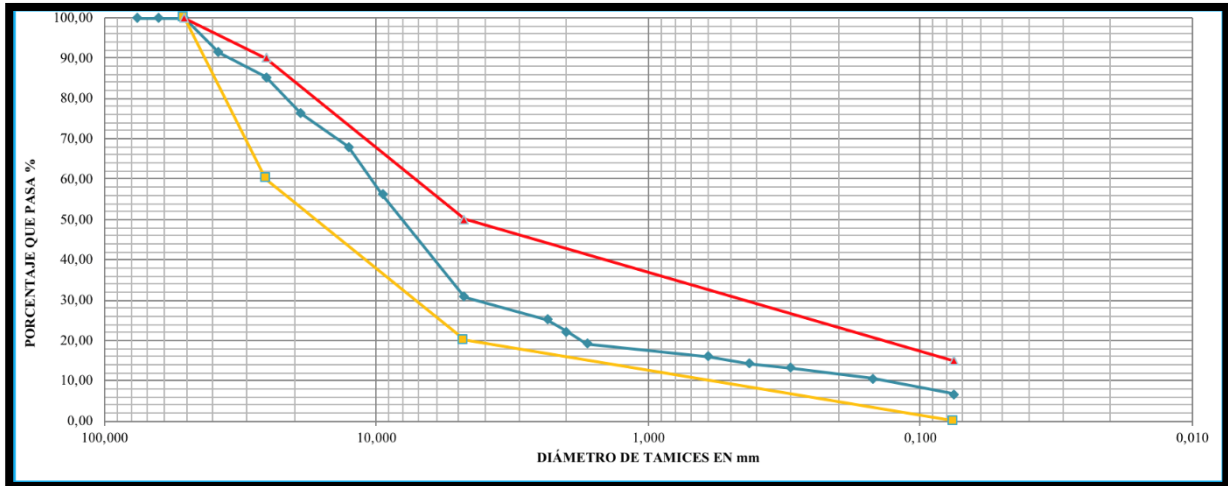
La granulometría de la Base de Pintag cumple con la granulometría para Base clase 3 según la tabla 20.

Tabla 3. 19. Granulometría Base clase 4 Pintag.

GRANULOMETRIA BASE PINTAG							
TAMIZ		MASA RETENIDA (gr)		% RETENIDO	% QUE PASA	% QUE PASA SEGÚN NORMA	EVALUACIÓN BASE CLASE 4
INEN	ASTM	PARCIAL	ACUMULADA				
76,00mm	3'	0	0	0,00	100,00		
63,00mm	2½'	0	0	0,00	100,00		
50,80mm	2'	0	0	0,00	100,00	100	SI CUMPLE
38,00mm	1½'	893	893	8,54	91,46		
25,40mm	1'	650	1543	14,76	85,24	60 - 90	SI CUMPLE
19,00mm	¾'	932	2475	23,67	76,33		
12,70mm	½'	874	3349	32,03	67,97		
9,50mm	⅜'	1234	4583	43,83	56,17		
4,75mm	No.4	2659	7242	69,26	30,74	20 - 50	SI CUMPLE
pasa 4,75mm		3214	3214	30,74			
Σ		10456					
4,75mm	No.4	0	0,00	0,00	30,74		
2,36mm	No.8	115,19	115,19	5,64	25,10		
2,00mm	No.10	60,7	175,89	8,61	22,13		
1,68mm	No.16	59,43	235,32	11,52	19,22		
850 μm	No.20						
600 μm	No.30	65,15	300,47	14,71	16,03		
425 μm	No.40	34,78	335,25	16,41	14,33		
300 μm	No.50	22,69	357,94	17,52	13,22		
250 μm	No.60						
150 μm	No.100	55,61	413,55	20,25	10,49		
75 μm	No.200	78,55	492,10	24,09	6,65	0 - 15	SI CUMPLE
Pasa 75 μm		135,8	135,80	6,65			
Σ		627,90					

LABADO DEL FINO	
ANTES	627,9 gr
DESPUES	492,1 gr
PERDIDA	135,8 gr

Gráfica 3. 4. Granulometría Base clase 4 Pintag.



CLASIFICACION SUCS: GW

OBSERVACIONES: Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco ó ningún fino.

Amplio margen de variación del grano y cantidades importantes de todos los tamaños intermedios de los granos.

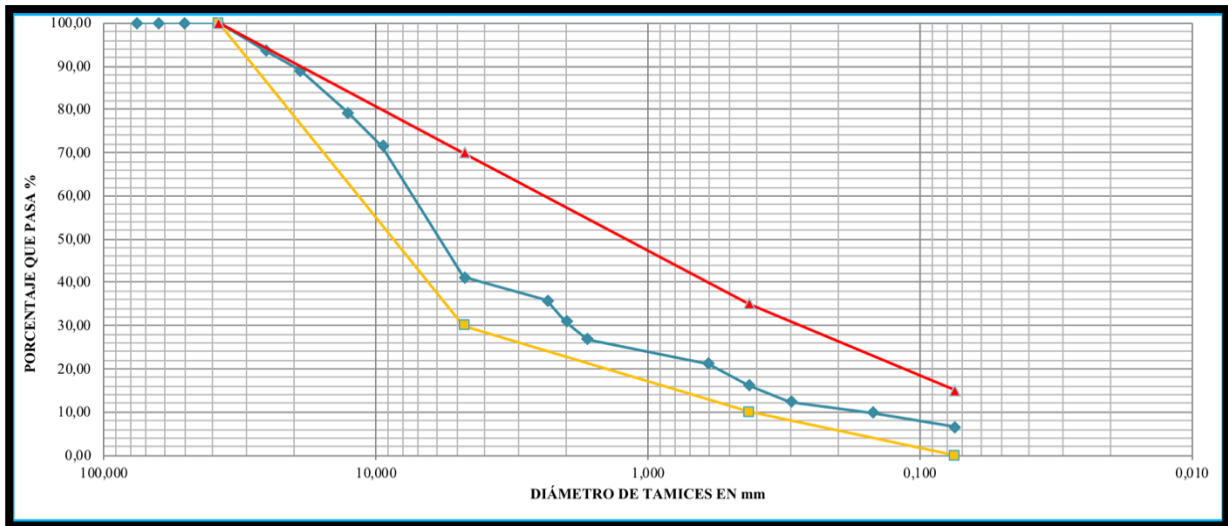
La granulometria de la Base de la mina de Pintag cumple con la granulometría para Base clase 4 según la tabla 20.

Tabla 3. 20. Granulometría Subbase clase 1 Pintag.

GRANULOMETRÍA SUBBASE PINTAG							
TAMIZ		MASA RETENIDA (gr)		% RETENIDO	% QUE PASA	% QUE PASA SEGÚN NORMA	EVALUACIÓN SUB BASE CLASE 1
INEN	ASTM	PARCIAL	ACUMULADA				
76,00mm	3'	0	0	0,00	100,00		
63,00mm	2½'	0	0	0,00	100,00		
50,80mm	2'	0	0	0,00	100,00		
38,00mm	1½'	0	0	0,00	100,00	100	SI CUMPLE
25,40mm	1'	642	642	6,39	93,61		
19,00mm	¾'	459	1101	10,96	89,04		
12,70mm	½'	985	2086	20,77	79,23		
9,50mm	⅜'	764	2850	28,38	71,62		
4,75mm	No.4	3064	5914	58,89	41,11	30 - 70	SI CUMPLE
pasa 4,75mm		4128	4128	41,11			
Σ		10042					
4,75mm	No.4	0	0,00	0,00	41,11		
2,36mm	No.8	104,23	104,23	5,29	35,81		
2,00mm	No.10	96,73	200,96	10,21	30,90		
1,68mm	No.16	78,42	279,38	14,19	26,91		
850 μm	No.20						
600 μm	No.30	112,45	391,83	19,90	21,20		
425 μm	No.40	98,32	490,15	24,90	16,21	10 - 35	SI CUMPLE
300 μm	No.50	76,31	566,46	28,78	12,33		
250 μm	No.60						
150 μm	No.100	49,82	616,28	31,31	9,80		
75 μm	No.200	63,42	679,70	34,53	6,58	0 - 15	SI CUMPLE
Pasa 75 μm		129,5	129,50	6,58			
Σ		809,20					

LABADO DEL FINO	
ANTES	809,2 gr
DESPUES	679,7 gr
PERDIDA	129,5 gr

Gráfica 3. 5. Granulometría Subbase clase 1 Pintag.



CLASIFICACION SUCS: GW

OBSERVACIONES: Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco ó ningún fino.

Amplio margen de variación del grano y cantidades importantes de todos los tamaños intermedios de los granos.

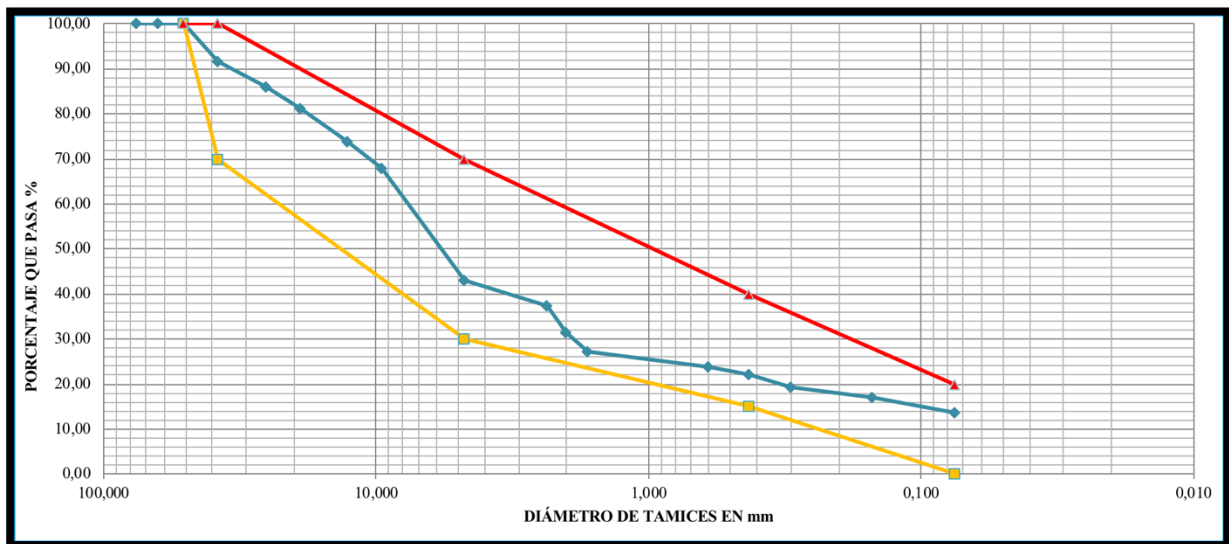
La granulometría de la Sub base de Pintag cumple con la granulometría para Subbase clase 1 según la tabla 21.

Tabla 3. 21. Granulometría Subbase clase 2 Pintag.

GRANULOMETRÍA SUBBASE PINTAG							
TAMIZ		MASA RETENIDA (gr)		% RETENIDO	% QUE PASA	% QUE PASA SEGÚN NORMA	EVALUACIÓN SUB BASE CLASE 2
INEN	ASTM	PARCIAL	ACUMULADA				
76,00mm	3'	0	0	0,00	100,00		
63,00mm	2½'	0	0	0,00	100,00		
50,80mm	2'	0	0	0,00	100,00	100	SI CUMPLE
38,00mm	1½'	894	894	8,40	91,60	70 - 100	SI CUMPLE
25,40mm	1'	611	1505	14,14	85,86		
19,00mm	¾'	492	1997	18,76	81,24		
12,70mm	½'	789	2786	26,18	73,82		
9,50mm	⅜'	633	3419	32,12	67,88		
4,75mm	No.4	2657	6076	57,09	42,91	30 - 70	SI CUMPLE
pasa 4,75mm		4567	4567	42,91			
Σ		10643					
4,75mm	No.4	0	0,00	0,00	42,91		
2,36mm	No.8	88,08	88,08	5,60	37,31		
2,00mm	No.10	90,11	178,19	11,33	31,58		
1,68mm	No.16	67,11	245,30	15,59	27,32		
850 μm	No.20						
600 μm	No.30	52,72	298,02	18,94	23,97		
425 μm	No.40	30,98	329,00	20,91	22,00	15 - 40	SI CUMPLE
300 μm	No.50	42,79	371,79	23,63	19,28		
250 μm	No.60						
150 μm	No.100	33,46	405,25	25,76	17,15		
75 μm	No.200	56,05	461,30	29,32	13,59	0 - 20	SI CUMPLE
Pasa 75 μm		213,8	213,80	13,59			
Σ		675,10					

LABADO DEL FINO	
ANTES	675,1 gr
DESPUES	461,3 gr
PERDIDA	213,8 gr

Gráfica 3. 6. Granulometría Subbase clase 2 Pintag.



CLASIFICACION SUCS: GW

OBSERVACIONES: Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco ó ningún fino.

Amplio margen de variación del grano y cantidades importantes de todos los tamaños intermedios de los granos.

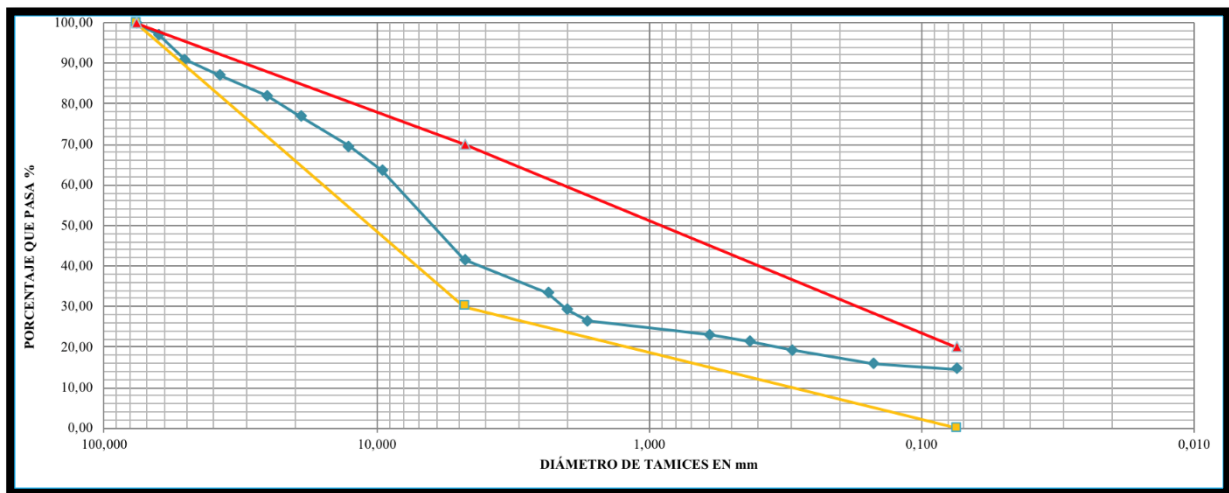
La granulometría de la Sub base de Pintag cumple con la granulometría para Subbase clase 2 según la tabla 21.

Tabla 3. 22. Granulometría Subbase clase 3 Pintag.

GRANULOMETRÍA SUBBASE PINTAG							
TAMIZ		MASA RETENIDA (gr)		% RETENIDO	% QUE PASA	% QUE PASA SEGÚN NORMA	EVALUACIÓN SUB BASE CLASE 3
INEN	ASTM	PARCIAL	ACUMULADA				
76,00mm	3'	0	0	0,00	100,00	100	SI CUMPLE
63,00mm	2½'	566	566	2,85	97,15		
50,80mm	2'	1231	1797	9,05	90,95		
38,00mm	1½'	761	2558	12,89	87,11		
25,40mm	1'	1024	3582	18,05	81,95		
19,00mm	¾'	989	4571	23,03	76,97		
12,70mm	½'	1456	6027	30,37	69,63		
9,50mm	⅜'	1233	7260	36,58	63,42		
4,75mm	No.4	4356	11616	58,53	41,47	30 -70	SI CUMPLE
pasa 4,75mm		8231	8231	41,47			
Σ		19847					
4,75mm	No.4	0	0,00	0,00	41,47		
2,36mm	No.8	152,11	152,11	7,99	33,48		
2,00mm	No.10	79,31	231,42	12,16	29,31		
1,68mm	No.16	54,78	286,20	15,04	26,43		
850 μm	No.20						
600 μm	No.30	65,32	351,52	18,47	23,00		
425 μm	No.40	31,41	382,93	20,13	21,35		
300 μm	No.50	41,08	424,01	22,28	19,19		
250 μm	No.60						
150 μm	No.100	65,32	489,33	25,72	15,75		
75 μm	No.200	23,37	512,70	26,95	14,53	0 - 20	SI CUMPLE
Pasa 75 μm		276,4	276,40	14,53			
Σ		789,10					

LABADO DEL FINO	
ANTES	789,1 gr
DESPUES	512,7 gr
PERDIDA	276,4 gr

Gráfica 3. 7. Granulometría Subbase clase 3 Pintag.



CLASIFICACION SUCS: GW

OBSERVACIONES: Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco ó ningún fino.

Amplio margen de variación del grano y cantidades importantes de todos los tamaños intermedios de los granos.

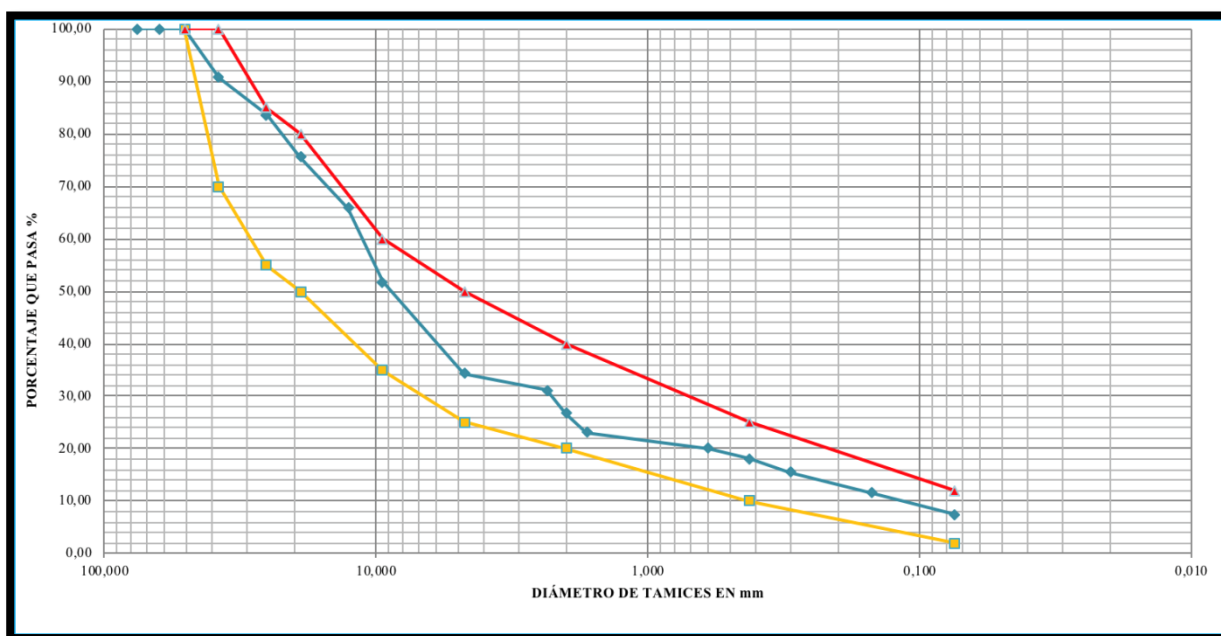
La granulometría de la Sub base de Pintag cumple con la granulometría para Subbase clase 3 según la tabla 21.

Tabla 3. 23. Granulometría Base clase 1 Pifo.

GRANULOMETRÍA BASE PIFO							
TAMIZ		MASA RETENIDA (gr)		% RETENIDO	% QUE PASA	% QUE PASA SEGÚN NORMA	EVALUACIÓN BASE CLASE 1
INEN	ASTM	PARCIAL	ACUMULADA				
76,00mm	3'	0	0	0,00	100,00		
63,00mm	2½'	0	0	0,00	100,00		
50,80mm	2'	0	0	0,00	100,00	100	SI CUMPLE
38,00mm	1½'	1675	1675	9,27	90,73	70 - 100	SI CUMPLE
25,40mm	1'	1297	2972	16,45	83,55	55 - 85	SI CUMPLE
19,00mm	¾'	1433	4405	24,38	75,62	50 - 80	SI CUMPLE
12,70mm	½'	1751	6156	34,07	65,93		
9,50mm	⅜'	2568	8724	48,28	51,72	35 - 60	SI CUMPLE
4,75mm	No.4	3132	11856	65,62	34,38	25 - 50	SI CUMPLE
pasa 4,75mm		6212	6212	34,38			
Σ		18068					
4,75mm	No.4	0	0,00	0,00	34,38		
2,36mm	No.8	72,34	72,34	3,26	31,12		
2,00mm	No.10	98,41	170,75	7,70	26,68	20 - 40	SI CUMPLE
1,68mm	No.16	78,32	249,07	11,24	23,14		
850 μm	No.20						
600 μm	No.30	67,54	316,61	14,28	20,10		
425 μm	No.40	45,32	361,93	16,33	18,05	10 - 25	SI CUMPLE
300 μm	No.50	56,21	418,14	18,86	15,52		
250 μm	No.60						
150 μm	No.100	88,63	506,77	22,86	11,52		
75 μm	No.200	90,42	597,19	26,94	7,44	2 - 12	SI CUMPLE
Pasa 75 μm		164,91	164,91	7,44			
Σ		762,10					

LABADO DEL FINO	
ANTES	762,1 gr
DESPUES	597,19 gr
PERDIDA	164,91 gr

Gráfica 3. 8. Granulometría Base clase 1 Pifo.



CLASIFICACION SUCS: GW

OBSERVACIONES: Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco ó ningún fino.

Amplio margen de variación del grano y cantidades importantes de todos los tamaños intermedios de los granos.

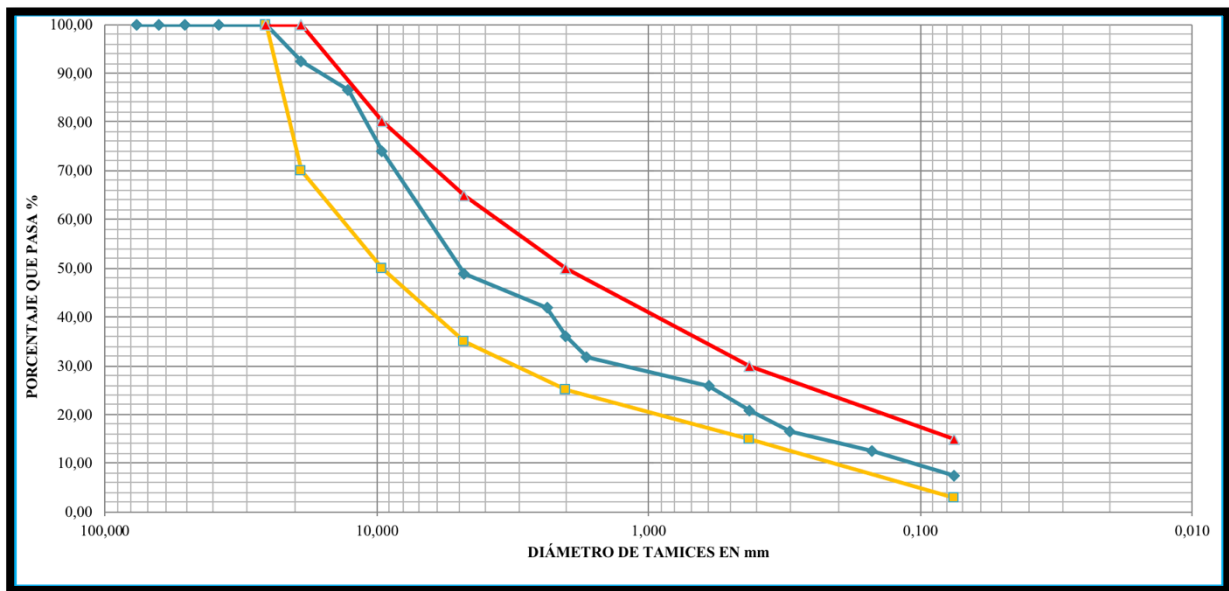
La granulometría de la Base de Pifo cumple con la granulometría para Base clase 1 según la tabla 20.

Tabla 3. 24. Granulometría Base clase 2 Pifo.

GRANULOMETRÍA BASE PIFO							
TAMIZ		MASA RETENIDA (gr)		% RETENIDO	% QUE PASA	% QUE PASA SEGÚN NORMA	EVALUACIÓN BASE CLASE 2
INEN	ASTM	PARCIAL	ACUMULADA				
76,00mm	3'	0	0	0,00	100,00		
63,00mm	2½'	0	0	0,00	100,00		
50,80mm	2'	0	0	0,00	100,00		
38,00mm	1½'	0	0	0,00	100,00		
25,40mm	1'	0	0	0,00	100,00	100	SI CUMPLE
19,00mm	¾'	872	872	7,55	92,45	70 - 100	SI CUMPLE
12,70mm	½'	691	1563	13,53	86,47		
9,50mm	⅜'	1457	3020	26,14	73,86	50 - 80	SI CUMPLE
4,75mm	No.4	2891	5911	51,16	48,84	35 - 65	SI CUMPLE
pasa 4,75mm		5642	5642	48,84			
Σ		11553					
4,75mm	No.4	0	0,00	0,00	48,84		
2,36mm	No.8	72,11	72,11	7,04	41,79		
2,00mm	No.10	58,09	130,20	12,72	36,12	25 - 50	SI CUMPLE
1,68mm	No.16	44,38	174,58	17,05	31,78		
850 μm	No.20						
600 μm	No.30	60,97	235,55	23,01	25,83		
425 μm	No.40	51,29	286,84	28,02	20,82	15 - 30	SI CUMPLE
300 μm	No.50	44,89	331,73	32,40	16,44		
250 μm	No.60						
150 μm	No.100	39,84	371,57	36,29	12,54		
75 μm	No.200	52,14	423,71	41,38	7,45	3 - 15.	SI CUMPLE
Pasa 75 μm		76,29	76,29	7,45			
Σ		500,00					

LABADO DEL FINO	
ANTES	500 gr
DESPUES	423,71 gr
PERDIDA	76,29 gr

Gráfica 3. 9. Granulometría Base clase 2 Pifo.



CLASIFICACION SUCS: GW

OBSERVACIONES: Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco ó ningún fino.

Amplio margen de variación del grano y cantidades importantes de todos los tamaños intermedios de los granos.

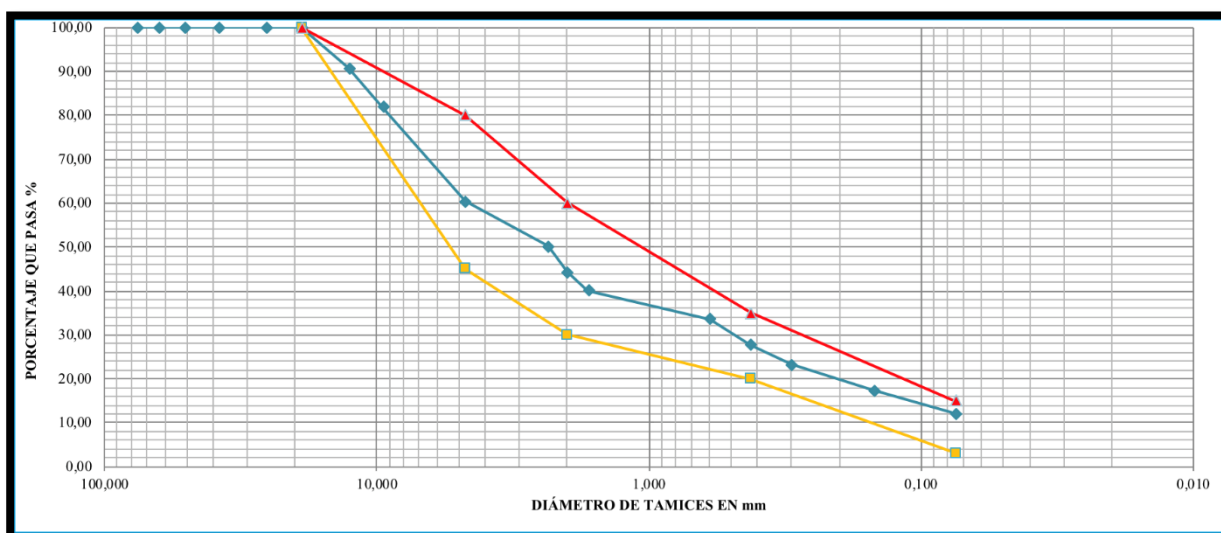
La granulometría de la Base de Pifo cumple con la granulometría para Base clase 2 según la tabla 20.

Tabla 3. 25. Granulometría Base clase 3 Pifo.

GRANULOMETRÍA BASE PIFO							
TAMIZ		MASA RETENIDA (gr)		% RETENIDO	% QUE PASA	% QUE PASA SEGÚN NORMA	EVALUACIÓN BASE CLASE 3
INEN	ASTM	PARCIAL	ACUMULADA				
76,00mm	3'	0	0	0,00	100,00		
63,00mm	2½'	0	0	0,00	100,00		
50,80mm	2'	0	0	0,00	100,00		
38,00mm	1½'	0	0	0,00	100,00		
25,40mm	1'	0	0	0,00	100,00		
19,00mm	¾'	0	0	0,00	100,00	100	SI CUMPLE
12,70mm	½'	1044	1044	9,28	90,72		
9,50mm	¾'	989	2033	18,06	81,94		
4,75mm	No.4	2433	4466	39,68	60,32	45 - 80	SI CUMPLE
pasa 4,75mm		6789	6789	60,32			
Σ		11255					
4,75mm	No.4	0	0,00	0,00	60,32		
2,36mm	No.8	98,11	98,11	10,19	50,13		
2,00mm	No.10	56,32	154,43	16,03	44,29	30 - 60	SI CUMPLE
1,68mm	No.16	40,91	195,34	20,28	40,04		
850 μm	No.20						
600 μm	No.30	62,67	258,01	26,79	33,53		
425 μm	No.40	55,49	313,50	32,55	27,77	20 - 35	SI CUMPLE
300 μm	No.50	44,21	357,71	37,14	23,18		
250 μm	No.60						
150 μm	No.100	56,18	413,89	42,97	17,35		
75 μm	No.200	50,64	464,53	48,23	12,09	3 - 15	SI CUMPLE
Pasa 75 μm		116,5	116,50	12,09			
Σ		581,03					

LABADO DEL FINO	
ANTES	581,03 gr
DESPUES	464,53 gr
PERDIDA	116,5 gr

Gráfica 3. 10. Granulometría Base clase 3 Pifo.



CLASIFICACION SUCS: GW

OBSERVACIONES: Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco ó ningún fino.

Amplio margen de variación del grano y cantidades importantes de todos los tamaños intermedios de los granos.

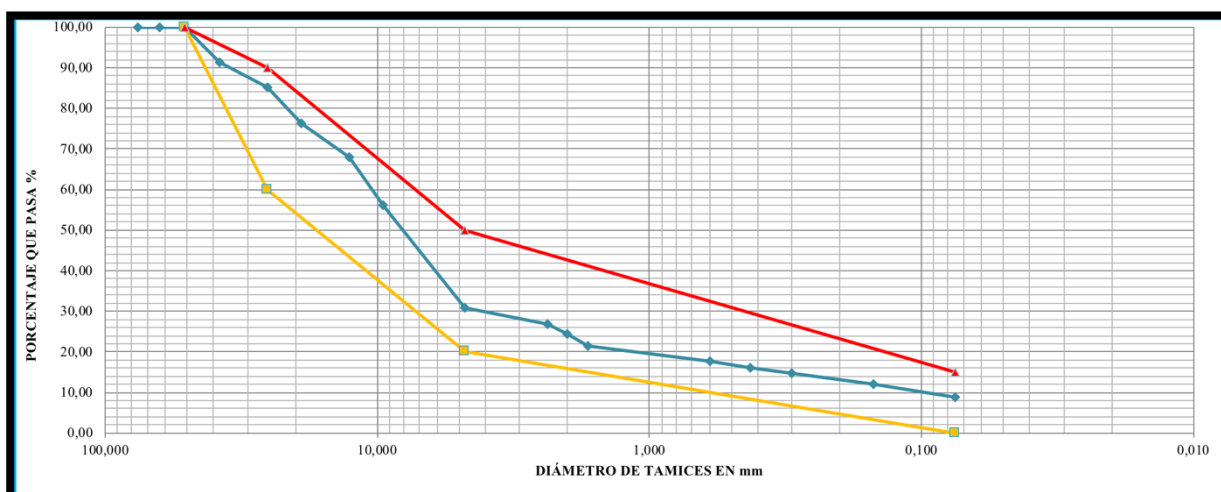
La granulometría de la Base de Pifo cumple con la granulometría para Base clase 3 según la tabla 20.

Tabla 3. 26. Granulometría Base clase 4 Pifo.

GRANULOMETRÍA BASE PIFO							
TAMIZ		MASA RETENIDA (gr)		% RETENIDO	% QUE PASA	% QUE PASA SEGÚN NORMA	EVALUACIÓN BASE CLASE 4
INEN	ASTM	PARCIAL	ACUMULADA				
76,00mm	3'	0	0	0,00	100,00		
63,00mm	2½'	0	0	0,00	100,00		
50,80mm	2'	0	0	0,00	100,00	100	SI CUMPLE
38,00mm	1½'	893	893	8,54	91,46		
25,40mm	1'	650	1543	14,76	85,24	60 - 90	SI CUMPLE
19,00mm	¾'	932	2475	23,67	76,33		
12,70mm	½'	874	3349	32,03	67,97		
9,50mm	⅜'	1234	4583	43,83	56,17		
4,75mm	No.4	2659	7242	69,26	30,74	20 - 50	SI CUMPLE
pasa 4,75mm		3214	3214	30,74			
Σ		10456					
4,75mm	No.4	0	0,00	0,00	30,74		
2,36mm	No.8	99,61	99,61	4,02	26,72		
2,00mm	No.10	56,74	156,35	6,31	24,42		
1,68mm	No.16	75,43	231,78	9,36	21,38		
850 μm	No.20						
600 μm	No.30	89,14	320,92	12,96	17,78		
425 μm	No.40	44,22	365,14	14,74	15,99		
300 μm	No.50	31,89	397,03	16,03	14,71		
250 μm	No.60						
150 μm	No.100	64,67	461,70	18,64	12,09		
75 μm	No.200	80,52	542,22	21,89	8,84	0 - 15	SI CUMPLE
Pasa 75 μm		219,01	219,01	8,84			
Σ		761,23					

LABADO DEL FINO	
ANTES	761,23 gr
DESPUES	542,22 gr
PERDIDA	219,01 gr

Gráfica 3. 11. Granulometría Base clase 4 Pifo.



CLASIFICACION SUCS: GW

OBSERVACIONES: Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco ó ningún fino.

Amplio margen de variación del grano y cantidades importantes de todos los tamaños intermedios de los granos.

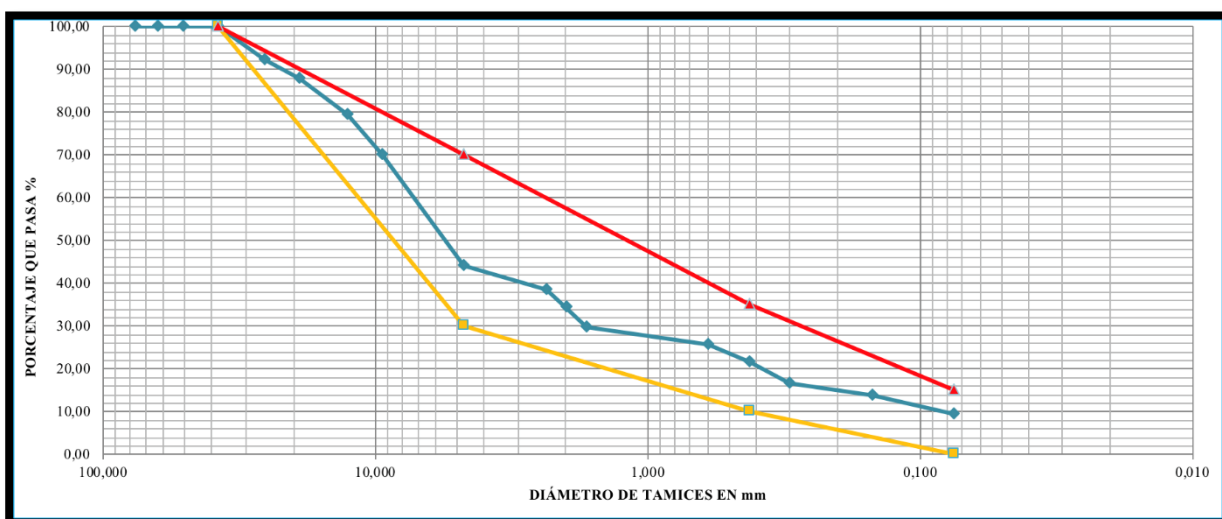
La granulometría de la Base de Pifo cumple con la granulometría para Base clase 4 según la tabla 20.

Tabla 3. 27. Granulometría Subbase clase 1 Pifo.

GRANULOMETRÍA SUBBASE PIFO							
TAMIZ		MASA RETENIDA (gr)		% RETENIDO	% QUE PASA	% QUE PASA SEGÚN NORMA	EVALUACIÓN SUB BASE CLASE 1
INEN	ASTM	PARCIAL	ACUMULADA				
76,00mm	3'	0	0	0,00	100,00		
63,00mm	2½'	0	0	0,00	100,00		
50,80mm	2'	0	0	0,00	100,00		
38,00mm	1½'	0	0	0,00	100,00	100	SI CUMPLE
25,40mm	1'	787	787	7,64	92,36		
19,00mm	¾'	452	1239	12,03	87,97		
12,70mm	½'	876	2115	20,53	79,47		
9,50mm	⅜'	954	3069	29,79	70,21		
4,75mm	No.4	2671	5740	55,71	44,29	30 - 70	SI CUMPLE
pasa 4,75mm		4563	4563	44,29			
Σ		10303					
4,75mm	No.4	0	0,00	0,00	44,29		
2,36mm	No.8	112,76	112,76	5,70	38,59		
2,00mm	No.10	84,32	197,08	9,96	34,33		
1,68mm	No.16	91,78	288,86	14,60	29,69		
850 μm	No.20						
600 μm	No.30	75,43	364,29	18,41	25,88		
425 μm	No.40	86,12	450,41	22,76	21,53	10 - 35	SI CUMPLE
300 μm	No.50	95,34	545,75	27,58	16,71		
250 μm	No.60						
150 μm	No.100	56,71	602,46	30,44	13,84		
75 μm	No.200	88,42	690,88	34,91	9,38	0 - 15	SI CUMPLE
Pasa 75 μm		185,52	185,52	9,38			
Σ		876,40					

LABADO DEL FINO	
ANTES	876,4 gr
DESPUES	690,88 gr
PERDIDA	185,52 gr

Gráfica 3. 12. Granulometría Subbase clase 1 Pifo.



CLASIFICACION SUCS: GW

OBSERVACIONES: Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco ó ningún fino.

Amplio margen de variación del grano y cantidades importantes de todos los tamaños intermedios de los granos.

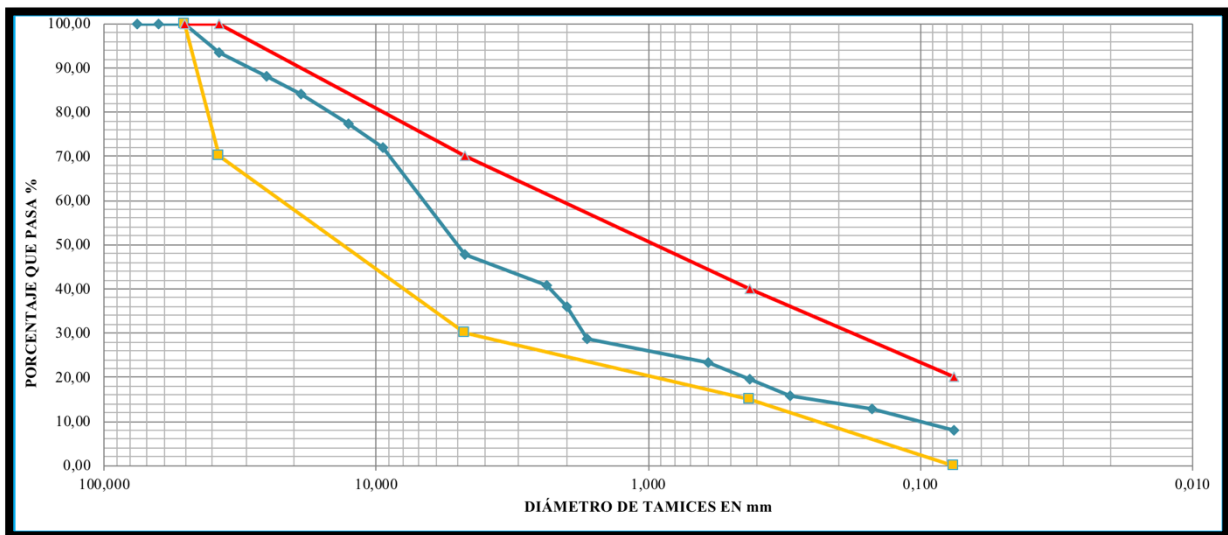
La granulometría de la Sub base de Pifo cumple con la granulometría para Subbase clase 1 según la tabla 21.

Tabla 3. 28. Granulometría Subbase clase 2 Pifo.

GRANULOMETRÍA SUBBASE PIFO							
TAMIZ		MASA RETENIDA (gr)		% RETENIDO	% QUE PASA	% QUE PASA SEGÚN NORMA	EVALUACIÓN SUB BASE CLASE 2
INEN	ASTM	PARCIAL	ACUMULADA				
76,00mm	3'	0	0	0,00	100,00		
63,00mm	2½'	0	0	0,00	100,00		
50,80mm	2'	0	0	0,00	100,00	100	SI CUMPLE
38,00mm	1½'	932	932	6,56	93,44	70 - 100	SI CUMPLE
25,40mm	1'	741	1673	11,78	88,22		
19,00mm	¾'	589	2262	15,93	84,07		
12,70mm	½'	934	3196	22,51	77,49		
9,50mm	⅜'	767	3963	27,91	72,09		
4,75mm	No.4	3456	7419	52,25	47,75	30 - 70	SI CUMPLE
pasa 4,75mm		6781	6781	47,75			
Σ		14200					
4,75mm	No.4	0	0,00	0,00	47,75		
2,36mm	No.8	79,31	79,31	6,94	40,81		
2,00mm	No.10	56,78	136,09	11,91	35,85		
1,68mm	No.16	80,43	216,52	18,94	28,81		
850 μm	No.20						
600 μm	No.30	61,45	277,97	24,32	23,43		
425 μm	No.40	45,33	323,30	28,29	19,47	15 - 40	SI CUMPLE
300 μm	No.50	42,79	366,09	32,03	15,72		
250 μm	No.60						
150 μm	No.100	33,46	399,55	34,96	12,80		
75 μm	No.200	56,05	455,60	39,86	7,89	0 - 20	SI CUMPLE
Pasa 75 μm		90,2	90,20	7,89			
Σ		545,80					

LABADO DEL FINO	
ANTES	545,8 gr
DESPUES	455,6 gr
PERDIDA	90,2 gr

Gráfica 3. 13. Granulometría Subbase clase 2 Pifo.



CLASIFICACION SUCS: GW

OBSERVACIONES: Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco ó ningún fino.

Amplio margen de variación del grano y cantidades importantes de todos los tamaños intermedios de los granos.

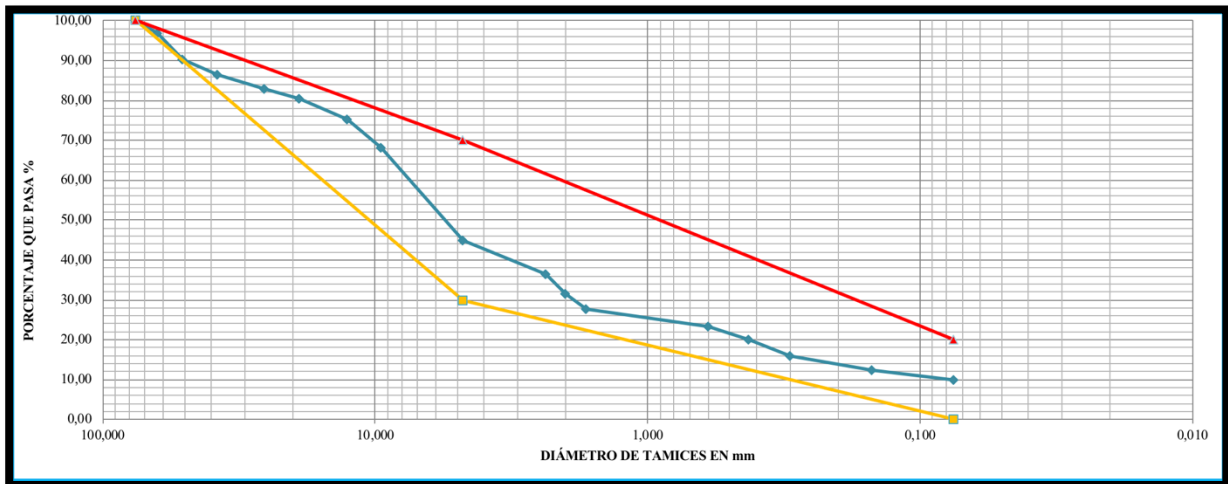
La granulometría de la Sub base de Pifo cumple con la granulometría para Subbase clase 2 según la tabla 21.

Tabla 3. 29. Granulometría Subbase clase 3 Pifo.

GRANULOMETRÍA SUBBASE PIFO							
TAMIZ		MASA RETENIDA (gr)		% RETENIDO	% QUE PASA	% QUE PASA SEGÚN NORMA	EVALUACIÓN SUB BASE CLASE 3
INEN	ASTM	PARCIAL	ACUMULADA				
76,00mm	3'	0	0	0,00	100,00	100	SI CUMPLE
63,00mm	2½'	789	789	3,22	96,78		
50,80mm	2'	1567	2356	9,63	90,37		
38,00mm	1½'	943	3299	13,48	86,52		
25,40mm	1'	870	4169	17,03	82,97		
19,00mm	¾'	609	4778	19,52	80,48		
12,70mm	½'	1253	6031	24,64	75,36		
9,50mm	⅜'	1789	7820	31,95	68,05		
4,75mm	No.4	5678	13498	55,15	44,85	30 -70	SI CUMPLE
pasa 4,75mm		10978	10978	44,85			
Σ		24476					
4,75mm	No.4	0	0,00	0,00	44,85		
2,36mm	No.8	167,22	167,22	8,36	36,50		
2,00mm	No.10	98,34	265,56	13,27	31,58		
1,68mm	No.16	76,45	342,01	17,09	27,76		
850 μm	No.20						
600 μm	No.30	89,09	431,10	21,54	23,31		
425 μm	No.40	65,43	496,53	24,81	20,04		
300 μm	No.50	80,06	576,59	28,81	16,04		
250 μm	No.60						
150 μm	No.100	75,22	651,81	32,57	12,28		
75 μm	No.200	45,69	697,50	34,86	9,99	0 - 20	SI CUMPLE
Pasa 75 μm		200	200,00	9,99			
Σ		897,50					

LABADO DEL FINO	
ANTES	897,5 gr
DESPUES	697,5 gr
PERDIDA	200 gr

Gráfica 3. 14. Granulometría Subbase clase 3 Pifo.



CLASIFICACION SUCS: GW

OBSERVACIONES: Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco ó ningún fino.

Amplio margen de variación del grano y cantidades importantes de todos los tamaños intermedios de los granos.

La granulometría de la Sub base de Pifo cumple con la granulometría para Subbase clase 3 según la tabla 21.

### **3.4. Método estándar de ensayos para limite liquido, limite plástico e índice de plasticidad de suelos. (ASTM D 4318).<sup>6</sup>**

Los límites de Atterberg son ensayos de laboratorio normalizados que permiten obtener los límites del rango de humedad dentro del cual el suelo se mantiene en estado plástico. Con ellos, es posible clasificar el suelo en la Clasificación Unificada de Suelos (Unified Soil Classification System, USCS).

Para obtener estos límites se requiere remoldear (manipular) la muestra de suelo destruyendo su estructura original y por ello es que una descripción del suelo en sus condiciones naturales es absolutamente necesaria y complementaria.

Para realizar los límites de Atterberg se trabaja con todo el material menor que la malla #40 (0.42 mm). Esto quiere decir que no solo se trabaja con la parte fina del suelo (< malla #200), sino que se incluye igualmente la fracción de arena fina.

#### **3.4.1. Cálculos y resultados.**

1. Contenido de humedad (W): Razón entre peso del agua y peso del suelo seco de una muestra. Se expresa en porcentaje:

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Donde:

Ww: peso agua.

Ws: peso suelo seco.

---

<sup>6</sup> ASTM INTERNATIONAL. (2005). ASTM D4318 Metodo estandar de ensayo para limite liquido, limite plastico, indice de plasticidad de los suelos. West Conshohocken, Estados Unidos.

2. Límite Líquido (LL): contenido de humedad del suelo en el límite entre el estado semi-líquido y plástico.
3. Límite Plástico (LP): es el contenido de humedad del suelo en el límite entre los estados semi-sólido y plástico.
4. Índice de Plasticidad (IP): es la diferencia entre los límites líquido y plástico, es decir, el rango de humedad dentro del cual el suelo se mantiene plástico:

$$IP = LL - LP$$

OBSERVACIONES: Para los agregados analizados de las dos diferentes minas de Pifo y Pintag se determinó según la clasificación SUCS que estas dos minas poseen gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con casi ningún fino; Por lo que no poseen límites líquidos ni límites plásticos por lo tanto no posee índice de plasticidad, por lo que se pudo analizar el contenido de agua de los mismos.

*Tabla 3. 30. Contenido de agua Base Pintag.*

<b>CONTENIDO DE AGUA BASE PINTAG</b>		
MASA AGUA	MASA SUELO SECO	CONTENIDO DE AGUA
6,73	46,90	14,35%
7,40	53,03	13,95%
PROMEDIO		14,15%

*Tabla 3. 31. Contenido de agua Subbase Pintag.*

<b>CONTENIDO DE AGUA SUBBASE PINTAG</b>		
MASA AGUA	MASA SUELO SECO	CONTENIDO DE AGUA
9,30	60,56	15,36%
9,59	64,66	14,83%
PROMEDIO		15,09%

Tabla 3. 32. Contenido de agua Base Pifo.

<b>CONTENIDO DE AGUA BASE PIFO</b>		
MASA AGUA	MASA SUELO SECO	CONTENIDO DE AGUA
9,77	51,68	18,90%
9,88	54,71	18,06%
PROMEDIO		18,48%

Tabla 3. 33. Contenido de agua Subbase Pifo.

<b>CONTENIDO DE AGUA SUBBASE PIFO</b>		
MASA AGUA	MASA SUELO SECO	CONTENIDO DE AGUA
5,31	44,69	11,88%
5,69	49,65	11,46%
PROMEDIO		11,67%

### 3.5. Equivalente de arena. (ASTM D-2419)

Este ensayo tiene por objeto determinar la proporción relativa del contenido de polvo fino o material arcilloso perjudicial que contienen los suelos o agregados. Es un procedimiento que se utiliza en el campo para una rápida determinación de esta proporcionalidad.

#### 3.5.1. Cálculos y resultados

$$\text{Equivalente de arena} = \frac{\text{Sedimento: lectura B}}{\text{Suspension: lectura A}} \times 100$$

Las especificaciones M. O. P. Exigen un valor no menor de 45 para las granulometrías de las mezclas de concreto asfáltico del Tipo I al V.

Si el valor obtenido es menor que lo exigido por las especificaciones, se hacen dos ensayos adicionales, utilizando el material guardando anteriormente.

El promedio de los tres resultados será el “Equivalente de Arena” del material ensayado.<sup>7</sup>

Tabla 3. 34. Resultados de equivalente de arena.

EQUIVALENTE DE ARENA			
MATERIAL	LECTURA A	LECTURA B	EQUIVALENTE DE ARENA %
Base Pintag	4,4	3,9	88,64
Subbase Pintag	3,6	3,2	88,89
Base Pifo	9,7	2,5	25,77
Subbase Pifo	9,1	2,3	25,27

<sup>7</sup> ASTM INTERNATIONAL. (2006). *ASTM C 40-99 Contenido orgánico de la arena*. West Conshohocken, Estados Unidos.

### 3.6. Contenido orgánico de la arena. (ASTM C 40-99).

Este método de ensayo es una aproximación para determinar la presencia de compuestos orgánicos perjudiciales, en arenas naturales que vayan a emplearse en vías, hormigones y morteros de cemento.

La detección del alto contenido orgánico en la arena se lleva a cabo con facilidad por medio de la prueba colorimétrica con hidróxido de sodio, que detalla la norma ASTM C 40. Algunas impurezas en la arena pueden dar indicación de un elevado contenido orgánico pero, en realidad, no ser dañino.

#### 3.6.1. Resultados

Tabla 3. 35. Resultados contenido orgánico.

CONTENIDO ORGÁNICO		
MATERIAL	LECTURA	CONTENIDO ORGÁNICO
Base Pintag	3	Adecuado
Subbase Pintag	3	Adecuado
Base Pifo	3	Adecuado
Subbase Pifo	3	Adecuado

Las coloraciones más oscuras que el color patrón (número 3 en la escala de colores) indican la presencia de más de 500 partes por millón de sustancias orgánicas perjudiciales de lo contrario la arena se considera adecuada para su uso desde el punto de vista orgánico.<sup>8</sup>

<sup>8</sup> ASTM INTERNATIONAL. (2006). *ASTM C 40-99 Contenido orgánico de la arena*. West Conshohocken, Estados Unidos.

### 3.7. Gravedad específica del agregado fino (ASTM C-128).

Se usa para determinar la gravedad específica Bulk, la gravedad específica saturada con superficie seca, la gravedad específica aparente y la absorción del agregado fino.

La gravedad específica Bulk es la característica generalmente usada para el cálculo del volumen ocupado por el agregado en mezclas de concreto de cemento Pórtland, concreto bituminoso y otras mezclas que son proporcionadas o analizadas en base a un volumen absoluto.

La gravedad específica saturada con superficie seca es usada en la determinación de la humedad superficial del agregado fino por desplazamiento de agua.

La gravedad específica aparente pertenece al material sólido de partículas constituyentes, no incluyendo el espacio de poros entre partículas, que es accesible al agua.

Los valores de absorción son usados para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida en los espacios de poro en el interior de las partículas constituyentes, comparado con la condición seca, cuando se considera que el agregado ha estado en contacto con agua por un período suficiente para poder satisfacer la absorción potencial.

#### 3.7.1. Cálculos y Resultados

1. Se determina la masa de agua añadida al matraz, con la siguiente relación:

$$Ma = Mmw - (Mm + B)$$

En donde:

Ma = Masa de agua añadida al matraz (gr.)

Mm = Masa del matraz (gr.)

Mmw = Masa del conjunto matraz, agua y muestra (gr.)

B = Masa de la muestra saturada con superficie  
seca (gr.)

2. Se calcula la gravedad específica Bulk, con la siguiente relación:

$$Ge = \frac{A}{500 - Ma}$$

En donde:

Ge = Gravedad específica Bulk

A = Masa de la muestra seca (gr.)

3. La gravedad específica saturada con superficie seca se calcula con la siguiente relación:

$$Ges = \frac{B}{500 - Ma}$$

En donde:

Ges = gravedad específica del material saturado

4. La gravedad específica aparente se calcula con la siguiente fórmula:

$$Gea = \frac{A}{500 + A + Mm - Mmwa}$$

En donde:

Gea = gravedad específica aparente

5. Se calcula el porcentaje de absorción con la siguiente relación:

$$Ab = \frac{B - A}{A} \times 100$$

En donde:

Ab = Porcentaje de absorción<sup>9</sup>

---

<sup>5</sup> ASTM INTERNATIONAL. (2006). ASTM C-128 Método de ensayo estándar para determinar la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y la absorción de agregados finos. West Conshohocken, Estados Unidos.

Tabla 3. 36. Gravedad específica Bulk del agregado fino.

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO						
MATERIAL	MASA MATRAZ (gr)	MATRAZ+AGUA+ MUESTRA (gr)	MASA SSS (gr)	MASA MUESTRA SECA (gr)	MASA AGUA AÑADIDA MATRAZ (gr)	GRAVEDAD ESPECIFICA BULK (kg/dm3)
Base Pintag	154,1	946,5	500	474,2	292,4	2,284
Subbase Pintag	149,3	942,5	500	474,2	293,2	2,293
Base Pifo	154,1	956,1	500	485,6	302	2,453
Subbase Pifo	149,3	953,2	500	486,5	303,9	2,481

Tabla 3. 37. Gravedad específica saturada superficie seca.

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO						
MATERIAL	MASA MATRAZ (gr)	MATRAZ+AGUA+ MUESTRA (gr)	MASA SSS (gr)	MASA MUESTRA SECA (gr)	MASA AGUA AÑADIDA MATRAZ (gr)	GRAVEDAD ESPECIFICA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (kg/dm3)
Base Pintag	154,1	946,5	500	474,2	292,4	2,408
Subbase Pintag	149,3	942,5	500	474,2	293,2	2,418
Base Pifo	154,1	956,1	500	485,6	302	2,525
Subbase Pifo	149,3	953,2	500	486,5	303,9	2,550

Tabla 3. 38. Gravedad específica aparente de agregado fino.

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO						
MATERIAL	MASA MATRAZ (gr)	MATRAZ+AGUA+ MUESTRA (gr)	MASA SSS (gr)	MASA MUESTRA SECA (gr)	MASA AGUA AÑADIDA MATRAZ (gr)	GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE (kg/dm3)
Base Pintag	154,1	946,5	500	474,2	292,4	2,608
Subbase Pintag	149,3	942,5	500	474,2	293,2	2,620
Base Pifo	154,1	956,1	500	485,6	302	2,645
Subbase Pifo	149,3	953,2	500	486,5	303,9	2,664

Tabla 3. 39. Porcentaje de absorción del agregado fino.

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO						
MATERIAL	MASA MATRAZ (gr)	MATRAZ+AGUA+ MUESTRA (gr)	MASA SSS (gr)	MASA MUESTRA SECA (gr)	MASA AGUA AÑADIDA MATRAZ (gr)	% DE ABSORCIÓN
Base Pintag	154,1	946,5	500	474,2	292,4	5,44
Subbase Pintag	149,3	942,5	500	474,2	293,2	5,44
Base Pifo	154,1	956,1	500	485,6	302	2,97
Subbase Pifo	149,3	953,2	500	486,5	303,9	2,77

### 3.8. Gravedad específica y Absorción del agregado grueso (ASTM C-127)

Se usa para determinar la gravedad específico Bulk, la gravedad específica saturada con superficie seca, la gravedad específica aparente y la absorción del agregado grueso. La gravedad específica Bulk es el valor que generalmente se requiere para cálculos relacionados con el hormigón de cemento Pórtland.

La definición de las diferentes gravedades y de la absorción es idéntica al literal anterior.

#### 3.8.1. Cálculos y Resultados

1. La gravedad específica Bulk, se calcula con la siguiente relación:

$$Ge = \frac{A}{B - C}$$

En donde:

Ge = Gravedad específica Bulk

A = Masa de la muestra seca (gr.)

B = Masa de la muestra saturada con superficie seca (gr.)

C = Masa de la muestra sumergida en el agua (gr.)

2. La gravedad específica saturada con superficie seca, se calcula con la siguiente fórmula:

$$Ges = \frac{B}{B - C}$$

En donde:

Ges = gravedad específica del material saturado con superficie seca.

3. La gravedad específica aparente, se calcula con la siguiente relación:

$$Gea = \frac{A}{A - C}$$

En donde:

Gea = Gravedad específica aparente

4. Se calcula el porcentaje de absorción con la siguiente relación:

$$AB = \frac{B - A}{A} \times 100$$

En donde:

Ab = Porcentaje de absorción <sup>10</sup>

Tabla 3. 40. Gravedad específica y absorción del agregado grueso.

GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO GRUESO							
MATERIAL	MASA SSS (gr)	MASA MUESTRA SECA (gr)	MASA SUMERGIDA EN AGUA (gr)	GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK (Kg/dm <sup>3</sup> )	GRAVEDAD ESPECÍFICA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (Kg/dm <sup>3</sup> )	GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE (Kg/dm <sup>3</sup> )	% DE ABSORCIÓN
Base Pintag	5335	4990	3082	2.215	2.368	2.615	6.47
Subbase Pintag	5304	4955	3080	2.228	2.385	2.643	6.58
Base Pifo	5320	4995	3185	2.340	2.492	2.760	6.11
Subbase Pifo	5249	4955	3179	2.394	2.536	2.790	5.60

<sup>10</sup> ASTM INTERNATIONAL. (2006). ASTM C-127 Método de ensayo estándar para determinar la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso. West Conshohocken, Estados Unidos.

### 3.9. California Bearing Ratio (C.B.R) (ASTM D 1883).

La relación de soporte de california, CBR de un suelo es la carga unitaria correspondiente a 0.1” ó 0.2” de penetración, expresada como porcentaje del respectivo valor obtenido para una muestra estándar.

El valor de CBR, es un parámetro de resistencia que se ha utilizado para caracterizar el comportamiento esfuerzo-deformación de un material pétreo ante unas condiciones conocidas de humedad y compactación para determinar su capacidad portante.

#### 3.9.1. Cálculos y resultados

Humedad de compactación: El tanto por ciento de agua que hay que añadir al suelo con su humedad natural para que alcance la humedad prefijada, se calcula como sigue:

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} \times 100$$

Dónde:

H = Humedad prefijada

h = Humedad natural

Densidad: La densidad se calcula a partir del peso del suelo antes de sumergirlo y de su humedad, de la misma forma que en el ensayo Proctor modificado, para obtener la densidad máxima y la humedad óptima.

Agua absorbida: El cálculo para el agua absorbida puede efectuarse a partir de los datos de las humedades antes de la inmersión y después de ésta, la diferencia entre ambas se toma normalmente como tanto por ciento de agua absorbida.

Presión de penetración: Se calcula la presión aplicada por el penetrómetro y se dibuja la curva para obtener las presiones reales de penetración a partir de los datos de prueba.

Expansión: La expansión se calcula por la diferencia entre las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión. Este valor se refiere en tanto por ciento con respecto a la altura de la muestra en el molde.

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L2 - L1}{127} \times 100$$

Dónde:

L1 = Lectura inicial en mm.

L2 = Lectura final en mm. <sup>11</sup>

---

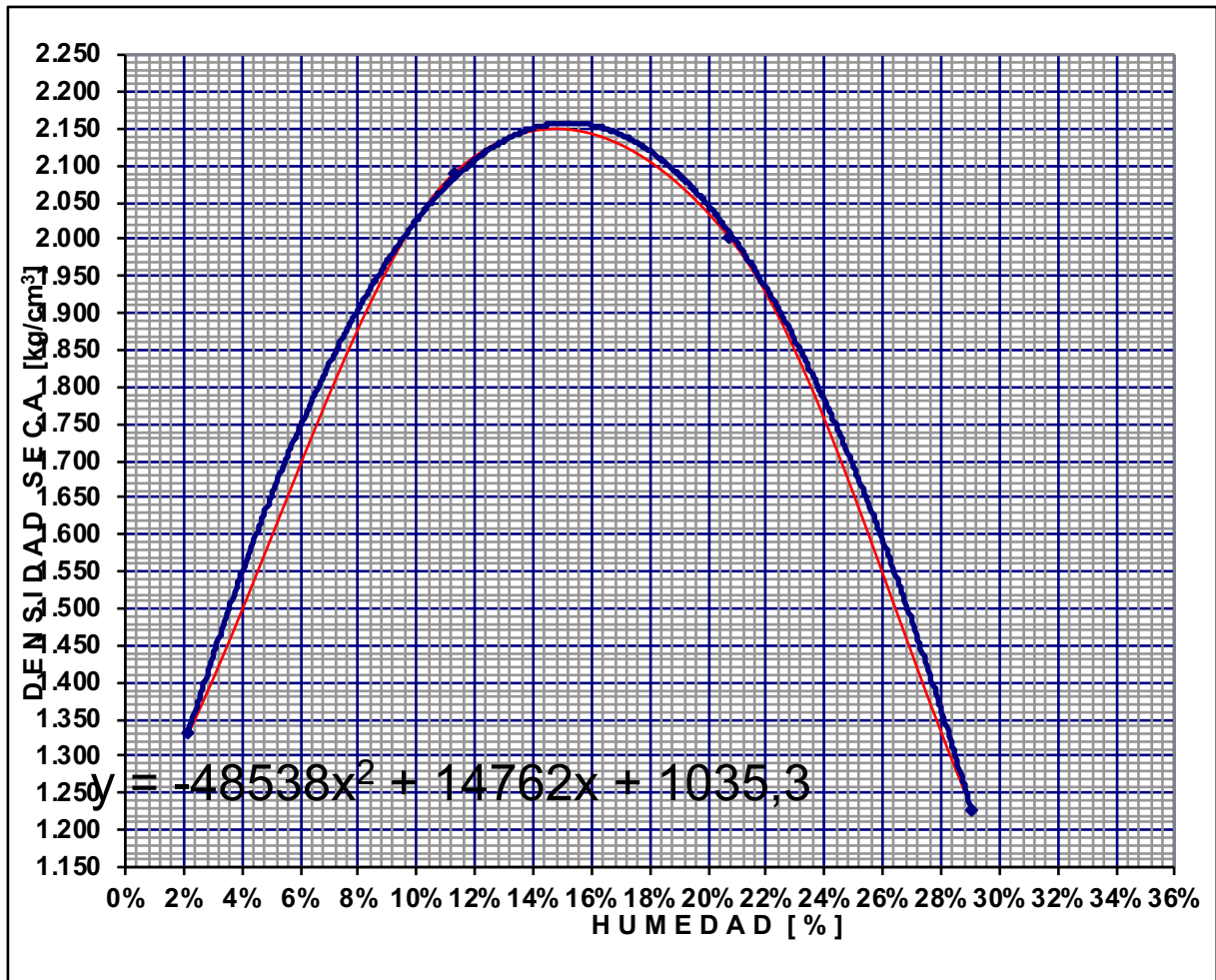
<sup>11</sup> ASTM INTERNATIONAL. (2006). ASTM D-1883 California Bearing Ratio (CBR). West Conshohocken, Estados Unidos.  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA DE LIMA. (2006). California Bearing Ratio. Lima, Perú.

### 3.9.2. Proctor Modificado

Tabla 3. 41. Proctor Modificado Base Pintag clase 1 tipo A: Relación densidad seca-humedad.

<b>RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD</b>									
No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo		Altura caída		PESO INICIAL DE LA MUESTRA			
5	56	10lb		18"		6000 gr			
MUESTRA >>>		1	2	3	4				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	Cc	0	540	1,080	1,620				
	%	0	9	18	27				
Peso suelo húmedo + molde		9,361	11,421	11,614	9,840				
Peso del molde		6,457	6,457	6,457	6,457				
Peso suelo húmedo		2,904	4,964	5,157	3,383				
Volumen del molde		2,133	2,133	2,133	2,133				
Densidad húmeda		1,361	2,327	2,418	1,586				
Tarro No.		D-29	HHC	D-10	Y-11	H-3	MC	XG-1	AT-1
Tarro + suelo húmedo		55.55	80.66	128.91	136.42	78.99	123.97	128.82	125.44
Tarro + suelo seco		54.68	79.32	118.34	126.09	67.21	106.22	104.12	102.09
Peso de agua		0.87	1.34	10.57	10.33	11.78	17.75	24.70	23.35
Peso del tarro		13.34	20.12	27.80	31.76	10.75	20.09	20.48	20.41
Peso del suelo seco		41.34	59.20	90.54	94.33	56.46	86.13	83.64	81.68
Contenido de agua		2.10%	2.26%	11.67%	10.95%	20.86%	20.61%	29.53%	28.59%
<b>Contenido de agua promedio</b>		<b>2.18%</b>		<b>11.31%</b>		<b>20.74%</b>		<b>29.06%</b>	
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	<b>1,332</b>		<b>2,091</b>		<b>2,002</b>		<b>1,229</b>	

Gráfica 3. 15. Gráfica Densidad seca-Humedad Base Pintag Clase 1.

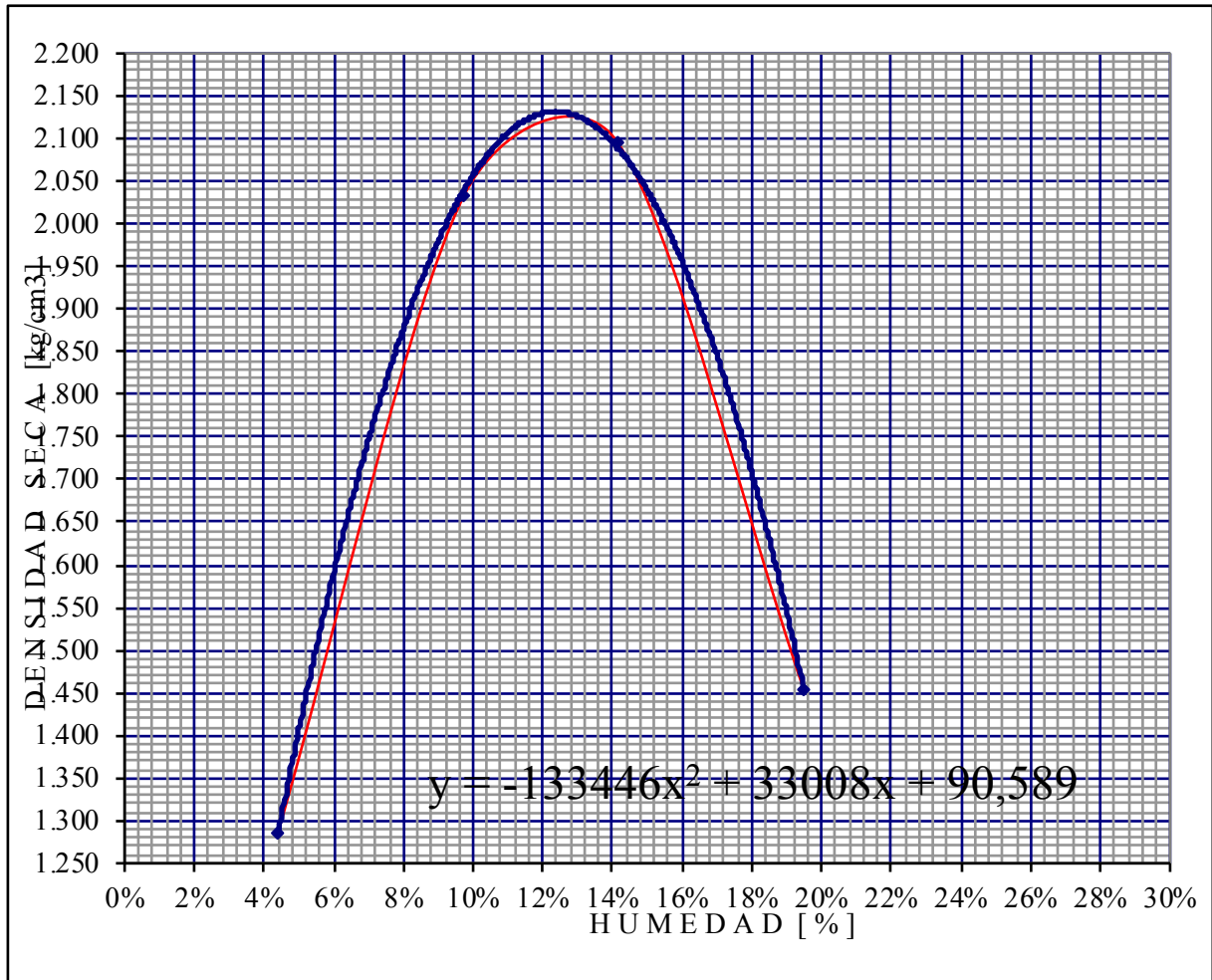


Humedad óptima:	15.21%
-----------------	--------

Tabla 3. 42. Proctor Modificado Base Pintag clase 2: Relación densidad seca y humedad.

<b>RELACIÓN DENSIDAD SECA – HUMEDAD</b>									
<b>No. de Capas</b>	<b>Golpes por capa</b>	<b>Peso Martillo</b>		<b>Altura caída</b>		<b>PESO INICIAL DE LA MUESTRA</b>			
<b>5</b>	<b>56</b>	<b>10lb</b>		<b>18"</b>		<b>6000 gr</b>			
<b>MUESTRA &gt;&gt;&gt;</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	300	600	900				
	%	0	5	10	15				
Peso suelo húmedo + molde		9,319	11,212	11,561	10,164				
Peso del molde		6,457	6,457	6,457	6,457				
Peso suelo húmedo		2,862	4,755	5,104	3,707				
Volumen del molde		2,133	2,133	2,133	2,133				
Densidad húmeda		1,342	2,229	2,393	1,738				
<b>Tarro No.</b>		<b>ML-5</b>	<b>QY-12</b>	<b>R-7</b>	<b>CDP</b>	<b>LM-12</b>	<b>B-35</b>	<b>F</b>	<b>A</b>
Tarro + suelo húmedo		113.7 6	107.59	121.3 2	120.4 5	78.98	80.55	99.09	109.76
Tarro + suelo seco		109.9 8	103.76	112.3 4	111.6 5	70.56	72.21	86.00	95.12
Peso de agua		3.78	3.83	8.98	8.80	8.42	8.34	13.09	14.64
Peso del tarro		20.40	19.94	21.24	19.81	11.75	12.40	18.41	20.41
Peso del suelo seco		8958	8382	9110	9184	5881	5981	6759	7471
Contenido de agua		4.22%		9.86%	9.58%	14.32%	13.94%	19.37%	19.60%
<b>Contenido de agua promedio</b>		<b>4.39%</b>		<b>9.72%</b>		<b>14.13%</b>		<b>19.48%</b>	
<b>Densidad seca</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>	<b>1,285</b>		<b>2,032</b>		<b>2,097</b>		<b>1,455</b>	

Gráfica 3. 16. Densidad seca- Humedad Base Pintag Clase 2.

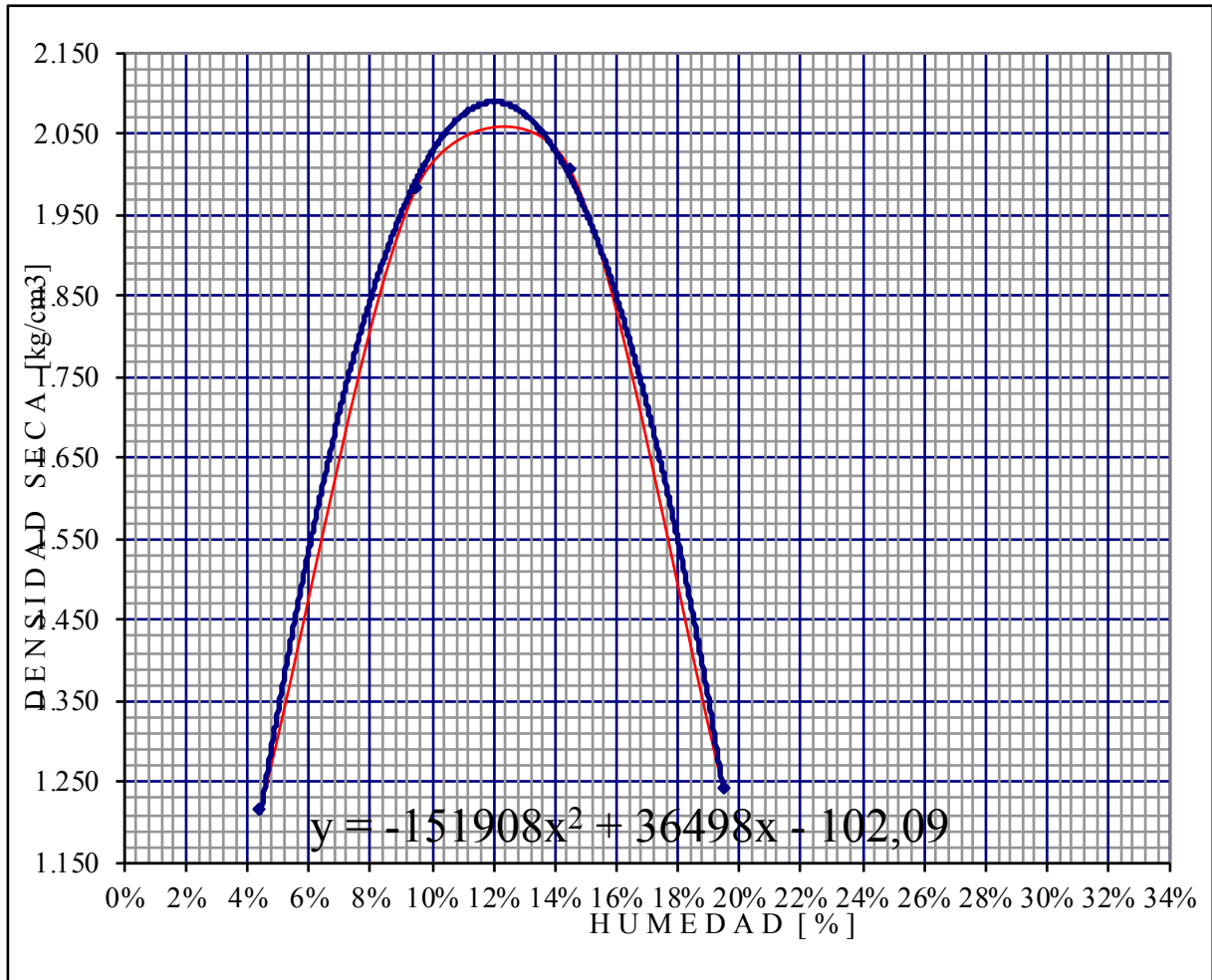


<b>Humedad óptima:</b>	<b>12.37%</b>
------------------------	---------------

Tabla 3. 43. Proctor Modificado Base Pintag Clase 3: Relación densidad seca-humedad.

<b>RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD</b>									
<b>No. de Capas 5</b>	<b>Golpes por capa 56</b>	<b>Peso Martillo 10lb</b>		<b>Altura caída 18"</b>	<b>PESO INICIAL DE LA MUESTRA 6000 gr</b>				
<b>MUESTRA &gt;&gt;&gt;</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	300	600	900				
	%	0	5	10	15				
Peso suelo húmedo + molde		9,164	11,095	11,360	9,623				
Peso del molde		6,457	6,457	6,457	6,457				
Peso suelo húmedo		2,707	4,638	4,903	3,166				
Volumen del molde		2,133	2,133	2,133	2,133				
Densidad húmeda		1,269	2,174	2,299	1,484				
<b>Tarro No.</b>		<b>D-29</b>	<b>V-3</b>	<b>B-31</b>	<b>M-11</b>	<b>D-40</b>	<b>BA-15</b>	<b>B-35</b>	<b>BA-22</b>
Tarro + suelo húmedo		48.88	50.33	63.62	60.78	67.52	62.88	59.91	60.88
Tarro + suelo seco		47.54	48.63	59.64	56.44	60.67	56.48	52.23	52.87
Peso de agua		1.34	1.70	3.98	4.34	6.85	6.40	7.68	8.01
Peso del tarro		13.34	13.97	16.35	12.29	13.37	12.22	12.40	12.12
Peso del suelo seco		3420	3466	4329	4415	4730	4426	3983	4075
Contenido de agua		3.92%		9.19 %	9.83 %	14.48%	14.46%	19.28%	19.66%
<b>Contenido de agua promedio</b>		<b>4.41%</b>		<b>9.51%</b>		<b>14.47%</b>		<b>19.47%</b>	
<b>Densidad seca</b> g/cm <sup>3</sup>		<b>1,215</b>		<b>1,986</b>		<b>2,008</b>		<b>1,242</b>	

Gráfica 3. 17. Densidad seca-Humedad Base Pintag Clase 3.

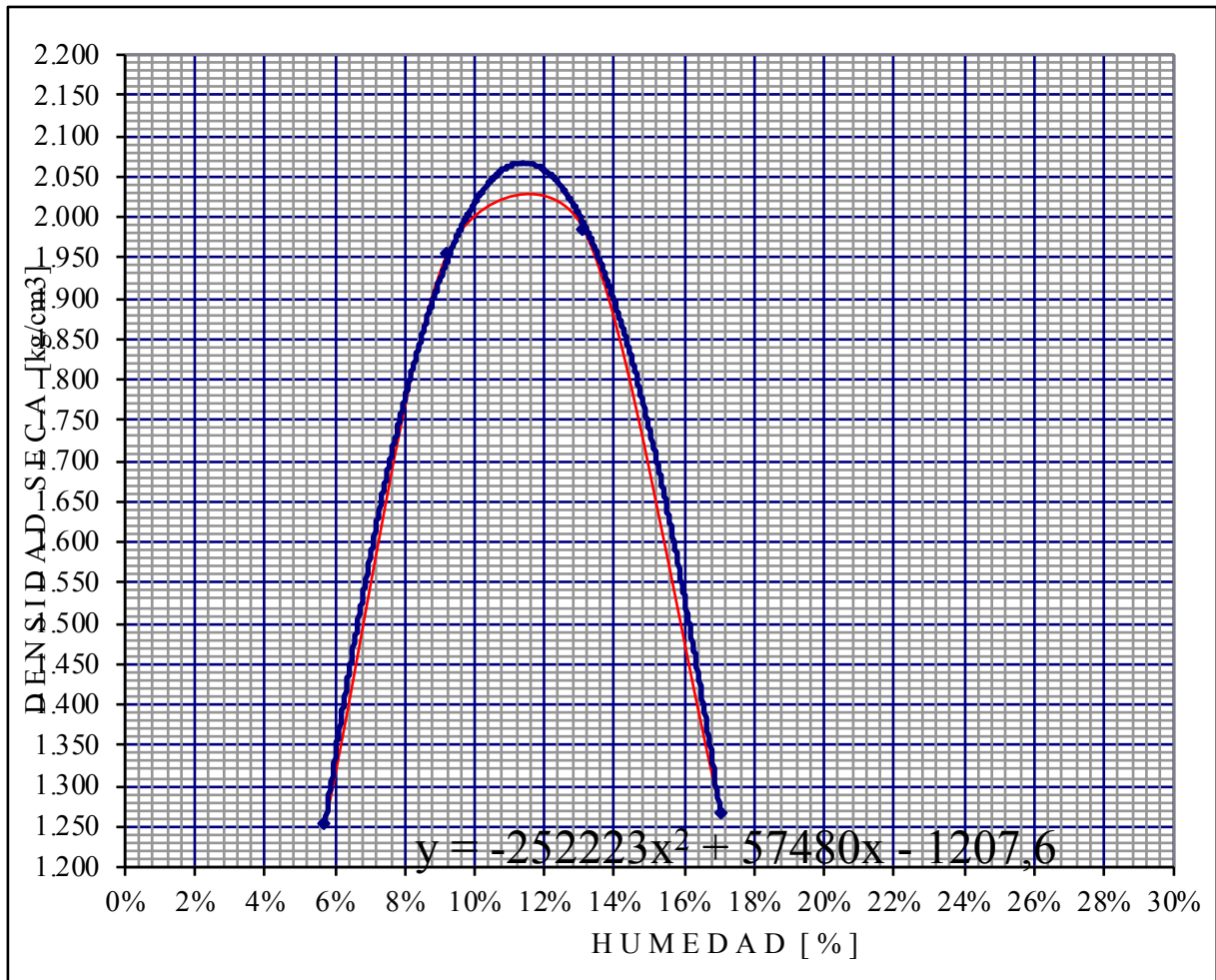


<b>Humedad óptima:</b>	<b>12.01%</b>
------------------------	---------------

Tabla 3. 44. Proctor Modificado Base Pintag Clase 4: Relación densidad seca-humedad.

<b>RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD</b>									
<b>No. de Capas</b>	<b>Golpes por capa</b>	<b>Peso Martillo</b>		<b>Altura caída</b>		<b>PESO INICIAL DE LA MUESTRA</b>			
<b>5</b>	<b>56</b>	<b>10lb</b>		<b>18"</b>		<b>6000 gr</b>			
<b>MUESTRA &gt;&gt;&gt;</b>		1	2	3	4				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	240	480	900				
	%	0	4	8	15				
Peso suelo húmedo + molde		9,286	11,012	11,246	9,624				
Peso del molde		6,457	6,457	6,457	6,457				
Peso suelo húmedo		2,829	4,555	4,789	3,167				
Volumen del molde		2,133	2,133	2,133	2,133				
Densidad húmeda		1,326	2,135	2,245	1,485				
<b>Tarro No.</b>		<b>15.00</b>	<b>D-16</b>	<b>B-4</b>	<b>ML-1</b>	<b>D-40</b>	<b>B-1</b>	<b>BA-39</b>	<b>RV</b>
Tarro + suelo húmedo		53.65	62.16	78.44	77.56	80.81	80.74	90.09	89.19
Tarro + suelo seco		51.32	59.62	72.88	71.98	73.00	72.78	78.98	77.73
Peso de agua		2.33	2.54	5.56	5.58	7.81	7.96	11.11	11.46
Peso del tarro		12.31	13.29	12.27	11.75	13.37	12.25	12.20	11.95
Peso del suelo seco		3901	4633	6061	6023	5963	6053	6678	6578
Contenido de agua		5.97%	9.17%	9.26%	13.10%	13.15%	16.64%	17.42%	
<b>Contenido de agua promedio</b>		<b>5.73%</b>		<b>9.22%</b>		<b>13.12%</b>		<b>17.03%</b>	
<b>Densidad seca</b> g/cm <sup>3</sup>		<b>1,254</b>		<b>1,955</b>		<b>1,985</b>		<b>1,269</b>	

Gráfica 3. 18. Densidad seca-Humedad Base Pintag Clase 4.

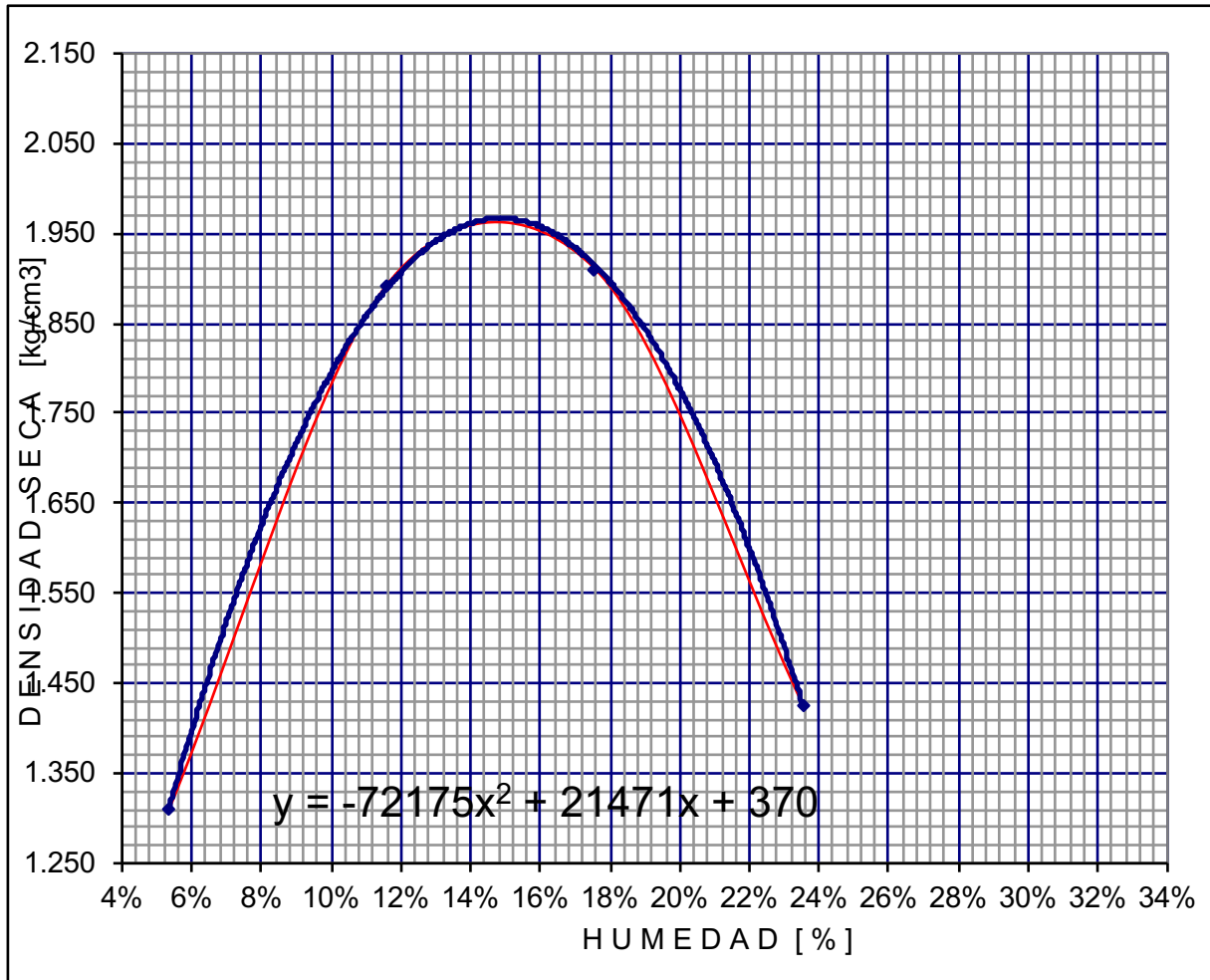


<b>Humedad óptima:</b>	<b>11.39%</b>
------------------------	---------------

Tabla 3. 45. Proctor Modificado Subbase Pintag Clase 1: Relación densidad seca-humedad.

RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD									
No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo		Altura caída		PESO INICIAL DE LA MUESTRA			
5	56	10lb		18"		6000 gr			
MUESTRA >>>>		1		2		3		4	
Molde No.		A		A		A		A	
Agua aumentada	cc	0		360		720		1080	
	%	0		6		12		18	
Peso suelo húmedo + molde		9,399		10,963		11,248		10,211	
Peso del molde		6,457		6,457		6,457		6,457	
Peso suelo húmedo		2,942		4,506		4,791		3,754	
Volumen del molde		2,133		2,133		2,133		2,133	
Densidad húmeda		1,379		2,113		2,246		1,760	
Tarro No.		R-3	T-11	D-16	4.00	OR-7	ML-T	HC	JL-4
Tarro + suelo húmedo		102.3 3	110.3 4	67.62	90.84	99.82	91.43	99.05	99.65
Tarro + suelo seco		98.00	106.0 0	62.09	83.23	88.03	80.45	83.76	84.56
Peso de agua		4.33	4.34	5.53	7.61	11.79	10.98	15.29	15.09
Peso del tarro		20.22	21.08	13.29	19.07	20.04	18.78	19.45	19.88
Peso del suelo seco		7778	8492	4880	6416	6799	6167	6431	6468
Contenido de agua		5.57%		11.33 %	11.86 %	17.34%	17.80%	23.78%	23.33%
Contenido de agua promedio		5.34%		11.60%		17.57%		23.55%	
Densidad seca g/cm <sup>3</sup>		1,309		1,893		1,910		1,424	

Gráfica 3. 19. Densidad seca-Humedad Subbase Pintag Clase 1.

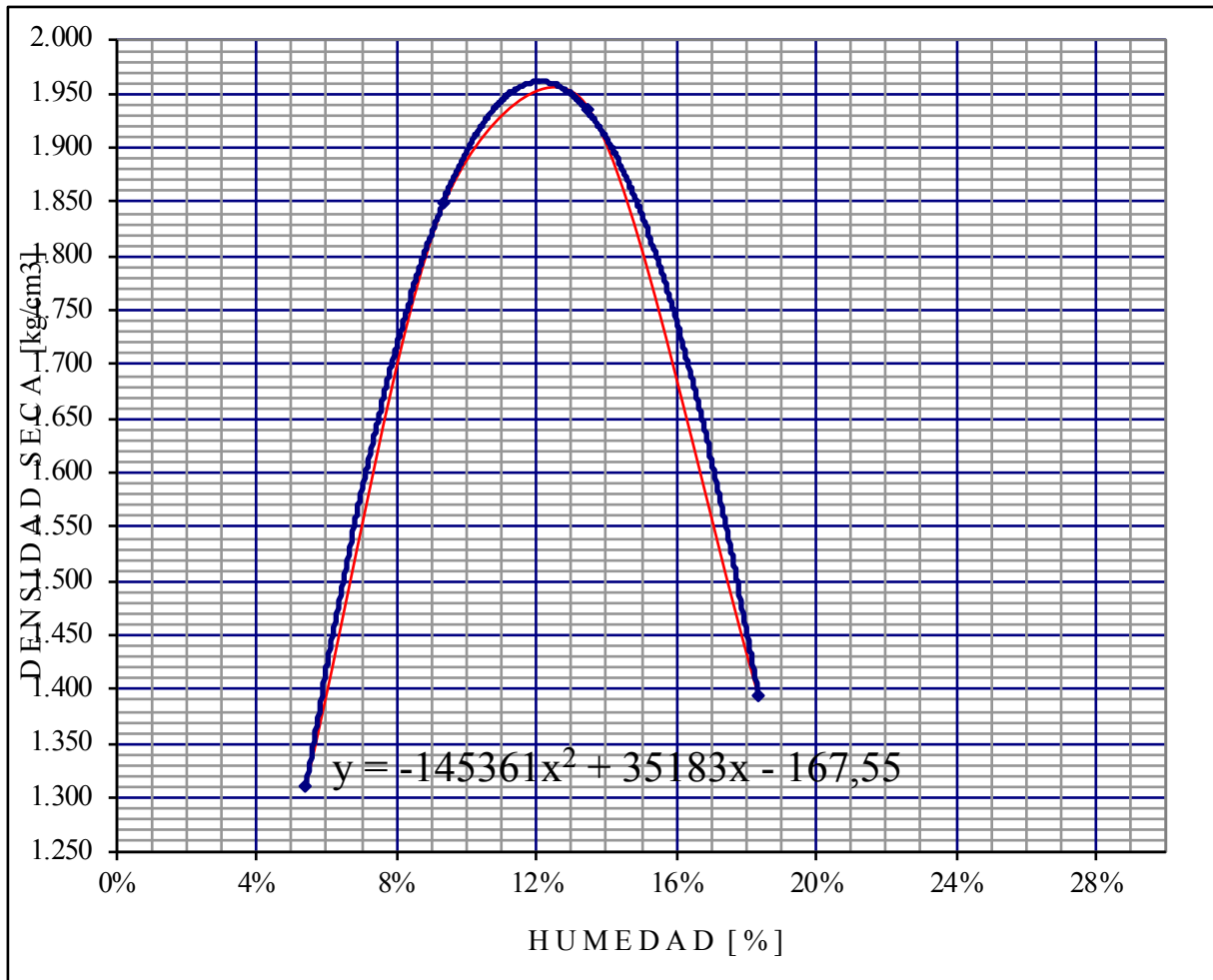


<b>Humedad óptima:</b>	<b>14.87%</b>
------------------------	---------------

Tabla 3. 46. Proctor Modificado Subbase Pintag Clase 2: Relación densidad seca-humedad.

<b>RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD</b>									
<b>No. de Capas</b> 5	<b>Golpes por capa</b> 56	<b>Peso Martillo</b> 10lb		<b>Altura caída</b> 18"		<b>PESO INICIAL DE LA MUESTRA</b> 6000 gr			
<b>MUESTRA &gt;&gt;&gt;</b>		1	2	3	4				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	240	480	720				
	%	0	4	8	12				
Peso suelo húmedo + molde		9,404	10,771	11,146	9,980				
Peso del molde		6,457	6,457	6,457	6,457				
Peso suelo húmedo		2,947	4,314	4,689	3,523				
Volumen del molde		2,133	2,133	2,133	2,133				
Densidad húmeda		1,382	2,023	2,198	1,652				
<b>Tarro No.</b>		<b>ML-19</b>	<b>B-10</b>	<b>ML-35</b>	<b>ML-38</b>	<b>D-36</b>	<b>AB-15</b>	<b>O-23</b>	<b>HA</b>
Tarro + suelo húmedo		91.78	67.5	63.23	67.54	56.99	72.44	55.44	63.27
Tarro + suelo seco		88.00	64.7	58.63	62.76	51.76	66.23	48.76	55.34
Peso de agua		3.78	2.78	4.60	4.78	5.23	6.21	6.68	7.93
Peso del tarro		20.10	11.7	10.50	10.70	13.29	19.75	12.31	12.11
Peso del suelo seco		6790	5302	4813	5206	3847	4648	3645	4323
Contenido de agua		5.57%	9.56%	9.18%	13.60%	13.36%	18.33%	18.34%	
<b>Contenido de agua promedio</b>		<b>5.41%</b>	<b>9.37%</b>	<b>13.48%</b>	<b>18.34%</b>				
<b>Densidad seca</b> g/cm <sup>3</sup>		<b>1,311</b>	<b>1,849</b>	<b>1,937</b>	<b>1,396</b>				

Gráfica 3. 20. Densidad seca-Humedad Subbase Pintag Clase 2.

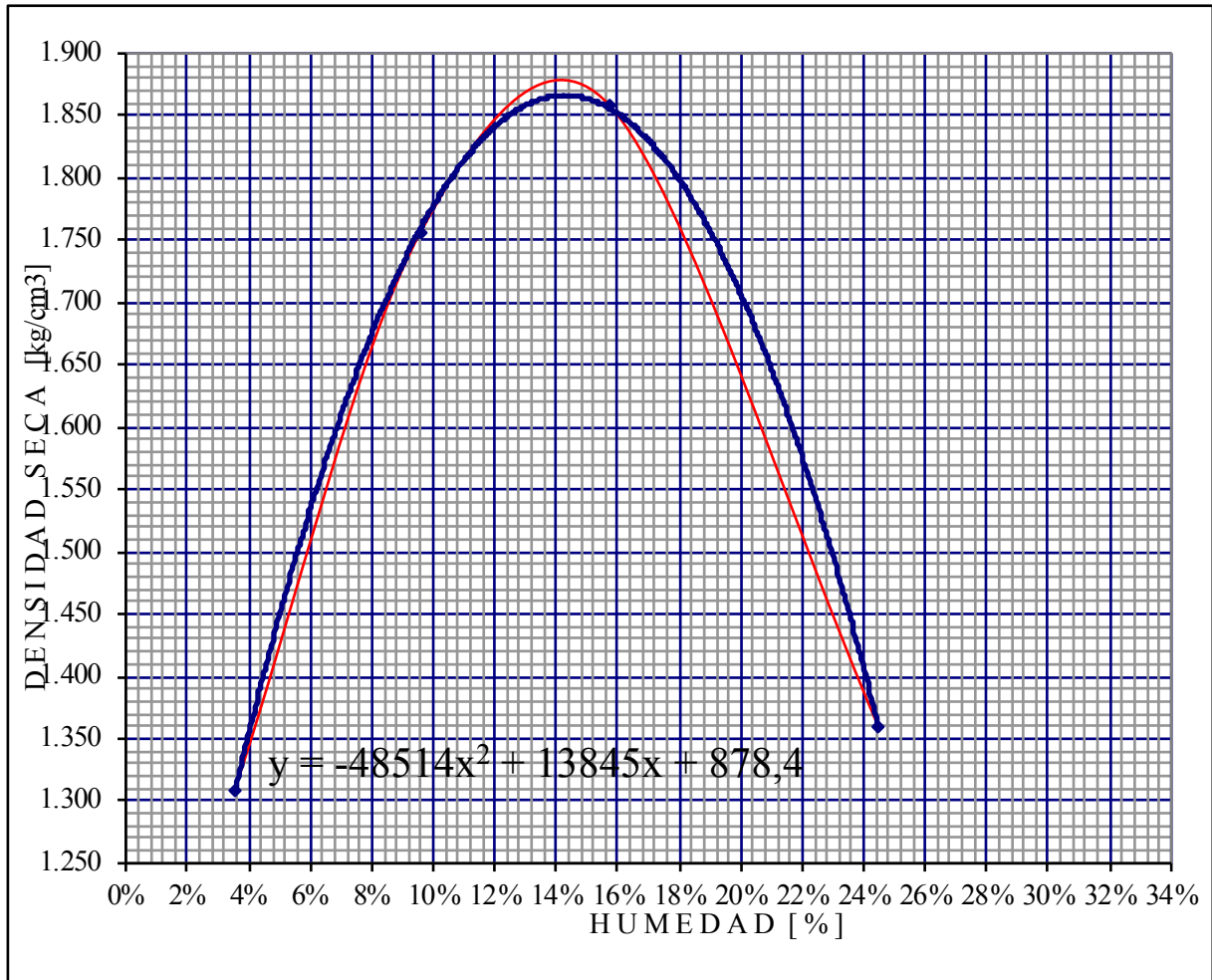


<b>Humedad óptima:</b>	<b>12.10%</b>
------------------------	---------------

Tabla 3. 47. Proctor Modificado Subbase Pintag Clase 3: Relación densidad seca- humedad.

<b>RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD</b>									
<b>No. de Capas</b>	<b>Golpes por capa</b>	<b>Peso Martillo</b>		<b>Altura caída</b>		<b>PESO INICIAL DE LA MUESTRA</b>			
<b>5</b>	<b>56</b>	<b>10lb</b>		<b>18"</b>		<b>6000 gr</b>			
<b>MUESTRA &gt;&gt;&gt;</b>		1		2		3		4	
Molde No.		A		A		A		A	
Agua aumentada	cc	0		360		720		1080	
	%	0		6		12		18	
Peso suelo húmedo + molde		9,346		10,562		11,045		10,065	
Peso del molde		6,457		6,457		6,457		6,457	
Peso suelo húmedo		2,889		4,105		4,588		3,608	
Volumen del molde		2,133		2,133		2,133		2,133	
Densidad húmeda		1,354		1,925		2,151		1,692	
<b>Tarro No.</b>		<b>B-4</b>	<b>V-5</b>	<b>S</b>	<b>ML-46</b>	<b>ML-43</b>	<b>ML-20</b>	<b>O-21</b>	<b>10.00</b>
Tarro + suelo húmedo		76.56	63.29	90.73	99.13	92.90	98.86	77.43	65.87
Tarro + suelo seco		74.49	61.43	84.49	92.34	82.98	88.00	65.11	55.31
Peso de agua		2.07	1.86	6.24	6.79	9.92	10.86	12.32	10.56
Peso del tarro		12.26	11.70	20.30	20.40	20.14	18.50	14.90	12.11
Peso del suelo seco		6223	4973	6419	7194	6284	6950	5021	4320
Contenido de agua		3.33%		9.72%	9.44%	15.79%	15.63%	24.54%	24.44%
<b>Contenido de agua promedio</b>		<b>3.53%</b>		<b>9.58%</b>		<b>15.71%</b>		<b>24.49%</b>	
<b>Densidad seca</b> g/cm <sup>3</sup>		<b>1,308</b>		<b>1,756</b>		<b>1,859</b>		<b>1,359</b>	

Gráfica 3. 21. Densidad seca-Humedad Subbase Pintag Clase 3.

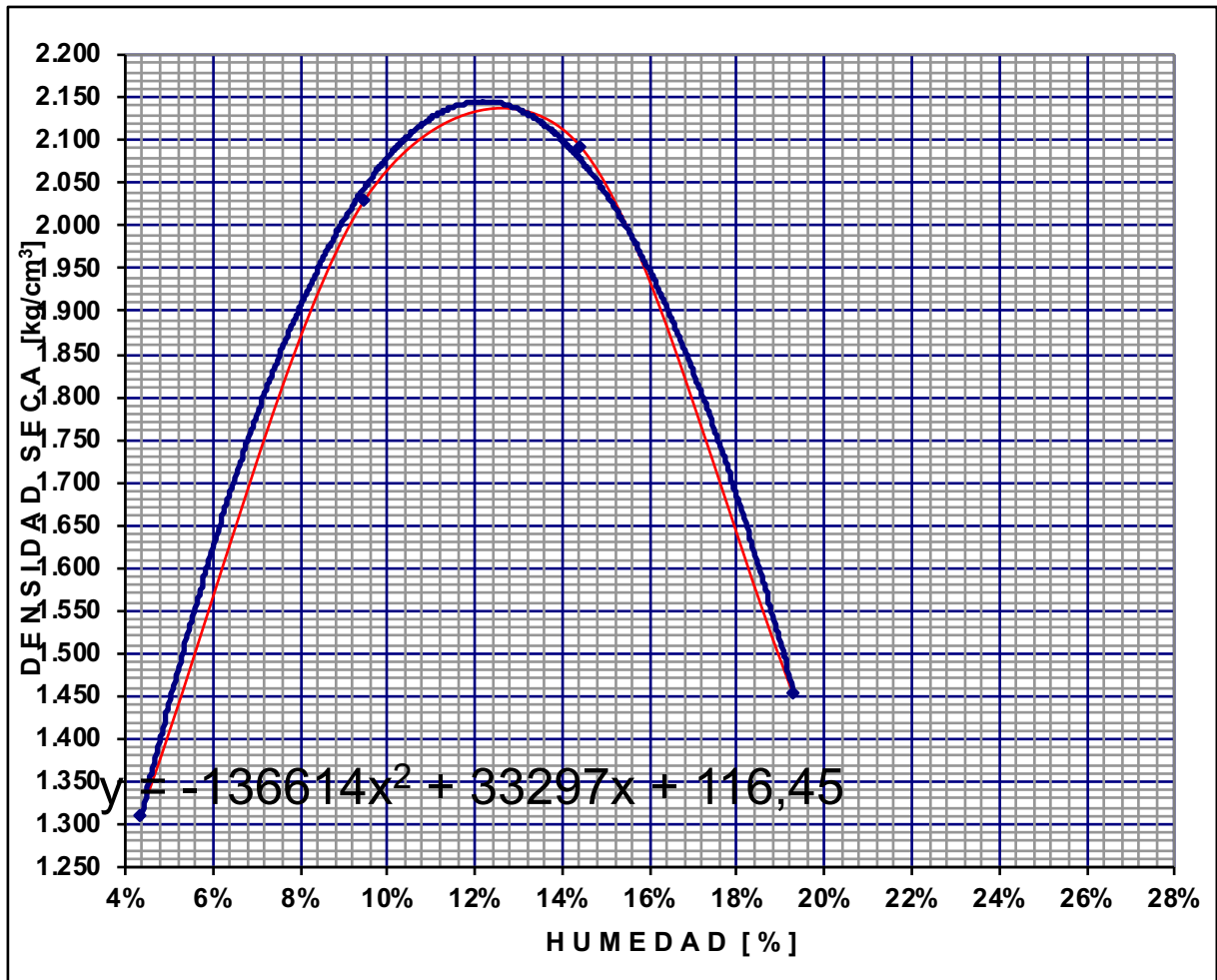


<b>Humedad óptima:</b>	<b>14.27%</b>
------------------------	---------------

Tabla 3. 48. Proctor Modificado Base Pifo Clase 1: Relación densidad seca-humedad.

<b>RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD</b>									
<b>No. de Capas</b>	<b>Golpes por capa</b>	<b>Peso Martillo</b>		<b>Altura caída</b>	<b>PESO INICIAL DE LA MUESTRA</b>				
<b>5</b>	<b>56</b>	<b>10lb</b>		<b>18"</b>	<b>6000 gr</b>				
<b>MUESTRA &gt;&gt;&gt;</b>		1		2	3		4		
Molde No.		A		A	A		A		
Agua aumentada	cc	0		300	600		900		
	%	0		5	10		15		
Peso suelo húmedo + molde		9,376		11,198	11,567		10,156		
Peso del molde		6,457		6,457	6,457		6,457		
Peso suelo húmedo		2,919		4,741	5,110		3,699		
Volumen del molde		2,133		2,133	2,133		2,133		
Densidad húmeda		1,368		2,223	2,396		1,734		
<b>Tarro No.</b>		<b>DC</b>	<b>WE</b>	<b>OT-9</b>	<b>2.00</b>	<b>QR-9</b>	<b>G-11</b>	<b>307.00</b>	<b>RX</b>
Tarro + suelo húmedo		77.53	81.29	93.45	98.99	90.72	99.96	78.83	84.63
Tarro + suelo seco		74.99	78.56	87.00	92.21	81.62	90.00	68.03	72.78
Peso de agua		2.54	2.73	6.45	6.78	9.10	9.96	10.80	11.85
Peso del tarro		12.03	20.08	18.76	20.87	18.65	20.48	12.16	11.12
Peso del suelo seco		6296	5848	6824	7134	6297	6952	5587	6166
Contenido de agua		4.03%		9.45%	9.50%	14.45%	14.33%	19.33%	19.22%
<b>Contenido de agua promedio</b>		<b>4.35%</b>		<b>9.48%</b>		<b>14.39%</b>		<b>19.27%</b>	
<b>Densidad seca</b> g/cm <sup>3</sup>		<b>1,311</b>		<b>2,030</b>		<b>2,094</b>		<b>1,454</b>	

Gráfica 3. 22. Densidad seca-Humedad Base Pifo Clase 1 tipo A.

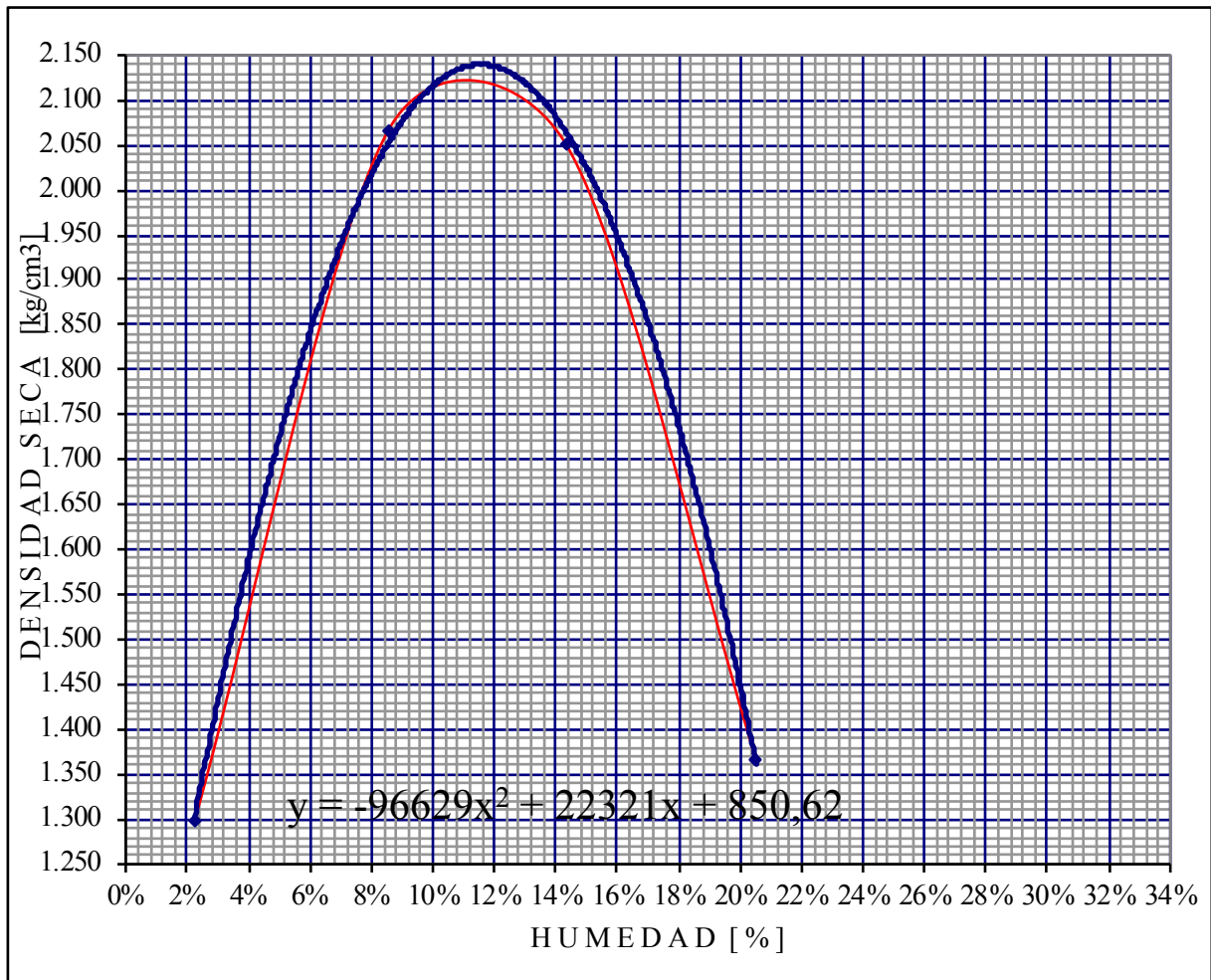


Humedad óptima:	12.19%
-----------------	--------

Tabla 3. 49. Proctor Modificado Base Pifo Clase 2: Relación densidad seca-humedad.

RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD									
No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo		Altura caída		PESO INICIAL DE LA MUESTRA			
5	56	10lb		18"		6000 g			
<b>MUESTRA &gt;&gt;&gt;</b>		1	2	3	4				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	360	720	1080				
	%	0	6	12	18				
Peso suelo húmedo + molde		9,288	11,242	11,456	9,965				
Peso del molde		6,457	6,457	6,457	6,457				
Peso suelo húmedo		2,831	4,785	4,999	3,508				
Volumen del molde		2,133	2,133	2,133	2,133				
Densidad húmeda		1,327	2,243	2,344	1,645				
<b>Tarro No.</b>		<b>QT-9</b>	<b>ML-D</b>	<b>ML-25</b>	<b>ML-10</b>	<b>8.00</b>	<b>ML-15</b>	<b>ML-12</b>	<b>ML-9</b>
Tarro + suelo húmedo		82.81	90.33	96.52	97.49	98.23	95.31	99.12	96.85
Tarro + suelo seco		81.54	88.65	90.63	91.22	88.54	85.63	85.46	83.87
Peso de agua		1.27	1.68	5.89	6.27	9.69	9.68	13.66	12.98
Peso del tarro		18.76	20.40	18.20	21.30	20.00	19.20	19.40	20.20
Peso del suelo seco		6278	6825	7243	6992	6854	6643	6606	6367
Contenido de agua		2.02%	8.13%	8.97%	14.14%	14.57%	20.68%	20.39%	
<b>Contenido de agua promedio</b>		<b>2.24%</b>	<b>8.55%</b>	<b>14.35%</b>	<b>20.53%</b>				
<b>Densidad seca g/cm<sup>3</sup></b>		<b>1,298</b>	<b>2,067</b>	<b>2,049</b>	<b>1,364</b>				

Gráfica 3. 23. Densidad seca-Humedad Base Pifo Clase 2.

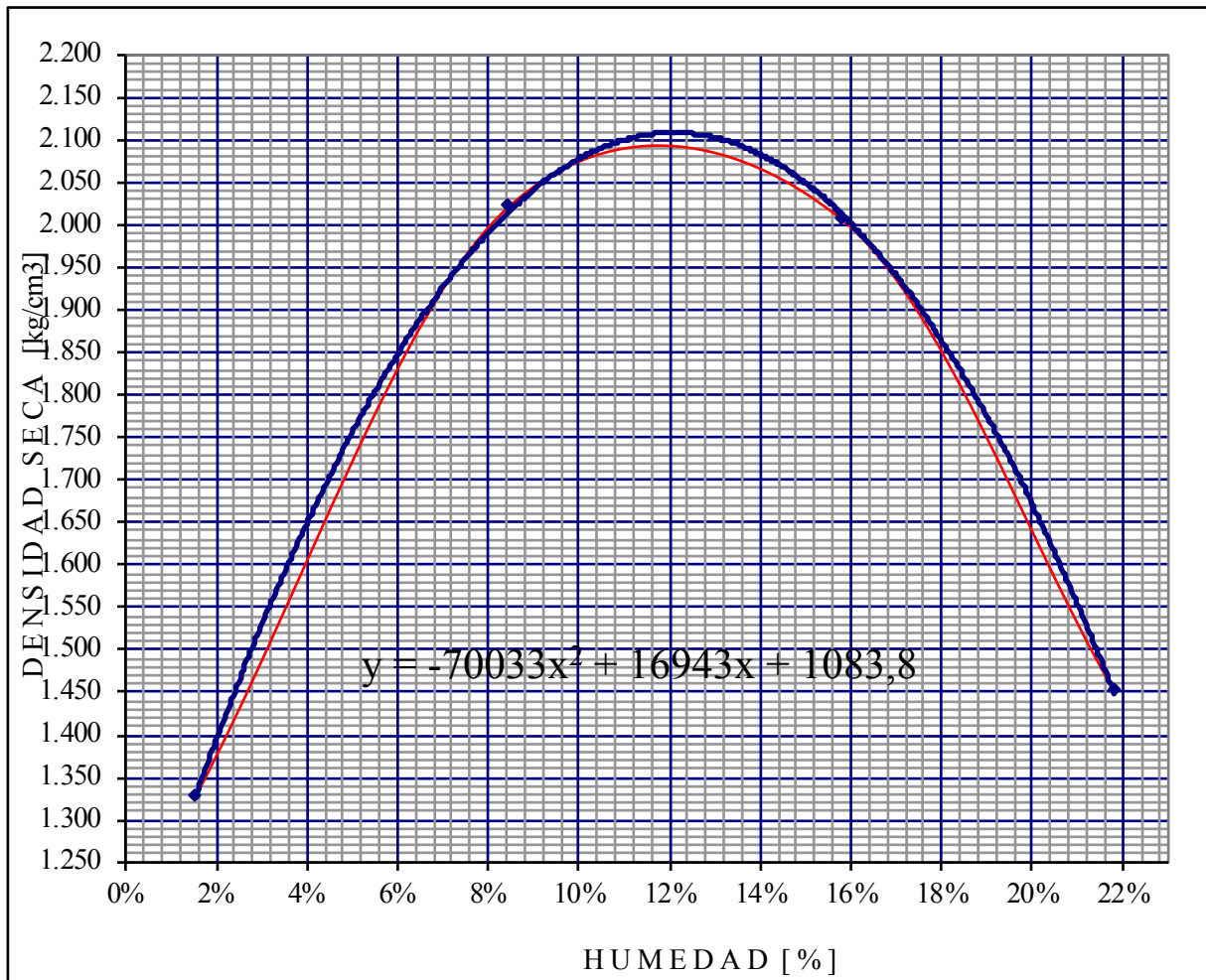


<b>Humedad óptima:</b>	<b>11.55%</b>
------------------------	---------------

Tabla 3. 50. Proctor Modificado Base Pifo Clase 3: Relación densidad seca-humedad.

<b>RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD</b>									
<b>No. de Capas</b>	<b>Golpes por capa</b>	<b>Peso Martillo</b>		<b>Altura caída</b>		<b>PESO INICIAL DE LA MUESTRA</b>			
<b>5</b>	<b>56</b>	<b>10lb</b>		<b>18"</b>		<b>6000 gr</b>			
<b>MUESTRA &gt;&gt;&gt;</b>		1		2		3		4	
Molde No.		A		A		A		A	
Agua aumentada	cc	0		420		840		1260	
	%	0		7		14		21	
Peso suelo húmedo + molde		9,336		11,134		11,414		10,229	
Peso del molde		6,457		6,457		6,457		6,457	
Peso suelo húmedo		2,879		4,677		4,957		3,772	
Volumen del molde		2,133		2,133		2,133		2,133	
Densidad húmeda		1,350		2,193		2,324		1,768	
<b>Tarro No.</b>		<b>22.00</b>	<b>45.00</b>	<b>SD-2</b>	<b>B-30</b>	<b>C-20</b>	<b>B-31</b>	<b>ML-30</b>	<b>AS-9</b>
Tarro + suelo húmedo		74.03	77.01	59.38	64.52	88.74	90.11	99.14	98.52
Tarro + suelo seco		72.98	76.34	56.22	61.00	78.98	80.00	85.01	84.48
Peso de agua		1.05	0.67	3.16	3.52	9.76	10.11	14.13	14.04
Peso del tarro		18.70	19.80	20.04	17.95	16.70	16.35	20.40	19.86
Peso del suelo seco		5428	5654	3618	4305	6228	6365	6461	6462
Contenido de agua		1.93%		8.73%	8.18%	15.67%	15.88%	21.87%	21.73%
<b>Contenido de agua promedio</b>		<b>1.56%</b>		<b>8.46%</b>		<b>15.78%</b>		<b>21.80%</b>	
<b>Densidad seca</b> g/cm <sup>3</sup>		<b>1,329</b>		<b>2,022</b>		<b>2,007</b>		<b>1,452</b>	

Gráfica 3. 24. Densidad seca-Humedad Base Pifo Clase 3.

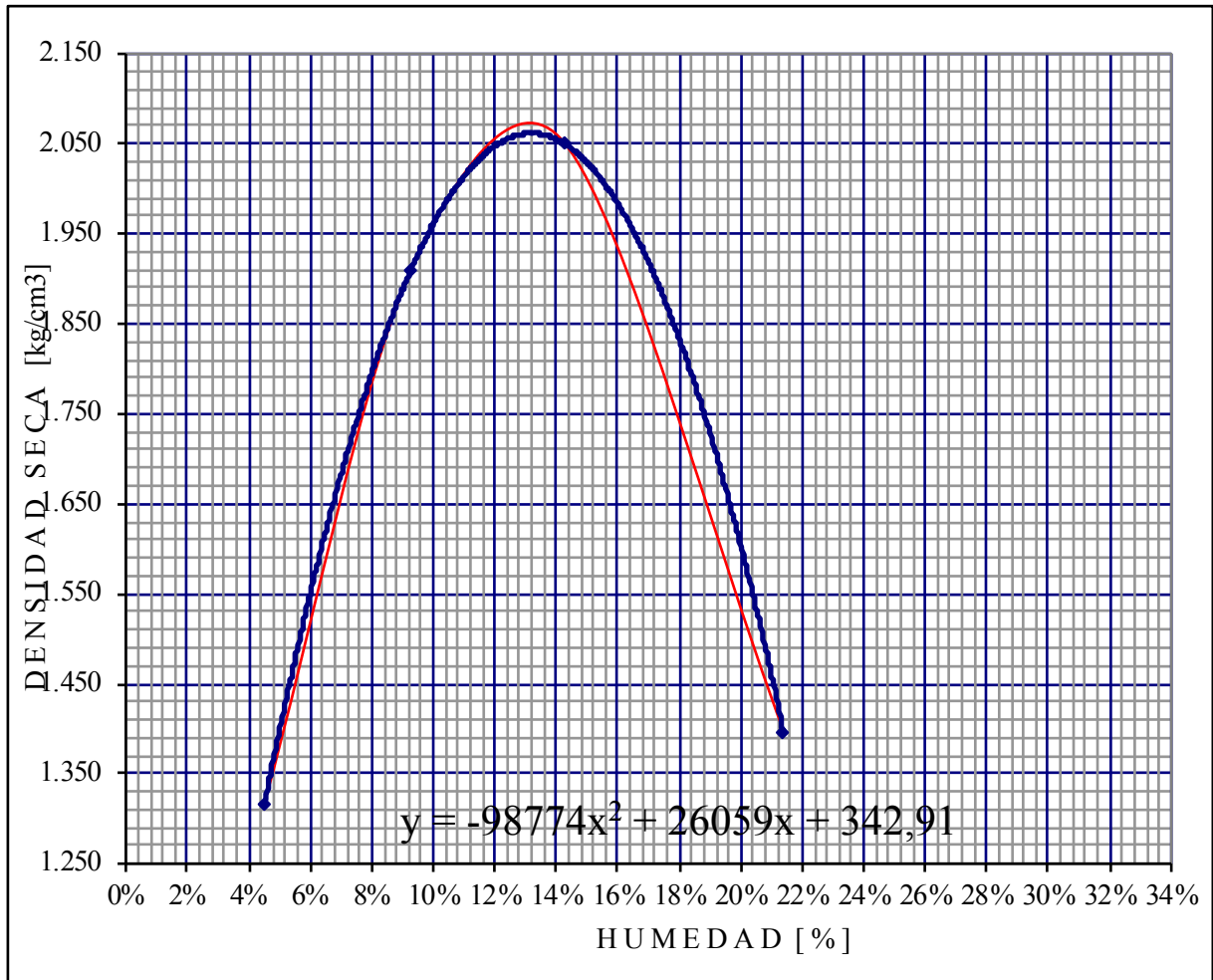


<b>Humedad óptima:</b>	<b>12.10%</b>
------------------------	---------------

Tabla 3. 51. Proctor Modificado Base Pifo Clase 4:Relación densidad seca-humedad.

<b>RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD</b>									
<b>No. de Capas</b>	<b>Golpes por capa</b>	<b>Peso Martillo</b>		<b>Altura caída</b>	<b>PESO INICIAL DE LA MUESTRA</b>				
<b>5</b>	<b>56</b>	<b>10lb</b>		<b>18"</b>	<b>6000 gr</b>				
<b>MUESTRA &gt;&gt;&gt;</b>		1		2	3		4		
Molde No.		A		A	A		A		
Agua aumentada	cc	0		300	600		900		
	%	0		5	10		15		
Peso suelo húmedo + molde		9,393		10,912	11,456		10,075		
Peso del molde		6,457		6,457	6,457		6,457		
Peso suelo húmedo		2,936		4,455	4,999		3,618		
Volumen del molde		2,133		2,133	2,133		2,133		
Densidad húmeda		1,376		2,089	2,344		1,696		
<b>Tarro No.</b>		<b>W-5</b>	<b>ML-17</b>	<b>ML-D</b>	<b>DS-1</b>	<b>ML-29</b>	<b>ML-27</b>	<b>JL-2</b>	<b>B-9</b>
Tarro + suelo húmedo		49.78	49.00	56.07	54.66	72.33	59.84	64.10	57.33
Tarro + suelo seco		48.56	47.67	53.03	51.67	65.74	54.33	56.23	50.23
Peso de agua		1.22	1.33	3.04	2.99	6.59	5.51	7.87	7.10
Peso del tarro		20.14	19.50	20.40	19.44	19.10	16.06	19.56	16.93
Peso del suelo seco		2842	2817	3263	3223	4664	3827	3667	3330
Contenido de agua		4.29%		9.32%	9.28%	14.13%	14.40%	21.46%	21.32%
<b>Contenido de agua promedio</b>		<b>4.51%</b>		<b>9.30%</b>		<b>14.26%</b>		<b>21.39%</b>	
<b>Densidad seca</b> g/cm <sup>3</sup>		<b>1,317</b>		<b>1,911</b>		<b>2,051</b>		<b>1,397</b>	

Gráfica 3. 25. Densidad seca-Humedad Base Pífo Clase 4.

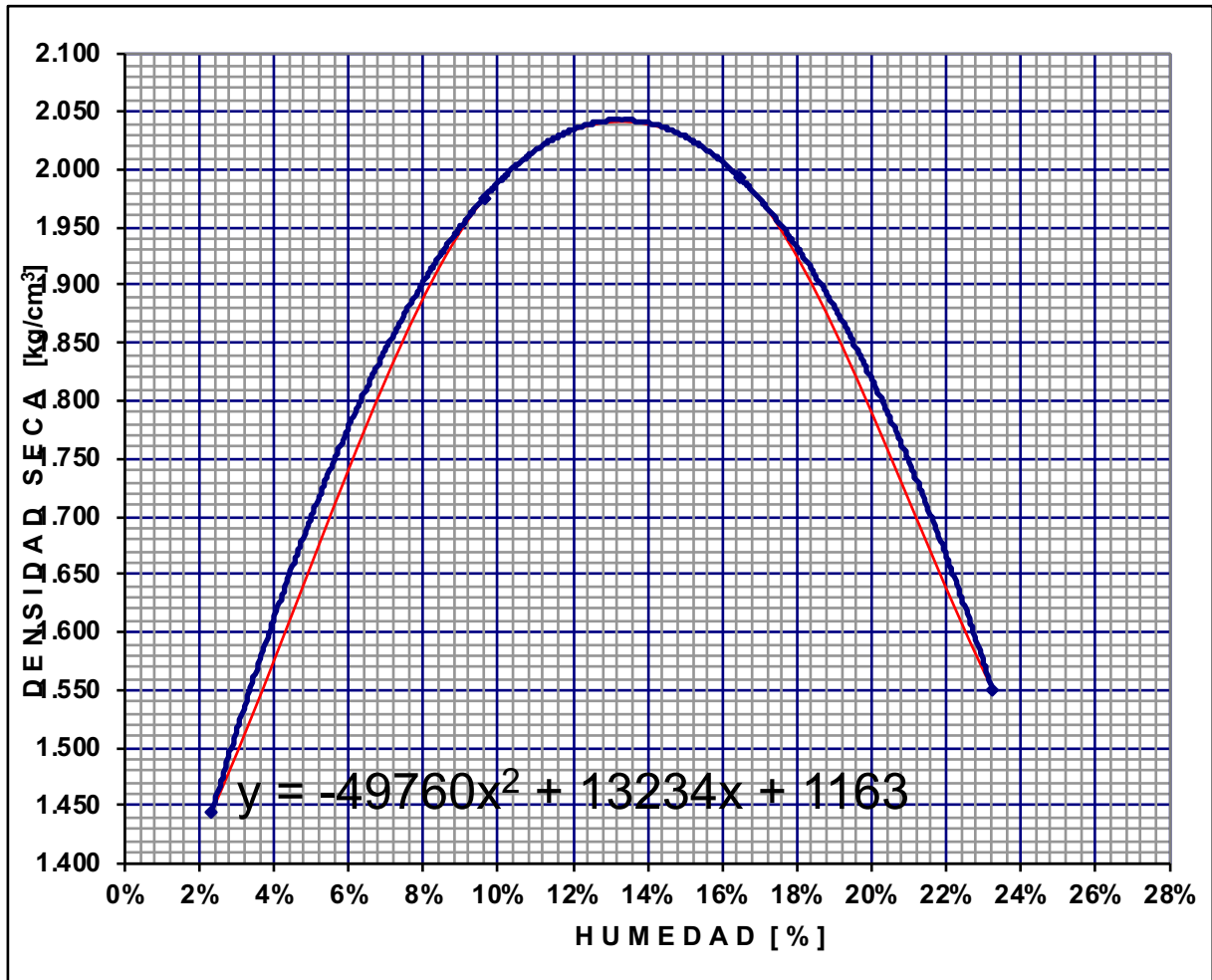


<b>Humedad óptima:</b>	<b>13.19%</b>
------------------------	---------------

Tabla 3. 52. Proctor Modificado Subbase Pifo Clase 1: Relación densidad seca-humedad.

<b>RELACIÓN DENSIDAD SECA – HUMEDAD</b>									
<b>No. de Capas</b>	<b>Golpes por capa</b>	<b>Peso Martillo</b>		<b>Altura caída</b>		<b>PESO INICIAL DE LA MUESTRA</b>			
<b>5</b>	<b>56</b>	<b>10lb</b>		<b>18"</b>		<b>6000 gr</b>			
<b>MUESTRA &gt;&gt;&gt;</b>		1		2		3		4	
Molde No.		A		A		A		A	
Agua aumentada	cc	0		420		840		1260	
	%	0		7		14		21	
Peso suelo húmedo + molde		9,612		11,074		11,411		10,532	
Peso del molde		6,457		6,457		6,457		6,457	
Peso suelo húmedo		3,155		4,617		4,954		4,075	
Volumen del molde		2,133		2,133		2,133		2,133	
Densidad húmeda		1,479		2,165		2,323		1,910	
<b>Tarro No.</b>		<b>ML-14</b>	<b>M-3</b>	<b>ML-2</b>	<b>C-14</b>	<b>AS-5</b>	<b>ML-7</b>	<b>B-11</b>	<b>B-6</b>
Tarro + suelo húmedo		61.76	63.44	90.78	93.32	107.21	99.42	88.54	90.03
Tarro + suelo seco		60.76	62.45	84.63	86.79	94.98	88.00	74.98	76.32
Peso de agua		1.00	0.99	6.15	6.53	12.23	11.42	13.56	13.71
Peso del tarro		19.40	18.55	20.40	19.20	20.40	18.80	16.79	17.20
Peso del suelo seco		4136	4390	6423	6759	7458	6920	5819	5912
Contenido de agua		2.42%		9.57%	9.66%	16.40%	16.50%	23.30%	23.19%
<b>Contenido de agua promedio</b>		<b>2.34%</b>		<b>9.62%</b>		<b>16.45%</b>		<b>23.25%</b>	
<b>Densidad seca g/cm<sup>3</sup></b>		<b>1,445</b>		<b>1,975</b>		<b>1,994</b>		<b>1,550</b>	

Gráfica 3. 26. Densidad seca-Humedad Subbase Pifo Clase 1.

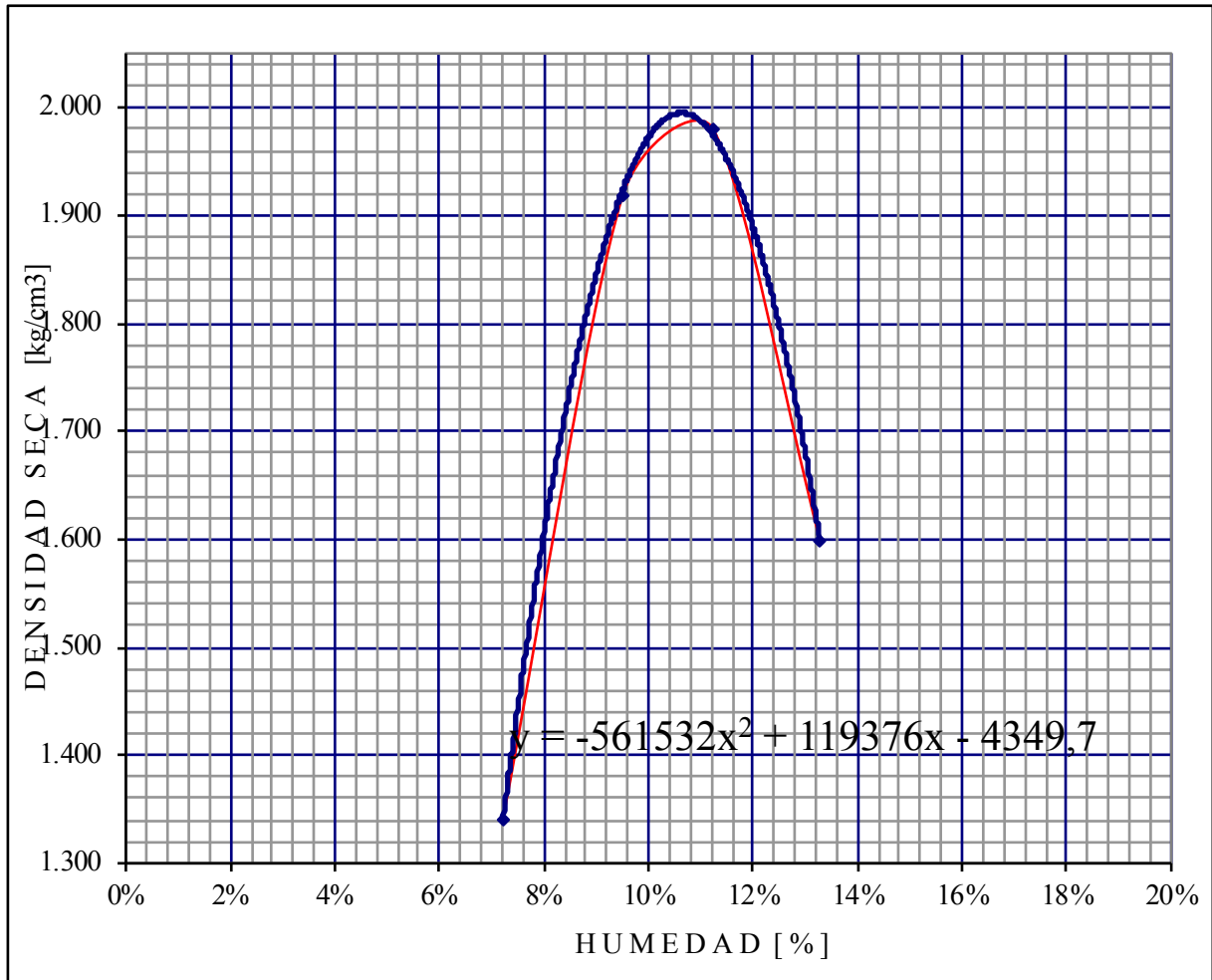


Humedad óptima:	13.30%
-----------------	--------

Tabla 3. 53. Proctor Modificado Subbase Pifo Clase 2: Relación densidad seca-humedad.

<b>RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD</b>									
<b>No. de Capas</b>	<b>Golpes por capa</b>	<b>Peso Martillo</b>		<b>Altura caída</b>	<b>PESO INICIAL DE LA MUESTRA</b>				
<b>5</b>	<b>56</b>	<b>10lb</b>		<b>18"</b>	<b>6000 gr</b>				
<b>MUESTRA &gt;&gt;&gt;</b>		1	2	3	4				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	120	240	360				
	%	0	2	4	6				
Peso suelo húmedo + molde		9,522	10,936	11,155	10,321				
Peso del molde		6,457	6,457	6,457	6,457				
Peso suelo húmedo		3,065	4,479	4,698	3,864				
Volumen del molde		2,133	2,133	2,133	2,133				
Densidad húmeda		1,437	2,100	2,203	1,812				
<b>Tarro No.</b>		<b>ML-32</b>	<b>C-17</b>	<b>23.00</b>	<b>J-9</b>	<b>P-11</b>	<b>ML-3</b>	<b>ML-8</b>	<b>12.00</b>
Tarro + suelo húmedo		96.12	92.65	96.33	96.89	92.33	99.85	107.64	112.33
Tarro + suelo seco		90.56	87.83	90.01	90.12	84.93	92.00	97.32	101.58
Peso de agua		5.56	4.82	6.32	6.77	7.40	7.85	10.32	10.75
Peso del tarro		14.40	20.16	20.12	22.12	21.08	19.80	19.10	21.13
Peso del suelo seco		7616.	6767	6989	6800	6385	7220	7822	8045
Contenido de agua		7.30%		9.04%	9.96%	11.59%	10.87%	13.19%	13.36%
<b>Contenido de agua promedio</b>		<b>7.21%</b>		<b>9.50%</b>		<b>11.23%</b>		<b>13.28%</b>	
<b>Densidad seca g/cm<sup>3</sup></b>		<b>1,340</b>		<b>1,918</b>		<b>1,980</b>		<b>1,599</b>	

Gráfica 3. 27. Densidad seca-Humedad Subbase Pifo Clase 2.

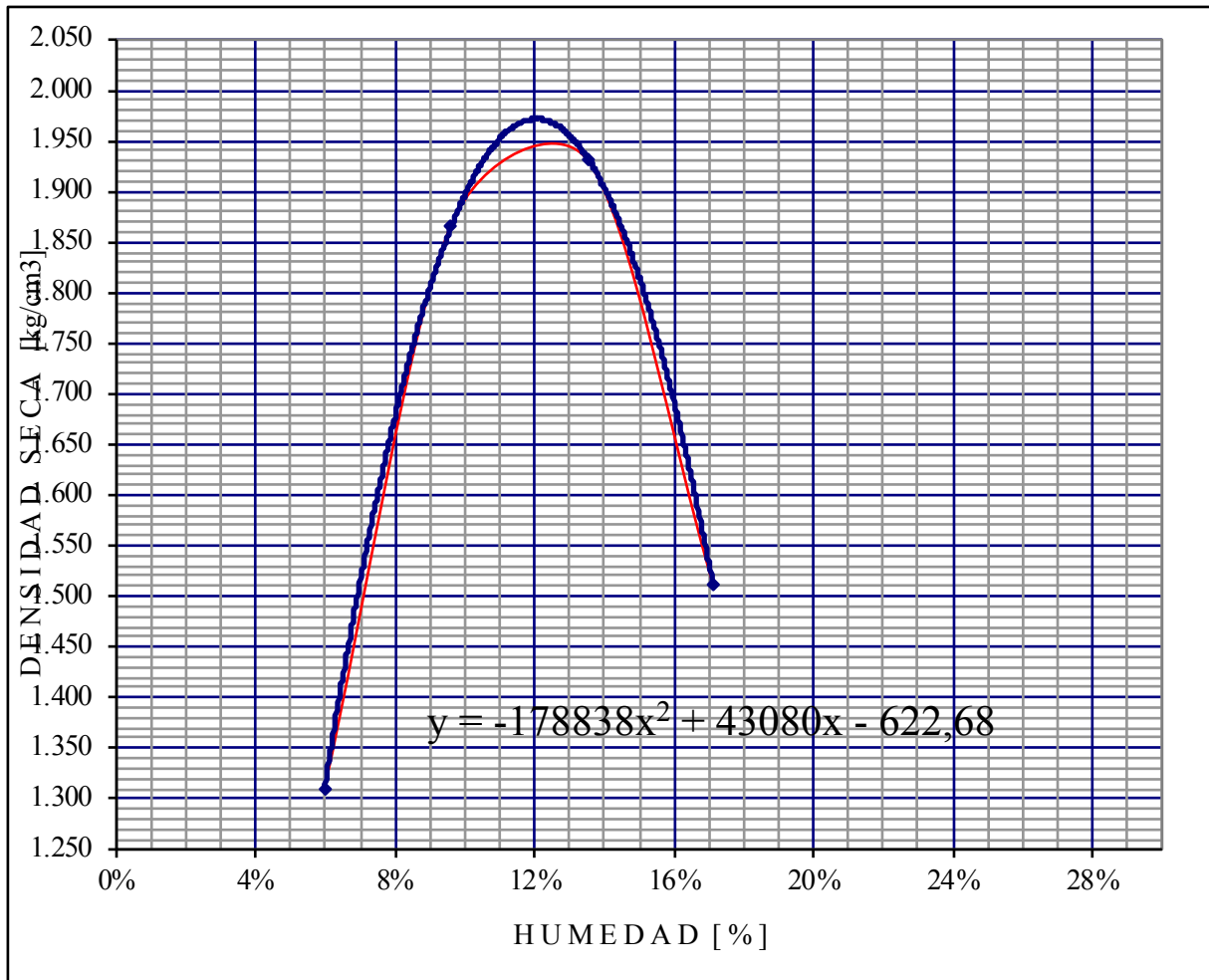


<b>Humedad óptima:</b>	<b>10.63%</b>
------------------------	---------------

Tabla 3. 54. Proctor Modificado Subbase Pifo Clase 3: Relación densidad seca-humedad.

<b>RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD</b>										
<b>No. de Capas</b>	<b>Golpes por capa</b>		<b>Peso Martillo</b>		<b>Altura caída</b>		<b>PESO INICIAL DE LA MUESTRA</b>			
<b>5</b>	<b>56</b>		<b>10lb</b>		<b>18"</b>		<b>6000 gr</b>			
<b>MUESTRA &gt;&gt;&gt;</b>			1	2	3	4				
Molde No.			A	A	A	A				
Agua aumentada	cc		0	240	480	720				
	%		0	4	8	12				
Peso suelo húmedo + molde			9,417	10,822	11,132	10,233				
Peso del molde			6,457	6,457	6,457	6,457				
Peso suelo húmedo			2,960	4,365	4,675	3,776				
Volumen del molde			2,133	2,133	2,133	2,133				
Densidad húmeda			1,388	2,046	2,192	1,770				
<b>Tarro No.</b>			<b>ML-20</b>	<b>A-12</b>	<b>33.00</b>	<b>BA-37</b>	<b>B-28</b>	<b>DS-7</b>	<b>ML-41</b>	<b>15.00</b>
Tarro + suelo húmedo			52.31	55.09	89.93	92.12	98.75	103.22	75.43	78.97
Tarro + suelo seco			50.43	53.11	83.89	84.91	88.89	93.62	66.46	69.41
Peso de agua			1.88	1.98	6.04	7.21	9.86	9.60	8.97	9.56
Peso del tarro			18.50	20.32	18.95	12.13	16.79	21.80	15.20	12.31
Peso del suelo seco			3193	3279	6494	7278	7210	7182	5126	5710
Contenido de agua			5.89%		9.30%	9.91%	13.68%	13.37%	17.50%	16.74%
<b>Contenido de agua promedio</b>			<b>5.96%</b>		<b>9.60%</b>		<b>13.52%</b>		<b>17.12%</b>	
<b>Densidad seca</b>			<b>1,310</b>		<b>1,867</b>		<b>1,931</b>		<b>1,511</b>	
			g/cm <sup>3</sup>							

Gráfica 3. 28. Densidad seca-Humedad Subbase Pifo Clase 3.



<b>Humedad óptima:</b>	<b>12.04%</b>
------------------------	---------------

### 3.9.3 Ensayos C.B.R

#### 3.9.3.1. Mina de Pintag

#### BASE CLASE 1

Tabla 3. 55. California Bearing Ratio Base Pintag Clase 1A.

<b>CBR BASE CLASE 1 PINTAG</b>														
<b>MOLDE No.</b>				M-6				DO-2				D-11		
<b>No. DE CAPAS</b>				5				5				5		
<b>No. DE GOLPES POR CAPAS</b>				56				25				10		
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>			<b>ANT. SATU.</b>		<b>DES. SATU.</b>		<b>ANT. SATU.</b>		<b>DES. SATU.</b>		<b>ANT. SATU.</b>		<b>DES. SATU.</b>	
<b>PESO MUESTRA HÚM + MOLDE (gr)</b>	A		13345		13564		11233		11651		11566		12133	
<b>PESO MOLDE (gr)</b>	B		7504		7504		6518		6518		7670		7670	
<b>PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)</b>	C = A - B		5841		6060		4715		5133		3896		4463	
<b>CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)</b>	D		2403		2403		2366		2366		2323		2323	
<b>DENSIDAD HÚMEDA (kg/cm3)</b>	E = C/D*1000		2.431		2.522		1.993		2.169		1.677		1.921	
<b>DENSIDAD SECA (kg/cm3)</b>	F = E / (1 + G)		2173		2188		1782		1806		1502		1574	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>
<b>RECIPIENTE No.</b>			D-40	M-9	BL-9	L-23	ML-10	BA-22	D-40	M-9	BL-9	L-23	ML-10	BA-22
<b>PESO MUESTRA HÚM + RECIPIENTE (gr)</b>	G		53.65	55.33	80.50	98.72	99.64	59.46	74.76	62.82	72.93	83.58	72.80	55.89
<b>PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)</b>	H		49.40	50.66	72.37	87.94	91.38	54.45	64.60	54.14	67.02	77.00	63.74	47.77
<b>PESO AGUA (gr)</b>	I = G - H		4.25	4.67	8.13	10.78	8.26	5.01	10.16	8.68	5.91	6.58	9.06	8.12
<b>PESO RECIPIENTE (gr)</b>	J		13.37	11.65	16.93	20.12	21.30	12.12	13.37	11.65	16.93	20.12	21.30	12.12
<b>PESO MUESTRA SECA (gr)</b>	K = H - J		36.03	39.01	55.44	67.82	70.08	42.33	51.23	42.49	50.09	56.88	42.44	35.65
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	L = (I / K)*100		11.80%	11.97%	14.66%	15.90%	11.79%	11.84%	19.83%	20.43%	11.80%	11.57%	21.35%	22.78%
<b>CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD</b>	M = (L1+L2)/2		11.88%		15.28%		11.81%		20.13%		11.68%		22.06%	
<b>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA</b>														
<b>MOLDE No.</b>							M-6		DO-2		D-11			
<b>PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN (gr)</b>				N			13564		11651		12133			
<b>PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN (gr)</b>				P			13345		11233		11566			
<b>PESO AGUA ABSORBIDA (gr)</b>				Q = N - P			219		418		567			
<b>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA</b>				R = (Q/C)*100			3.75%		8.87%		14.55%			
<b>DATOS DE ESPONJAMIENTOS</b>														
<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO EN DÍAS</b>	<b>MOLDE No.M-6</b>				<b>MOLDE No.DO-2</b>				<b>MOLDE No.D-11</b>				
		<b>DIAL</b>				<b>DIAL</b>				<b>DIAL</b>				
		<b>0.01 mm</b>				<b>0.01 mm</b>				<b>0.01 mm</b>				
10/06/2018	0	0				0				0				
11/06/2018	1	2				4				6				
12/06/2018	2	5				8				9				
13/06/2018	3	7				13				14				
14/06/2018	4	9				13				17				
15/06/2018	5	9				13				17				

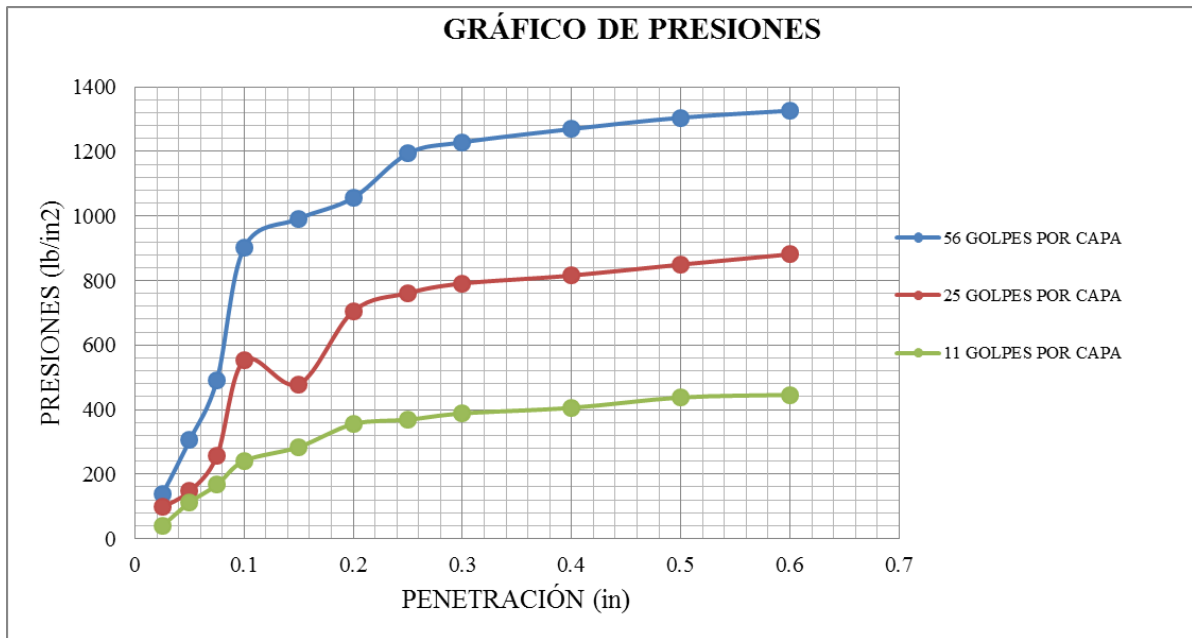
**DATOS DEL ESPONJAMIENTO**

Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° M 6			Molde N° DO 2			Molde N° D 11		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
2018-06-11	14h00	1	2	0.002	0.04	4	0.004	0.09	6	0.006	0.13
2018-06-12	14h00	2	5	0.005	0.11	8	0.008	0.18	9	0.009	0.20
2018-06-13	14h00	3	7	0.007	0.15	13	0.013	0.29	14	0.014	0.31
2018-06-14	14h00	4	9	0.009	0.20	13	0.013	0.29	17	0.017	0.37
2018-06-15	14h00	5	9	0.009	0.20	13	0.013	0.29	17	0.017	0.37

**DATOS DE ENSAYO DE PENETRACIÓN**

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde N° M 6		Molde N° DO 2		Molde N° D 11				
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.			
		Dial	lb/pulg <sup>2</sup>	Dial	lb/pulg <sup>2</sup>	Dial	lb/pulg <sup>2</sup>			
0.000										
0.025		472	486	367	378	256	264			
0.050		678	698	521	537	341	351			
0.075		989	1019	766	789	476	490			
0.100	1000	1057	1089	<b>111.87</b>	812	836	<b>86.64</b>	565	582	<b>61.20</b>
0.150		1369	1410		994	1024		732	754	
0.200		1511	1556	<b>105.76</b>	1123	1157	<b>79.11</b>	843	868	<b>59.89</b>
0.250		1567	1614		1232	1269		956	985	
0.300		1682	1732		1268	1306		998	1028	
0.400		1743	1795		1297	1336		1065	1097	
0.500		1788	1842		1343	1383		1091	1124	
0.600		1829	1884		1567	1614		1121	1155	

Gráfica 3. 29. Gráfica Presiones vs Penetración Base Pintag Clase 1A.



Gráfica 3. 30. CBR vs Densidad máxima Base Pintag Clase 1A.

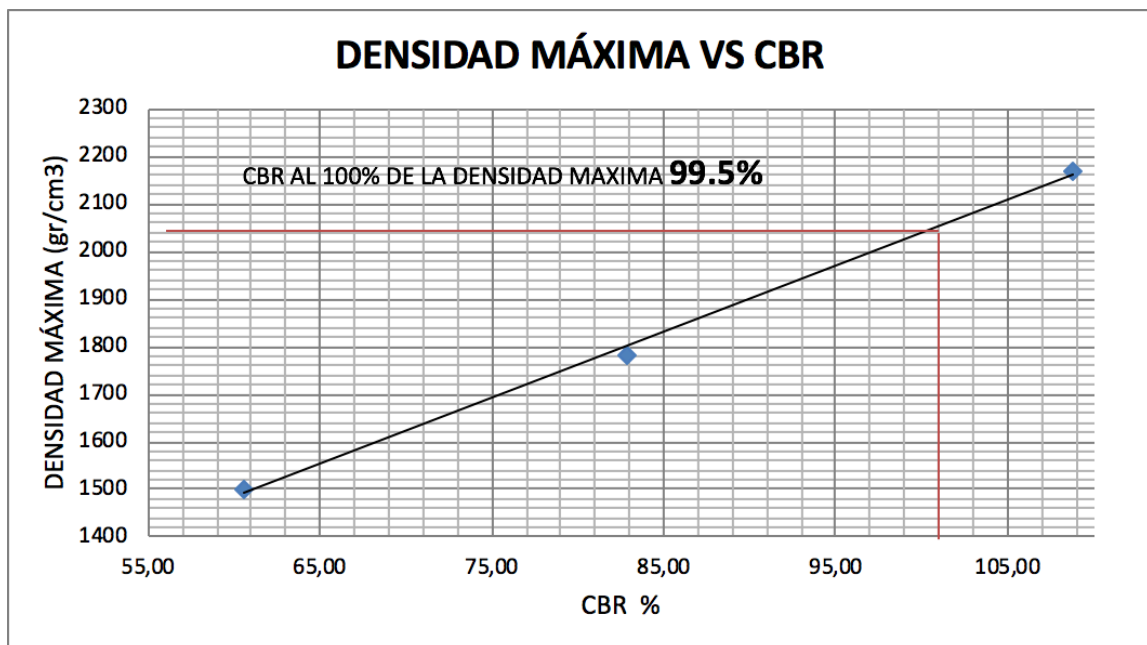


Tabla 3. 56. Resumen Valor C.B.R Base Pintag Clase 1.

Resumen Valor C.B.R		
Humedad Óptima	15,21	%
Densidad Máxima	2025,4	gr/cm3
Valor C.B.R.	99,5	%

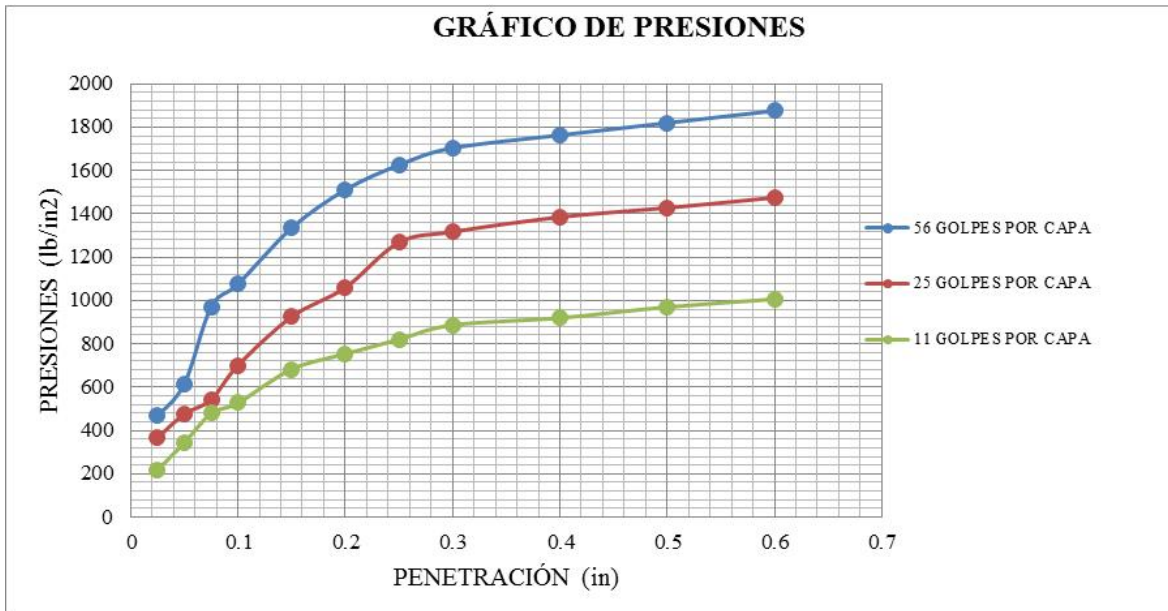
BASE CLASE 2

Tabla 3. 57. California Bearing Ratio Base Pintag Clase 2.

<b>CBR BASE CLASE 2 PINTAG</b>															
MOLDE No.				SL-20				AC-23				G-6			
No. DE CAPAS				5				5				5			
No. DE GOLPES POR CAPAS				56				25				10			
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>			<b>ANT. SATU.</b>		<b>DES. SATU.</b>		<b>ANT. SATU.</b>		<b>DES. SATU.</b>		<b>ANT. SATU.</b>		<b>DES. SATU.</b>		
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE (gr)	A			12566	12889			11233	11676			10656	11244		
PESO MOLDE (gr)	B			7024	7024			6978	6978			6896	6896		
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	C = A - B			5542	5865			4255	4698			3760	4348		
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	D			2287	2287			2198	2198			2205	2205		
DENSIDAD HÚMEDA (kg/cm <sup>3</sup> )	E = C/D*1000			2.423	2.564			1.936	2.137			1.705	1.972		
DENSIDAD SECA (kg/cm <sup>3</sup> )	F = E / (1 + G)			2152	2164			1723	1751			1517	1547		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	
RECIPIENTE No.				B-15	MA-11	BR-29	ML-25	10	BA-2	B-15	MA-11	BR-29	ML-25	10	BA-2
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE (gr)	G			60.53	69.36	80.67	63.61	90.89	51.80	75.95	61.18	76.74	54.53	101.75	60.21
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	H			55.61	62.91	71.00	55.53	83.39	47.32	65.43	52.10	70.23	49.92	84.76	49.61
PESO AGUA (gr)	I = G - H			4.92	6.45	9.67	8.08	7.50	4.48	10.52	9.08	6.51	4.61	16.99	10.60
PESO RECIPIENTE (gr)	J			16.32	12.24	16.93	13.20	21.32	11.89	16.32	12.24	16.93	13.20	21.32	11.89
PESO MUESTRA SECA (gr)	K = H - J			39.29	50.67	54.07	42.33	62.07	35.43	49.11	39.86	53.30	36.72	63.44	37.72
CONTENIDO DE HUMEDAD	L = (I / K)*100			12.52%	12.73%	17.88%	19.09%	12.08%	12.64%	21.42%	22.78%	12.21%	12.55%	26.78%	28.10%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD	M = (L1+L2)/2			12.63%	12.73%	18.49%	19.09%	12.36%	12.64%	22.10%	22.78%	12.38%	12.55%	27.44%	28.10%
<b>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA</b>															
MOLDE No.								SL-20		AC-23		G-6			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN (gr)			N					12889		11676		11244			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN (gr)			P					12566		11233		10656			
PESO AGUA ABSORBIDA (gr)			Q = N - P					323		443		588			
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA			R = (Q/C)*100					5.83%		10.41%		15.64%			

<b>DATOS DE ESPONJAMIENTO</b>											
Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° SL 20			Molde N° AC 23			Molde N° G 6		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
2018-06-11	14h00	1	2	0.002	0.04	4	0.004	0.09	6	0.006	0.13
2018-06-12	14h00	2	2	0.002	0.04	7	0.007	0.15	11	0.011	0.24
2018-06-13	14h00	3	5	0.005	0.11	9	0.009	0.20	15	0.015	0.33
2018-06-14	14h00	4	5	0.005	0.11	9	0.009	0.20	20	0.020	0.44
2018-06-15	14h00	5	5	0.005	0.11	9	0.009	0.20	20	0.020	0.44
<b>DATOS DE PENETRACIÓN</b>											
Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde N° SL 20		Molde N° AC 23		Molde N° G 6					
		Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	
0.000		Dial	lb/pulg <sup>2</sup>		Dial	lb/pulg <sup>2</sup>		Dial	lb/pulg <sup>2</sup>		
0.025		456	470		356	367		212	218		
0.050		598	616		462	476		334	344		
0.075		943	971		527	543		465	479		
0.100	1000	1045	1076	<b>110.64</b>	681	701	<b>73.14</b>	512	527	<b>55.74</b>	
0.150		1296	1335		898	925		663	683		
0.200		1467	1511	<b>102.73</b>	1029	1060	<b>72.66</b>	732	754	<b>52.26</b>	
0.250		1578	1625		1231	1268		797	821		
0.300		1654	1704		1279	1317		861	887		
0.400		1712	1763		1345	1385		893	920		
0.500		1767	1820		1386	1428		942	970		
0.600		1821	1876		1432	1475		977	1006		

Gráfica 3. 31. Presiones vs Penetración Base Pintag Clase 2.



Gráfica 3. 32. Densidad máxima vs C.B.R. Base Pintag Clase 2.

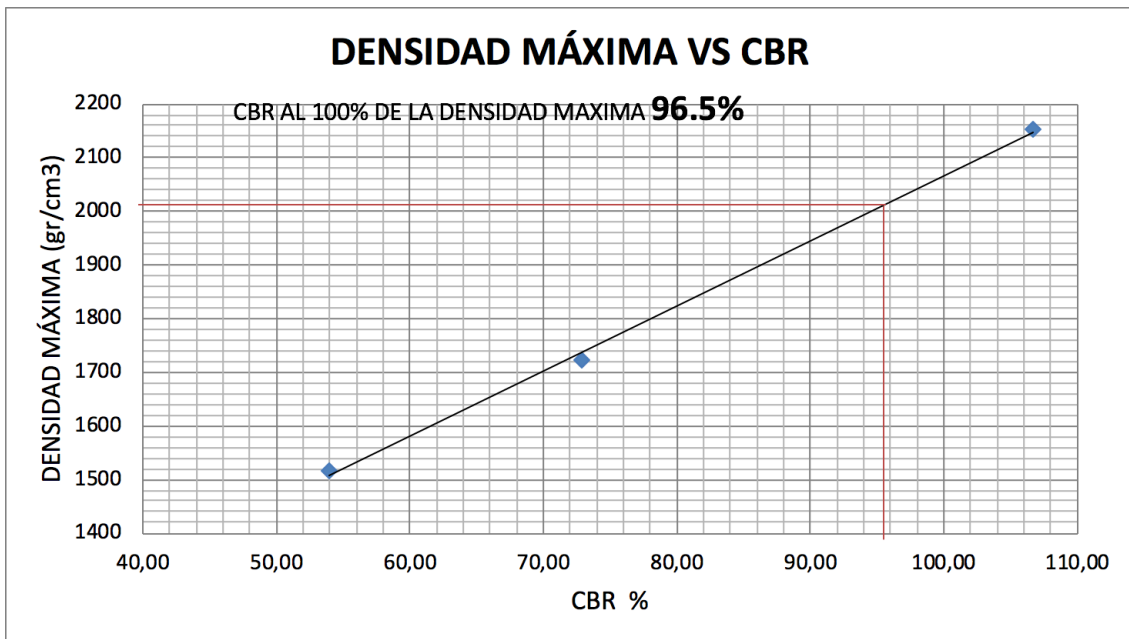


Tabla 3. 58. Resumen Valor C.B.R. Base Pintag Clase 2.

Resumen Valor C.B.R		
Humedad Óptima	12,37	%
Densidad Máxima	2025,4	gr/cm3
Valor C.B.R.	96,5	%

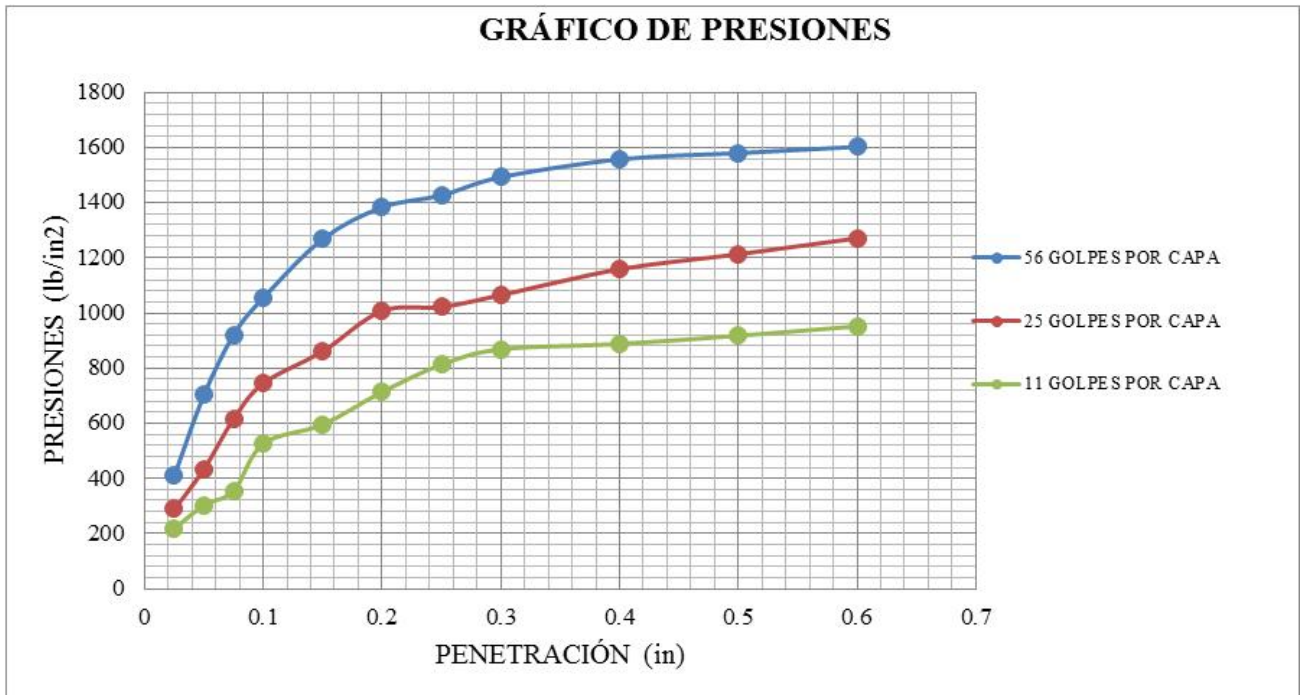
BASE CLASE 3

Tabla 3. 59. California Bearing Ratio Base Pintag Clase 3.

<b>CBR BASE CLASE 3 PINTAG</b>																	
MOLDE No.					SL-8				AC-15				LL-22				
No. DE CAPAS					5				5				5				
No. DE GOLPES POR CAPAS					56				25				10				
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>					<b>ANT. SATU.</b>		<b>DES. SATU.</b>		<b>ANT. SATU.</b>		<b>DES. SATU.</b>		<b>ANT. SATU.</b>		<b>DES. SATU.</b>		
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE (gr)	A				12657	12891			11788	12212			11241	11776			
PESO MOLDE (gr)	B				7215	7215			7025	7025			7088	7088			
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	C = A - B				5442	5676			4763	5187			4153	4688			
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	D				2234	2234			2290	2290			2286	2286			
DENSIDAD HÚMEDA (kg/cm3)	E = C/D*1000				2.436	2.541			2.080	2.265			1.817	2.051			
DENSIDAD SECA (kg/cm3)	F = E / (1 + G)				2103	2115			1798	1805			1570	1609			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>			
RECIPIENTE No.					B-12	BS-35	D-37	QY-12	WE	D-20	B-12	BS-35	D-37	QY-12	WE	D-20	
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE (gr)	G				53.93	65.14	76.28	96.23	49.75	46.76	75.59	78.21	68.01	53.94	60.12	55.18	
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	H				48.85	58.61	65.94	83.19	45.71	42.23	63.85	65.62	60.59	49.30	51.66	45.99	
PESO AGUA (gr)	I = G - H				5.08	6.53	10.34	13.04	4.04	4.53	11.74	12.59	7.42	4.64	8.46	9.19	
PESO RECIPIENTE (gr)	J				16.70	17.36	13.31	19.94	20.08	13.30	16.70	17.36	13.31	19.94	20.08	13.30	
PESO MUESTRA SECA (gr)	K = H - J				32.15	41.25	52.63	63.25	25.63	28.93	47.15	48.26	47.28	29.36	31.58	32.69	
CONTENIDO DE HUMEDAD	L = (I / K)*100				15.80%	15.83%	19.65%	20.62%	15.76%	15.66%	24.90%	26.09%	15.69%	15.80%	26.79%	28.11%	
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD	M = (L1+L2)/2				15.82%		20.13%		15.71%		25.49%		15.75%		27.45%		
<b>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA</b>																	
MOLDE No.									SL-8				AC-15		LL-22		
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN (gr)					N				12891				12212		11776		
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN (gr)					P				12657				11788		11241		
PESO AGUA ABSORBIDA (gr)					Q = N - P				234				424		535		
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA					R = (Q/C)*100				4.30%				8.90%		12.88%		

<b>DATOS DEL ESPONJAMIENTO</b>											
Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° SL 8			Molde N° AC 15			Molde N° LL 22		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulga.	%		Pulga.	%		Pulga.	%
2018-06-11	14h00	1	3	0.003	0.07	6	0.006	0.13	8	0.008	0.18
2018-06-12	14h00	2	7	0.007	0.15	9	0.009	0.20	15	0.015	0.33
2018-06-13	14h00	3	11	0.011	0.24	13	0.013	0.29	19	0.019	0.42
2018-06-14	14h00	4	11	0.011	0.24	13	0.013	0.29	23	0.023	0.51
2018-06-15	14h00	5	11	0.011	0.24	13	0.013	0.29	23	0.023	0.51
<b>DATOS DE PENETRACIÓN</b>											
Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde N° SL 8			Molde N° AC 15			Molde N° LL 22			
		Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	
0.000		Dial	lb/pulg <sup>2</sup>		Dial	lb/pulg <sup>2</sup>		Dial	lb/pulg <sup>2</sup>		
0.025		397	409		280	288		211	217		
0.050		682	702		421	434		294	303		
0.075		894	921		598	616		345	355		
0.100	1000	1024	1055	<b>108.47</b>	723	745	<b>77.47</b>	511	526	<b>55.63</b>	
0.150		1231	1268		836	861		578	595		
0.200		1343	1383	<b>94.22</b>	978	1007	<b>69.16</b>	693	714	<b>49.59</b>	
0.250		1385	1427		992	1022		789	813		
0.300		1449	1492		1034	1065		843	868		
0.400		1512	1557		1125	1159		862	888		
0.500		1534	1580		1178	1213		891	918		
0.600		1556	1603		1234	1271		924	952		

Gráfica 3. 33. Presiones vs Penetración Base Pintag Clase 3.



Gráfica 3. 34. Densidad Máxima vs C.B.R. Base Pintag Clase 3.

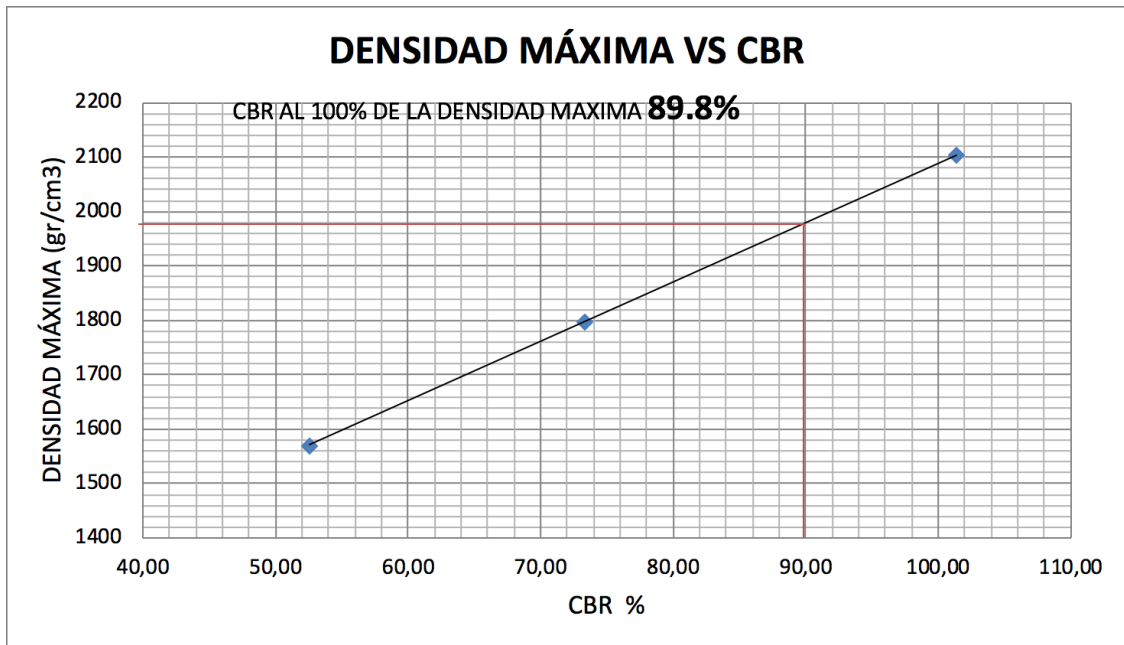


Tabla 3. 60. Resumen Valor C.B.R. Base Pintag Clase 3.

Resumen Valor C.B.R		
Humedad Óptima	12,01	%
Densidad Máxima	1985,5	gr/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	89,8	%

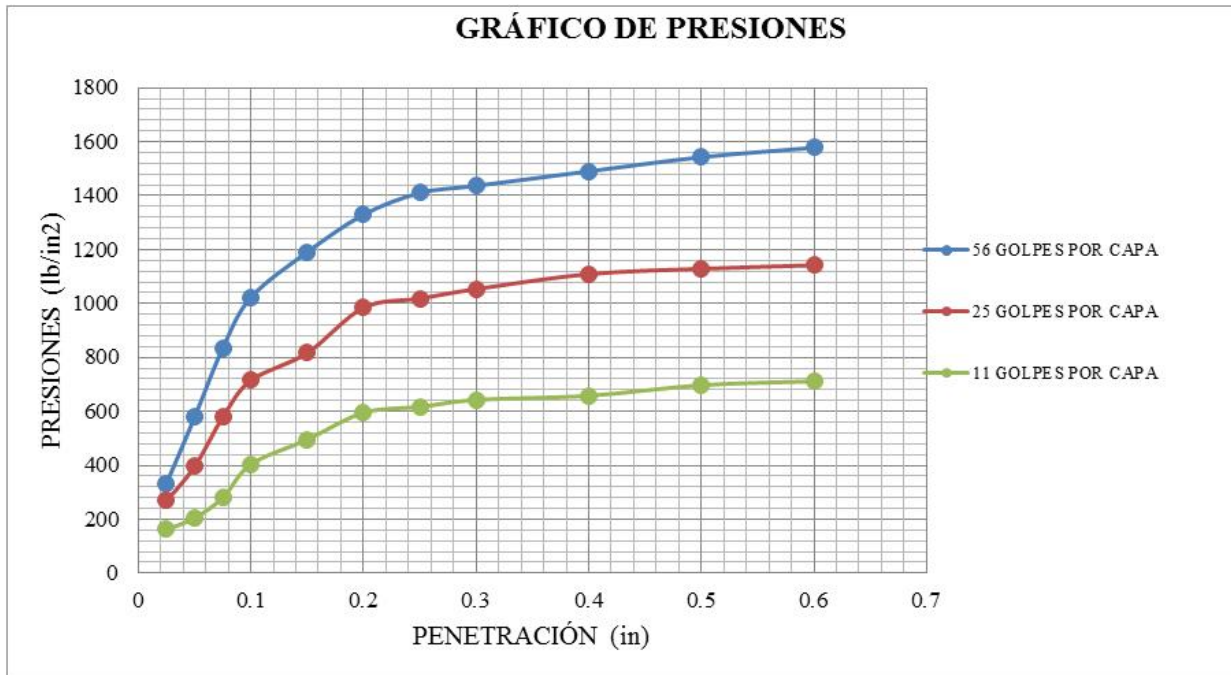
BASE CLASE 4

Tabla 3. 61. California Bearing Ratio Base Pintag Clase 4.

<b>CBR BASE CLASE 4 PINTAG</b>																	
MOLDE No.				G-2				AC-28				SL-11					
No. DE CAPAS				5				5				5					
No. DE GOLPES POR CAPAS				56				25				10					
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>				ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.			
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE (gr)	A			12243		12453		11566		11911		10876		11433			
PESO MOLDE (gr)	B			7005		7005		7092		7092		6996		6996			
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	C = A - B			5238		5448		4474		4819		3880		4437			
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	D			2205		2205		2294		2294		2226		2226			
DENSIDAD HÚMEDA (kg/cm <sup>3</sup> )	E = C/D*1000			2.376		2.471		1.950		2.101		1.743		1.993			
DENSIDAD SECA (kg/cm <sup>3</sup> )	F = E / (1 + G)			2091		2133		1718		1764		1537		1609			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>				ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO		
RECIPIENTE No.				B-19	BA-16	B-9	BA-16	O-21	B-14	OR-7	B-19	B-9	OR-7	B-14	O-21		
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE (gr)	G			61.39	62.63	70.38	57.14	52.88	50.06	79.66	71.83	69.53	86.69	57.36	60.82		
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	H			55.94	56.60	63.32	50.79	48.35	45.88	70.18	62.84	63.25	78.90	49.32	51.79		
PESO AGUA (gr)	I = G - H			5.45	6.03	7.06	6.35	4.53	4.18	9.48	8.99	6.28	7.79	8.04	9.03		
PESO RECIPIENTE (gr)	J			16.06	12.08	16.93	12.08	14.90	14.90	20.09	16.06	16.93	20.09	14.90	14.90		
PESO MUESTRA SECA (gr)	K = H - J			39.88	44.52	46.39	38.71	33.45	30.98	50.09	46.78	46.32	58.81	34.42	36.89		
CONTENIDO DE HUMEDAD	L = (I / K)*100			13.67%	13.54%	15.22%	16.40%	13.54%	13.49%	18.93%	19.22%	13.56%	13.25%	23.36%	24.48%		
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD	M = (L1+L2)/2			13.61%		15.81%		13.52%		19.07%		13.40%		23.92%			
<b>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA</b>																	
MOLDE No.								G-2				AC-28			SL-11		
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN (gr)	N							12453				11911			11433		
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN (gr)	P							12243				11566			10876		
PESO AGUA ABSORBIDA (gr)	Q = N - P							210				345			557		
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA	R = (Q/C)*100							4.01%				7.71%			14.36%		

<b>DATOS DEL ESPONJAMIENTO</b>											
Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° G 2			Molde N° AC 28			Molde N° SL 11		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulga.	%		Pulga.	%		Pulga.	%
2018-06-11	14h00	1	2	0.002	0.04	5	0.005	0.11	7	0.007	0.15
2018-06-12	14h00	2	2	0.002	0.04	7	0.007	0.15	9	0.009	0.20
2018-06-13	14h00	3	4	0.004	0.09	11	0.011	0.24	13	0.013	0.29
2018-06-14	14h00	4	4	0.004	0.09	11	0.011	0.24	13	0.013	0.29
2018-06-15	14h00	5	4	0.004	0.09	11	0.011	0.24	13	0.013	0.29
<b>DATOS DE PENETRACIÓN</b>											
Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde N° G 2		Molde N° AC 28		Molde N° SL 11					
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.				
0.000		Dial	lb/pulg <sup>2</sup>	Dial	lb/pulg <sup>2</sup>	Dial	lb/pulg <sup>2</sup>				
0.025		323	333	261	269	157	162				
0.050		562	579	384	396	199	205				
0.075		811	835	562	579	272	280				
0.100	1000	993	1023	<b>105.28</b>	694	715	<b>74.48</b>	392	404	<b>43.38</b>	
0.150		1156	1191		793	817		481	495		
0.200		1291	1330	<b>90.65</b>	956	985	<b>67.65</b>	578	595	<b>41.69</b>	
0.250		1369	1410		989	1019		599	617		
0.300		1395	1437		1023	1054		624	643		
0.400		1447	1490		1077	1109		639	658		
0.500		1498	1543		1096	1129		677	697		
0.600		1532	1578		1109	1142		691	712		

Gráfica 3. 35. Presiones vs Penetración Base Pintag Clase 4.



Gráfica 3. 36. Densidad Máxima vs C.B.R. Base Pintag Clase 4.

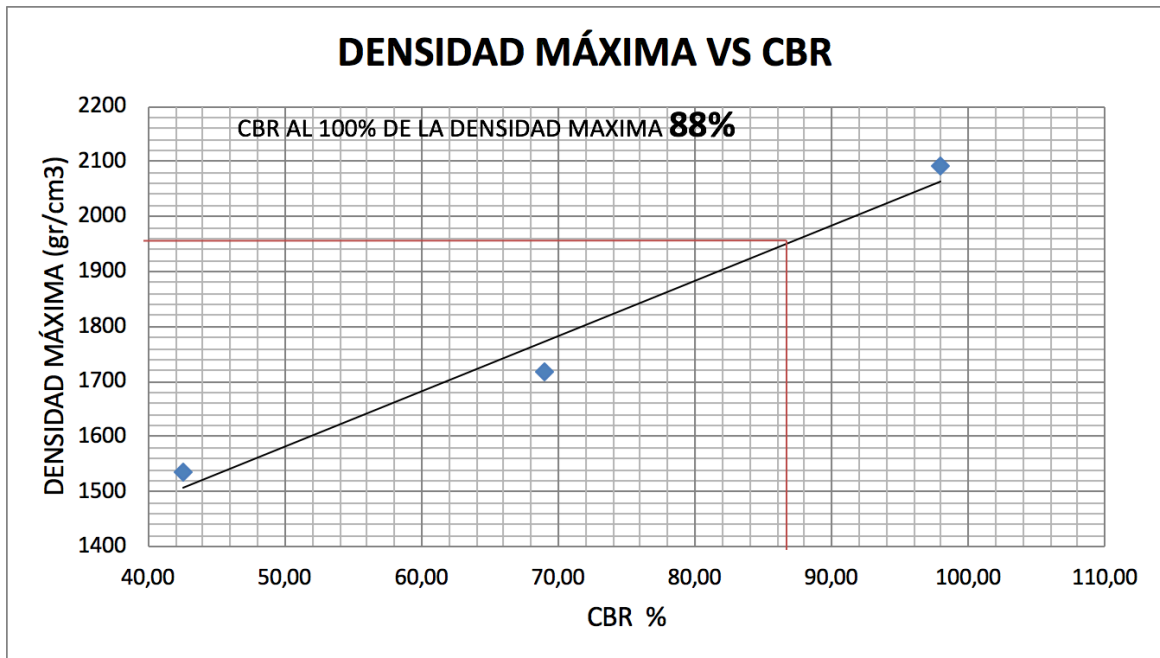


Tabla 3. 62. Resumen Valor C.B.R. Base Pintag Clase 4.

Resumen Valor C.B.R		
Humedad Óptima	11,39	%
Densidad Máxima	1963,65	gr/cm3
Valor C.B.R.	88	%

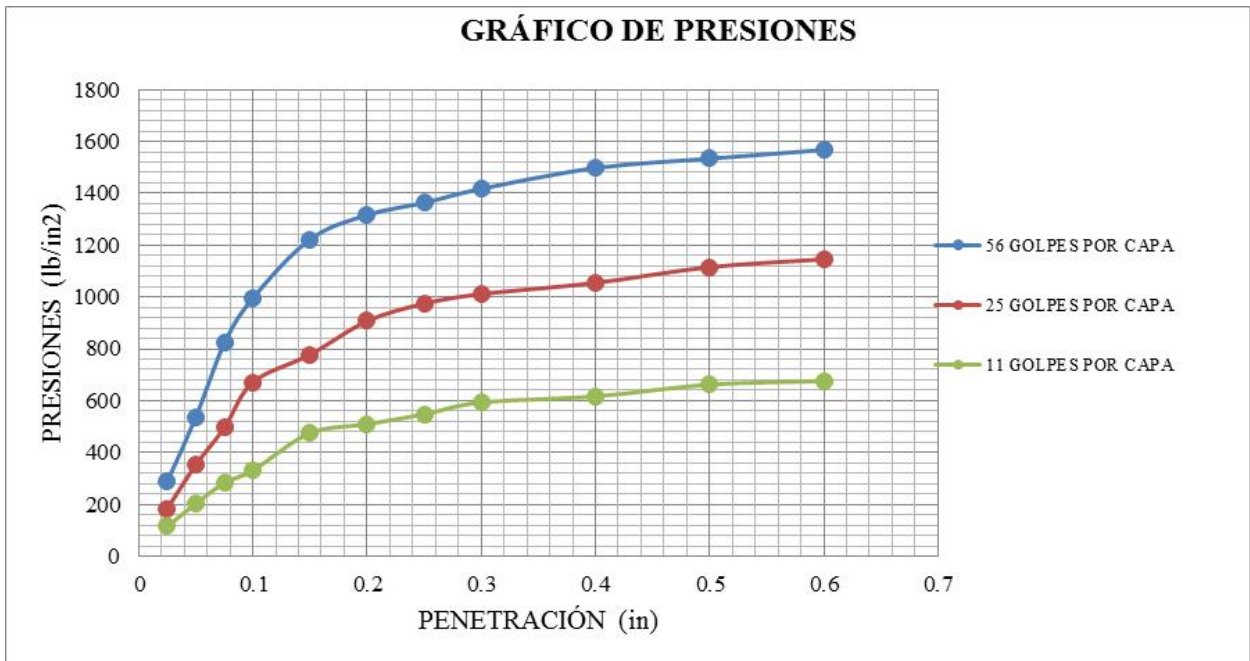
SUBBASE CLASE 1

Tabla 3. 63. California Bearing Ratio Subbase Pintag Clase I.

<b>CBR SUB BASE CLASE 1 PINTAG</b>															
MOLDE No.				G-7				AL-22				G-1			
No. DE CAPAS				5				5				5			
No. DE GOLPES POR CAPAS				56				25				10			
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>				<b>ANT. SATU.</b>		<b>DES. SATU.</b>		<b>ANT. SATU.</b>		<b>DES. SATU.</b>		<b>ANT. SATU.</b>		<b>DES. SATU.</b>	
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE (gr)	A			12081		12355		11342		11876		10822		11445	
PESO MOLDE (gr)	B			7105		7105		7088		7088		7015		7015	
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	C = A - B			4976		5250		4254		4788		3807		4430	
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	D			2215		2215		2286		2286		2286		2286	
DENSIDAD HÚMEDA (kg/cm <sup>3</sup> )	E = C/D*1000			2.247		2.370		1.861		2.094		1.665		1.938	
DENSIDAD SECA (kg/cm <sup>3</sup> )	F = E / (1 + G)			1979		1988		1640		1689		1469		1524	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>				<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>
RECIPIENTE No.				B-11	BA-10	F	B-16	QR-9	B-16	B-15	BA-10	B-15	F	QR-9	B-11
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE (gr)	G			63.26	70.09	74.31	85.64	90.57	90.98	89.42	91.26	92.08	98.16	118.32	89.40
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	H			57.71	63.24	65.39	74.39	82.09	82.12	75.54	75.67	83.23	88.64	97.27	73.72
PESO AGUA (gr)	I = G - H			5.55	6.85	8.92	11.25	8.48	8.86	13.88	15.59	8.85	9.52	21.05	15.68
PESO RECIPIENTE (gr)	J			16.79	12.19	18.41	16.51	18.65	16.51	16.32	12.19	16.32	18.41	18.65	16.79
PESO MUESTRA SECA (gr)	K = H - J			40.92	51.05	46.98	57.88	63.44	65.61	59.22	63.48	66.91	70.23	78.62	56.93
CONTENIDO DE HUMEDAD	L = (I / K)*100			13.56%	13.42%	18.99%	19.44%	13.37%	13.50%	23.44%	24.56%	13.23%	13.56%	26.77%	27.54%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD	M = (L1+L2)/2			13.49%		19.21%		13.44%		24.00%		13.39%		27.16%	
<b>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA</b>															
MOLDE No.								G-7		AL-22		G-1			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN (gr)	N							12355		11876		11445			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DESATURACIÓN (gr)	P							12081		11342		10822			
PESO AGUA ABSORBIDA (gr)	Q = N - P							274		534		623			
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA	R = (Q/C)*100							5.51%		12.55%		16.36%			

<b>DATOS DEL ESPONJAMIENTO</b>											
Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° G 7			Molde N° AL 22			Molde N° G 1		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulga.	%		Pulga.	%		Pulga.	%
2018-06-11	14h00	1	2	0.002	0.04	3	0.003	0.07	5	0.005	0.11
2018-06-12	14h00	2	4	0.004	0.09	6	0.006	0.13	11	0.011	0.24
2018-06-13	14h00	3	7	0.007	0.15	9	0.009	0.20	16	0.016	0.35
2018-06-14	14h00	4	7	0.007	0.15	11	0.011	0.24	21	0.021	0.46
2018-06-15	14h00	5	7	0.007	0.15	11	0.011	0.24	21	0.021	0.46
<b>DATOS DE PENETRACIÓN</b>											
Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde N° G 7		Molde N° AL 22		Molde N° G 1					
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.				
0.000		Dial	lb/pulg <sup>2</sup>	Dial	lb/pulg <sup>2</sup>	Dial	lb/pulg <sup>2</sup>				
0.025		281	289	179	184	112	115				
0.050		522	538	343	353	197	203				
0.075		798	822	482	496	275	283				
0.100	1000	967	996	<b>102.60</b>	652	672	<b>70.16</b>	322	332	<b>36.17</b>	
0.150		1187	1223		755	778		461	475		
0.200		1278	1316	<b>89.76</b>	881	907	<b>62.50</b>	495	510	<b>35.99</b>	
0.250		1324	1364		946	974		532	548		
0.300		1376	1417		982	1011		576	593		
0.400		1454	1498		1024	1055		599	617		
0.500		1489	1534		1083	1115		643	662		
0.600		1522	1568		1112	1145		656	676		

Gráfica 3. 37. Presiones vs Penetración Subbase Pintag Clase 1.



Gráfica 3. 38. Densidad Máxima vs C.B.R. Subbase Pintag Clase 1.

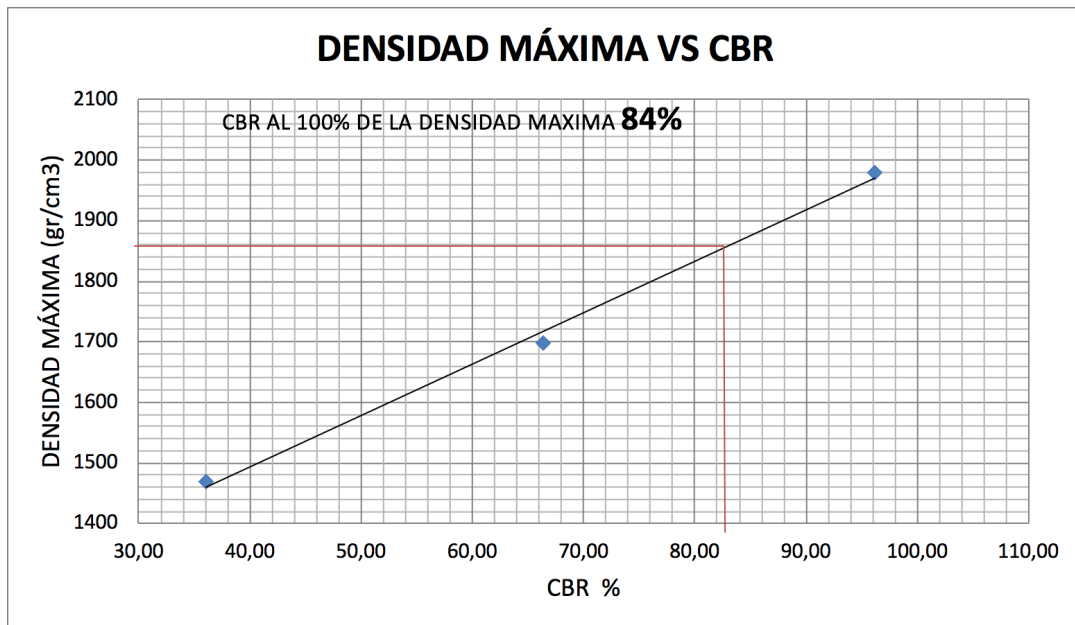


Tabla 3. 64. Resumen Valor Del C.B.R.Subbase Pintag Clase 1.

Resumen Valor C.B.R		
Humedad Óptima	14,87	%
Densidad Máxima	1868,65	gr/cm3
Valor C.B.R.	84	%

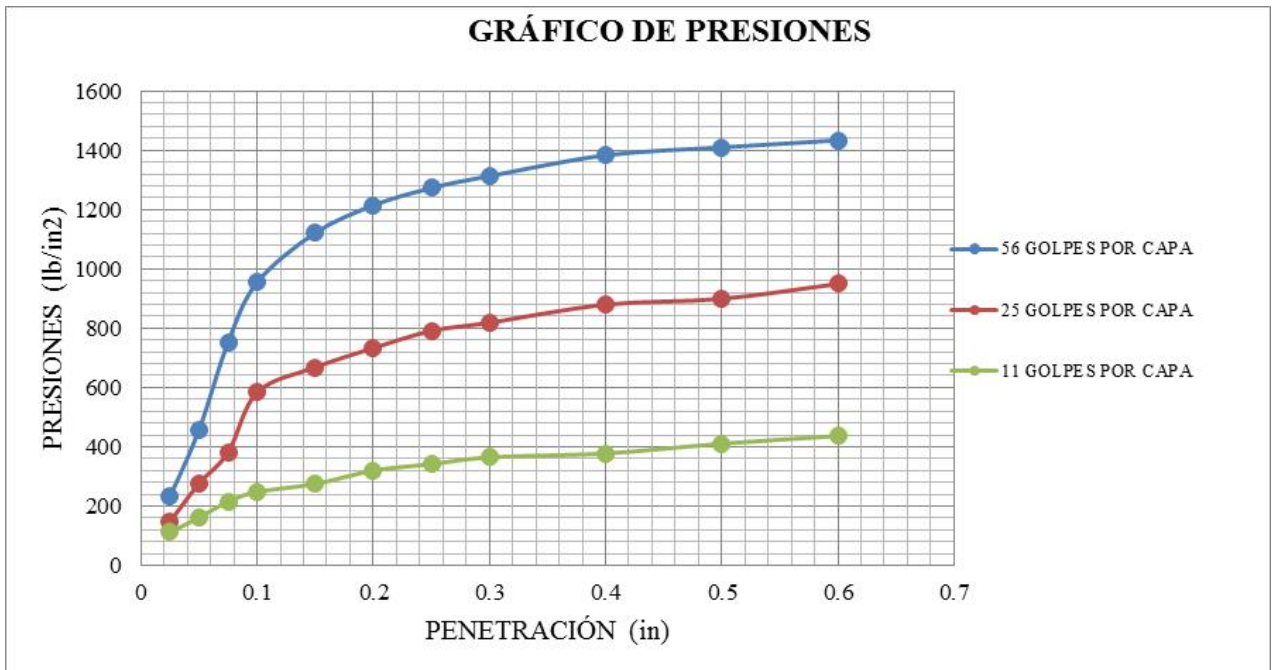
SUBBASE CLASE 2

Tabla 3. 65. California Bearing Ratio Subbase Pintag Clase 2.

<b>CBR SUB BASE CLASE 2 PINTAG</b>															
MOLDE No.		G-25				G-19				G-17					
No. DE CAPAS		5				5				5					
No. DE GOLPES POR CAPAS		56				25				10					
<i>CONDICIONES DE LA MUESTRA</i>		ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.			
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE (gr)	A	12112		12657		10986		11532		10645		11671			
PESO MOLDE (gr)	B	6998		6998		6875		6875		7036		7036			
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	C = A - B	5114		5659		4111		4657		3609		4635			
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	D	2286		2286		2215		2215		2258		2258			
DENSIDAD HÚMEDA (kg/cm3)	E = C/D*1000	2.237		2.476		1.856		2.102		1.598		2.053			
DENSIDAD SECA (kg/cm3)	F = E / (1 + G)	1992		2059		1654		1684		1421		1595			
<i>CONTENIDO DE HUMEDAD</i>		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO		
RECIPIENTE No.		B-3	BA-8	4	D-26	4	B-21	B-3	HHC	D-26	HHC	B-21	BA-8		
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE (gr)	G	58.30	61.79	80.92	69.62	71.63	80.84	73.22	82.76	79.32	88.16	97.92	66.26		
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	H	53.57	56.31	70.72	60.00	65.98	73.74	61.88	70.00	72.23	80.43	80.00	54.00		
PESO AGUA (gr)	I = G - H	4.73	5.48	10.20	9.62	5.65	7.10	11.34	12.76	7.09	7.73	17.92	12.26		
PESO RECIPIENTE (gr)	J	14.90	12.14	19.08	13.55	19.08	16.35	14.90	20.12	13.55	20.12	16.35	12.14		
PESO MUESTRA SECA (gr)	K = H - J	38.67	44.17	51.64	46.45	46.90	57.39	46.98	49.88	58.68	60.31	63.65	41.86		
CONTENIDO DE HUMEDAD	L = (I / K)*100	12.23%	12.41%	19.75%	20.71%	12.05%	12.37%	24.14%	25.58%	12.08%	12.82%	28.15%	29.29%		
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD	M = (L1+L2)/2	12.32%		20.23%		12.21%		24.86%		12.45%		28.72%			
<i>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA</i>															
MOLDE No.		G-25				G-19				G-17					
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN (gr)		N		12657		11532		11671							
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN (gr)		P		12112		10986		10645							
PESO AGUA ABSORBIDA (gr)		Q = N - P		545		546		1026							
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA		R=(Q/C)*100		10.66%		13.28%		28.43%							

<b>DATOS DEL ESPONJAMIENTO</b>											
Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° G 25			Molde N° G 19			Molde N° G 17		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulga.	%		Pulga.	%		Pulga.	%
2018-06-11	14h00	1	1	0.001	0.02	3	0.003	0.07	5	0.005	0.11
2018-06-12	14h00	2	3	0.003	0.07	7	0.007	0.15	13	0.013	0.29
2018-06-13	14h00	3	4	0.004	0.09	11	0.011	0.24	17	0.017	0.37
2018-06-14	14h00	4	4	0.004	0.09	11	0.011	0.24	17	0.017	0.37
2018-06-15	14h00	5	4	0.004	0.09	11	0.011	0.24	17	0.017	0.37
<b>DATOS DE PENETRACIÓN</b>											
Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde N° G 25			Molde N° G 19			Molde N° G 17			
		Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	
0.000		Dial	lb/pulg <sup>2</sup>		Dial	lb/pulg <sup>2</sup>		Dial	lb/pulg <sup>2</sup>		
0.025		227	234		144	148		109	112		
0.050		445	458		269	277		157	162		
0.075		732	754		371	382		209	215		
0.100	1000	927	955	<b>98.48</b>	567	584	<b>61.40</b>	241	248	<b>27.82</b>	
0.150		1089	1122		649	668		267	275		
0.200		1179	1214	<b>82.96</b>	712	733	<b>50.89</b>	311	320	<b>23.36</b>	
0.250		1236	1273		768	791		332	342		
0.300		1275	1313		795	819		354	365		
0.400		1343	1383		854	880		367	378		
0.500		1369	1410		873	899		399	411		
0.600		1392	1434		922	950		424	437		

Gráfica 3. 39. Presiones vs Penetración Subbase Pintag Clase 2.



Gráfica 3. 40. Densidades Máximas vs C.B.R. Subbase Pintag Clase 2.

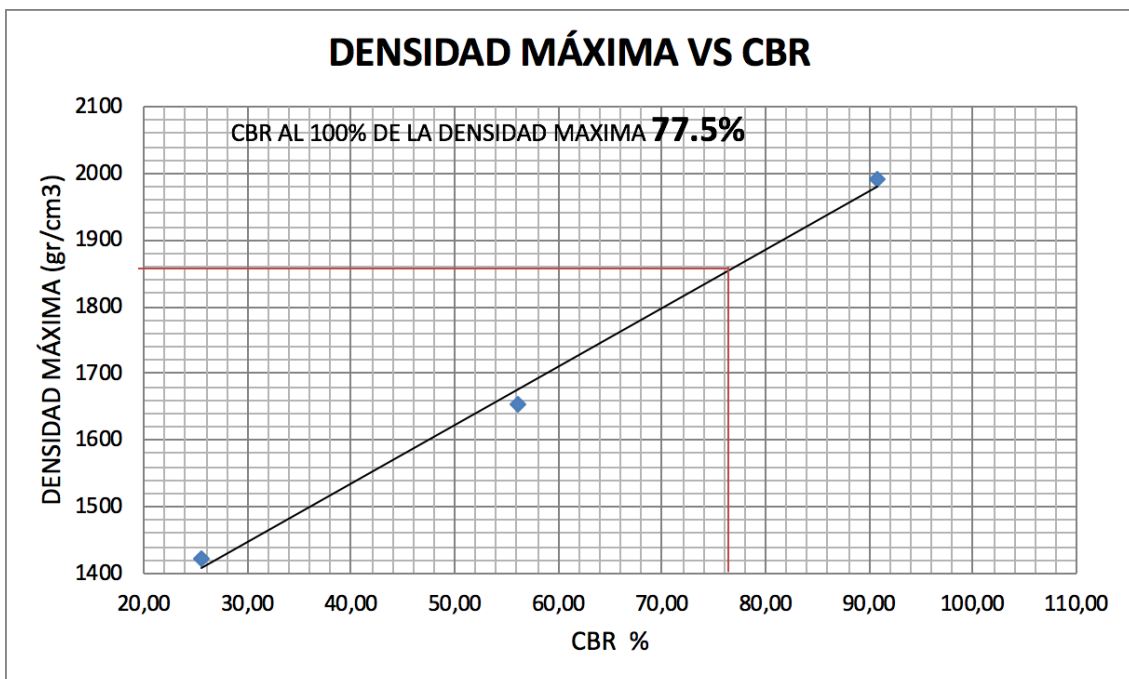


Tabla 3. 66. Resumen Valor del C.B.R. Subbase Pintag Clase 2.

Resumen Valor C.B.R		
Humedad Óptima	12,1	%
Densidad Máxima	1859	gr/cm3
Valor C.B.R.	77,5	%

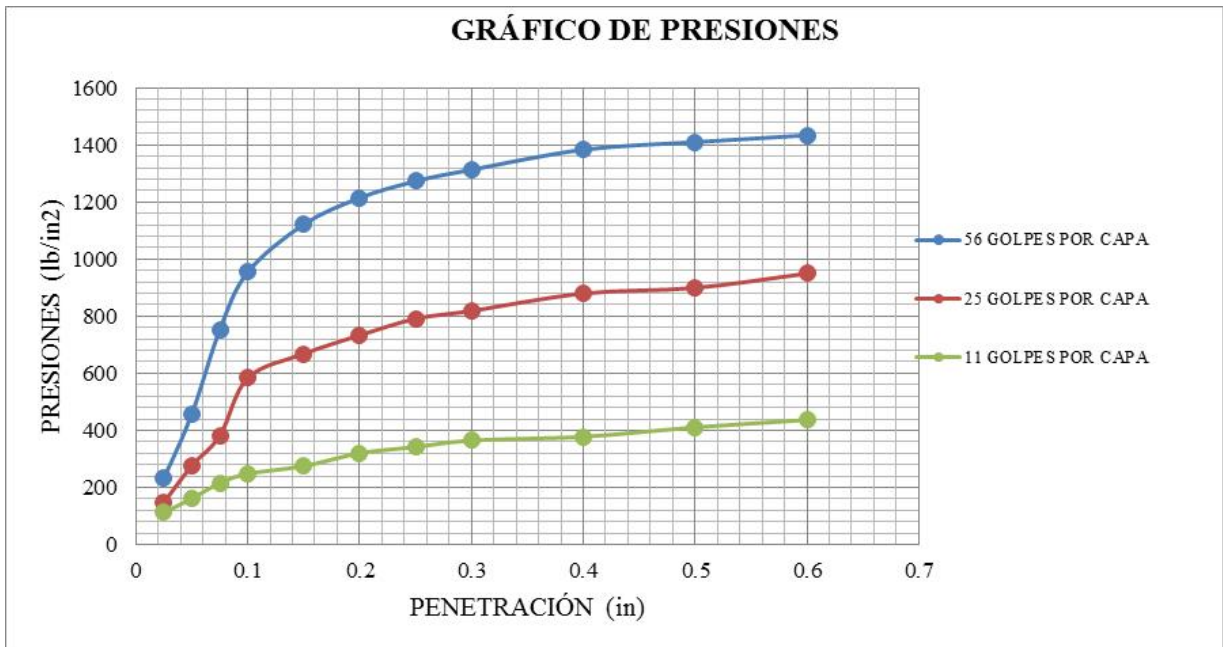
SUBBASE CLASE 3

Tabla 3. 67. California Bearing Ratio Subbase Pintag Clase 3.

<b>CBR SUB BASE CLASE 3 PINTAG</b>														
MOLDE No.				G-21				G-16				SL-23		
No. DE CAPAS				5				5				5		
No. DE GOLPES POR CAPAS				56				25				10		
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>			ANT. SATU.	DES. SATU.		ANT. SATU.	DES. SATU.		ANT. SATU.	DES. SATU.		ANT. SATU.	DES. SATU.	
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE (gr)	A		11676	11998		11143	11886		10670	12124				
PESO MOLDE (gr)	B		7015	7015		7022	7022		7302	7302				
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	C = A - B		4661	4983		4121	4864		3368	4822				
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	D		2215	2215		2286	2286		2209	2209				
DENSIDAD HÚMEDA (kg/cm3)	E = C/D*1000		2.104	2.250		1.803	2.128		1.525	2.183				
DENSIDAD SECA (kg/cm3)	F = E / (1 + G)		1826	1892		1565	1714		1324	1688				
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
RECIPIENTE No.			B-30	D-1	2	B-30	ML-T	B-6	D-1	B-6	D-12	2	ML-T	D-12
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE (gr)	G		56.23	62.33	81.57	77.34	83.74	83.04	75.13	76.18	73.94	62.82	69.06	66.27
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	H		51.17	55.85	71.99	67.82	75.11	74.41	63.27	64.54	65.95	57.31	57.77	54.18
PESO AGUA (gr)	I = G - H		5.06	6.48	9.58	9.52	8.63	8.63	11.86	11.64	7.99	5.51	11.29	12.09
PESO RECIPIENTE (gr)	J		17.95	13.18	20.87	17.95	18.78	17.20	13.18	17.20	13.40	20.87	18.78	13.40
PESO MUESTRA SECA (gr)	K = H - J		33.22	42.67	51.12	49.87	56.33	57.21	50.09	47.34	52.55	36.44	38.99	40.78
CONTENIDO DE HUMEDAD	L = (I / K)*100		15.23%	15.19%	18.74%	19.09%	15.32%	15.08%	23.68%	24.59%	15.20%	15.12%	28.96%	29.65%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD	M = (L1+L2)/2		15.21%		18.91%		15.20%		24.13%		15.16%		29.30%	
<b>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA</b>														
MOLDE No.							G-21		G-16		SL-23			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN (gr)		N					11998		11886		12124			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN (gr)		P					11676		11143		10670			
PESO AGUA ABSORBIDA (gr)		Q = N - P					322		743		1454			
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA		R = (Q/C)*100					6.91%		18.03%		43.17%			

<b>DATOS DEL ESPONJAMIENTO</b>											
Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° G 25			Molde N° G 19			Molde N° G 17		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulga.	%		Pulga.	%		Pulga.	%
2018-06-11	14h00	1	1	0.001	0.02	3	0.003	0.07	5	0.005	0.11
2018-06-12	14h00	2	3	0.003	0.07	7	0.007	0.15	13	0.013	0.29
2018-06-13	14h00	3	4	0.004	0.09	11	0.011	0.24	17	0.017	0.37
2018-06-14	14h00	4	4	0.004	0.09	11	0.011	0.24	17	0.017	0.37
2018-06-15	14h00	5	4	0.004	0.09	11	0.011	0.24	17	0.017	0.37
<b>DATOS DE PENETRACIÓN</b>											
Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde N° G 25			Molde N° G 19			Molde N° G 17			
		Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	
0.000		Dial	lb/pulg <sup>2</sup>		Dial	lb/pulg <sup>2</sup>		Dial	lb/pulg <sup>2</sup>		
0.025		227	234		144	148		109	112		
0.050		445	458		269	277		157	162		
0.075		732	754		371	382		209	215		
0.100	1000	927	955	<b>98.48</b>	567	584	<b>61.40</b>	241	248	<b>27.82</b>	
0.150		1089	1122		649	668		267	275		
0.200		1179	1214	<b>82.96</b>	712	733	<b>50.89</b>	311	320	<b>23.36</b>	
0.250		1236	1273		768	791		332	342		
0.300		1275	1313		795	819		354	365		
0.400		1343	1383		854	880		367	378		
0.500		1369	1410		873	899		399	411		
0.600		1392	1434		922	950		424	437		

Gráfica 3. 41. Presiones vs Penetración Subbase Pintag Clase 3



Gráfica 3. 42. Densidad Máxima vs C.B.R. Subbase Pintag Clase 3.

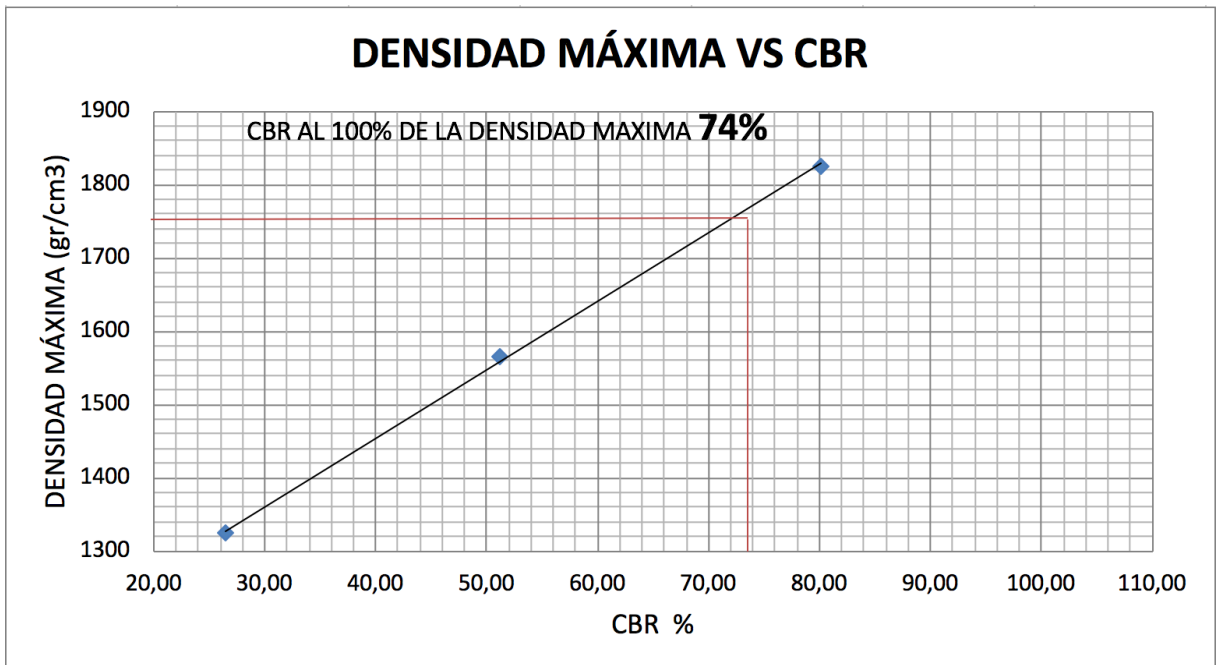


Tabla 3. 68. Valor de C.B.R. Subbase Pintag Clase 3.

Resumen Valor C.B.R		
Humedad Óptima	14,27	%
Densidad Máxima	1772,7	gr/cm3
Valor C.B.R.	74	%

### 3.9.3.2.Mina de Pifo

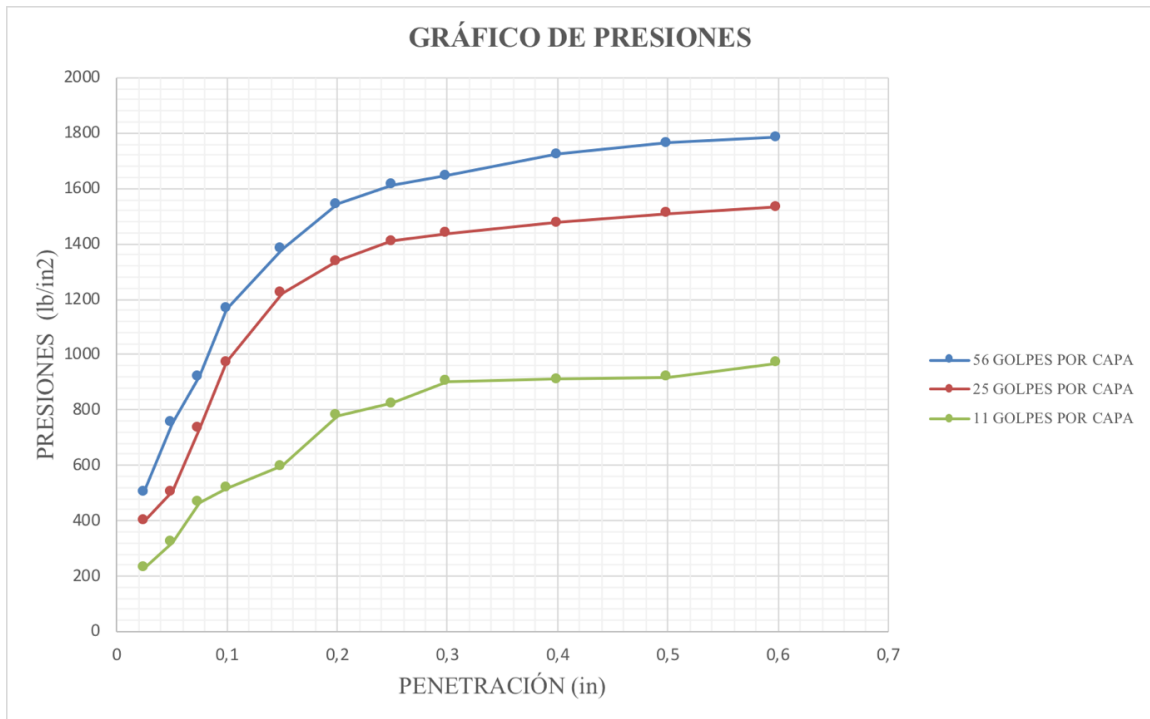
#### BASE CLASE 1A

Tabla 3. 69. California Bearing Ratio Base Pifo Clase 1.

CBR BASE CLASE 1 PIFO													
MOLDE No.		L-61				R-32				SL-12			
No. DE CAPAS		5				5				5			
No. DE GOLPES POR CAPAS		56				25				11			
CONDICIONES DE LA MUESTRA		ANT. SATURAR		DES. SATURAR		ANT. SATURAR		DES. SATURAR		ANT. SATURAR		DES. SATURAR	
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE (gr)	A	12987		13123		10875		11233		10978		11341	
PESO MOLDE (gr)	B	7400		7400		6376		6376		7110		7110	
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	C = A - B	5587		5723		4499		4857		3868		4231	
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	D	2291		2291		2099		2099		2270		2270	
DENSIDAD HÚMEDA (kg/cm3)	E = C/D*1000	2,439		2,498		2,143		2,314		1,704		1,864	
DENSIDAD SECA (kg/cm3)	F = E / (1 + G)	2160		2173		1901		1969		1512		1544	
CONTENIDO DE HUMEDAD		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
RECIPIENTE No.		OP-7	ML-13	JL	JL-33	QT-9	JL	MJ-16	ML-13	JL-33	MJ-16	OP-7	QT.9
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE (gr)	G	82,58	87,41	103,70	93,11	76,09	102,52	102,69	107,20	96,93	108,58	111,56	103,63
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	H	75,51	79,68	93,73	83,06	69,69	93,45	90,87	93,85	88,31	98,51	96,32	88,65
PESO AGUA (gr)	I = G - H	7,07	7,73	9,97	10,05	6,40	9,07	11,82	13,35	8,62	10,07	15,24	14,98
PESO RECIPIENTE (gr)	J	20,09	20,60	23,61	18,95	18,76	23,61	20,42	20,60	18,95	20,42	20,09	18,76
PESO MUESTRA SECA (gr)	K = H - J	55,42	59,08	70,12	64,11	50,93	69,84	70,45	73,25	69,36	78,09	76,23	69,89
CONTENIDO DE HUMEDAD	L = (I / K)*100	12,76%	13,08%	14,22%	15,68%	12,57%	12,99%	16,78%	18,23%	12,43%	12,90%	19,99%	21,43%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD	M = (L1+L2)/2	12,92%		14,95%		12,78%		17,50%		12,66%		20,71%	
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA													
MOLDE No.		L-61				R-32				SL-12			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN (gr)		N		13123		11233		11341					
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN (gr)		P		12987		10875		10978					
PESO AGUA ABSORBIDA (gr)		Q = N - P		136		358		363					
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA		R=(Q/C)*100		2,43%		7,96%		9,38%					

<b>DATOS DE ESPONJAMIENTOS</b>											
Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° L 61			Molde N° R 32			Molde N°SL 22		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulga.	%		Pulga.	%		Pulga.	%
2018-06-08	14h00	1	1	0,001	0,02	2	0,002	0,04	4	0,004	0,09
2018-06-09	14h00	2	1	0,001	0,02	3	0,003	0,07	6	0,006	0,13
2018-06-10	14h00	3	2	0,002	0,04	3	0,003	0,07	6	0,006	0,13
2018-06-11	14h00	4	2	0,002	0,04	3	0,003	0,07	6	0,006	0,13
2018-06-12	14h00	5	2	0,002	0,04	3	0,003	0,07	6	0,006	0,13
<b>DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN</b>											
Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde N° L 61		Molde N° R 32		Molde N°SL 22					
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.				
0,000		dial	lb/pulg <sup>2</sup>	dial	lb/pulg <sup>2</sup>	dial	lb/pulg <sup>2</sup>				
0,025		491	506	387	399	223	230				
0,050		732	754	490	505	314	323				
0,075		894	921	712	733	452	466				
0,100	1000	1131	1165	<b>119,49</b>	945	973	<b>100,34</b>	504	519	<b>54,91</b>	
0,150		1342	1382		1186	1222		581	598		
0,200		1498	1543	<b>104,86</b>	1298	1337	<b>91,13</b>	757	780	<b>53,98</b>	
0,250		1565	1612		1369	1410		799	823		
0,300		1598	1646		1395	1437		878	904		
0,400		1673	1723		1433	1476		885	912		
0,500		1712	1763		1467	1511		893	920		
0,600		1732	1784		1488	1533		942	970		

Gráfica 3. 43. Presiones vs Penetración Subbase Pifo Clase 1.



Gráfica 3. 44. Densidad Máxima vs C.B.R. Subbase Pifo Clase 1.

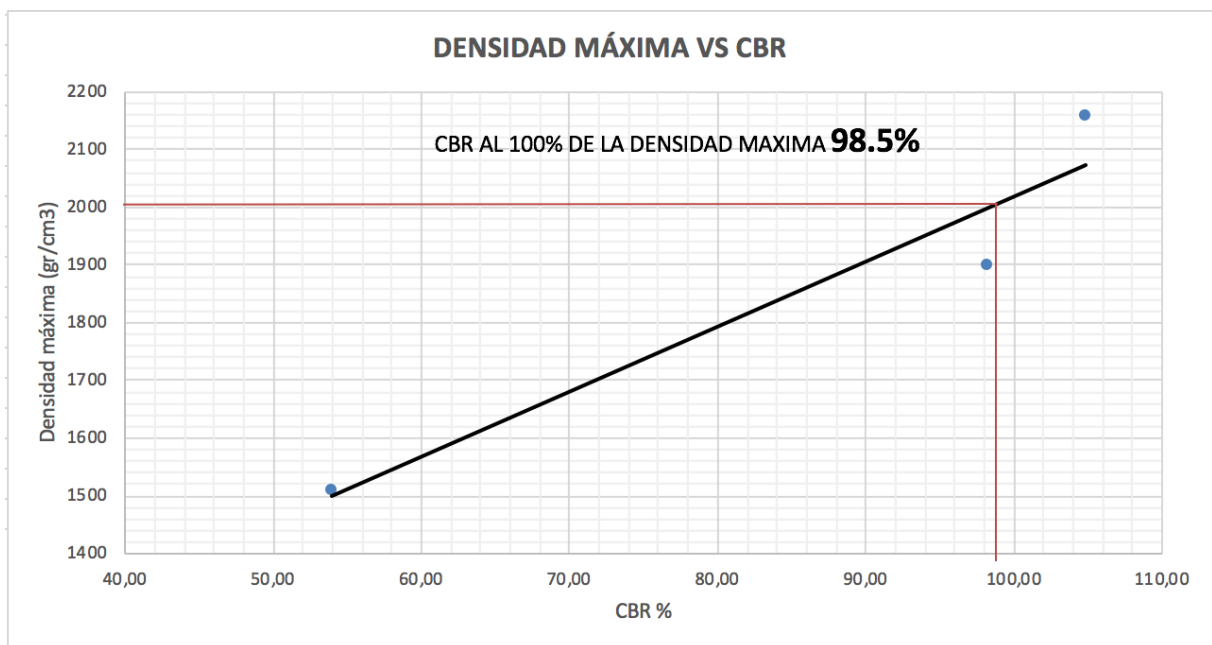


Tabla 3. 70. Resumen Valor C.B.R Base Pifo Clase 1.

Resumen Valor C.B.R		
Humedad Óptima	12,19	%
Densidad Máxima	2037,75	gr/cm3
Valor C.B.R.	98,5	%

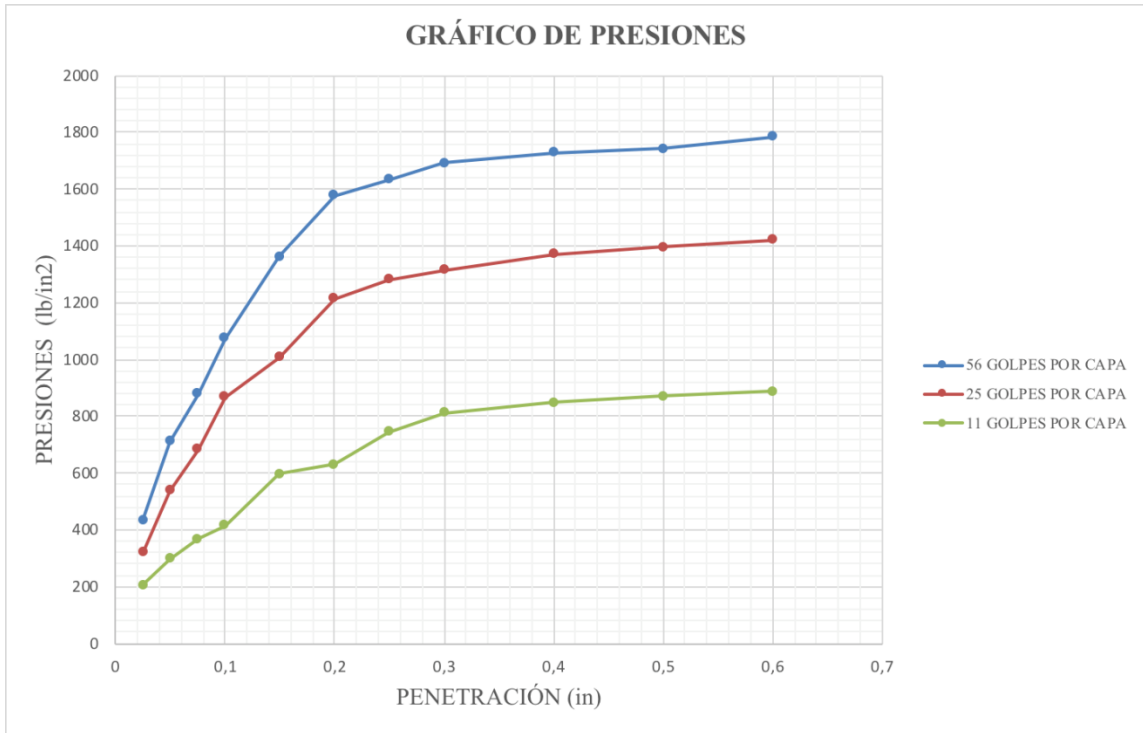
BASE CLASE 2

Tabla 3. 71. California Bearing Ratio Subbase Pifo Clase 2.

<b>CBR BASE CLASE 2 PIFO</b>																		
MOLDE No.					DP-2				R-3				CM-12					
No. DE CAPAS					5				5				5					
No. DE GOLPES POR CAPAS					56				25				10					
<i>CONDICIONES DE LA MUESTRA</i>				ANT. SATURAR		DES. SATURAR		ANT. SATURAR		DES. SATURAR		ANT. SATURAR		DES. SATURAR				
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE (gr)	A				12709	12976		11445	11788		10870	11300						
PESO MOLDE (gr)	B				7136	7136		7177	7177		6911	6911						
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	C = A - B				5573	5840		4268	4611		3959	4389						
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	D				2317	2317		2040	2040		2274	2274						
DENSIDAD HÚMEDA (kg/cm3)	E = C/D*1000				2,405	2,521		2,092	2,260		1,741	1,930						
DENSIDAD SECA (kg/cm3)	F = E / (1 + G)				2159	2167		1879	1911		1560	1598						
<i>CONTENIDO DE HUMEDAD</i>				ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO			
RECIPIENTE No.					B-9	M-20	AS	M-17	DS-7	B-26	M-20	B-9	M-17	AS	B-26	DS-7		
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE (gr)	G				67,90	56,01	89,91	77,86	98,60	83,99	62,74	76,51	57,90	97,82	101,48	117,32		
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	H				62,76	51,43	80,51	68,35	90,87	77,09	55,05	67,15	53,23	89,67	87,38	100,44		
PESO AGUA (gr)	I = G - H				5,14	4,58	9,40	9,51	7,73	6,90	7,69	9,36	4,67	8,15	14,10	16,88		
PESO RECIPIENTE (gr)	J				16,93	12,07	20,50	12,18	21,80	17,26	12,07	16,93	12,18	20,50	17,26	21,80		
PESO MUESTRA SECA (gr)	K = H - J				45,83	39,36	60,01	56,17	69,07	59,83	42,98	50,22	41,05	69,17	70,12	78,64		
CONTENIDO DE HUMEDAD	L = (I / K)*100				11,22%	11,64%	15,66%	16,93%	11,19%	11,53%	17,89%	18,64%	11,38%	11,78%	20,11%	21,46%		
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD	M = (L1+L2)/2				11,43%	16,30%	16,30%	16,30%	11,36%	11,36%	18,27%	18,27%	11,58%	11,58%	20,79%	20,79%		
<i>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA</i>																		
MOLDE No.								DP-2				R-3				CM-12		
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN (gr)	N							12976				11788				11300		
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN (gr)	P							12709				11445				10870		
PESO AGUA ABSORBIDA (gr)	Q = N - P							267				343				430		
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA	R = (Q/C)*100							4,79%				8,04%				10,86%		

<b>DATOS DE ESPONJAMIENTOS</b>											
Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° DP 2			Molde N° R 3			Molde N° CM 12		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulga.	%		Pulga.	%		Pulga.	%
2018-06-08	14h00	1	2	0,002	0,04	4	0,004	0,09	6	0,006	0,13
2018-06-09	14h00	2	2	0,002	0,04	7	0,007	0,15	9	0,009	0,20
2018-06-10	14h00	3	3	0,003	0,07	7	0,007	0,15	15	0,015	0,33
2018-06-11	14h00	4	3	0,003	0,07	7	0,007	0,15	15	0,015	0,33
2018-06-12	14h00	5	3	0,003	0,07	7	0,007	0,15	15	0,015	0,33
<b>DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN</b>											
Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde N° DP 2		Molde N° R 3		Molde N° CM 12					
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.				
0,000		dial	lb/pulg <sup>2</sup>	dial	lb/pulg <sup>2</sup>	dial	lb/pulg <sup>2</sup>				
0,025		421	434	312	321	201	207				
0,050		692	713	522	538	288	297				
0,075		853	879	663	683	356	367				
0,100	1000	1044	1075	<b>110,53</b>	842	867	<b>89,73</b>	404	416	<b>44,61</b>	
0,150		1324	1364		978	1007		579	596		
0,200		1532	1578	<b>107,20</b>	1179	1214	<b>82,96</b>	611	629	<b>43,96</b>	
0,250		1587	1635		1243	1280		723	745		
0,300		1643	1692		1277	1315		789	813		
0,400		1679	1729		1332	1372		823	848		
0,500		1692	1743		1355	1396		845	870		
0,600		1731	1783		1379	1420		861	887		

Gráfica 3. 45. Presiones vs Penetración Subbase Pifo Clase 2.



Gráfica 3. 46. Densidades Máximas vs C.B.R. Subbase Pifo Clase 2.

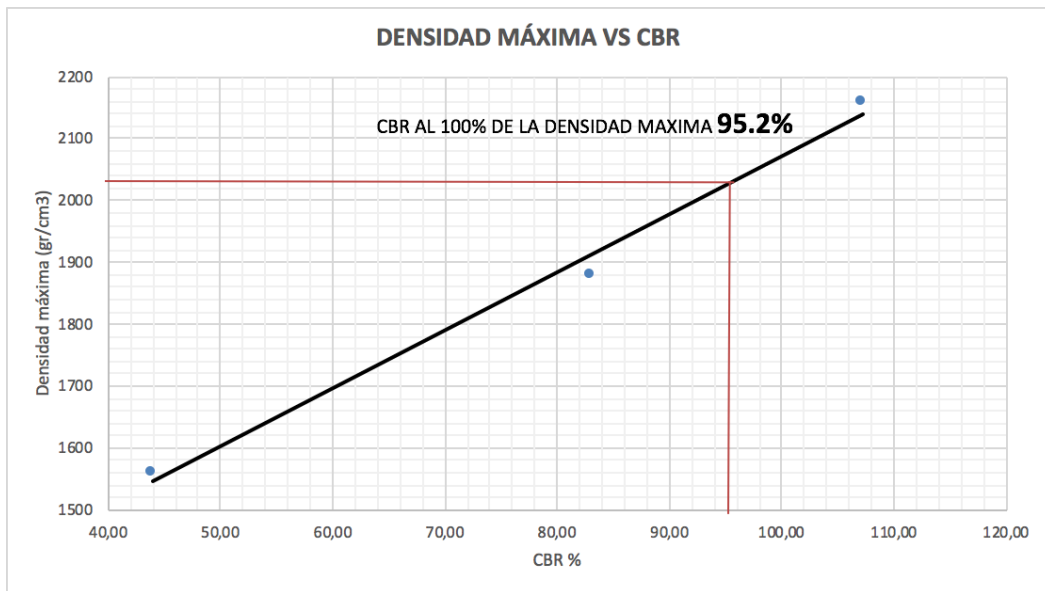


Tabla 3. 72. Resumen Valor C.B.R. Base Pifo Clase 2.

Resumen Valor C.B.R		
Humedad Óptima	11,55	%
Densidad Máxima	2033	gr/cm3
Valor C.B.R.	95,2	%

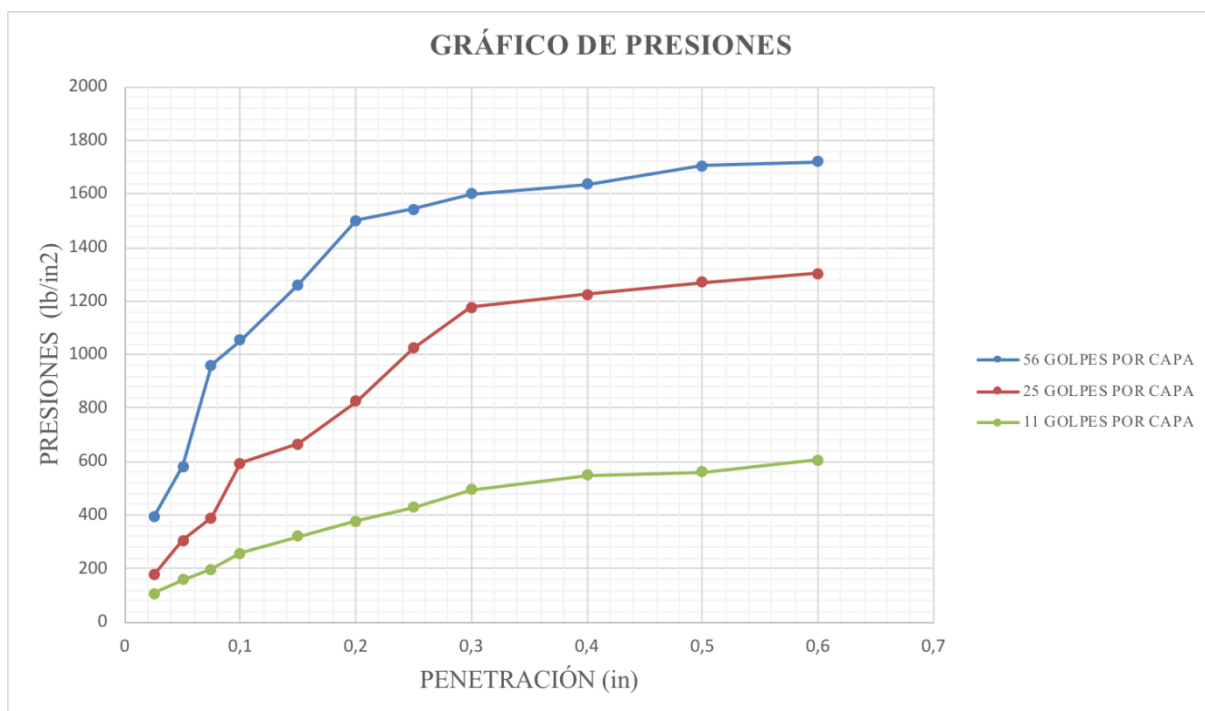
BASE CLASE 3

Tabla 3. 73. California Bearing Ratio Subbase Pifo Clase 3.

<b>CBR BASE CLASE 3 PIFO</b>																	
MOLDE No.						N-3			G-8			MJ					
No. DE CAPAS						5			5			5					
No. DE GOLPES POR CAPAS						56			25			10					
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>					<b>ANT. SATU.</b>		<b>DES. SATU.</b>		<b>ANT. SATU.</b>		<b>DES. SATU.</b>		<b>ANT. SATU.</b>		<b>DES. SATU.</b>		
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE (gr)	A				12789		12900		11234		11359		10119		10682		
PESO MOLDE (gr)	B				6814		6814		7028		7028		6800		6800		
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	C = A - B				5975		6086		4206		4331		3319		3882		
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	D				2490		2490		2286		2286		2109		2109		
DENSIDAD HÚMEDA (kg/cm3)	E = C/D*1000				2,400		2,444		1,840		1,895		1,574		1,841		
DENSIDAD SECA (kg/cm3)	F = E / (1 + G)				2116		2122		1623		1621		1388		1522		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>			
RECIPIENTE No.					D-36	D-17	BA-37	D-22	ML-29	C-20	D-17	D-36	D-22	BA-37	C-20	ML-29	
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE (gr)	G				76,98	74,97	65,86	76,09	64,13	67,04	71,52	78,18	65,01	55,98	70,73	88,05	
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	H				69,52	67,62	58,95	67,62	58,91	61,03	63,41	69,30	58,83	50,86	61,69	75,72	
PESO AGUA (gr)	I = G - H				7,46	7,35	6,91	8,47	5,22	6,01	8,11	8,88	6,18	5,12	9,04	12,33	
PESO RECIPIENTE (gr)	J				13,29	13,41	12,13	13,29	19,10	16,70	13,41	18,65	13,29	12,13	16,70	19,10	
PESO MUESTRA SECA (gr)	K = H - J				56,23	54,21	46,82	54,33	39,81	44,33	50,00	50,65	45,54	38,73	44,99	56,62	
CONTENIDO DE HUMEDAD	L = (I / K)*100				13,27%	13,56%	14,76%	15,59%	13,11%	13,56%	16,22%	17,53%	13,57%	13,22%	20,09%	21,78%	
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD	M = (L1+L2)/2				13,41%		15,17%		13,33%		16,88%		13,40%		20,94%		
<b>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA</b>																	
MOLDE No.									N-3			G-8			MJ		
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN (gr)						N			12900			11359			10682		
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN (gr)						P			12789			11234			10119		
PESO AGUA ABSORBIDA (gr)						Q = N - P			111			125			563		
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA						R = (Q/C)*100			1,86%			2,97%			16,96%		

<b>DATOS DE ESPONJAMIENTOS</b>											
Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° N 3			Molde N° G 8			Molde N° NJ		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulga.	%		Pulga.	%		Pulga.	%
2018-06-08	14h00	1	2	0,002	0,04	5	0,005	0,11	7	0,007	0,15
2018-06-09	14h00	2	3	0,003	0,07	8	0,008	0,18	9	0,009	0,20
2018-06-10	14h00	3	3	0,003	0,07	11	0,011	0,24	14	0,014	0,31
2018-06-11	14h00	4	3	0,003	0,07	11	0,011	0,24	14	0,014	0,31
2018-06-12	14h00	5	3	0,003	0,07	11	0,011	0,24	14	0,014	0,31
<b>DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN</b>											
Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde N° N 3			Molde N° G 8			Molde N° NJ			
		Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	
0,000		dial	lb/pulg <sup>2</sup>		dial	lb/pulg <sup>2</sup>		dial	lb/pulg <sup>2</sup>		
0,025		382	393		171	176		104	107		
0,050		565	582		298	307		154	159		
0,075		934	962		379	390		193	199		
0,100	1000	1022	1053	<b>108,27</b>	578	595	<b>62,53</b>	251	259	<b>28,85</b>	
0,150		1223	1260		646	665		312	321		
0,200		1459	1503	<b>102,18</b>	731	825	<b>57,00</b>	367	378	<b>27,20</b>	
0,250		1498	1543		995	1025		416	428		
0,300		1554	1601		1143	1177		482	496		
0,400		1589	1637		1189	1225		532	548		
0,500		1656	1706		1234	1271		545	561		
0,600		1671	1721		1265	1303		588	606		

Gráfica 3. 47. Presiones vs Penetración Subbase Pifo Clase 3.



Gráfica 3. 48. Densidad Máxima vs C.B.R. Subbase Pifo Clase 3.

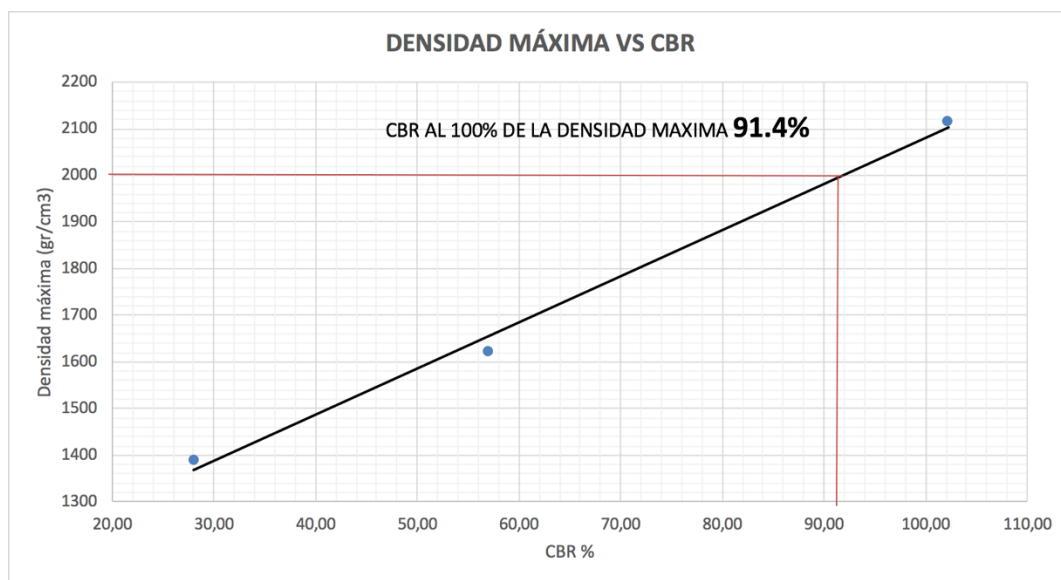


Tabla 3. 74. Resumen Valor C.B.R. Base Pifo Clase 3.

Resumen Valor C.B.R		
Humedad Óptima	12,1	%
Densidad Máxima	2003,55	gr/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	91,4	%

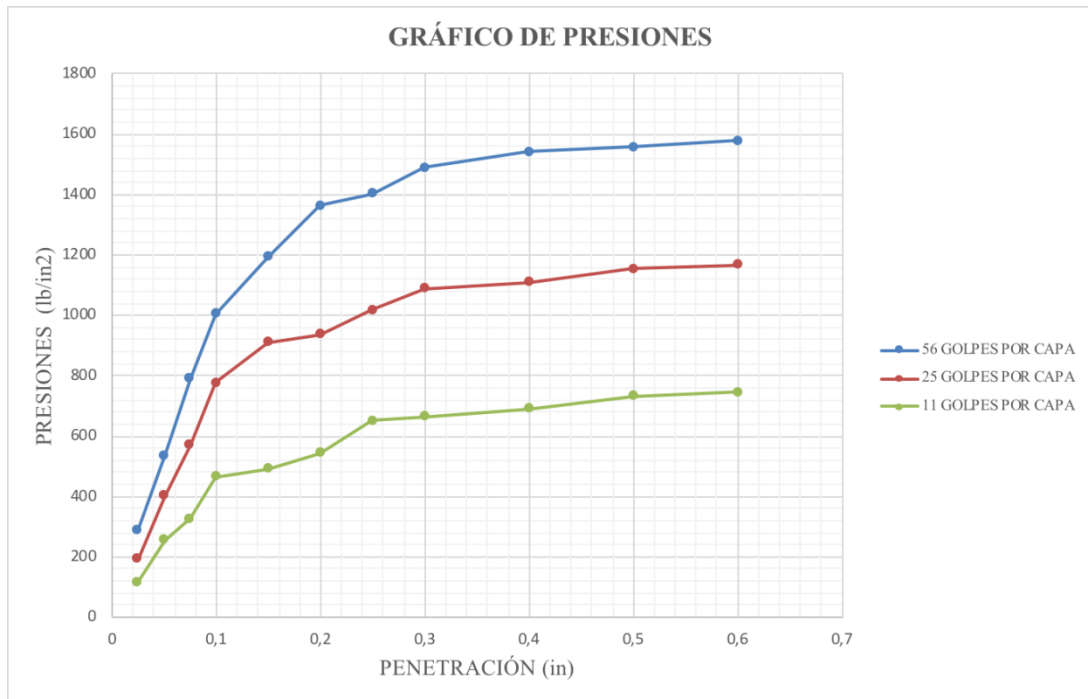
BASE CLASE 4

Tabla 3. 75. California Bearing Ratio Base Pifo Clase 4.

<b>CBR BASE CLASE 4 PIFO</b>															
MOLDE No.					B-55				G-20				L-12		
No. DE CAPAS					5				5				5		
No. DE GOLPES POR CAPAS					56				25				10		
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>				<b>ANT. SATU.</b>		<b>DES. SATU.</b>		<b>ANT. SATU.</b>		<b>DES. SATU.</b>		<b>ANT. SATU.</b>		<b>DES. SATU.</b>	
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE (gr)		A		12978	13213	11435	11878	11344	11778						
PESO MOLDE (gr)		B		7340	7340	6905	6905	7136	7136						
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)		C = A - B		5638	5873	4530	4973	4208	4642						
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)		D		2386	2386	2223	2223	2317	2317						
DENSIDAD HÚMEDA (kg/cm3)		E = C/D*1000		2,363	2,461	2,038	2,237	1,816	2,003						
DENSIDAD SECA (kg/cm3)		F = E / (1 + G)		2084	2108	1802	1873	1606	1641						
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>				<b>ARRIBA</b>		<b>ABAJO</b>		<b>ARRIBA</b>		<b>ABAJO</b>		<b>ARRIBA</b>		<b>ABAJO</b>	
RECIPIENTE No.				D-20	D-36	JL-2	D-36	B-9	M-2	B-31	M-2	B-31	JL-2	D-20	B-9
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE (gr)		G		59,58	75,42	97,20	80,34	84,86	63,34	89,15	63,87	78,31	98,78	70,17	97,39
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)		H		54,21	67,96	86,68	70,17	76,93	57,43	77,57	55,24	71,13	89,64	60,08	82,54
PESO AGUA (gr)		I = G - H		5,37	7,46	10,52	10,17	7,93	5,91	11,58	8,63	7,18	9,14	10,09	14,85
PESO RECIPIENTE (gr)		J		13,30	13,29	19,56	13,29	16,93	12,00	16,35	12,00	16,35	19,56	13,30	16,93
PESO MUESTRA SECA (gr)		K = H - J		40,91	54,67	67,12	56,88	60,00	45,43	61,22	43,24	54,78	70,08	46,78	65,61
CONTENIDO DE HUMEDAD		L = (I / K)*100		13,13%	13,65%	15,67%	17,88%	13,22%	13,01%	18,92%	19,96%	13,11%	13,04%	21,57%	22,63%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD		M = (L1+L2)/2		13,39%		16,78%		13,11%		19,44%		13,07%		22,10%	
<b>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA</b>															
MOLDE No.								B-55				G-20		L-12	
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN (gr)			N					13213				11878		11778	
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN (gr)			P					12978				11435		11344	
PESO AGUA ABSORBIDA (gr)			Q = N - P					235				443		434	
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA			R=(Q/C)*100					4,17%				9,78%		10,31%	

<b>DATOS DE ESPONJAMIENTOS</b>											
Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° B 55			Molde N° G 20			Molde N° L 12		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
2018-06-08	14h00	1	2	0,002	0,04	5	0,005	0,11	6	0,006	0,13
2018-06-09	14h00	2	4	0,004	0,09	9	0,009	0,20	12	0,012	0,26
2018-06-10	14h00	3	4	0,004	0,09	13	0,013	0,29	15	0,015	0,33
2018-06-11	14h00	4	4	0,004	0,09	13	0,013	0,29	15	0,015	0,33
2018-06-12	14h00	5	4	0,004	0,09	13	0,013	0,29	15	0,015	0,33
<b>DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN</b>											
Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde N° B 55		Molde N° G 20		Molde N° L 12					
		Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	
0,000		dial	lb/pulg2		dial	lb/pulg2		dial	lb/pulg2		
0,025		282	290		188	194		112	115		
0,050		521	537		391	403		247	254		
0,075		766	789		552	569		316	325		
0,100	1000	975	1004	<b>103,43</b>	754	777	<b>80,66</b>	451	465	<b>49,45</b>	
0,150		1159	1194		883	909		478	492		
0,200		1323	1363	<b>92,85</b>	909	936	<b>64,42</b>	527	543	<b>38,19</b>	
0,250		1362	1403		989	1019		632	651		
0,300		1445	1488		1056	1088		645	664		
0,400		1498	1543		1077	1109		671	691		
0,500		1512	1557		1121	1155		712	733		
0,600		1533	1579		1132	1166		724	746		

Gráfica 3. 49. Presiones vs Penetración Base Pifo Clase 4.



Gráfica 3. 50. Densidad Máxima vs C.B.R. Base Pifo Clase 4.

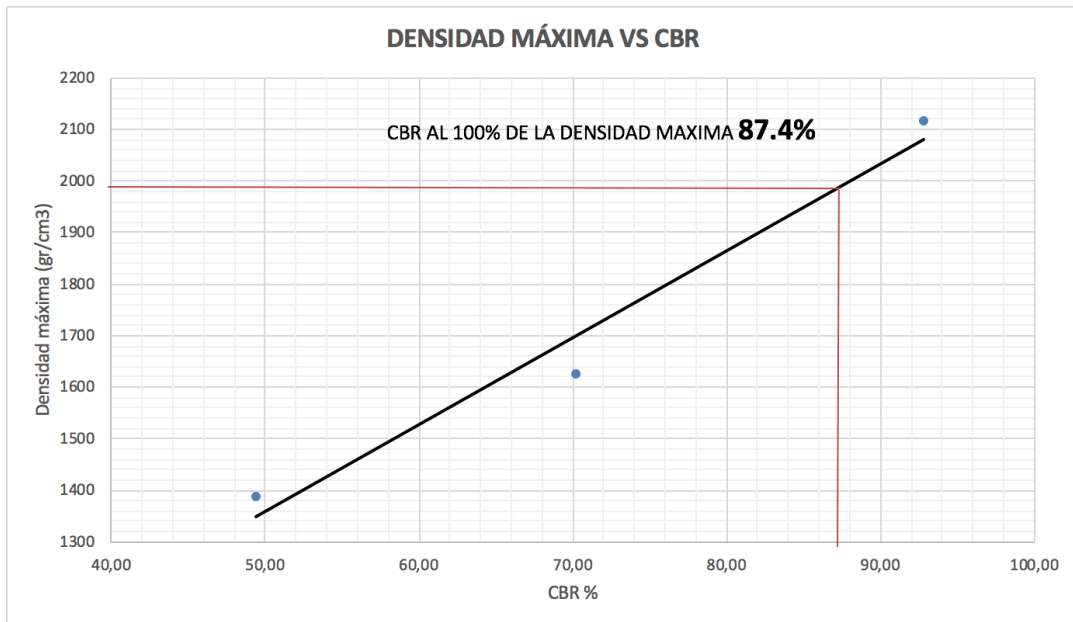


Tabla 3. 76. Resumen Valor C.B.R. Base Pifo Clase 4.

Resumen Valor C.B.R		
Humedad Óptima	13,19	%
Densidad Máxima	1958,9	gr/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	87,4	%

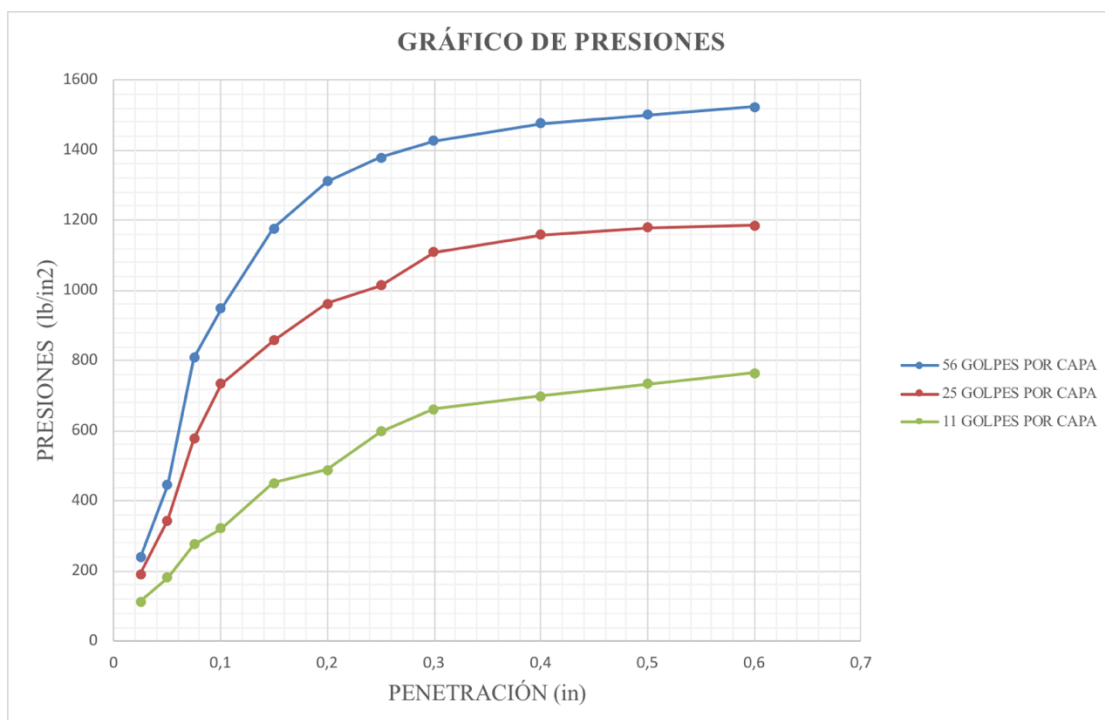
SUBBASE CLASE 1

Tabla 3. 77. California Bearing Ratio Subbase Pifo Clase I.

CBR SUB BASE CLASE 1 PIFO															
MOLDE No.				M-12				SL-12				D-61			
No. DE CAPAS				5				5				5			
No. DE GOLPES POR CAPAS				56				25				10			
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>				<b>ANT. SATU.</b>		<b>DES. SATU.</b>		<b>ANT. SATU.</b>		<b>DES. SATU.</b>		<b>ANT. SATU.</b>		<b>DES. SATU.</b>	
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE (gr)	A			13212		13435		11543		12097		10895		20000	
PESO MOLDE (gr)	B			7676		7676		7110		7110		7400		7400	
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	C = A - B			5536		5759		4433		4987		3495		12600	
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	D			2384		2384		2270		2270		2291		2291	
DENSIDAD HÚMEDA (kg/cm3)	E = C/D*1000			2,322		2,416		1,953		2,197		1,526		5,500	
DENSIDAD SECA (kg/cm3)	F = E / (1 + G)			2070		2107		1743		1872		1372		4559	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>				<b>ARRIBA</b>		<b>ABAJO</b>		<b>ARRIBA</b>		<b>ABAJO</b>		<b>ARRIBA</b>		<b>ABAJO</b>	
RECIPIENTE No.				ML-16	O-21	OR-7	O-21	WE	QY-12	ML-16	WE	10	OR-7	QY-12	10
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE (gr)	G			56,41	61,24	80,20	87,68	48,82	52,34	75,46	77,02	73,80	52,80	57,82	60,98
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	H			52,55	56,15	72,72	78,15	45,71	48,87	67,55	68,34	68,60	49,45	51,52	54,01
PESO AGUA (gr)	I = G - H			3,86	5,09	7,48	9,53	3,11	3,47	7,91	8,68	5,20	3,35	6,30	6,97
PESO RECIPIENTE (gr)	J			20,40	14,90	20,09	14,90	20,08	19,94	20,40	20,08	21,32	20,09	19,94	21,32
PESO MUESTRA SECA (gr)	K = H - J			32,15	41,25	52,63	63,25	25,63	28,93	47,15	48,26	47,28	29,36	31,58	32,69
CONTENIDO DE HUMEDAD	L = (I / K)*100			12,01%	12,34%	14,21%	15,07%	12,13%	11,99%	16,78%	17,99%	11,00%	11,41%	19,95%	21,32%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD	M = (L1+L2)/2			12,17%		14,64%		12,06%		17,38%		11,20%		20,64%	
<b>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA</b>															
MOLDE No.								M-12		SL-12		D-61			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN (gr)	N							13435		12097		20000			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN (gr)	P							13212		11543		10895			
PESO AGUA ABSORBIDA (gr)	Q = N - P							223		554		9105			
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA	R=(Q/C)*100							4,03%		12,50%		260,52%			

<b>DATOS DE ESPONJAMIENTOS</b>											
Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° M 12			Molde N° SL 12			Molde N° D 61		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulga.	%		Pulga.	%		Pulga.	%
2018-06-08	14h00	1	1	0,001	0,02	3	0,003	0,07	4	0,004	0,09
2018-06-09	14h00	2	1	0,001	0,02	5	0,005	0,11	7	0,007	0,15
2018-06-10	14h00	3	3	0,003	0,07	5	0,005	0,11	9	0,009	0,20
2018-06-11	14h00	4	3	0,003	0,07	5	0,005	0,11	9	0,009	0,20
2018-06-12	14h00	5	3	0,003	0,07	5	0,005	0,11	9	0,009	0,20
<b>DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN</b>											
Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde N° M 12			Molde N° SL 12			Molde N° D 61			
		Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	
0,000		dial	lb/pulg <sup>2</sup>		dial	lb/pulg <sup>2</sup>		dial	lb/pulg <sup>2</sup>		
0,025		231	238		186	192		109	112		
0,050		432	445		334	344		176	181		
0,075		785	809		561	578		268	276		
0,100	1000	921	949	<b>97,86</b>	712	733	<b>76,34</b>	311	320	<b>35,03</b>	
0,150		1143	1177		832	857		438	451		
0,200		1273	1311	<b>89,41</b>	934	962	<b>66,13</b>	475	489	<b>34,62</b>	
0,250		1339	1379		984	1014		581	598		
0,300		1384	1426		1077	1109		642	661		
0,400		1432	1475		1124	1158		678	698		
0,500		1456	1500		1145	1179		712	733		
0,600		1478	1522		1151	1186		743	765		

Gráfica 3. 51. Presiones vs Penetración Subbase Pifo Clase 1.



Gráfica 3. 52. Presiones vs Penetración Subbase Pifo Clase 1.

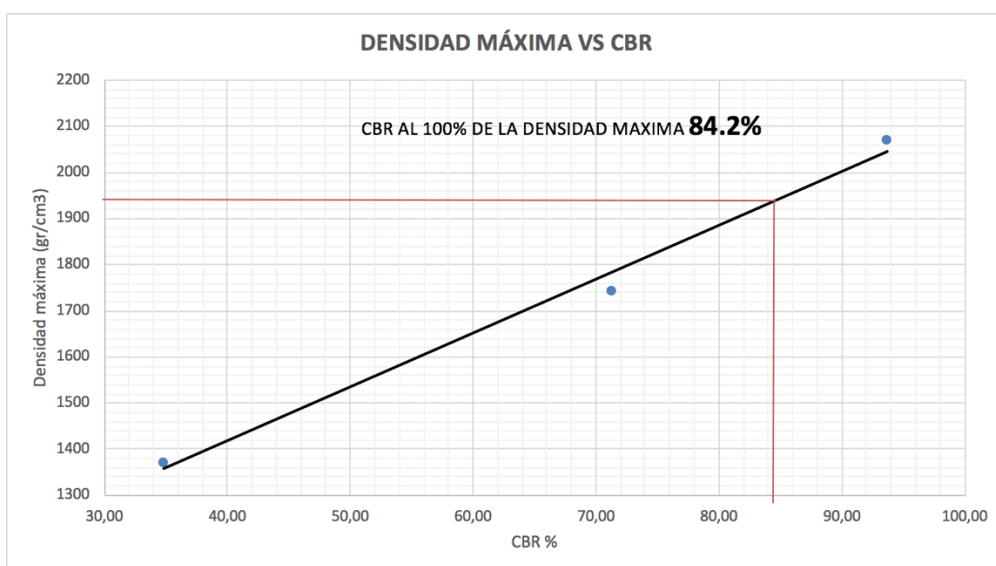


Tabla 3. 78. Resumen Valor Del C.B.R.Subbase Pifo Clase 1.

Resumen Valor C.B.R		
Humedad Óptima	13,3	%
Densidad Máxima	1940,85	gr/cm3
Valor C.B.R.	84,2	%

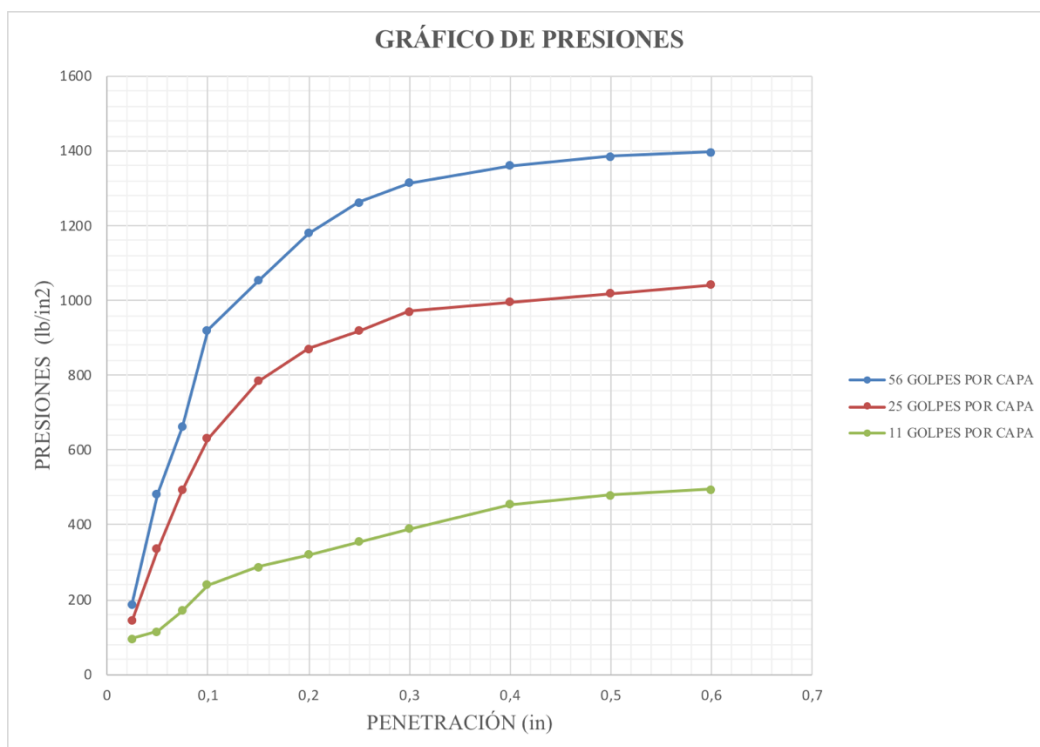
SUBBASE CLASE 2

Tabla 3. 79. California Bearing Ratio Subbase Pifo Clase 2.

<b>CBR SUB BASE CLASE 2 PIFO</b>														
MOLDE No.				M-4				CM-3				D-9		
No. DE CAPAS				5				5				5		
No. DE GOLPES POR CAPAS				56				25				10		
<i>CONDICIONES DE LA MUESTRA</i>			ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.	
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE (gr)	A			12154		12230		11456		11675		10677		11043
PESO MOLDE (gr)	B			6987		6987		7120		7120		6998		6998
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	C = A - B			5167		5243		4336		4555		3679		4045
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	D			2286		2286		2288		2288		2286		2286
DENSIDAD HÚMEDA (kg/cm3)	E = C/D*1000			2,260		2,294		1,895		1,991		1,609		1,769
DENSIDAD SECA (kg/cm3)	F = E / (1 + G)			1997		2000		1673		1696		1423		1467
<i>CONTENIDO DE HUMEDAD</i>			ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
RECIPIENTE No.			B-17	B-14	ML-30	B-18	ML-27	BA-14	B-17	B-14	B-18	ML-30	ML-27	BA-14
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE (gr)	G		56,42	65,55	73,02	74,48	60,15	46,72	73,88	58,01	73,17	84,79	69,11	63,60
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	H		51,80	59,63	66,46	66,89	55,04	42,62	65,59	51,46	66,66	77,28	60,31	54,56
PESO AGUA (gr)	I = G - H		4,62	5,92	6,56	7,59	5,11	4,10	8,29	6,55	6,51	7,51	8,80	9,04
PESO RECIPIENTE (gr)	J		16,48	14,90	20,40	16,66	16,06	12,18	16,48	14,90	16,66	20,40	16,06	12,18
PESO MUESTRA SECA (gr)	K = H - J		35,32	44,73	46,06	50,23	38,98	30,44	49,11	36,56	50,00	56,88	44,25	42,38
CONTENIDO DE HUMEDAD	L = (I / K)*100		13,08%	13,23%	14,24%	15,11%	13,11%	13,47%	16,88%	17,92%	13,02%	13,20%	19,89%	21,33%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD	M = (L1+L2)/2		13,16%		14,68%		13,29%		17,40%		13,11%		20,61%	
<i>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA</i>														
MOLDE No.								M-4		CM-3		D-9		
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN (gr)	N							12230		11675		11043		
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN (gr)	P							12154		11456		10677		
PESO AGUA ABSORBIDA (gr)	Q = N - P							76		219		366		
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA	R=(Q/C)*100							1,47%		5,05%		9,95%		

<b>DATOS DE ESPONJAMIENTOS</b>											
Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° MK-1			Molde N° ML-24			Molde N° ML3		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulga.	%		Pulga.	%		Pulga.	%
2018-06-08	14h00	1	2	0,002	0,04	4	0,004	0,09	8	0,008	0,18
2018-06-09	14h00	2	3	0,003	0,07	7	0,007	0,15	11	0,011	0,24
2018-06-10	14h00	3	3	0,003	0,07	9	0,009	0,20	16	0,016	0,35
2018-06-11	14h00	4	5	0,005	0,11	9	0,009	0,20	16	0,016	0,35
2018-06-12	14h00	5	5	0,005	0,11	9	0,009	0,20	16	0,016	0,35
<b>DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN</b>											
Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde N° MK-1			Molde N° ML-24			Molde N° ML3			
		Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	
0,000		dial	lb/pulg <sup>2</sup>		dial	lb/pulg <sup>2</sup>		dial	lb/pulg <sup>2</sup>		
0,025		182	187		139	143		92	95		
0,050		469	483		325	335		112	115		
0,075		643	662		479	493		165	170		
0,100	1000	894	921	<b>95,08</b>	612	630	<b>66,04</b>	233	240	<b>27,00</b>	
0,150		1022	1053		761	784		279	287		
0,200		1145	1179	<b>80,62</b>	846	871	<b>60,09</b>	311	320	<b>23,36</b>	
0,250		1226	1263		893	920		345	355		
0,300		1277	1315		942	970		378	389		
0,400		1321	1361		967	996		442	455		
0,500		1345	1385		989	1019		465	479		
0,600		1357	1398		1012	1042		481	495		

Gráfica 3. 53. Presiones vs Penetración Subbase Pifo Clase 2.



Gráfica 3. 54. Presiones vs Penetración Subbase Pifo Clase 2.

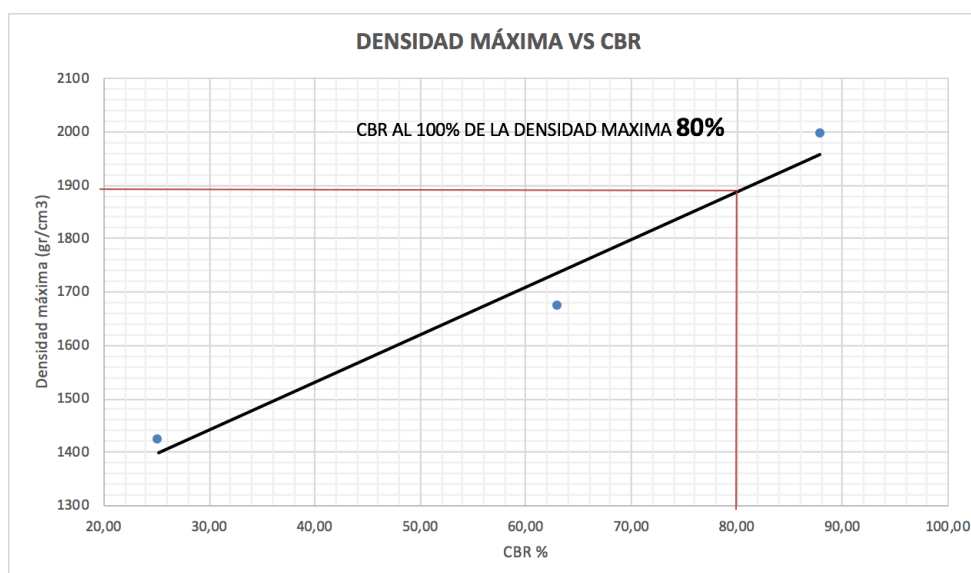


Tabla 3. 80. Resumen Valor del C.B.R. Subbase Pifo Clase 2.

Resumen Valor C.B.R		
Humedad Óptima	10,63	%
Densidad Máxima	1895,25	gr/cm3
Valor C.B.R.	80	%

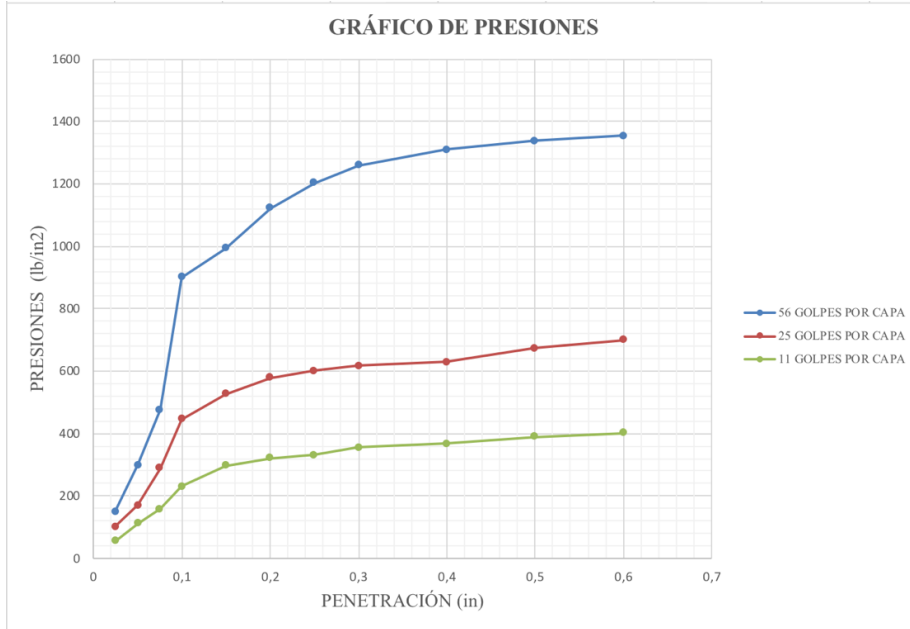
SUBBASE CLASE 3

Tabla 3. 81. California Bearing Ratio Subbase Pifo Clase 3.

CBR SUB BASE CLASE 3 PIFO															
MOLDE No.				M-11				CM-24				B-16			
No. DE CAPAS				5				5				5			
No. DE GOLPES POR CAPAS				56				25				10			
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>			<b>ANT. SATU.</b>		<b>DES. SATU.</b>		<b>ANT. SATU.</b>		<b>DES. SATU.</b>		<b>ANT. SATU.</b>		<b>DES. SATU.</b>		
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE (gr)	A			13676		13812		11543		11791		10550		10987	
PESO MOLDE (gr)	B			8299		8299		7111		7111		6895		6895	
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	C = A - B			5377		5513		4432		4680		3655		4092	
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	D			2353		2353		2288		2288		2317		2317	
DENSIDAD HÚMEDA (kg/cm3)	E = C/D*1000			2,285		2,343		1,937		2,045		1,577		1,766	
DENSIDAD SECA (kg/cm3)	F = E / (1 + G)			1975		1978		1674		1689		1364		1418	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	
RECIPIENTE No.				D-16	D-23	M6	45	S	BA-11	D-23	D-16	M6	45	S	BA-11
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE (gr)	G			52,40	59,39	71,21	96,09	95,83	56,40	65,80	66,93	57,31	89,02	102,05	58,08
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	H			47,11	53,11	62,26	83,91	85,63	50,36	56,73	57,50	51,16	79,71	86,52	48,68
PESO AGUA (gr)	I = G - H			5,29	6,28	8,95	12,18	10,20	6,04	9,07	9,43	6,15	9,31	15,53	9,40
PESO RECIPIENTE (gr)	J			13,29	13,30	12,18	19,80	20,30	12,04	13,30	13,29	12,18	19,80	20,30	12,04
PESO MUESTRA SECA (gr)	K = H - J			33,82	39,81	50,08	64,11	65,33	38,32	43,43	44,21	38,98	59,91	66,22	36,64
CONTENIDO DE HUMEDAD	L = (I / K)*100			15,64%	15,77%	17,87%	19,00%	15,61%	15,76%	20,88%	21,33%	15,78%	15,54%	23,45%	25,66%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD	M = (L1+L2)/2			15,71%		18,44%		15,69%		21,11%		15,66%		24,55%	
<b>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA</b>															
MOLDE No.								M-11		CM-24		B-16			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN (gr)				N				13812		11791		10987			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN (gr)				P				13676		11543		10550			
PESO AGUA ABSORBIDA (gr)				Q = N - P				136		248		437			
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA				R=(Q/C)*100				2,53%		5,60%		11,96%			

<b>DATOS DE ESPONJAMIENTOS</b>											
Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° M 11			Molde N° CM 24			Molde N° B 16		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulga.	%		Pulga.	%		Pulga.	%
2018-06-08	14h00	1	1	0,001	0,02	3	0,003	0,07	5	0,005	0,11
2018-06-09	14h00	2	3	0,003	0,07	5	0,005	0,11	9	0,009	0,20
2018-06-10	14h00	3	3	0,003	0,07	7	0,007	0,15	14	0,014	0,31
2018-06-11	14h00	4	3	0,003	0,07	7	0,007	0,15	18	0,018	0,40
2018-06-12	14h00	5	3	0,003	0,07	7	0,007	0,15	18	0,018	0,40
<b>DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN</b>											
Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde N° M 11			Molde N° CM 24			Molde N° B 16			
		Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	
0,000		dial	lb/pulg2		dial	lb/pulg2		dial	lb/pulg2		
0,025		145	149		98	101		54	56		
0,050		291	300		166	171		109	112		
0,075		463	477		281	289		154	159		
0,100	1000	875	901	<b>93,13</b>	433	446	<b>47,60</b>	224	231	<b>26,07</b>	
0,150		965	994		511	526		288	297		
0,200		1089	1122	<b>76,78</b>	562	579	<b>40,59</b>	311	320	<b>23,36</b>	
0,250		1167	1202		584	602		322	332		
0,300		1222	1259		599	617		345	355		
0,400		1271	1309		611	629		357	368		
0,500		1298	1337		654	674		379	390		
0,600		1314	1353		679	699		390	402		

Gráfica 3. 55. Presiones vs Penetración Subbase Pifo Clase 3.



Gráfica 3. 56. Densidad Máxima vs C.B.R. Subbase Pifo Clase 3.

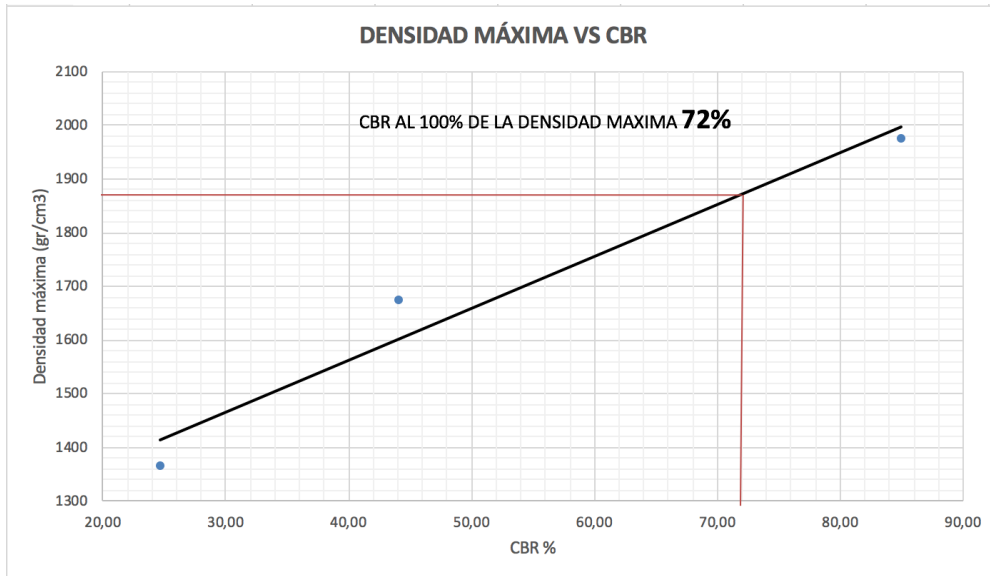


Tabla 3. 82. Valor de C.B.R. Subbase Pifo Clase 3.

Resumen Valor C.B.R		
Humedad Óptima	12,02	%
Densidad Máxima	1873,4	gr/cm3
Valor C.B.R.	72	%

### 3.9.4. Resumen de resultados

Tabla 3. 83. Resumen de resultados de C.B.R mina Pintag.

<b>RESUMEN DE RESULTADOS C.B.R, PINTAG</b>			
<b>TIPO</b>	<b>Humedad Óptima (%)</b>	<b>Densidad Máxima (gr/cm3)</b>	<b>C.B.R. (%)</b>
BASE CLASE 1 TIPO A	15,21	2050,1	99,5
BASE CLASE 2	12,37	2025,4	96,5
BASE CLASE 3	12,01	1985,5	89,8
BASE CLASE 4	11,39	1963,65	88
SUBBASE CLASE 1	14,87	1868,65	84
SUBBASE CLASE 2	12,1	1862,95	77,5
SUBBASE CLASE 3	14,27	1772,70	74

Tabla 3. 84. Resumen de resultados de C.B.R mina Pifo.

<b>RESUMEN DE RESULTADOS C.B.R, PIFO</b>			
<b>TIPO</b>	<b>Humedad Óptima (%)</b>	<b>Densidad Máxima (gr/cm3)</b>	<b>C.B.R. (%)</b>
BASE CLASE 1 TIPO A	12,19	2037,75	98,5
BASE CLASE 2	11,55	2033	95,2
BASE CLASE 3	12,1	2003,55	91,4
BASE CLASE 4	13,19	1958,9	87,4
SUBBASE CLASE 1	13,3	1940,85	84,2
SUBBASE CLASE 2	10,63	1895,25	80
SUBBASE CLASE 3	12,02	1873,40	72

### **3.10. Módulo Resiliente (AASHTO T307-99)**

#### **3.10.1. Equipos**

1. Molde partido, diámetro 152mm, altura mínima 381mm.
2. Dispositivo de compactación vibratorio (entrada nominal de 750 a 1250 vatios, 1800 a 3000 golpes por minuto).
3. Cabeza compactadora diámetro mínimo 146 mm y espesor mínimo de 13 mm.
4. Cámara triaxial.
5. 2 transductores de resorte lineales variables diferenciales (LVDT).
6. Membrana de caucho de 0,25 a 0,79 mm de grosor.
7. Pinzas.
8. Micrómetro.
9. Regla de acero calibrada.
10. Fuente de vacío con cámara de burbujas y regulador.
11. Expansor de membrana.
12. Discos de bronce poroso.
13. Latas de contenido de humedad.
14. Juntas toricas de goma.
15. Dos piedras Porosas.

#### **3.10.2. Preparación de la muestra** <sup>12</sup>

1. Use muestras de 71 mm o 86 mm de diámetro para realizar pruebas en muestras cohesivas inalteradas de materiales Tipo 2. Para materiales de Tipo 1, o muestras compactadas de materiales de Tipo 2, seleccione tamaños de molde para fabricar muestras de un diámetro mínimo igual a cinco veces el tamaño máximo de partícula.

---

<sup>12</sup> AASHTO. (2012). *AASHTO T307-99 Determinación del Módulo Resiliente de suelos y materiales de agregado*. Washington, Estados Unidos.

2. Los materiales deben estar preparados para aproximarse a la densidad húmeda in situ,  $\gamma_w$  y contenido de humedad,  $w$ .
3. La densidad de la muestra compactada será la densidad húmeda in situ obtenida en el campo.
4. Las muestras preparadas deben protegerse contra el cambio de humedad aplicando la membrana triaxial.

### **3.10.3. Procedimiento**

1. Coloque una piedra húmeda porosa y un filtro de papel húmedo en la parte superior de la base de la muestra de la cámara triaxial.
2. Coloque la membrana sobre un expansor de membrana, aplique vacío al expansor de membrana, luego coloque cuidadosamente la membrana sobre la muestra y elimine el vacío y el expansor de membrana.
3. Coloque un filtro de papel húmedo y la placa superior que contiene una piedra húmeda porosa en la muestra, doble la membrana y séllela a la placa superior con una junta tórica u otro sello de presión.
4. Conecte la línea de suministro de presión de la cámara y aplique una presión de confinamiento de 103.4 kPa.
5. Retire el suministro de vacío de la entrada de saturación de vacío y abra los puertos de drenaje superior e inferior de la cabeza a la presión atmosférica.
6. Ajuste la posición del dispositivo de carga axial o del soporte de la base de la cámara triaxial según sea necesario para acoplar el pistón del dispositivo de generación de carga y el pistón de la cámara triaxial.
7. Se mantendrá un esfuerzo de contacto del 10 por ciento  $\pm 0.7$  kPa del esfuerzo axial máximo aplicado durante cada número de secuencia.
8. Ajuste los dispositivos de grabación para los LVDT y cargue la celda según sea necesario.
9. Establezca la presión de confinamiento a 103.4 kPa y aplique un mínimo de 500 repeticiones de una carga equivalente a una tensión axial máxima de 103.4 kPa y

la tensión axial cíclica correspondiente de 93.1 kPa según la secuencia 0, Tabla, se deben completar 1000 repeticiones.

10. Si la tensión permanente vertical total alcanza el 5 por ciento durante el acondicionamiento, el proceso de acondicionamiento se terminará.
11. Se procede a realizar las demás secuencias, Si en algún momento la deformación de tensión permanente vertical total supera el 5 por ciento, detenga la prueba y haga una anotación en el formulario de informe.
12. Al completar la prueba de corte triaxial, reduzca la presión de confinamiento a cero y retire la muestra de la cámara triaxial.

*Tabla 3. 85. Secuencia de prueba para ensayo de Módulo Resiliente.*

Secuencia No.	La presión de confinamiento, $S_3$		Max. El estrés axial, $S_{m\acute{a}x}$		El estrés cíclico, $S_{c\acute{i}clico}$		El estrés constante, $0.1 S_{m\acute{a}x}$		Nº de aplicaciones de carga
	kPa	psi	kPa	psi	kPa	psi	kPa	psi	
0	41.4	6	27.6	4	24.8	3.6	2.8	0.4	500-1000
1	41.4	6	13.8	2	12.4	1.8	1.4	0.2	100
2	41.4	6	27.6	4	24.8	3.6	2.8	0.4	100
3	41.4	6	41.4	6	37.3	5.4	4.1	0.6	100
4	41.4	6	55.2	8	49.7	7.2	5.5	0.8	100
5	41.4	6	68.9	10	62.0	9.0	6.9	1.0	100
6	27.6	4	13.8	2	12.4	1.8	1.4	0.2	100
7	27.6	4	27.6	4	24.8	3.6	2.8	0.4	100
8	27.6	4	41.4	6	37.3	5.4	4.1	0.6	100
9	27.6	4	55.2	8	49.7	7.2	5.5	0.8	100
10	27.6	4	68.9	10	62.0	9.0	6.9	1.0	100
11	13.8	2	13.8	2	12.4	1.8	1.4	0.2	100
12	13.8	2	27.6	4	24.8	3.6	2.8	0.4	100
13	13.8	2	41.4	6	37.3	5.4	4.1	0.6	100
14	13.8	2	55.2	8	49.7	7.2	5.5	0.8	100
15	13.8	2	68.9	10	62.0	9.0	6.9	1.0	100

Fuente: AASHTO. (2012). *AASHTO T307-99 Determinación del Módulo Resiliente de suelos y materiales de agregado*. Washington, Estados Unidos.

Tabla 3. 86. Valores típicos de Módulo Resiliente para materiales granulares en (psi) .

Material Classification	M <sub>r</sub> Range	Typical M <sub>r</sub>
A-1-a	38,500 – 42,000	40,000
A-1-b	35,500 – 40,000	38,000
A-2-4	28,000 – 37,500	32,000
A-2-5	24,000 – 33,000	28,000
A-2-6	21,500 – 31,000	26,000
A-2-7	21,500 – 28,000	24,000
A-3	24,500 – 35,500	29,000
A-4	21,500 – 29,000	24,000
A-5	17,000 – 25,500	20,000
A-6	13,500 – 24,000	17,000
A-7-5	8,000 – 17,500	12,000
A-7-6	5,000 – 13,500	8,000
CH	5,000 – 13,500	8,000
MH	8,000 – 17,500	11,500
CL	13,500 – 24,000	17,000
ML	17,000 – 25,500	20,000
SW	28,000 – 37,500	32,000
SP	24,000 – 33,000	28,000
SW-SC	21,500 – 31,000	25,500
SW-SM	24,000 – 33,000	28,000
SP-SC	21,500 – 31,000	25,500
SP-SM	24,000 – 33,000	28,000
SC	21,500 – 28,000	24,000
SM	28,000 – 37,500	32,000
GW	39,500 – 42,000	41,000
GP	35,500 – 40,000	38,000
GW-GC	28,000 – 40,000	34,500
GW-GM	35,500 – 40,500	38,500
GP-GC	28,000 – 39,000	34,000
GP-GM	31,000 – 40,000	36,000
GC	24,000 – 37,500	31,000
GM	33,000 – 42,000	38,500

Fuente: Rondón Quintana, H. A., y Reyes Lizcano, F.A. (2015). *Pavimentos: Materiales, Construcción y Diseño*. Colombia: ECOE.

### 3.10.4. Ensayos de Módulo Resiliente

#### 3.10.4.1. Mina de Pintag

BASE CLASE 1

Tabla 3. 87. Ensayo No.1 Módulo Resiliente Base Clase 1 tipo A Pintag.

MÓDULO RESILIENTE BASE CLASE 1 TIPO A PINTAG							
Ciclo	$\sigma_{conf.}$ (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103.4	101.3	10.1	91.20	0.1177	380.29	239.82
1	20.7	19.2	1.9	17.30	0.0422	136.24	126.99
2	20.7	39.7	4.3	35.4	0.0966	311.86	113.51
3	20.7	60.4	6.1	54.3	0.1277	412.35	131.68
4	34.5	33.3	3.4	29.9	0.0914	295.22	101.28
5	34.5	67.1	7	60.1	0.1039	335.63	179.07
6	34.5	101.7	10.7	91	0.2017	651.47	139.68
7	68.9	67.5	6.7	60.8	0.1135	366.71	165.80
8	68.9	136.2	13.1	123.1	0.2280	736.44	167.16
9	68.9	205	20.7	184.3	0.2668	861.73	213.87
10	103.4	68.1	7.3	60.8	0.0967	312.27	194.70
11	103.4	102.8	10.6	92.2	0.1354	437.18	210.90
12	103.4	240.9	19.9	221	0.3112	1005.21	219.85
13	137.9	101.8	11.1	90.7	0.1069	345.1	262.82
14	137.9	136.6	14.6	122	0.1494	482.64	252.78
15	137.9	276.5	28.3	248.2	0.2601	840.12	<b>295.43</b>
Altura muestra	309.63 mm	muestra	153.5 mm				

Tabla 3. 88. Ensayo No.2 Módulo Resiliente Base Clase 1 tipo A Pintag.

MÓDULO RESILIENTE BASE CLASE 1 TIPO A PINTAG							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103.4	101.3	10.1	91.20	0.1116	360.47	253.00
1	20.7	19.2	1.9	17.30	0.0451	145.85	118.62
2	20.7	39.7	4.3	35.4	0.1007	325.24	108.84
3	20.7	60.4	6.1	54.3	0.1265	408.71	132.86
4	34.5	33.3	3.4	29.9	0.0893	288.56	103.62
5	34.5	67.1	7	60.1	0.1020	329.63	182.33
6	34.5	101.7	10.7	91	0.1947	628.92	144.69
7	68.9	67.5	6.7	60.8	0.1084	350.11	173.66
8	68.9	136.2	13.1	123.1	0.2319	749.28	164.29
9	68.9	205	20.7	184.3	0.2612	843.84	218.41
10	103.4	68.1	7.3	60.8	0.0961	310.56	195.78
11	103.4	102.8	10.6	92.2	0.1292	417.52	220.83
12	103.4	240.9	19.9	221	0.3091	998.61	221.31
13	137.9	101.8	11.1	90.7	0.1199	387.24	234.22
14	137.9	136.6	14.6	122	0.1416	457.36	266.75
15	137.9	276.5	28.3	248.2	0.2543	821.65	<b>302.08</b>
Altura muestra	309.5 mm	muestra	153 mm				

Tabla 3. 89. Ensayo No.3 Módulo Resiliente Base Clase 1 tipo A Pintag.

MÓDULO RESILIENTE BASE CLASE 1 TIPO A PINTAG							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103.4	101.3	10.1	91.20	0.1164	375.92	242.61
1	20.7	19.2	1.9	17.30	0.0435	140.35	123.27
2	20.7	39.7	4.3	35.4	0.0979	315.97	112.04
3	20.7	60.4	6.1	54.3	0.1272	410.61	132.24
4	34.5	33.3	3.4	29.9	0.0897	289.74	103.20
5	34.5	67.1	7	60.1	0.1033	333.67	180.12
6	34.5	101.7	10.7	91	0.2029	655.25	138.88
7	68.9	67.5	6.7	60.8	0.1147	370.47	164.12
8	68.9	136.2	13.1	123.1	0.2292	739.89	166.38
9	68.9	205	20.7	184.3	0.2640	852.34	216.23
10	103.4	68.1	7.3	60.8	0.0947	305.82	198.81
11	103.4	102.8	10.6	92.2	0.1351	436.15	211.40
12	103.4	240.9	19.9	221	0.3102	1001.49	220.67
13	137.9	101.8	11.1	90.7	0.1052	339.56	267.11
14	137.9	136.6	14.6	122	0.1485	479.55	254.41
15	137.9	276.5	28.3	248.2	0.2572	830.54	<b>298.84</b>
Altura muestra	309.71 mm	muestra	153 mm				

BASE CLASE 2

Tabla 3. 90. Ensayo No.1 Módulo Resiliente Base Clase 2 Pintag.

MÓDULO RESILIENTE BASE CLASE 2 PINTAG							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103.4	101.3	10.1	91.20	0.1508	486.78	187.35
1	20.7	19.2	1.9	17.30	0.0698	225.34	76.78
2	20.7	39.7	4.3	35.4	0.1071	345.78	102.38
3	20.7	60.4	6.1	54.3	0.1473	475.39	114.22
4	34.5	33.3	3.4	29.9	0.1006	324.66	92.10
5	34.5	67.1	7	60.1	0.1200	387.42	155.13
6	34.5	101.7	10.7	91	0.1853	598.27	152.11
7	68.9	67.5	6.7	60.8	0.1257	405.69	149.87
8	68.9	136.2	13.1	123.1	0.2232	720.51	170.85
9	68.9	205	20.7	184.3	0.2796	902.54	204.20
10	103.4	68.1	7.3	60.8	0.1088	351.22	173.11
11	103.4	102.8	10.6	92.2	0.1490	480.93	191.71
12	103.4	240.9	19.9	221	0.3147	1015.87	217.55
13	137.9	101.8	11.1	90.7	0.1302	420.18	215.86
14	137.9	136.6	14.6	122	0.1421	458.66	265.99
15	137.9	276.5	28.3	248.2	0.2598	838.75	295.92
Altura muestra	309.75 mm	muestra	153 mm				

Tabla 3. 91. Ensayo No.2 Módulo Resiliente Base Clase 2 Pintag.

MÓDULO RESILIENTE BASE CLASE 2 PINTAG							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103.4	101.3	10.1	91.20	0.1422	458.68	198.83
1	20.7	19.2	1.9	17.30	0.0619	199.65	86.66
2	20.7	39.7	4.3	35.4	0.1035	333.78	106.06
3	20.7	60.4	6.1	54.3	0.1546	498.52	108.92
4	34.5	33.3	3.4	29.9	0.0978	315.45	94.79
5	34.5	67.1	7	60.1	0.1241	400.21	150.17
6	34.5	101.7	10.7	91	0.1903	613.65	148.29
7	68.9	67.5	6.7	60.8	0.1239	399.57	152.16
8	68.9	136.2	13.1	123.1	0.2339	754.21	163.22
9	68.9	205	20.7	184.3	0.2752	887.48	207.67
10	103.4	68.1	7.3	60.8	0.1101	354.97	171.28
11	103.4	102.8	10.6	92.2	0.1474	475.34	193.97
12	103.4	240.9	19.9	221	0.3140	1012.56	218.26
13	137.9	101.8	11.1	90.7	0.1298	418.66	216.64
14	137.9	136.6	14.6	122	0.1450	467.55	260.93
15	137.9	276.5	28.3	248.2	0.2649	854.21	290.56
Altura muestra	310.1 mm	muestra	153 mm				

Tabla 3. 92. Ensayo No.3 Módulo Resiliente Base Clase 2 Pintag.

MÓDULO RESILIENTE BASE CLASE 2 PINTAG.							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103.4	101.3	10.1	91.20	0.1511	486.78	187.35
1	20.7	19.2	1.9	17.30	0.0699	225.34	76.78
2	20.7	39.7	4.3	35.4	0.1073	345.78	102.38
3	20.7	60.4	6.1	54.3	0.1475	475.39	114.22
4	34.5	33.3	3.4	29.9	0.1008	324.66	92.10
5	34.5	67.1	7	60.1	0.1202	387.42	155.13
6	34.5	101.7	10.7	91	0.1857	598.27	152.11
7	68.9	67.5	6.7	60.8	0.1259	405.69	149.87
8	68.9	136.2	13.1	123.1	0.2236	720.51	170.85
9	68.9	205	20.7	184.3	0.2801	902.54	204.20
10	103.4	68.1	7.3	60.8	0.1090	351.22	173.11
11	103.4	102.8	10.6	92.2	0.1493	480.93	191.71
12	103.4	240.9	19.9	221	0.3153	1015.87	217.55
13	137.9	101.8	11.1	90.7	0.1304	420.18	215.86
14	137.9	136.6	14.6	122	0.1423	458.66	265.99
15	137.9	276.5	28.3	248.2	0.2625	845.67	<b>293.50</b>
Altura muestra	310.36 mm	muestra	153.5 mm				

BASE CLASE 3

Tabla 3. 93. Ensayo No.1 Módulo Resiliente Base Clase 3 Pintag.

MÓDULO RESILIENTE BASE CLASE 3 PINTAG							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103.4	101.3	10.1	91.20	0.1443	465.27	196.02
1	20.7	19.2	1.9	17.30	0.0501	161.58	107.07
2	20.7	39.7	4.3	35.4	0.0948	305.64	115.82
3	20.7	60.4	6.1	54.3	0.1416	456.37	118.98
4	34.5	33.3	3.4	29.9	0.0790	254.6	117.44
5	34.5	67.1	7	60.1	0.0946	304.97	197.07
6	34.5	101.7	10.7	91	0.1857	598.47	152.05
7	68.9	67.5	6.7	60.8	0.1252	403.58	150.65
8	68.9	136.2	13.1	123.1	0.2340	754.2	163.22
9	68.9	205	20.7	184.3	0.2530	815.42	226.02
10	103.4	68.1	7.3	60.8	0.0930	299.87	202.75
11	103.4	102.8	10.6	92.2	0.1199	386.4	238.61
12	103.4	240.9	19.9	221	0.2839	915.25	241.46
13	137.9	101.8	11.1	90.7	0.1064	342.98	264.45
14	137.9	136.6	14.6	122	0.1356	437.19	279.05
15	137.9	276.5	28.3	248.2	0.2796	901.25	<b>275.40</b>
Altura muestra	310.22 mm	muestra	153 mm				

Tabla 3. 94. Ensayo No.2 Módulo Resiliente Base Clase 3 Pintag.

MÓDULO RESILIENTE BASE CLASE 3 PINTAG							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103.4	101.3	10.1	91.20	0.1425	459.28	198.57
1	20.7	19.2	1.9	17.30	0.0512	164.97	104.87
2	20.7	39.7	4.3	35.4	0.0930	299.68	118.13
3	20.7	60.4	6.1	54.3	0.1462	471.23	115.23
4	34.5	33.3	3.4	29.9	0.0810	260.97	114.57
5	34.5	67.1	7	60.1	0.0928	299.15	200.90
6	34.5	101.7	10.7	91	0.1805	581.64	156.45
7	68.9	67.5	6.7	60.8	0.1290	415.64	146.28
8	68.9	136.2	13.1	123.1	0.2281	734.89	167.51
9	68.9	205	20.7	184.3	0.2537	817.54	225.43
10	103.4	68.1	7.3	60.8	0.0961	309.6	196.38
11	103.4	102.8	10.6	92.2	0.1117	359.87	256.20
12	103.4	240.9	19.9	221	0.2819	908.34	243.30
13	137.9	101.8	11.1	90.7	0.1057	340.59	266.30
14	137.9	136.6	14.6	122	0.1384	445.98	273.55
15	137.9	276.5	28.3	248.2	0.2767	891.64	278.36
Altura muestra	310.35 mm	muestra	153.5 mm				

Tabla 3. 95. Ensayo No.3 Módulo Resiliente Base Clase 3 Pintag.

MÓDULO RESILIENTE BASE CLASE 3 PINTAG							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103.4	101.3	10.1	91.20	0.1460	470.64	193.78
1	20.7	19.2	1.9	17.30	0.0481	154.89	111.70
2	20.7	39.7	4.3	35.4	0.0936	301.78	117.30
3	20.7	60.4	6.1	54.3	0.1396	449.87	120.70
4	34.5	33.3	3.4	29.9	0.0772	248.67	120.24
5	34.5	67.1	7	60.1	0.0940	302.81	198.47
6	34.5	101.7	10.7	91	0.1784	574.98	158.27
7	68.9	67.5	6.7	60.8	0.1227	395.31	153.80
8	68.9	136.2	13.1	123.1	0.2323	748.61	164.44
9	68.9	205	20.7	184.3	0.2497	804.73	229.02
10	103.4	68.1	7.3	60.8	0.0895	288.54	210.72
11	103.4	102.8	10.6	92.2	0.1179	379.84	242.73
12	103.4	240.9	19.9	221	0.2827	911.24	242.53
13	137.9	101.8	11.1	90.7	0.1055	339.87	266.87
14	137.9	136.6	14.6	122	0.1332	429.14	284.29
15	137.9	276.5	28.3	248.2	0.2807	904.56	274.39
Altura muestra	310.28 mm	muestra	153.5 mm				

BASE CLASE 4

Tabla 3. 96. Ensayo No.1 Módulo Resiliente Base Clase 4 Pintag.

MÓDULO RESILIENTE BASE CLASE 4 PINTAG.							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103.4	101.3	10.1	91.20	0.1288	415.67	219.41
1	20.7	19.2	1.9	17.30	0.0538	173.59	99.67
2	20.7	39.7	4.3	35.4	0.0937	302.47	117.04
3	20.7	60.4	6.1	54.3	0.1239	399.85	135.80
4	34.5	33.3	3.4	29.9	0.0799	257.68	116.04
5	34.5	67.1	7	60.1	0.0945	304.87	197.13
6	34.5	101.7	10.7	91	0.1875	604.89	150.44
7	68.9	67.5	6.7	60.8	0.1080	348.31	174.56
8	68.9	136.2	13.1	123.1	0.2164	698.17	176.32
9	68.9	205	20.7	184.3	0.2446	789.25	233.51
10	103.4	68.1	7.3	60.8	0.0976	314.86	193.10
11	103.4	102.8	10.6	92.2	0.1320	425.98	216.44
12	103.4	240.9	19.9	221	0.3001	968.23	228.25
13	137.9	101.8	11.1	90.7	0.0979	315.89	287.13
14	137.9	136.6	14.6	122	0.1280	412.98	295.41
15	137.9	276.5	28.3	248.2	0.2850	919.65	<b>269.89</b>
Altura muestra	309.94 mm	muestra	153.5 mm				

Tabla 3. 97. Ensayo No.2 Módulo Resiliente Base Clase 4 Pintag.

MÓDULO RESILIENTE BASE CLASE 4 PINTAG.							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103.4	101.3	10.1	91.20	0.1302	420.45	216.91
1	20.7	19.2	1.9	17.30	0.0574	185.36	93.34
2	20.7	39.7	4.3	35.4	0.0917	296.09	119.56
3	20.7	60.4	6.1	54.3	0.1219	393.47	138.00
4	34.5	33.3	3.4	29.9	0.0778	251.3	118.98
5	34.5	67.1	7	60.1	0.0924	298.49	201.35
6	34.5	101.7	10.7	91	0.1854	598.51	152.04
7	68.9	67.5	6.7	60.8	0.1059	341.93	177.81
8	68.9	136.2	13.1	123.1	0.2142	691.79	177.94
9	68.9	205	20.7	184.3	0.2424	782.87	235.42
10	103.4	68.1	7.3	60.8	0.0955	308.48	197.10
11	103.4	102.8	10.6	92.2	0.1299	419.6	219.73
12	103.4	240.9	19.9	221	0.2979	961.85	229.77
13	137.9	101.8	11.1	90.7	0.0959	309.51	293.04
14	137.9	136.6	14.6	122	0.1259	406.6	300.05
15	137.9	276.5	28.3	248.2	0.2861	923.98	<b>268.62</b>
Altura muestra	309.69 mm	muestra	153.5 mm				

Tabla 3. 98. Ensayo No.3 Módulo Resiliente Base Clase 4 Pintag.

MÓDULO RESILIENTE BASE CLASE 4 PINTAG.							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103.4	101.3	10.1	91.20	0.1320	425.87	214.15
1	20.7	19.2	1.9	17.30	0.0576	185.74	93.15
2	20.7	39.7	4.3	35.4	0.0982	316.98	111.68
3	20.7	60.4	6.1	54.3	0.1270	409.87	132.48
4	34.5	33.3	3.4	29.9	0.0832	268.47	111.37
5	34.5	67.1	7	60.1	0.0948	305.98	196.42
6	34.5	101.7	10.7	91	0.1893	610.74	149.00
7	68.9	67.5	6.7	60.8	0.1101	355.25	171.15
8	68.9	136.2	13.1	123.1	0.2183	704.35	174.77
9	68.9	205	20.7	184.3	0.2467	796.12	231.50
10	103.4	68.1	7.3	60.8	0.0993	320.48	189.72
11	103.4	102.8	10.6	92.2	0.1341	432.65	213.11
12	103.4	240.9	19.9	221	0.3010	971.29	227.53
13	137.9	101.8	11.1	90.7	0.0996	321.48	282.13
14	137.9	136.6	14.6	122	0.1301	419.72	290.67
15	137.9	276.5	28.3	248.2	0.2824	911.24	<b>272.38</b>
Altura muestra	309.88 mm	muestra	153 mm				

SUBBASE CLASE 1

Tabla 3. 99. Ensayo No .1 Módulo Resiliente Subbase Clase 1 Pintag.

MÓDULO RESILIENTE SUBBASE CLASE 1 PINTAG							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103.4	101.3	10.1	91.20	0.1017	328.66	277.49
1	20.7	19.2	1.9	17.30	0.0282	90.96	190.20
2	20.7	39.7	4.3	35.4	0.0718	231.86	152.68
3	20.7	60.4	6.1	54.3	0.0903	291.76	186.11
4	34.5	33.3	3.4	29.9	0.0471	152.06	196.63
5	34.5	67.1	7	60.1	0.0993	320.66	187.43
6	34.5	101.7	10.7	91	0.1434	463.36	196.39
7	68.9	67.5	6.7	60.8	0.0890	287.52	211.46
8	68.9	136.2	13.1	123.1	0.1712	553.02	222.60
9	68.9	205	20.7	184.3	0.2190	707.42	260.52
10	103.4	68.1	7.3	60.8	0.0839	270.92	224.42
11	103.4	102.8	10.6	92.2	0.1292	417.52	220.83
12	103.4	240.9	19.9	221	0.2824	912.32	242.24
13	137.9	101.8	11.1	90.7	0.1124	363.22	249.71
14	137.9	136.6	14.6	122	0.1444	466.42	261.57
15	137.9	276.5	28.3	248.2	0.2936	948.65	<b>261.63</b>
Altura muestra	309.54 mm	muestra	153.5 mm				

Tabla 3. 100. Ensayo No .2 Módulo Resiliente Subbase Clase 1 Pintag.

MÓDULO RESILIENTE SUBBASE CLASE 1 PINTAG							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103.4	101.3	10.1	91.20	0.0999	322.68	282.63
1	20.7	19.2	1.9	17.30	0.0263	84.98	203.59
2	20.7	39.7	4.3	35.4	0.0699	225.88	156.72
3	20.7	60.4	6.1	54.3	0.0884	285.78	190.01
4	34.5	33.3	3.4	29.9	0.0452	146.08	204.68
5	34.5	67.1	7	60.1	0.0974	314.68	190.99
6	34.5	101.7	10.7	91	0.1413	456.485	199.35
7	68.9	67.5	6.7	60.8	0.0868	280.645	216.64
8	68.9	136.2	13.1	123.1	0.1690	546.145	225.40
9	68.9	205	20.7	184.3	0.2168	700.545	263.08
10	103.4	68.1	7.3	60.8	0.0817	264.045	230.26
11	103.4	102.8	10.6	92.2	0.1283	414.65	222.36
12	103.4	240.9	19.9	221	0.2814	909.45	243.00
13	137.9	101.8	11.1	90.7	0.1115	360.35	251.70
14	137.9	136.6	14.6	122	0.1434	463.55	263.19
15	137.9	276.5	28.3	248.2	0.2911	940.82	<b>263.81</b>
Altura muestra	309.45 mm	muestra	153 mm				

Tabla 3. 101. Ensayo No .3 Módulo Resiliente Subbase Clase 1 Pintag.

MÓDULO RESILIENTE SUBBASE CLASE 1 PINTAG							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103.4	101.3	10.1	91.20	0.1024	331.138	275.41
1	20.7	19.2	1.9	17.30	0.0580	93.438	185.16
2	20.7	39.7	4.3	35.4	0.1080	234.338	151.06
3	20.7	60.4	6.1	54.3	0.1450	294.238	184.54
4	34.5	33.3	3.4	29.9	0.0790	154.538	193.48
5	34.5	67.1	7	60.1	0.1410	323.138	185.99
6	34.5	101.7	10.7	91	0.1830	465.838	195.35
7	68.9	67.5	6.7	60.8	0.1080	292.172	208.10
8	68.9	136.2	13.1	123.1	0.1830	557.672	220.74
9	68.9	205	20.7	184.3	0.2400	712.072	258.82
10	103.4	68.1	7.3	60.8	0.0900	275.572	220.63
11	103.4	102.8	10.6	92.2	0.1270	421.318	218.84
12	103.4	240.9	19.9	221	0.2120	916.118	241.24
13	137.9	101.8	11.1	90.7	0.1080	367.018	247.13
14	137.9	136.6	14.6	122	0.1360	470.218	259.45
15	137.9	276.5	28.3	248.2	0.2320	959.78	<b>258.60</b>
Altura muestra	309.38 mm	muestra	153.5 mm				

SUBBASE CLASE 2

Tabla 3. 102. Ensayo No .1 Módulo Resiliente Subbase Clase 2 Pintag.

MÓDULO RESILIENTE SUBBASE CLASE 2							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103.4	101.3	10.1	91.20	0.0979	315.98	288.63
1	20.7	19.2	1.9	17.30	0.0401	129.43	133.66
2	20.7	39.7	4.3	35.4	0.0964	311.23	113.74
3	20.7	60.4	6.1	54.3	0.1562	504.03	107.73
4	34.5	33.3	3.4	29.9	0.0804	259.43	115.25
5	34.5	67.1	7	60.1	0.1506	485.93	123.68
6	34.5	101.7	10.7	91	0.2100	677.84	134.25
7	68.9	67.5	6.7	60.8	0.1263	407.54	149.19
8	68.9	136.2	13.1	123.1	0.2285	737.34	166.95
9	68.9	205	20.7	184.3	0.2902	936.74	196.75
10	103.4	68.1	7.3	60.8	0.1107	357.14	170.24
11	103.4	102.8	10.6	92.2	0.1580	509.92	180.81
12	103.4	240.9	19.9	221	0.2956	954.02	231.65
13	137.9	101.8	11.1	90.7	0.1419	457.92	198.07
14	137.9	136.6	14.6	122	0.1528	493.02	247.45
15	137.9	276.5	28.3	248.2	0.3060	987.65	<b>251.30</b>
Altura muestra	309.84 mm	muestra	153 mm				

Tabla 3. 103. Ensayo No .2 Módulo Resiliente Subbase Clase 2 Pintag.

MÓDULO RESILIENTE SUBBASE CLASE 2							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103.4	101.3	10.1	91.20	0.0967	312.17	292.15
1	20.7	19.2	1.9	17.30	0.0580	125.62	137.72
2	20.7	39.7	4.3	35.4	0.1080	307.42	115.15
3	20.7	60.4	6.1	54.3	0.1450	500.22	108.55
4	34.5	33.3	3.4	29.9	0.0790	253.97	117.73
5	34.5	67.1	7	60.1	0.1410	480.47	125.09
6	34.5	101.7	10.7	91	0.1830	672.38	135.34
7	68.9	67.5	6.7	60.8	0.1080	402.08	151.21
8	68.9	136.2	13.1	123.1	0.1830	731.88	168.20
9	68.9	205	20.7	184.3	0.2400	931.28	197.90
10	103.4	68.1	7.3	60.8	0.0900	349.6	173.91
11	103.4	102.8	10.6	92.2	0.1270	502.38	183.53
12	103.4	240.9	19.9	221	0.2120	946.48	233.50
13	137.9	101.8	11.1	90.7	0.1080	450.38	201.39
14	137.9	136.6	14.6	122	0.1360	485.48	251.30
15	137.9	276.5	28.3	248.2	0.2320	975.98	<b>254.31</b>
Altura muestra	309.77 mm	muestra	153.5 mm				

Tabla 3. 104. Ensayo No .3 Módulo Resiliente Subbase Clase 2 Pintag.

MÓDULO RESILIENTE SUBBASE CLASE 2							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103.4	101.3	10.1	91.20	0.1006	324.75	280.83
1	20.7	19.2	1.9	17.30	0.0428	138.2	125.18
2	20.7	39.7	4.3	35.4	0.0991	320	110.63
3	20.7	60.4	6.1	54.3	0.1588	512.8	105.89
4	34.5	33.3	3.4	29.9	0.0825	266.55	112.17
5	34.5	67.1	7	60.1	0.1531	494.45	121.55
6	34.5	101.7	10.7	91	0.2125	686.36	132.58
7	68.9	67.5	6.7	60.8	0.1288	416.06	146.13
8	68.9	136.2	13.1	123.1	0.2310	745.86	165.04
9	68.9	205	20.7	184.3	0.2927	945.26	194.97
10	103.4	68.1	7.3	60.8	0.1126	363.58	167.23
11	103.4	102.8	10.6	92.2	0.1608	519.22	177.57
12	103.4	240.9	19.9	221	0.2983	963.32	229.41
13	137.9	101.8	11.1	90.7	0.1447	467.22	194.13
14	137.9	136.6	14.6	122	0.1555	502.32	242.87
15	137.9	276.5	28.3	248.2	0.3080	994.65	<b>249.54</b>
Altura muestra	309.65 mm	muestra	153 mm				

SUBBASE CLASE 3

Tabla 3. 105. Ensayo No .1 Módulo Resiliente Subbase Clase 3 Pintag.

MÓDULO RESILIENTE SUBBASE CLASE 3 PINTAG							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103.4	101.3	10.1	91.20	0.1014	327.44	278.53
1	20.7	19.2	1.9	17.30	0.0285	91.94	188.17
2	20.7	39.7	4.3	35.4	0.0848	273.84	129.27
3	20.7	60.4	6.1	54.3	0.1381	446.04	121.74
4	34.5	33.3	3.4	29.9	0.0602	194.34	153.85
5	34.5	67.1	7	60.1	0.1303	420.83	142.81
6	34.5	101.7	10.7	91	0.1761	568.93	159.95
7	68.9	67.5	6.7	60.8	0.1056	341.13	178.23
8	68.9	136.2	13.1	123.1	0.2028	655.23	187.87
9	68.9	205	20.7	184.3	0.2619	846.03	217.84
10	103.4	68.1	7.3	60.8	0.0831	268.43	226.50
11	103.4	102.8	10.6	92.2	0.1433	462.91	199.17
12	103.4	240.9	19.9	221	0.2764	892.91	247.51
13	137.9	101.8	11.1	90.7	0.1271	410.71	220.84
14	137.9	136.6	14.6	122	0.1435	463.51	263.21
15	137.9	276.5	28.3	248.2	0.3339	1078.65	<b>230.10</b>
Altura muestra	309.58 mm	muestra	153 mm				

Tabla 3. 106. Ensayo No .2 Módulo Resiliente Subbase Clase 3 Pintag.

MÓDULO RESILIENTE SUBBASE CLASE 3 PINTAG							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103.4	101.3	10.1	91.20	0.0998	321.8	283.41
1	20.7	19.2	1.9	17.30	0.0268	86.3	200.46
2	20.7	39.7	4.3	35.4	0.0832	268.2	131.99
3	20.7	60.4	6.1	54.3	0.1366	440.4	123.30
4	34.5	33.3	3.4	29.9	0.0585	188.7	158.45
5	34.5	67.1	7	60.1	0.1285	414.05	145.15
6	34.5	101.7	10.7	91	0.1744	562.15	161.88
7	68.9	67.5	6.7	60.8	0.1037	334.35	181.85
8	68.9	136.2	13.1	123.1	0.2012	648.45	189.84
9	68.9	205	20.7	184.3	0.2604	839.25	219.60
10	103.4	68.1	7.3	60.8	0.0807	259.98	233.86
11	103.4	102.8	10.6	92.2	0.1410	454.46	202.88
12	103.4	240.9	19.9	221	0.2744	884.46	249.87
13	137.9	101.8	11.1	90.7	0.1248	402.26	225.48
14	137.9	136.6	14.6	122	0.1412	455.06	268.10
15	137.9	276.5	28.3	248.2	0.3294	1061.75	233.77
Altura muestra	310.24 mm	muestra	153.5 mm				

Tabla 3. 107. Ensayo No .3 Módulo Resiliente Subbase Clase 3 Pintag.

MÓDULO RESILIENTE SUBBASE CLASE 3 PINTAG							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103.4	101.3	10.1	91.20	0.0964	310.7	293.53
1	20.7	19.2	1.9	17.30	0.0233	75.2	230.05
2	20.7	39.7	4.3	35.4	0.0797	257.1	137.69
3	20.7	60.4	6.1	54.3	0.1331	429.3	126.48
4	34.5	33.3	3.4	29.9	0.0551	177.6	168.36
5	34.5	67.1	7	60.1	0.1247	402.22	149.42
6	34.5	101.7	10.7	91	0.1707	550.32	165.36
7	68.9	67.5	6.7	60.8	0.1000	322.52	188.52
8	68.9	136.2	13.1	123.1	0.1974	636.62	193.36
9	68.9	205	20.7	184.3	0.2566	827.42	222.74
10	103.4	68.1	7.3	60.8	0.0775	249.82	243.38
11	103.4	102.8	10.6	92.2	0.1375	443.34	207.97
12	103.4	240.9	19.9	221	0.2708	873.34	253.05
13	137.9	101.8	11.1	90.7	0.1213	391.14	231.89
14	137.9	136.6	14.6	122	0.1377	443.94	274.81
15	137.9	276.5	28.3	248.2	0.3275	1055.98	235.04
Altura muestra	310.11 mm	muestra	153 mm				

### 3.10.4.2. Mina de Pifo

#### BASE CLASE 1

Tabla 3. 108. Ensayo No.1 Módulo Resiliente Base clase 1A Pifo.

MÓDULO RESILIENTE BASE CLASE 1 PIFO							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103,4	101,3	10,1	91,20	0,0999	322,85	282,48
1	20,7	19,2	1,9	17,30	0,0532	171,82	100,69
2	20,7	39,7	4,3	35,4	0,0953	307,76	115,02
3	20,7	60,4	6,1	54,3	0,1274	411,53	131,95
4	34,5	33,3	3,4	29,9	0,0898	290,02	103,10
5	34,5	67,1	7	60,1	0,0861	278,08	216,12
6	34,5	101,7	10,7	91	0,2023	653,59	139,23
7	68,9	67,5	6,7	60,8	0,1360	439,28	138,41
8	68,9	136,2	13,1	123,1	0,2431	785,43	156,73
9	68,9	205	20,7	184,3	0,2771	895,19	205,88
10	103,4	68,1	7,3	60,8	0,1027	331,8	183,24
11	103,4	102,8	10,6	92,2	0,1498	484,11	190,45
12	103,4	240,9	19,9	221	0,3463	1118,74	197,54
13	137,9	101,8	11,1	90,7	0,1114	359,82	252,07
14	137,9	136,6	14,6	122	0,1452	469,04	260,11
15	137,9	276,5	28,3	248,2	0,2598	839,29	295,73
Altura muestra	309,5 mm	$\phi$ muestra	153,5 mm				

Tabla 3. 109. Ensayo No.2 Módulo Resiliente Base clase 1A Pifo.

MÓDULO RESILIENTE BASE CLASE 1 PIFO							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103,4	101,3	10,1	91,20	0,1094	352,51	258,72
1	20,7	19,2	1,9	17,30	0,0438	141,12	122,59
2	20,7	39,7	4,3	35,4	0,0913	294,33	120,27
3	20,7	60,4	6,1	54,3	0,1229	396,04	137,11
4	34,5	33,3	3,4	29,9	0,0826	266,13	112,35
5	34,5	67,1	7	60,1	0,0937	302,07	198,96
6	34,5	101,7	10,7	91	0,1928	621,36	146,45
7	68,9	67,5	6,7	60,8	0,1215	391,54	155,28
8	68,9	136,2	13,1	123,1	0,2381	767,11	160,47
9	68,9	205	20,7	184,3	0,2842	915,62	201,28
10	103,4	68,1	7,3	60,8	0,0998	321,53	189,10
11	103,4	102,8	10,6	92,2	0,1440	464,1	198,66
12	103,4	240,9	19,9	221	0,3412	1099,42	201,02
13	137,9	101,8	11,1	90,7	0,1157	372,68	243,37
14	137,9	136,6	14,6	122	0,1504	484,59	251,76
15	137,9	276,5	28,3	248,2	0,2624	845,56	293,53
Altura muestra	310,34 mm	$\phi$ muestra	153 mm				

Tabla 3. 110. Ensayo No.3 Módulo Resiliente Base clase 1A Pifo.

MÓDULO RESILIENTE BASE CLASE 1 PIFO							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103,4	101,3	10,1	91,20	0,1153	372,23	245,01
1	20,7	19,2	1,9	17,30	0,0448	144,75	119,52
2	20,7	39,7	4,3	35,4	0,0820	264,87	133,65
3	20,7	60,4	6,1	54,3	0,1239	400,26	135,66
4	34,5	33,3	3,4	29,9	0,0788	254,44	117,51
5	34,5	67,1	7	60,1	0,0875	282,65	212,63
6	34,5	101,7	10,7	91	0,1970	636,27	143,02
7	68,9	67,5	6,7	60,8	0,1167	376,92	161,31
8	68,9	136,2	13,1	123,1	0,2439	787,67	156,28
9	68,9	205	20,7	184,3	0,2889	932,9	197,56
10	103,4	68,1	7,3	60,8	0,0990	319,82	190,11
11	103,4	102,8	10,6	92,2	0,1476	476,55	193,47
12	103,4	240,9	19,9	221	0,3094	999,07	221,21
13	137,9	101,8	11,1	90,7	0,1188	383,49	236,51
14	137,9	136,6	14,6	122	0,1521	491,21	248,37
15	137,9	276,5	28,3	248,2	0,2586	835,23	297,16
Altura muestra	309,67 mm	$\phi$ muestra	153 mm				

BASE CLASE 2

Tabla 3. 111. Ensayo No.1 Módulo Resiliente Base clase 2 Pifo.

MÓDULO RESILIENTE BASE CLASE 2 PIFO							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103,4	101,3	10,1	91,20	0,1104	355,76	256,35
1	20,7	19,2	1,9	17,30	0,0366	117,85	146,80
2	20,7	39,7	4,3	35,4	0,0998	321,79	110,01
3	20,7	60,4	6,1	54,3	0,1362	439,05	123,68
4	34,5	33,3	3,4	29,9	0,0837	269,86	110,80
5	34,5	67,1	7	60,1	0,1045	336,88	178,40
6	34,5	101,7	10,7	91	0,2137	688,75	132,12
7	68,9	67,5	6,7	60,8	0,1223	394,22	154,23
8	68,9	136,2	13,1	123,1	0,2396	772,32	159,39
9	68,9	205	20,7	184,3	0,2940	947,46	194,52
10	103,4	68,1	7,3	60,8	0,1158	373,29	162,88
11	103,4	102,8	10,6	92,2	0,1519	489,42	188,39
12	103,4	240,9	19,9	221	0,3591	1157,3	190,96
13	137,9	101,8	11,1	90,7	0,1296	417,65	217,17
14	137,9	136,6	14,6	122	0,1436	462,72	263,66
15	137,9	276,5	28,3	248,2	0,2828	911,28	272,36
Altura muestra	310,29 mm	$\phi$ muestra	153 mm				

Tabla 3. 112. Ensayo No.2 Módulo Resiliente Base clase 2 Pifo.

MÓDULO RESILIENTE BASE CLASE 2 PIFO							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103,4	101,3	10,1	91,20	0,1066	343,27	265,68
1	20,7	19,2	1,9	17,30	0,0436	140,21	123,39
2	20,7	39,7	4,3	35,4	0,1092	351,68	100,66
3	20,7	60,4	6,1	54,3	0,1440	463,63	117,12
4	34,5	33,3	3,4	29,9	0,0745	239,99	124,59
5	34,5	67,1	7	60,1	0,1110	357,26	168,22
6	34,5	101,7	10,7	91	0,2178	701,32	129,76
7	68,9	67,5	6,7	60,8	0,1292	415,95	146,17
8	68,9	136,2	13,1	123,1	0,2338	752,75	163,53
9	68,9	205	20,7	184,3	0,2960	952,92	193,41
10	103,4	68,1	7,3	60,8	0,1087	349,8	173,81
11	103,4	102,8	10,6	92,2	0,1563	503,26	183,21
12	103,4	240,9	19,9	221	0,3501	1127,01	196,09
13	137,9	101,8	11,1	90,7	0,1366	439,94	206,16
14	137,9	136,6	14,6	122	0,1466	471,95	258,50
15	137,9	276,5	28,3	248,2	0,2785	896,54	<b>276,84</b>
Altura muestra	310,61 mm	$\phi$ muestra	153,5 mm				

Tabla 3. 113. Ensayo No.3 Módulo Resiliente Base clase 2 Pifo.

MÓDULO RESILIENTE BASE CLASE 2 PIFO							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103,4	101,3	10,1	91,20	0,1228	394,96	230,91
1	20,7	19,2	1,9	17,30	0,0472	151,83	113,94
2	20,7	39,7	4,3	35,4	0,1026	330,02	107,27
3	20,7	60,4	6,1	54,3	0,1309	421,25	128,90
4	34,5	33,3	3,4	29,9	0,0939	302,19	98,94
5	34,5	67,1	7	60,1	0,1120	360,43	166,75
6	34,5	101,7	10,7	91	0,2120	682,01	133,43
7	68,9	67,5	6,7	60,8	0,1112	357,62	170,01
8	68,9	136,2	13,1	123,1	0,2231	717,81	171,49
9	68,9	205	20,7	184,3	0,2525	812,22	226,91
10	103,4	68,1	7,3	60,8	0,1087	349,58	173,92
11	103,4	102,8	10,6	92,2	0,1449	466,06	197,83
12	103,4	240,9	19,9	221	0,3120	1003,74	220,18
13	137,9	101,8	11,1	90,7	0,1154	371,23	244,32
14	137,9	136,6	14,6	122	0,1414	454,95	268,16
15	137,9	276,5	28,3	248,2	0,2764	889,02	<b>279,18</b>
Altura muestra	310,85 mm	$\phi$ muestra	153 mm				

BASE CLASE 3

Tabla 3. 114. Ensayo No.1 Módulo Resiliente Base clase 3 Pifo.

MÓDULO RESILIENTE BASE CLASE 3 PIFO							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103,4	101,3	10,1	91,20	0,1387	447,54	203,78
1	20,7	19,2	1,9	17,30	0,0538	173,8	99,54
2	20,7	39,7	4,3	35,4	0,1090	351,71	100,65
3	20,7	60,4	6,1	54,3	0,1308	422,32	128,58
4	34,5	33,3	3,4	29,9	0,0987	318,69	93,82
5	34,5	67,1	7	60,1	0,1531	494,27	121,59
6	34,5	101,7	10,7	91	0,2825	911,85	99,80
7	68,9	67,5	6,7	60,8	0,1788	577,11	105,35
8	68,9	136,2	13,1	123,1	0,3437	1109,51	110,95
9	68,9	205	20,7	184,3	0,3390	1094,18	168,44
10	103,4	68,1	7,3	60,8	0,1515	489,04	124,33
11	103,4	102,8	10,6	92,2	0,1922	620,39	148,62
12	103,4	240,9	19,9	221	0,3983	1285,67	171,89
13	137,9	101,8	11,1	90,7	0,1261	407,12	222,78
14	137,9	136,6	14,6	122	0,1586	511,86	238,35
15	137,9	276,5	28,3	248,2	0,3025	976,54	254,16
Altura muestra	309,81 mm	$\phi$ muestra	153,5 mm				

Tabla 3. 115. Ensayo No.2 Módulo Resiliente Base clase 3 Pifo.

MÓDULO RESILIENTE BASE CLASE 3 PIFO							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103,4	101,3	10,1	91,20	0,1367	440,17	207,19
1	20,7	19,2	1,9	17,30	0,0560	180,23	95,99
2	20,7	39,7	4,3	35,4	0,1060	341,22	103,75
3	20,7	60,4	6,1	54,3	0,1402	451,49	120,27
4	34,5	33,3	3,4	29,9	0,1041	335,08	89,23
5	34,5	67,1	7	60,1	0,1588	511,3	117,54
6	34,5	101,7	10,7	91	0,2802	902,04	100,88
7	68,9	67,5	6,7	60,8	0,1587	510,82	119,02
8	68,9	136,2	13,1	123,1	0,3519	1132,98	108,65
9	68,9	205	20,7	184,3	0,3492	1124,32	163,92
10	103,4	68,1	7,3	60,8	0,1563	503,12	120,85
11	103,4	102,8	10,6	92,2	0,2002	644,59	143,04
12	103,4	240,9	19,9	221	0,3847	1238,76	178,40
13	137,9	101,8	11,1	90,7	0,1222	393,47	230,51
14	137,9	136,6	14,6	122	0,1560	502,23	242,92
15	137,9	276,5	28,3	248,2	0,2972	956,78	259,41
Altura muestra	310,85 mm	$\phi$ muestra	153,5 mm				

Tabla 3. 116. Ensayo No.3 Módulo Resiliente Base clase 3 Pifo.

MÓDULO RESILIENTE BASE CLASE 3 PIFO							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103,4	101,3	10,1	91,20	0,1305	419,94	217,17
1	20,7	19,2	1,9	17,30	0,0500	160,82	107,57
2	20,7	39,7	4,3	35,4	0,0998	321,09	110,25
3	20,7	60,4	6,1	54,3	0,1384	445,17	121,98
4	34,5	33,3	3,4	29,9	0,0961	309,28	96,68
5	34,5	67,1	7	60,1	0,1557	500,76	120,02
6	34,5	101,7	10,7	91	0,2922	940,02	96,81
7	68,9	67,5	6,7	60,8	0,1810	582,32	104,41
8	68,9	136,2	13,1	123,1	0,3729	1199,59	102,62
9	68,9	205	20,7	184,3	0,3497	1124,98	163,83
10	103,4	68,1	7,3	60,8	0,1565	503,43	120,77
11	103,4	102,8	10,6	92,2	0,2024	651,05	141,62
12	103,4	240,9	19,9	221	0,4039	1299,21	170,10
13	137,9	101,8	11,1	90,7	0,1289	414,76	218,68
14	137,9	136,6	14,6	122	0,1583	509,13	239,62
15	137,9	276,5	28,3	248,2	0,3002	965,74	257,00
Altura muestra	310,86 mm	$\phi$ muestra	153 mm				

BASE CLASE 4

Tabla 3. 117. Ensayo No.1 Módulo Resiliente Base clase 4 Pifo.

MÓDULO RESILIENTE BASE CLASE 4 PIFO							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103,4	101,3	10,1	91,20	0,1476	475,81	191,67
1	20,7	19,2	1,9	17,30	0,0598	192,77	89,74
2	20,7	39,7	4,3	35,4	0,1155	372,5	95,03
3	20,7	60,4	6,1	54,3	0,1410	454,75	119,41
4	34,5	33,3	3,4	29,9	0,1059	341,52	87,55
5	34,5	67,1	7	60,1	0,1404	452,63	132,78
6	34,5	101,7	10,7	91	0,2904	936,24	97,20
7	68,9	67,5	6,7	60,8	0,1887	608,53	99,91
8	68,9	136,2	13,1	123,1	0,3020	973,56	126,44
9	68,9	205	20,7	184,3	0,3062	987,25	186,68
10	103,4	68,1	7,3	60,8	0,1400	451,37	134,70
11	103,4	102,8	10,6	92,2	0,1691	545,04	169,16
12	103,4	240,9	19,9	221	0,3761	1212,65	182,25
13	137,9	101,8	11,1	90,7	0,1406	453,37	200,06
14	137,9	136,6	14,6	122	0,1794	578,54	210,88
15	137,9	276,5	28,3	248,2	0,3093	997,23	248,89
Altura muestra	310,17 mm	$\phi$ muestra	153,5 mm				

Tabla 3. 118. Ensayo No.2 Módulo Resiliente Base clase 4 Pifo.

MÓDULO RESILIENTE BASE CLASE 4 PIFO							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103,4	101,3	10,1	91,20	0,1501	484,56	188,21
1	20,7	19,2	1,9	17,30	0,0632	204,02	84,80
2	20,7	39,7	4,3	35,4	0,1128	364,05	97,24
3	20,7	60,4	6,1	54,3	0,1428	460,93	117,81
4	34,5	33,3	3,4	29,9	0,1144	369,26	80,97
5	34,5	67,1	7	60,1	0,1492	481,63	124,78
6	34,5	101,7	10,7	91	0,2920	942,52	96,55
7	68,9	67,5	6,7	60,8	0,1862	600,95	101,17
8	68,9	136,2	13,1	123,1	0,3075	992,63	124,01
9	68,9	205	20,7	184,3	0,3133	1011,42	182,22
10	103,4	68,1	7,3	60,8	0,1423	459,23	132,40
11	103,4	102,8	10,6	92,2	0,1721	555,59	165,95
12	103,4	240,9	19,9	221	0,3884	1253,56	176,30
13	137,9	101,8	11,1	90,7	0,1460	471,12	192,52
14	137,9	136,6	14,6	122	0,1840	593,97	205,40
15	137,9	276,5	28,3	248,2	0,3121	1007,31	246,40
Altura muestra	309,81 mm	$\phi$ muestra	153 mm				

Tabla 3. 119. Ensayo No.3 Módulo Resiliente Base clase 4 Pifo.

MÓDULO RESILIENTE BASE CLASE 4 PIFO							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103,4	101,3	10,1	91,20	0,1523	491,13	185,69
1	20,7	19,2	1,9	17,30	0,0653	210,41	82,22
2	20,7	39,7	4,3	35,4	0,1231	396,9	89,19
3	20,7	60,4	6,1	54,3	0,1486	479,14	113,33
4	34,5	33,3	3,4	29,9	0,1124	362,59	82,46
5	34,5	67,1	7	60,1	0,1486	479,34	125,38
6	34,5	101,7	10,7	91	0,2961	954,68	95,32
7	68,9	67,5	6,7	60,8	0,1965	633,58	95,96
8	68,9	136,2	13,1	123,1	0,3097	998,59	123,27
9	68,9	205	20,7	184,3	0,3112	1003,51	183,66
10	103,4	68,1	7,3	60,8	0,1493	481,32	126,32
11	103,4	102,8	10,6	92,2	0,1784	575,24	160,28
12	103,4	240,9	19,9	221	0,3784	1220,13	181,13
13	137,9	101,8	11,1	90,7	0,1485	478,96	189,37
14	137,9	136,6	14,6	122	0,1779	573,63	212,68
15	137,9	276,5	28,3	248,2	0,3151	1016,11	244,26
Altura muestra	310,11 mm	$\phi$ muestra	153,5 mm				

SUBBASE CLASE 1

Tabla 3. 120. Ensayo No.1 Módulo Resiliente Subbase clase 1 Pifo.

MÓDULO RESILIENTE SUBBASE CLASE 1 PIFO							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103,4	101,3	10,1	91,20	0,1561	502,48	181,50
1	20,7	19,2	1,9	17,30	0,0562	181,01	95,58
2	20,7	39,7	4,3	35,4	0,1081	347,99	101,73
3	20,7	60,4	6,1	54,3	0,1588	511,07	106,25
4	34,5	33,3	3,4	29,9	0,0836	269,12	111,10
5	34,5	67,1	7	60,1	0,1573	506,15	118,74
6	34,5	101,7	10,7	91	0,2246	722,69	125,92
7	68,9	67,5	6,7	60,8	0,1451	466,93	130,21
8	68,9	136,2	13,1	123,1	0,2427	781,09	157,60
9	68,9	205	20,7	184,3	0,3107	999,75	184,35
10	103,4	68,1	7,3	60,8	0,1209	389,04	156,28
11	103,4	102,8	10,6	92,2	0,1682	541,22	170,36
12	103,4	240,9	19,9	221	0,3044	979,59	225,60
13	137,9	101,8	11,1	90,7	0,1552	499,34	181,64
14	137,9	136,6	14,6	122	0,1934	622,41	196,01
15	137,9	276,5	28,3	248,2	0,3231	1039,95	238,67
Altura muestra	310,73 mm	⊕ muestra	153 mm				

Tabla 3. 121. Ensayo No.2 Módulo Resiliente Subbase clase 1 Pifo.

MÓDULO RESILIENTE SUBBASE CLASE 1 PIFO							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103,4	101,3	10,1	91,20	0,1636	528,41	172,59
1	20,7	19,1	1,9	17,20	0,0505	163,14	105,43
2	20,7	39,6	4,3	35,3	0,0994	321,12	109,93
3	20,7	60,3	6,1	54,2	0,1300	419,85	129,09
4	34,5	33,3	3,4	29,9	0,0782	252,58	118,38
5	34,5	67,1	7	60,1	0,1659	535,94	112,14
6	34,5	101,7	10,7	91	0,2230	720,37	126,32
7	68,9	67,5	6,7	60,8	0,1361	439,56	138,32
8	68,9	136,1	13,1	123	0,2405	777,02	158,30
9	68,9	205	20,7	184,3	0,3129	1010,85	182,32
10	103,4	68	7,3	60,7	0,1244	401,73	151,10
11	103,4	102,6	10,6	92	0,1639	529,53	173,74
12	103,4	240,9	19,9	221	0,3089	997,81	221,49
13	137,9	101,5	11,1	90,4	0,1631	526,75	171,62
14	137,9	136,4	14,6	121,8	0,2024	653,94	186,26
15	137,9	276,5	28,3	248,2	0,3243	1047,68	236,90
Altura muestra	309,58 mm	⊕ muestra	153,5 mm				

Tabla 3. 122. Ensayo No.3 Módulo Resiliente Subbase clase 1 Pifo.

MÓDULO RESILIENTE SUBBASE CLASE 1 PIFO							
Ciclo	$\sigma_{conf.}$ (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103,4	101,3	10,1	91,20	0,1523	491,39	185,60
1	20,7	19,1	1,9	17,20	0,0589	190,1	90,48
2	20,7	39,6	4,3	35,3	0,1013	326,99	107,95
3	20,7	60,3	6,1	54,2	0,1552	500,63	108,26
4	34,5	33,3	3,4	29,9	0,0855	275,81	108,41
5	34,5	67,1	7	60,1	0,1514	488,54	123,02
6	34,5	101,7	10,7	91	0,2198	709,12	128,33
7	68,9	67,5	6,7	60,8	0,1430	461,43	131,76
8	68,9	136,1	13,1	123	0,2384	769,09	159,93
9	68,9	205	20,7	184,3	0,3045	982,55	187,57
10	103,4	68	7,3	60,7	0,1209	390,12	155,59
11	103,4	102,6	10,6	92	0,1654	533,56	172,43
12	103,4	240,9	19,9	221	0,2991	965,01	229,01
13	137,9	101,5	11,1	90,4	0,1485	479,23	188,64
14	137,9	136,4	14,6	121,8	0,1889	609,35	199,89
15	137,9	276,5	28,3	248,2	0,3192	1029,99	240,97
Altura muestra	309,93 mm	$\phi$ muestra	153 mm				

## SUBBASE CLASE 2

Tabla 3. 123. Ensayo No.1 Módulo Resiliente Subbase clase 2 Pifo.

MÓDULO RESILIENTE SUBBASE CLASE 2 PIFO							
Ciclo	$\sigma_{conf.}$ (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103,4	101,3	10,1	91,20	0,1232	397,32	229,54
1	20,7	19,2	1,9	17,30	0,0538	173,4	99,77
2	20,7	39,7	4,3	35,4	0,1067	344,01	102,90
3	20,7	60,4	6,1	54,3	0,1618	521,86	104,05
4	34,5	33,3	3,4	29,9	0,0851	274,57	108,90
5	34,5	67,1	7	60,1	0,1458	470,23	127,81
6	34,5	101,7	10,7	91	0,1871	603,44	150,80
7	68,9	67,5	6,7	60,8	0,1330	428,94	141,74
8	68,9	136,2	13,1	123,1	0,2355	759,52	162,08
9	68,9	205	20,7	184,3	0,3086	994,98	185,23
10	103,4	68,1	7,3	60,8	0,1286	414,68	146,62
11	103,4	102,8	10,6	92,2	0,1896	611,39	150,80
12	103,4	240,9	19,9	221	0,3406	1098,35	201,21
13	137,9	101,8	11,1	90,7	0,1548	499,03	181,75
14	137,9	136,6	14,6	122	0,1922	619,85	196,82
15	137,9	276,5	28,3	248,2	0,3286	1059,51	234,26
Altura muestra	310,11 mm	$\phi$ muestra	153,5 mm				

Tabla 3. 124. Ensayo No.2 Módulo Resiliente Subbase clase 2 Pifo.

MÓDULO RESILIENTE SUBBASE CLASE 2 PIFO							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103,4	101,3	10,1	91,20	0,1262	406,63	224,28
1	20,7	19,2	1,9	17,30	0,0583	187,78	92,13
2	20,7	39,7	4,3	35,4	0,1135	365,96	96,73
3	20,7	60,4	6,1	54,3	0,1656	533,58	101,77
4	34,5	33,3	3,4	29,9	0,0907	292,21	102,32
5	34,5	67,1	7	60,1	0,1509	486,39	123,56
6	34,5	101,7	10,7	91	0,1862	600,12	151,64
7	68,9	67,5	6,7	60,8	0,1405	452,78	134,28
8	68,9	136,2	13,1	123,1	0,2407	775,9	158,65
9	68,9	205	20,7	184,3	0,3130	1008,84	182,69
10	103,4	68,1	7,3	60,8	0,1336	430,71	141,16
11	103,4	102,8	10,6	92,2	0,1970	635,09	145,18
12	103,4	240,9	19,9	221	0,3440	1108,83	199,31
13	137,9	101,8	11,1	90,7	0,1606	517,65	175,21
14	137,9	136,6	14,6	122	0,1959	631,45	193,21
15	137,9	276,5	28,3	248,2	0,3324	1071,39	231,66
Altura muestra	310,27 mm	$\phi$ muestra	153 mm				

Tabla 3. 125. Ensayo No.3 Módulo Resiliente Subbase clase 2 Pifo.

MÓDULO RESILIENTE SUBBASE CLASE 2 PIFO							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103,4	101,3	10,1	91,20	0,1264	408,56	223,22
1	20,7	19,2	1,9	17,30	0,0583	188,49	91,78
2	20,7	39,7	4,3	35,4	0,1146	370,41	95,57
3	20,7	60,4	6,1	54,3	0,1640	530,37	102,38
4	34,5	33,3	3,4	29,9	0,0877	283,52	105,46
5	34,5	67,1	7	60,1	0,1547	500,1	120,18
6	34,5	101,7	10,7	91	0,1961	633,96	143,54
7	68,9	67,5	6,7	60,8	0,1417	458,03	132,74
8	68,9	136,2	13,1	123,1	0,2441	789,31	155,96
9	68,9	205	20,7	184,3	0,3169	1024,56	179,88
10	103,4	68,1	7,3	60,8	0,1357	438,75	138,58
11	103,4	102,8	10,6	92,2	0,1916	619,52	148,82
12	103,4	240,9	19,9	221	0,3444	1113,64	198,45
13	137,9	101,8	11,1	90,7	0,1606	519,42	174,62
14	137,9	136,6	14,6	122	0,1989	642,95	189,75
15	137,9	276,5	28,3	248,2	0,3341	1080,11	229,79
Altura muestra	309,28 mm	$\phi$ muestra	153 mm				

SUBBASE CLASE 3

Tabla 3. 126. Ensayo No.1 Módulo Resiliente Subbase clase 3 Pifo.

MÓDULO RESILIENTE SUBBASE CLASE 3 PIFO							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103,4	101,3	10,1	91,20	0,1361	439,32	207,59
1	20,7	19,2	1,9	17,30	0,0427	137,87	125,48
2	20,7	39,7	4,3	35,4	0,1199	387,07	91,46
3	20,7	60,4	6,1	54,3	0,1758	567,45	95,69
4	34,5	33,3	3,4	29,9	0,0914	295,22	101,28
5	34,5	67,1	7	60,1	0,1823	588,43	102,14
6	34,5	101,7	10,7	91	0,2473	798,38	113,98
7	68,9	67,5	6,7	60,8	0,1480	477,76	127,26
8	68,9	136,2	13,1	123,1	0,2826	912,49	134,91
9	68,9	205	20,7	184,3	0,3435	1109,12	166,17
10	103,4	68,1	7,3	60,8	0,1250	403,54	150,67
11	103,4	102,8	10,6	92,2	0,1844	595,33	154,87
12	103,4	240,9	19,9	221	0,4313	1392,39	158,72
13	137,9	101,8	11,1	90,7	0,1551	500,85	181,09
14	137,9	136,6	14,6	122	0,1957	631,93	193,06
15	137,9	276,5	28,3	248,2	0,3808	1229,45	201,88
Altura muestra	309,73 mm	$\phi$ muestra	153,5 mm				

Tabla 3. 127. Ensayo No.2 Módulo Resiliente Subbase clase 3 Pifo.

MÓDULO RESILIENTE SUBBASE CLASE 3 PIFO							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103,4	101,3	10,1	91,20	0,1301	419,56	217,37
1	20,7	19,2	1,9	17,30	0,0353	113,73	152,11
2	20,7	39,7	4,3	35,4	0,1125	362,64	97,62
3	20,7	60,4	6,1	54,3	0,1692	545,68	99,51
4	34,5	33,3	3,4	29,9	0,0834	268,75	111,26
5	34,5	67,1	7	60,1	0,1748	563,61	106,63
6	34,5	101,7	10,7	91	0,2397	772,92	117,74
7	68,9	67,5	6,7	60,8	0,1413	455,64	133,44
8	68,9	136,2	13,1	123,1	0,2771	893,45	137,78
9	68,9	205	20,7	184,3	0,3357	1082,32	170,28
10	103,4	68,1	7,3	60,8	0,1169	376,85	161,34
11	103,4	102,8	10,6	92,2	0,1765	569,06	162,02
12	103,4	240,9	19,9	221	0,4238	1366,53	161,72
13	137,9	101,8	11,1	90,7	0,1513	487,86	185,91
14	137,9	136,6	14,6	122	0,1893	610,41	199,87
15	137,9	276,5	28,3	248,2	0,3729	1202,33	206,43
Altura muestra	310,15 mm	$\phi$ muestra	153,5 mm				

Tabla 3. 128. Ensayo No.3 Módulo Resiliente Subbase clase 3 Pifo.

MÓDULO RESILIENTE SUBBASE CLASE 3 PIFO							
Ciclo	$\sigma$ conf. (kPa)	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_3$ (kPa)	$\sigma_d$ (kPa)	$\delta_r$ (mm)	$\epsilon_r \times 10^{-6}$ (mm)	MR (MPa)
0	103,4	101,3	10,1	91,20	0,1400	450,96	202,24
1	20,7	19,2	1,9	17,30	0,0457	147,14	117,58
2	20,7	39,7	4,3	35,4	0,1180	380,12	93,13
3	20,7	60,4	6,1	54,3	0,1808	582,65	93,19
4	34,5	33,3	3,4	29,9	0,0932	300,21	99,60
5	34,5	67,1	7	60,1	0,1868	602,02	99,83
6	34,5	101,7	10,7	91	0,2500	805,69	112,95
7	68,9	67,5	6,7	60,8	0,1521	490,15	124,04
8	68,9	136,2	13,1	123,1	0,2886	930,01	132,36
9	68,9	205	20,7	184,3	0,3483	1122,46	164,19
10	103,4	68,1	7,3	60,8	0,1298	418,2	145,38
11	103,4	102,8	10,6	92,2	0,1892	609,53	151,26
12	103,4	240,9	19,9	221	0,4352	1402,41	157,59
13	137,9	101,8	11,1	90,7	0,1587	511,25	177,41
14	137,9	136,6	14,6	122	0,2011	648,12	188,24
15	137,9	276,5	28,3	248,2	0,3853	1241,64	199,90
Altura muestra	310,34 mm	$\phi$ muestra	153 mm				

### 3.10.11. Resumen de resultados

Tabla 3. 129. Resumen de resultados de Módulos Resilientes mina Pintag.

RESUMEN DE RESULTADOS MÓDULO RESILIENTE, PINTAG						
Tipo	MR 1		MR 2		MR 3	
	MPa	psi	MPa	psi	MPa	psi
BASE CLASE 1 TIPO A	295,43	42848,5763	302,08	43813,079	298,84	43343,1559
BASE CLASE 2	290,56	42142,2413	293,5	42568,653	295,92	42919,645
BASE CLASE 3	275,4	39943,4652	278,36	40372,7777	274,39	39796,9768
BASE CLASE 4	269,89	39144,3058	272,38	39505,4504	268,62	38960,1076
SUBBASE CLASE 1	261,63	37946,2919	263,81	38262,4748	258,6	37506,8268
SUBBASE CLASE 2	251,3	36448,0494	254,31	36884,6138	249,54	36192,7825
SUBBASE CLASE 3	230,1	33373,2438	233,77	33905,5333	235,04	34089,7315

Tabla 3. 130. Resumen de resultados de Módulos Resilientes mina Pifo.

RESUMEN DE RESULTADOS MÓDULO RESILIENTE, PIFO						
Tipo	MR 1		MR 2		MR 3	
	MPa	psi	MPa	psi	MPa	psi
BASE CLASE 1 TIPO A	295,73	42892,0877	293,53	42573,0041	297,16	43099,4921
BASE CLASE 2	272,36	39502,5497	276,84	40152,6219	279,18	40492,2629
BASE CLASE 3	254,16	36863,2433	259,41	37624,5653	257,00	37275,4899
BASE CLASE 4	248,89	36098,4242	246,40	35737,1927	244,26	35427,6915
SUBBASE CLASE 1	238,67	34615,5407	236,90	34360,1401	240,97	34950,2729
SUBBASE CLASE 2	234,26	33976,4906	231,66	33599,7458	229,79	33328,4865
SUBBASE CLASE 3	201,88	29280,1103	206,43	29940,5584	199,90	28992,6481

## CAPÍTULO 4

### CORRELACIONES C.B.R. Y MÓDULO RESILIENTE.

En base a investigaciones se ha llegado a encontrar las siguientes correlaciones entre estos dos ensayos de laboratorio. Más adelante se aplicarán las propuestas basadas en bibliografía elegida para esta tesis.

#### 4.1. Ecuación de Green & Hall (1975).

$$MR(MPa) = 10 \times C.B.R^{0.73}$$

13

Tabla 4. 1. Correlación C.B.R y Módulo Resiliente para Bases y Subbases de Pintag según Green & Hall.

ECUACIÓN DE GREEN & HALL (1975), PINTAG			
TIPO	C.B.R. %	MR (MPa)	MR (psi)
BASE CLASE 1A	99.5	287.35	41676.6355
BASE CLASE 2	96.5	281.00	40755.5484
BASE CLASE 3	89.8	266.62	38669.9427
BASE CLASE 4	88	262.71	38102.5598
SUBBASE CLASE 1	84	253.94	36830.3360
SUBBASE CLASE 2	77.5	239.44	34727.3821
SUBBASE CLASE 3	74	231.49	33575.3816

Tabla 4. 2. Correlación C.B.R y Módulo Resiliente para Bases y Subbases de Pifo según Green & Hall.

ECUACIÓN DE GREEN & HALL (1975), PIFO			
TIPO	C.B.R. %	MR (MPa)	MR (psi)
BASE CLASE 1A	98.5	285.24	41370.4506
BASE CLASE 2	95.2	278.23	40354.0172
BASE CLASE 3	91.4	270.08	39171.7095
BASE CLASE 4	87.4	261.40	37912.7379
SUBBASE CLASE 1	84.2	254.38	36894.3301
SUBBASE CLASE 2	80	245.05	35541.6424
SUBBASE CLASE 3	72	226.91	32910.5034

<sup>13</sup> Rondón, H., Fernández, W., & Hernandez, J. (2013). Influencia de la Rigidez de la subrasante y las capas granulares sobre la vida a fátiga de mezclas asfálticas. Bogotá, Colombia.

## 4.2. Ecuación de Uzan

$$MR \text{ (MPa)} = 91.226 + (0.017 \times C.B.R.^2) \quad 14$$

Tabla 4. 3. Correlación C.B.R y Módulo Resiliente para Bases y Subbases de Pintag según la ecuación de UZAN.

ECUACIÓN DE UZAM, PINTAG			
TIPO	C.B.R. %	MR (MPa)	MR (psi)
BASE CLASE 1A	99.5	259.53	37641.7484
BASE CLASE 2	96.5	249.53	36191.9486
BASE CLASE 3	89.8	228.31	33114.3046
BASE CLASE 4	88	222.87	32325.1992
SUBBASE CLASE 1	84	211.18	30628.8348
SUBBASE CLASE 2	77.5	193.33	28040.5229
SUBBASE CLASE 3	74	184.32	26733.1141

Tabla 4. 4. Correlación C.B.R y Módulo Resiliente para Bases y Subbases de Pifo según la ecuación de UZAN.

ECUACIÓN DE UZAM, PIFO			
TIPO	C.B.R. %	MR (MPa)	MR (psi)
BASE CLASE 1A	98.5	256.16	37153.5505
BASE CLASE 2	95.2	245.30	35577.4849
BASE CLASE 3	91.4	233.24	33829.1446
BASE CLASE 4	87.4	221.08	32065.7146
SUBBASE CLASE 1	84.2	211.75	30711.7791
SUBBASE CLASE 2	80	200.03	29011.371
SUBBASE CLASE 3	72	179.35	26013.1455

<sup>14</sup> Dione, A., Mall, M., Benboudjema, F., & Michou, A. (2014). Implementation of Resilient Modulus-C.B.R. relationship in mechanistic-empirical (M-E) Pavement Design. Paris: Cames.

### 4.3. Ecuación de National Cooperative Highway Research Program (NCHRP).

$$MR \text{ (MPa)} = 99.720 + (0.019 \times C.B.R.^2)$$

15

Tabla 4. 5. Correlación C.B.R y Módulo Resiliente para Bases y Subbases de Pintag según la ecuación de NCHRP.

ECUACIÓN DE NCHRP, PINTAG			
TIPO	C.B.R. %	MR (MPa)	MR (psi)
BASE CLASE 1A	99.5	280.82	40730.2601
BASE CLASE 2	96.5	269.65	39109.8956
BASE CLASE 3	89.8	245.94	35670.1758
BASE CLASE 4	88	239.86	34788.2345
SUBBASE CLASE 1	84	226.78	32892.2978
SUBBASE CLASE 2	77.5	206.84	29999.4786
SUBBASE CLASE 3	74	196.76	28538.257

Tabla 4. 6. Correlación C.B.R y Módulo Resiliente para Bases y Subbases de Pifo según la ecuación de NCHRP.

ECUACIÓN DE NCHRP, PIFO			
TIPO	C.B.R. %	MR (MPa)	MR (psi)
BASE CLASE 1A	98.5	277.06	40184.6271
BASE CLASE 2	95.2	264.92	38423.1421
BASE CLASE 3	91.4	251.45	36469.1147
BASE CLASE 4	87.4	237.86	34498.2223
SUBBASE CLASE 1	84.2	227.42	32985.0003
SUBBASE CLASE 2	80	214.32	31084.5442
SUBBASE CLASE 3	72	191.22	27733.5862

<sup>15</sup> Dione, A., Mall, M., Benboudjema, F., & Michou, A. (2014). Implementation of Resilient Modulus-C.B.R. relationship in mechanistic-empirical (M.-E) Pavement Design. Paris: Cames.

#### 4.4. Ecuación usada en Chile

$$MR (\text{psi}) = 3220 \times C.B.R^{0.55}$$

16

Tabla 4. 7. Correlación C.B.R y Módulo Resiliente para Bases y Subbases de Pintag según la ecuación usada en Chile.

ECUACIÓN USADA EN CHILE, PINTAG			
TIPO	C.B.R. %	MR (MPa)	MR (psi)
BASE CLASE 1A	99.5	278.73	40425.7947
BASE CLASE 2	96.5	274.07	39750.8019
BASE CLASE 3	89.8	263.44	38208.3125
BASE CLASE 4	88	260.52	37785.1666
SUBBASE CLASE 1	84	253.94	36830.6581
SUBBASE CLASE 2	77.5	242.93	35234.7998
SUBBASE CLASE 3	74	236.84	34350.5201

Tabla 4. 8. Correlación C.B.R y Módulo Resiliente para Bases y Subbases de Pifo según la ecuación usada en Chile.

ECUACIÓN USADA EN CHILE, PIFO			
TIPO	C.B.R. %	MR (MPa)	MR (psi)
BASE CLASE 1A	98.5	277.18	40201.8278
BASE CLASE 2	95.2	272.03	39455.3766
BASE CLASE 3	91.4	266.01	38581.2487
BASE CLASE 4	87.4	259.54	37643.2541
SUBBASE CLASE 1	84.2	254.27	36878.8629
SUBBASE CLASE 2	80	247.21	35855.4654
SUBBASE CLASE 3	72	233.30	33836.758

<sup>16</sup> Higuera Sandoval, C. (1989). *Correlaciones C.B.R- Modulo Resiliente*. Colombia.

## CAPÍTULO 5

### HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS

#### 5.1. Análisis de regresión lineal

El análisis de regresión lineal es una técnica estadística utilizada para estudiar la relación entre una variable llamada dependiente y una o mas variables llamadas independientes, así como para desarrollar una ecuación lineal con fines predictivos. (Mena, 2013)

El coeficiente de correlación ( $R^2$ ) mide el porcentaje de variación total explicada por la regresión. Los valores de  $R^2$  cercanos a uno, implica que la mayor parte de la variabilidad esta expresada por el modelo de regresión. (Montomery, Peck, & Vining, 2002)

Para obtener la correlación se procede de la siguiente manera:

Con los datos obtenidos mediante los ensayos realizados de C.B.R y Modulo Resiliente se realiza el análisis de regresión lineal en el programa Excel, el cual nos facilita la obtención de la línea de tendencia, la ecuación de la recta y el coeficiente de correlación  $R^2$ .

Utilizando la fórmula obtenida se realiza el cálculo de los Módulos Resilientes respectivos para cada tipo de base y subbase de cada una de las minas.

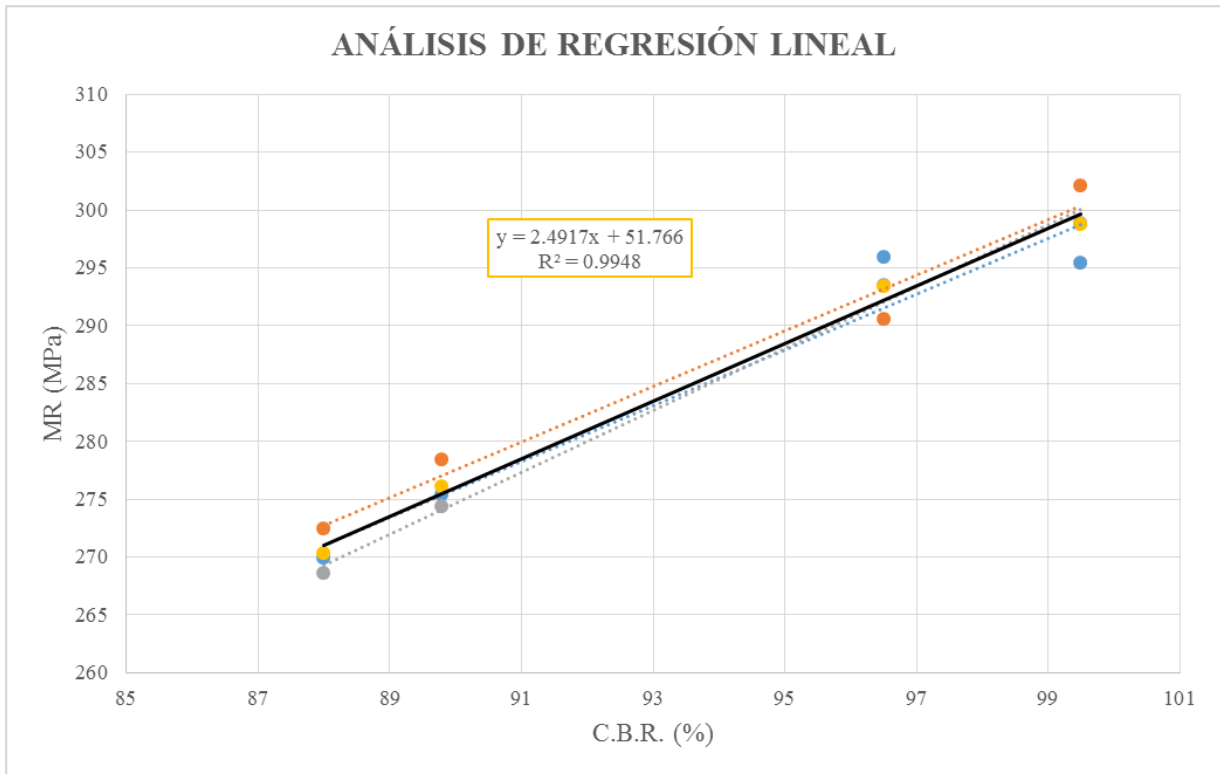
#### 5.1.1. Mina de Pintag

##### BASES

Tabla 5. 1. Resultados C.B.R y Módulo Resiliente Bases Pintag.

RESULTADOS C.B.R Y MÓDULO RESILIENTE PINTAG					
Tipo	C.B.R. (%)	MR 1 (MPa)	MR 2 (MPa)	MR 3 (MPa)	MR promedio (MPa)
BASE CLASE 1 TIPO A	99.5	295.43	302.08	298.84	298.78
BASE CLASE 2	96.5	295.92	290.56	293.5	293.33
BASE CLASE 3	89.8	275.4	278.36	274.39	276.05
BASE CLASE 4	88	269.89	272.38	268.62	270.30

Gráfica 5. 1. Análisis de regresión lineal Bases Pintag.



La ecuación que se obtiene mediante el análisis de regresión lineal para las Bases de la mina de Pintag se muestra a continuación:

$$MR(MPa) = 2.4917 \times C.B.R.(%) + 51.766$$

Como se puede observar el coeficiente de correlación es cercano a uno lo que demuestra que la ecuación obtenida es confiable.

Tabla 5. 2. Resultados de la correlación aplicando la fórmula obtenida, Bases Pintag.

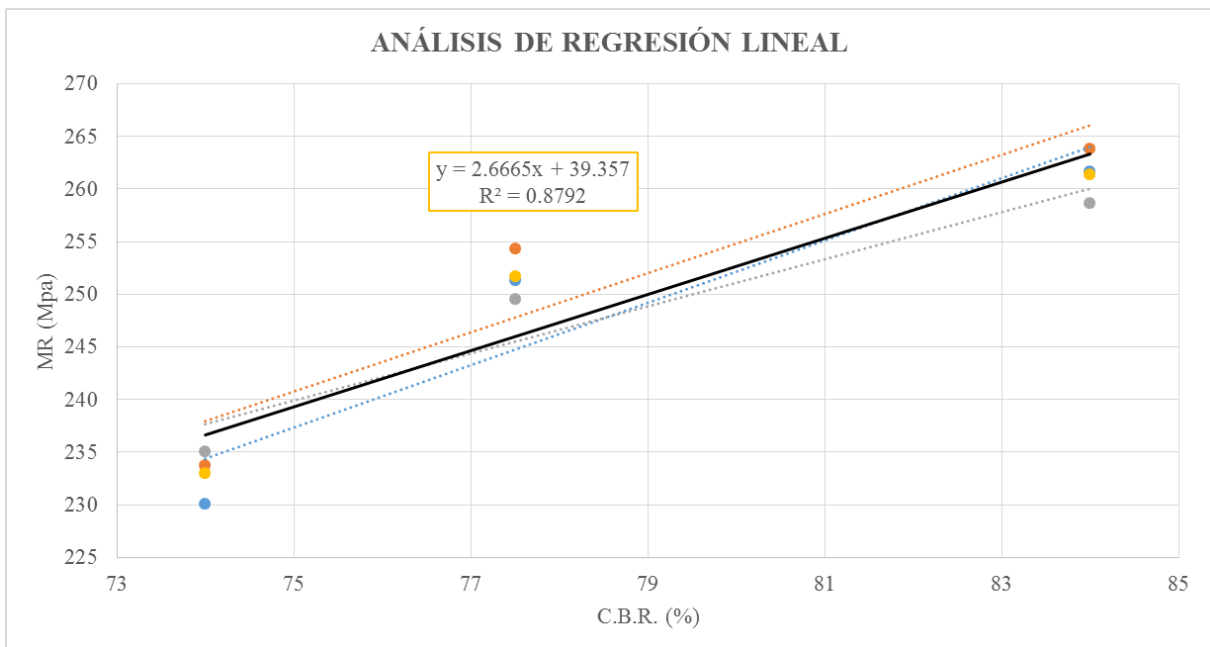
RESULTADOS CORRELACIÓN PINTAG			
Tipo	C.B.R. (%)	MR correlación (Mpa)	MR correlación (psi)
BASE CLASE 1 TIPO A	99,5	299,69	43466,44
BASE CLASE 2	96,5	292,22	42383,00
BASE CLASE 3	89,8	275,52	39960,87
BASE CLASE 4	88	271,04	39311,10

## SUBBASES

Tabla 5. 3. Resultados C.B.R y Módulo Resiliente Subbases Pintag.

RESULTADOS C.B.R Y MÓDULO RESILIENTE PINTAG					
Tipo	C.B.R. (%)	MR 1 (MPa)	MR 2 (MPa)	MR 3 (MPa)	MR promedio (MPa)
SUBBASE CLASE 1	84	261.63	263.81	258.6	261.35
SUBBASE CLASE 2	77.5	251.30	254.31	249.54	251.72
SUBBASE CLASE 3	74	230.1	233.77	235.04	232.97

Gráfica 5. 2. Análisis de regresión lineal Subbases Pintag.



La ecuación que se obtiene mediante el análisis de regresión lineal para las Subbases de la mina de Pintag se muestra a continuación:

$$MR (MPa) = 2.6665 \times C.B.R.(%) + 39.357$$

Como se puede observar el coeficiente de correlación es cercano a uno lo que demuestra que la ecuación obtenida es confiable.

Tabla 5. 4. Resultados de la correlación aplicando la fórmula obtenida, Subbases Pintag.

RESULTADOS CORRELACIÓN PINTAG			
Tipo	C.B.R. (%)	MR correlación (Mpa)	MR correlación (psi)
SUBBASE CLASE 1	84	263,34	38194,31
SUBBASE CLASE 2	77,5	246,01	35680,80
SUBBASE CLASE 3	74	236,68	34327,59

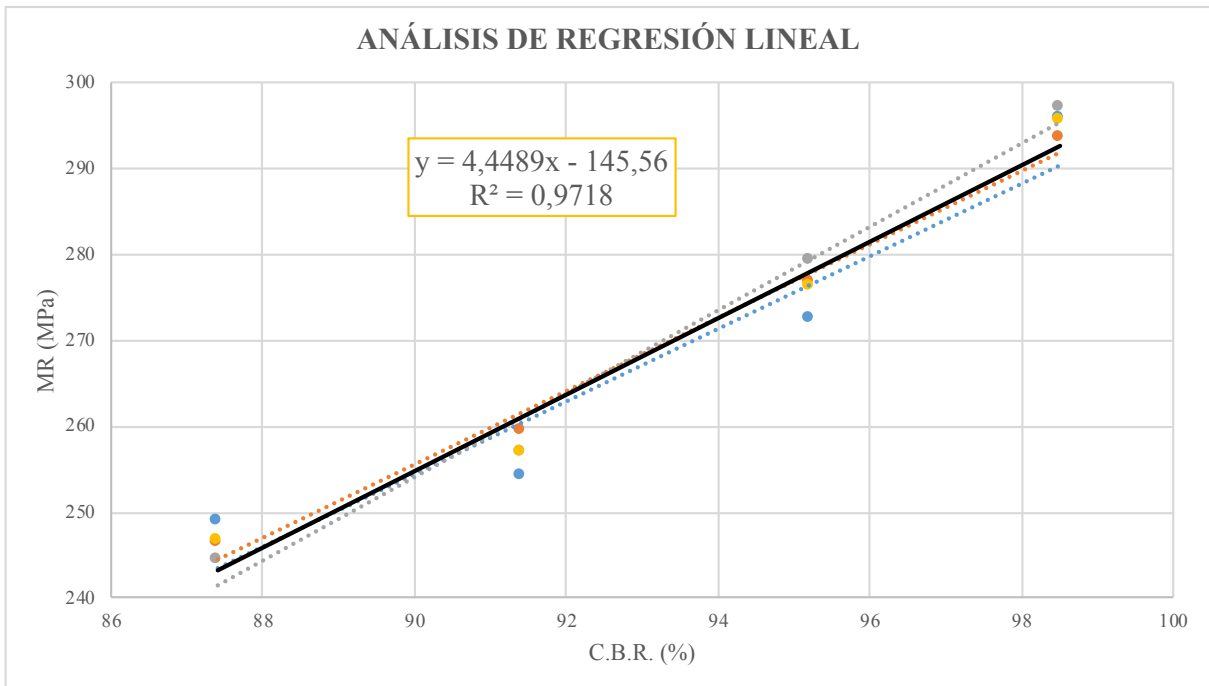
### 5.1.2. Mina de Pifo

#### BASES

Tabla 5. 5. Resultados C.B.R y Módulo Resiliente Bases Pifo.

RESULTADOS C.B.R Y MÓDULO RESILIENTE PIFO					
Tipo	C.B.R. (%)	MR 1 (MPa)	MR 2 (MPa)	MR 3 (MPa)	MR promedio (MPa)
BASE CLASE 1 TIPO A	98,5	295,73	293,53	297,16	295,47
BASE CLASE 2	95,2	272,36	276,84	279,18	276,13
BASE CLASE 3	91,4	254,16	259,41	257,00	256,86
BASE CLASE 4	87,4	248,89	246,40	244,26	246,52

Gráfica 5. 3. Análisis de regresión lineal Bases Pifo.



La ecuación que se obtiene mediante el análisis de regresión lineal para las Bases de la mina de Pifo se muestra a continuación:

$$MR(MPa) = 4,4489 \times C.B.R (\%) - 145,56$$

Como se puede observar el coeficiente de correlación es cercano a uno lo que demuestra que la ecuación obtenida es confiable.

Tabla 5. 6. Resultados de la correlación aplicando la fórmula obtenida, Bases Pifo.

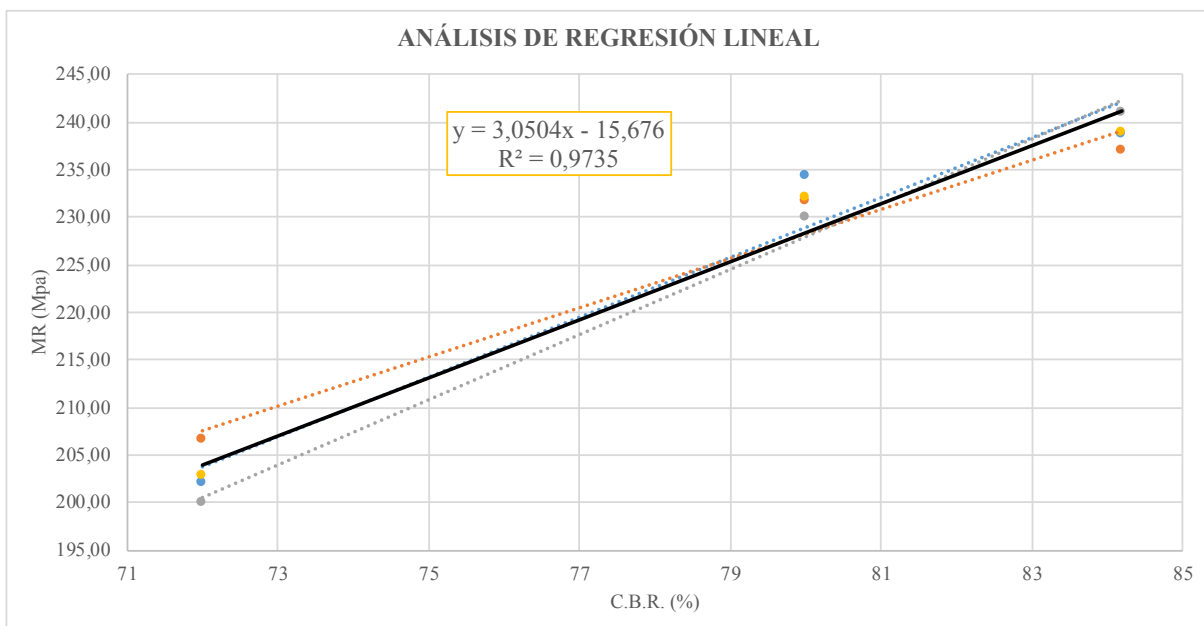
<b>RESULTADOS CORRELACIÓN PIFO</b>			
<b>Tipo</b>	<b>C.B.R. (%)</b>	<b>MR correlación (Mpa)</b>	<b>MR correlación (psi)</b>
BASE CLASE 1 TIPO A	98,5	292,66	42446,34
BASE CLASE 2	95,2	277,98	40316,98
BASE CLASE 3	91,4	261,07	37864,99
BASE CLASE 4	87,4	243,27	35283,95

## SUBBASES

Tabla 5. 7. Resultados C.B.R y Módulo Resiliente Subbases Pifo.

<b>RESULTADOS C.B.R Y MÓDULO RESILIENTE PIFO</b>					
<b>Tipo</b>	<b>C.B.R. (%)</b>	<b>MR 1 (MPa)</b>	<b>MR 2 (MPa)</b>	<b>MR 3 (MPa)</b>	<b>MR promedio (MPa)</b>
SUBBASE CLASE 1	84,2	238,67	236,90	240,97	238,85
SUBBASE CLASE 2	80	234,26	231,66	229,79	231,90
SUBBASE CLASE 3	72	201,88	206,43	199,90	202,74

Gráfica 5. 4. Análisis de regresión lineal Subbases Pifo.



La ecuación que se obtiene mediante el análisis de regresión lineal para las Subbases de la mina de Pifo se muestra a continuación:

$$MR(MPa) = 3,0504 \times C.B.R.(%) - 15,676$$

Como se puede observar el coeficiente de correlación es cercano a uno lo que demuestra que la ecuación obtenida es confiable.

Tabla 5. 8. Resultados de la correlación aplicando la fórmula obtenida, Subbases Pifo.

RESULTADOS CORRELACIÓN PIFO			
Tipo	C.B.R. (%)	MR correlación (Mpa)	MR correlación (psi)
SUBBASE CLASE 1	84,2	241,17	34978,48
SUBBASE CLASE 2	80	228,36	33120,30
SUBBASE CLASE 3	72	203,95	29580,91

## 5.2. Comparación de resultados

Tabla 5. 9. Resumen de resultados de Módulos Resilientes mina Pintag.

RESUMEN DE MÓDULOS RESILIENTES OBTENIDOS, PINTAG						
TIPO	C.B.R. (%)	MR Green & Hall (MPa)	MR UZAM (MPa)	MR NCHRP (MPa)	MR Chile (Mpa)	MR Correlación (MPa)
BASE CLASE 1 TIPO A	99,5	287,35	259,53	280,82	278,73	299,69
BASE CLASE 2	96,5	281,00	249,53	269,65	274,07	292,22
BASE CLASE 3	89,8	266,62	228,31	245,94	263,44	275,52
BASE CLASE 4	88	262,71	222,87	239,86	260,52	271,04
SUBBASE CLASE 1	84	253,94	211,18	226,78	253,94	263,34
SUBBASE CLASE 2	77,5	239,44	193,33	206,84	242,93	246,01
SUBBASE CLASE 3	74	231,49	184,32	196,76	236,84	236,68

Tabla 5. 10. Resumen de resultados de Módulos Resilientes mina Pifo.

RESUMEN DE MÓDULOS RESILIENTES OBTENIDOS, PIFO						
TIPO	C.B.R. (%)	MR Green & Hall (MPa)	MR UZAM (MPa)	MR NCHRP (MPa)	MR Chile (Mpa)	MR Correlación (MPa)
BASE CLASE 1 TIPO A	98,5	285,24	256,16	277,06	277,18	292,66
BASE CLASE 2	95,2	278,23	245,30	264,92	272,03	277,98
BASE CLASE 3	91,4	270,08	233,24	251,45	266,01	261,07
BASE CLASE 4	87,4	261,40	221,08	237,86	259,54	243,27
SUBBASE CLASE 1	84,2	254,38	211,75	227,42	254,27	241,17
SUBBASE CLASE 2	80	245,05	200,03	214,32	247,21	228,36
SUBBASE CLASE 3	72	226,91	179,35	191,22	233,30	203,95

Como se puede observar en las tablas las correlaciones obtenidas mediante el análisis de regresión lineal son correctas ya que los valores que se obtienen son cercanos a correlaciones anteriormente realizadas por distintos autores.

## CAPÍTULO 6

### DISEÑO DE LAS CAPAS: BASE Y SUBBASE, APLICANDO EL MÉTODO AASHTO 1993

Para verificar que los resultados obtenidos con las correlaciones desarrolladas en esta investigación se procede a realizar el diseño de las capas de Base y Subbase para cada una de las minas en estudio, mina de Pintag (Quito-Ecuador) y mina de Pifo (Quito-Ecuador). Con el fin de obtener las alturas de cada una de las capas y así compararlas con el diseño realizado por el método AASHTO. Los datos para realizar el diseño se obtuvieron de la tesis de (Bermúdez & Calle, 2015). Para de esta manera se demuestra con un ejemplo practico la validez de los datos obtenidos en esta investigación.

Los datos de la tesis antes mencionada se muestran a continuación:

*Tabla 6. 1. Datos de tesis Ortega y Villafuerte, 2015.*

DATOS TESIS Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015		
Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)		310
Nivel de confianza (R)		90%
Desviación Estandar Global (So)		0,44
Distribución de tráfico (Dt)		50%
Periodo de diseño		10 años
Transito Promedio Diario Anual inicio periodo (TPDAo)		328
Transito Promedio Diario Anual final periodo (TPDAf)		521
Factor de carga equivalente 8,2 Ton		2,27
N (8,2 T)		1758597,38
Índice presente de serviciabilidad (PSI)	Po	4,00
	Pt	2,00
	ΔPSI	2,00

Fuente: Villafuerte Bermúdez, L. E., & Ortega Calle, K. G. (2015). *Evaluación estructural de pavimento flexible para suelos de tipo limo arenoso*. Quito, Ecuador.

1. La vía por diseñarse es una Autopista ubicada en el sector rural, entonces el nivel de confianza que se va a utilizar es  $C = 90\%$ .

Tabla 6. 2. Nivel de confianza según la clasificación funcional de una vía.

Clasificación Funcional	Nivel de confianza recomendados	
	Urbano	Rural
Interestatal y Autopista	85 - 99,9	80 - 99,9
Arteria Principal	80 - 99	75 - 95
Callas Colectoras	80 - 95	75 - 95
Calles Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

2. Se determina le valor de la desviación estándar, en este caso  $S_o = 0.44$

Tabla 6. 3. Valores recomendados para la variación estándar  $S_o$ .

Valores recomendados para la desviación estándar $S_o$	
Condición de diseño	Desviación estándar
Variación de la predicción en el comportamiento del pavimento (sin error de tráfico)	0,25
del comportamiento del pavimento y en la estimación del tráfico	0,35 - 0,50 (0,45 valor recomendado)

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

3. Se determina la distribución de tráfico de la vía. Para esto se necesita conocer el valor del TPDA y tener en cuenta el número de contadores, al tener un solo contador para ambos sentidos se toma el 50% del TPDA, y si se tiene dos contadores uno para cada sentido se toma el 100% del mayor TPDA entre los dos sentidos, (Villafuerte Bermúdez & Ortega Calle, 2015).

**Distribución de tráfico (Dt) = 50%**

**Dt = 0.5**

4. El período de diseño lo define el contratante, en este caso el período de diseño **n = 10 años.**
5. Se toma como tasa de crecimiento el  $i = 3\%$

6. Cálculo del tráfico promedio diario anual:

Tabla 6. 4. Tráfico Promedio Anual (TPDA).

Vehículo	TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL
Livianos	171
Buses	15
Pesados	142
<b>Total</b>	<b>328</b>

Fuente: Villafuerte Bermúdez, L. E., & Ortega Calle, K. G. (2015). *Evaluación estructural de pavimento flexible para suelos de tipo limo arenoso*. Quito, Ecuador.

Tabla 6. 5. Tipos de vehículos motorizados, remolques y semirremolques.

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2 D			7	5,00	2,60	3,00
20A			10	7,50	2,60	3,50
20B			18	12,20	2,60	4,10
3-A			27	12,20	2,60	4,10
4-C			31	12,20	2,60	4,10
4-0			32	12,20	2,60	4,10
V2DB			18	12,20	2,60	4,10
V3A			27	12,20	2,60	4,10

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO). (2013). Tabla 2A. 106-02 Nacional de Pesos y Dimensiones: Tipos de vehículos motorizados, remolques y semirremolques. Vol No. 2-Libro A norma para estudios y diseños viales. Quito, Ecuador.

7. Se calcula el TPDA final con la siguiente expresión:

$$TPDA \text{ final} = TPDAo \times (1 + i)^n$$

Tabla 6. 6. TPDA final.

TPDA FINAL			
Tipo	TPDAo	%	TPDA final
2D	171	52	230
2DB	15	5	20
3A	142	43	191
<b>Total</b>	<b>328</b>	<b>100</b>	<b>441</b>

8. Encontramos el factor de carga equivalente con las siguientes expresiones:

Para eje simple:  $F_{ss} = \left(\frac{L_{ss}}{6.6}\right)^4$

Para eje doble:  $F_{sd} = \left(\frac{L_{sd}}{8.2}\right)^4$

Para eje tándem:  $F_t = \left(\frac{L_t}{15}\right)^4$

Fuente: Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

Tabla 6. 7. Factor de carga equivalente.

FACTOR DE CARGA EQUIVALENTE				
Tipo	Carga Total (Ton)	Carga por eje (Ton)	%	FCE por eje
2D	7	3	52	0,022
		4		0,07
2DB	18	7	5	0,063
		11		0,162
3A	27	7	43	0,544
		20		1,36
<b>FCE=</b>				<b>2,22</b>

9. Número de ejes de 8.2 Ton.

$$N(8.2T) = \left( \frac{TPDAo + TPDA\ final}{2} \right) \times 365 \times Dt \times n \times FCE$$

$$N(8.2T) = 1.56 \times 10^{-6}$$

10. Suelo Subrasante: Se asume un valor C.B.R. = 11%

$$Mr\ (psi) = 2555 \times C.B.R.^{0.64}$$

$$C.B.R. > 10\%$$

$$Mr\ (psi) = 11854.47\ psi$$

$$Mr\ (psi) = 11000\ psi$$

11. Perdida por serviciabilidad.

<b>Po</b>	<b>4.2-4.5</b>
-----------	----------------

<b>Pt</b>	
5 a 4	Muy Bueno
4 a 3	Bueno
3 a 2	<b>Regular</b>
2 a 1	Malo
1 a 0	Muy Malo

$$PSI = Po - Pt$$

$$PSI = 4.2 - 2.2 = 2.0$$

12. Número estructural por capa:

## SUBRASANTE

DATOS DE INGRESO	
C	90%
So	0.44
N(8.2 T)	$1.56 \times 10^6$
Mr	11000 psi
PSI	2

Gráfica 6. 1. Programa AASHTO 1993 número estructural Subrasante.

**CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)**

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

Tipo de Pavimento

Pavimento flexible    Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)

90 % Zr=-1.282   So 0.44

Serviciabilidad inicial y final

PSI inicial 4.2   PSI final 2.2

Módulo resiliente de la subrasante

Mr 11000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

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

Tipo de Análisis

Calcular SN   **W18 = 1560000**

Calcular W18

Número Estructural

**SN = 3.14**

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos

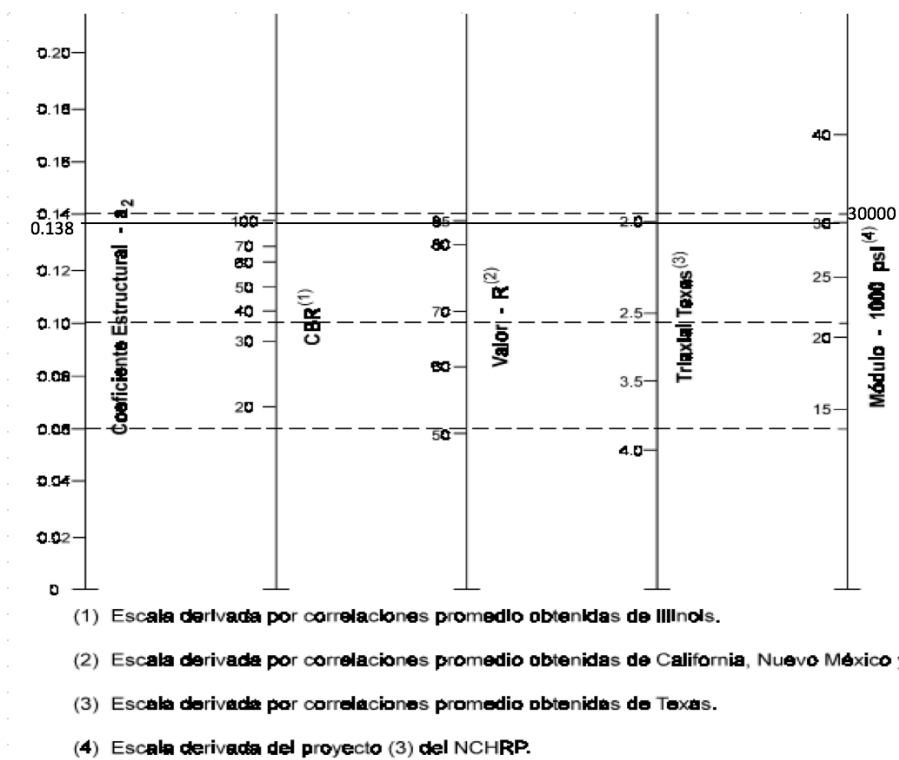
$$\text{SN} = 3.14$$

## 6.1. Mina de Pintag

DATOS DE INGRESO	
C.B.R	99.50%
m (coef. Drenaje)	1

BASE CLASE 1

Gráfica 6. 2. Ábaco norma AASHTO para obtener el coeficiente estructural de Bases, Pintag.



Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

$$a_2 = (0.138 \text{ pulg} / 2.54 \text{ cm}) = 0.0543 \text{ cm}$$

$$MR = 30000 \text{ psi}$$

DATOS DE INGRESO	
C	90%
So	0.44
N(8.2 T)	$1.56 \times 10^6$
Mr	30000 psi
PSI	2

Gráfica 6. 3. Programa AASHTO 1993 número estructural de la Base, Pintag.

**CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)**

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

Tipo de Pavimento

Pavimento flexible    Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)

90 % Zr=-1.282   So 0.44

Serviciabilidad inicial y final

PSI inicial 4.2   PSI final 2.2

Módulo resiliente de la subrasante

Mr 30000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

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

Tipo de Análisis

Calcular SN   **W18 = 1560000**

Calcular W18

Número Estructural

**SN = 2.17**

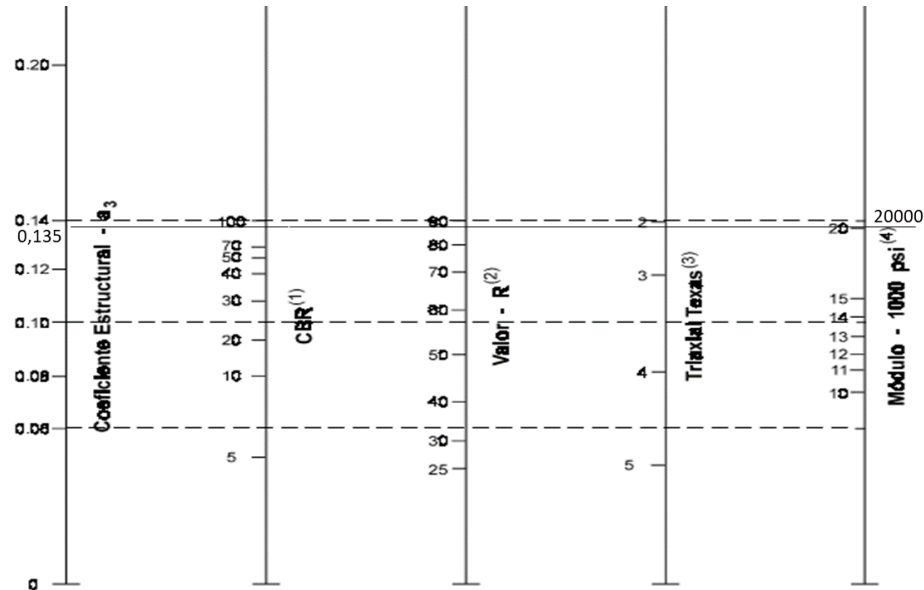
Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

$$SN = 2.17$$

SUBBASE CLASE 1

DATOS DE INGRESO	
C.B.R	84.00%
m (coef. Drenaje)	1

Gráfica 6. 4. Ábaco norma AASHTO para obtener el coeficiente estructural de Subbases, Pintag.



- (1) Escala derivada de correlaciones de Illinois.
- (2) Escala derivada de correlaciones obtenidas del Instituto del Asfalto, California, Nuevo México y Wyoming.
- (3) Escala derivada de correlaciones obtenidas de Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto (3) del NCHRP.

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

$$a_3 = (0.135 \text{ pulg} / 2.54 \text{ cm}) = 0.0532 \text{ cm}$$

$$MR = 20000 \text{ psi}$$

DATOS DE INGRESO	
C	90%
So	0.44
N(8.2 T)	$1.56 \times 10^6$
Mr	20000
PSI	2

Gráfica 6. 5. Programa AASHTO 1993 número estructural de Subbase Pintag.

**CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)**

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

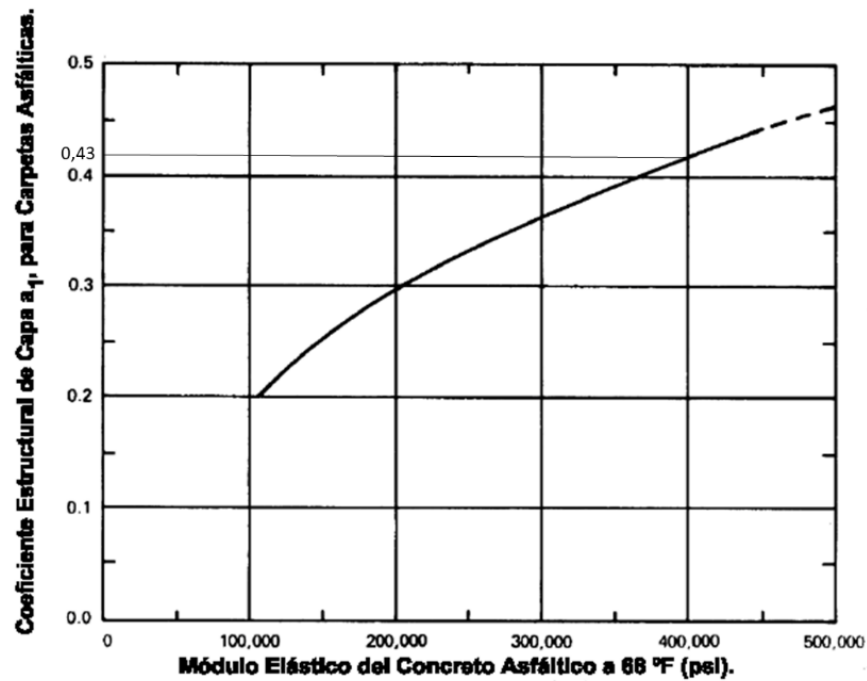
<p>Tipo de Pavimento</p> <p><input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible   <input type="radio"/> Pavimento rígido</p>	<p>Confiability (R) y Desviación estándar (So)</p> <p>90 % Zr=-1.282   So 0.44</p>								
<p>Serviciabilidad inicial y final</p> <p>PSI inicial 4.2   PSI final 2.2</p>	<p>Módulo resiliente de la subrasante</p> <p>Mr 20000 psi</p>								
<p>Información adicional para pavimentos rígidos</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)</td> <td><input type="text"/></td> <td>Coefficiente de transmisión de carga - (J)</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)</td> <td><input type="text"/></td> <td>Coefficiente de drenaje - (Cd)</td> <td><input type="text"/></td> </tr> </table>		Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)	<input type="text"/>	Coefficiente de transmisión de carga - (J)	<input type="text"/>	Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)	<input type="text"/>	Coefficiente de drenaje - (Cd)	<input type="text"/>
Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)	<input type="text"/>	Coefficiente de transmisión de carga - (J)	<input type="text"/>						
Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)	<input type="text"/>	Coefficiente de drenaje - (Cd)	<input type="text"/>						
<p>Tipo de Análisis</p> <p><input checked="" type="radio"/> Calcular SN   <b>W18 = 1560000</b></p> <p><input type="radio"/> Calcular W18</p>	<p>Número Estructural</p> <p><b>SN = 2.52</b></p>								

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.  
**SN = 2.52**

## CARPETA ASFÁLTICA

En nuestro medio la carpeta asfáltica debe cumplir con un  $MR=400.000$  psi.

Gráfica 6. 6. Ábaco norma AASHTO para obtener el coeficiente estructural de la carpeta asfáltica, Pintag.



Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

$$a_1 = (0.43 \text{ pulg} / 2.54 \text{ cm}) = 0.169$$

$$m = 1$$

Espesores de la capa de pavimento:

- Carpeta Asfáltica

$$D1 = \frac{2.17}{0.169 \times 1} = 12.84 \approx \mathbf{10 \text{ cm}}$$

$$SN \text{ real} = 10 \times 0.169 \times 1 = 1.69$$

- Base

$$D2 = \frac{2.52 - 1.69}{0.0543 \times 1} = 15.29 \approx \mathbf{20 \text{ cm}}$$

$$SN \text{ real} = 20 \times 0.0543 \times 1 = 1.09$$

- Subbase

$$D3 = \frac{3.14 - 1.09 - 1.69}{0.0532 \times 1} = 6.77 \approx \mathbf{15 \text{ cm}}$$

$$SN \text{ real} = 15 \times 0.0532 \times 1 = 0.798$$

Comprobación:

$$1.69 + 1.09 + 0.798 > 3.14$$

$$3.58 > 3.14 \quad \mathbf{\underline{\text{Cumple}}}$$

Estructura del Pavimento:

Figura 6.1. Espesores de la estructura vial por el método AASHTO (1993), Pintag.

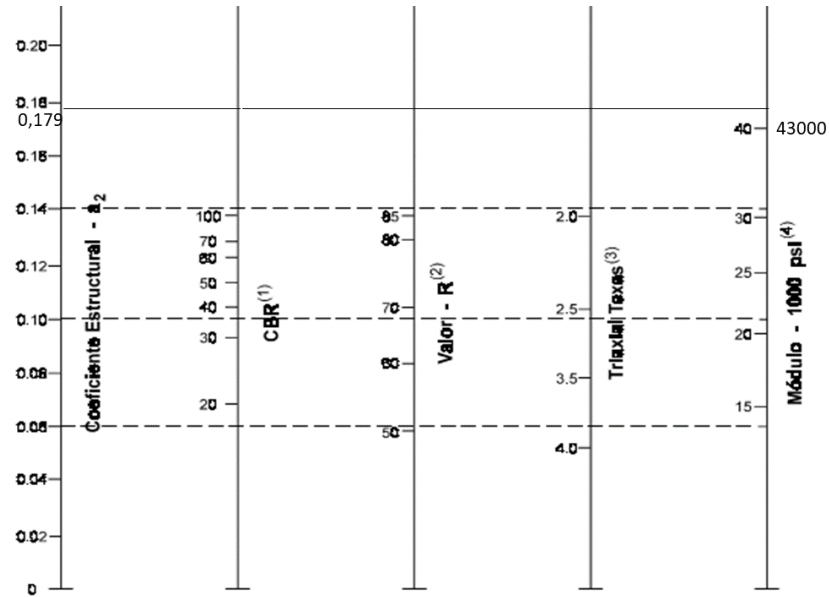
<b>D= 10cm</b>	<b>CARPETA ASFÁLTICA</b>
<b>D=20cm</b>	<b>BASE</b>
<b>D=15cm</b>	<b>SUBBASE</b>

**Cálculo del espesor de la Base y Subbase por medio de la correlación obtenida:**

BASE CLASE 1

MR = 4300

Gráfica 6. 7. Ábaco norma AASHTO para obtener el coeficiente estructural de Bases, Pintag.



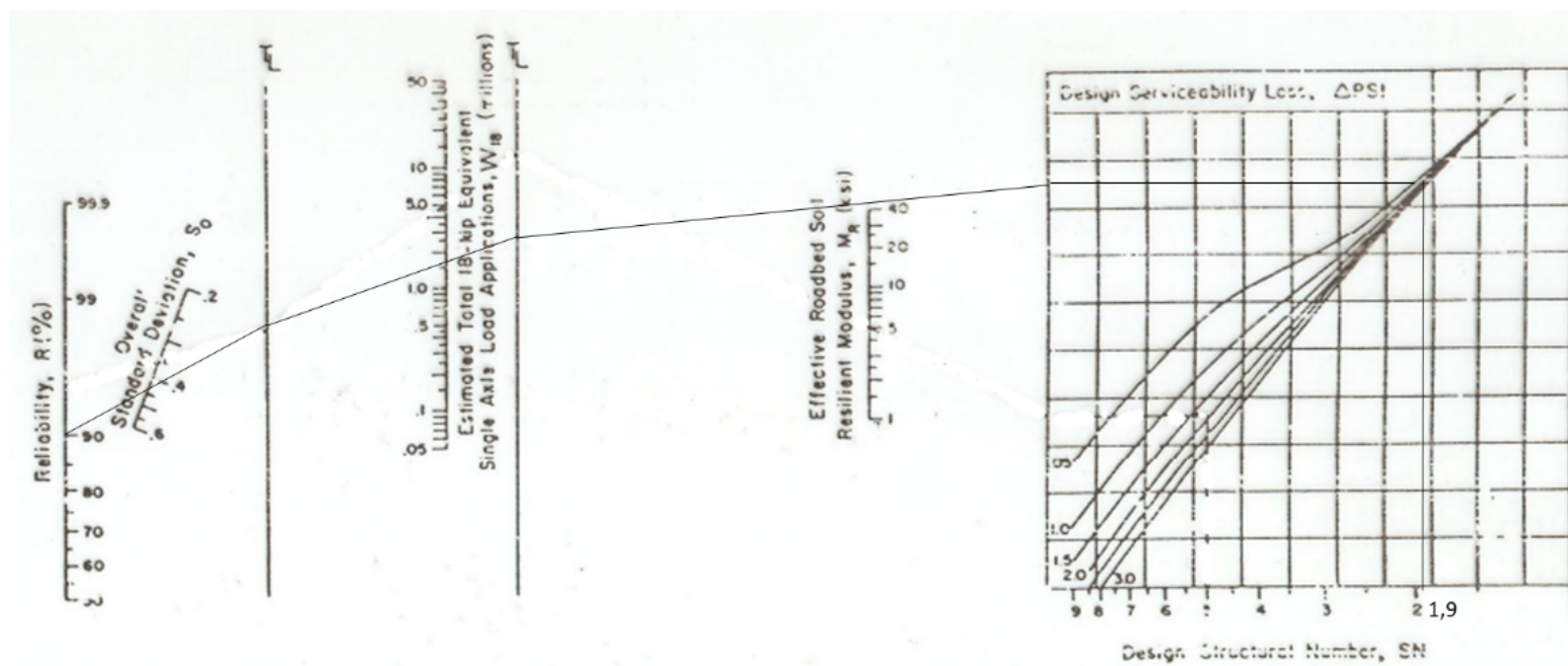
- (1) Escala derivada por correlaciones promedio obtenidas de Illinois.
- (2) Escala derivada por correlaciones promedio obtenidas de California, Nuevo México y Wyoming.
- (3) Escala derivada por correlaciones promedio obtenidas de Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto (3) del NCHRP.

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

$$a_2 = (0.179 \text{ pulg} / 2.54 \text{ cm}) = 0.0705 \text{ cm}$$

DATOS DE INGRESO	
C	90%
So	0.44
N(8.2 T)	$1.56 \times 10^6$
Mr	43000
PSI	2

Gráfica 6. 8. Ábaco norma AASHTO para obtener el número estructural de Bases Clase I Pintag.



Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

**SN = 1.9**

Gráfica 6. 9. Programa AASHTO 1993 número estructural Base Clase 1 Pintag.

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)	
<b>Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.</b>	
Tipo de Pavimento <input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible <input type="radio"/> Pavimento rígido	Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So) 90 % $Z_r = -1.282$ So <input type="text" value="0.44"/>
Serviciabilidad inicial y final PSI inicial <input type="text" value="4.2"/> PSI final <input type="text" value="2.2"/>	Módulo resiliente de la subrasante Mr <input type="text" value="40000"/> psi
Información adicional para pavimentos rígidos	
Módulo de elasticidad del concreto - $E_c$ (psi) <input type="text"/>	Coefficiente de transmisión de carga - (J) <input type="text"/>
Módulo de rotura del concreto - $S_c$ (psi) <input type="text"/>	Coefficiente de drenaje - (Cd) <input type="text"/>
Tipo de Análisis <input checked="" type="radio"/> Calcular SN <b>W18 =</b> <input type="text" value="1560000"/> <input type="radio"/> Calcular W18	Número Estructural <b>SN =</b> <input type="text" value="1.94"/>

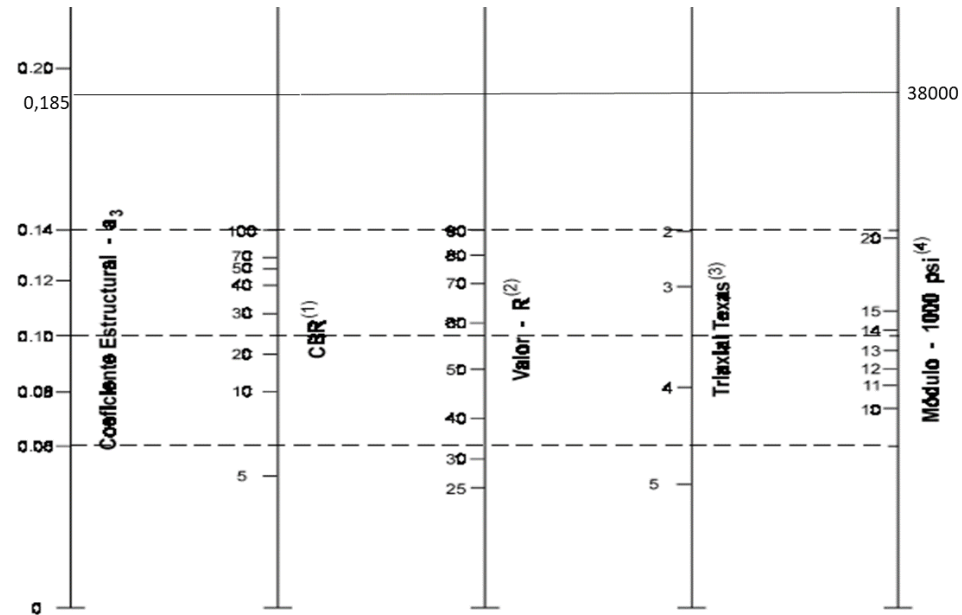
Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

**SN = 1.94**

SUBBASE CLASE 1

$$M_r = 38000$$

Gráfica 6. 10. Ábaco norma AASHTO para obtener el coeficiente estructural de Subbases, Pintag.



- (1) Escala derivada de correlaciones de Illinois.
- (2) Escala derivada de correlaciones obtenidas del Instituto del Asfalto, California, Nuevo México y Wyoming.
- (3) Escala derivada de correlaciones obtenidas de Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto (3) del NCHRP.

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

$$a_3 = (0.185 \text{ pulg} / 2.54 \text{ cm}) = 0.073 \text{ cm}$$

DATOS DE INGRESO	
C	90%
So	0.44
N(8.2 T)	1.56 x 10 ^6
Mr	38000
PSI	2

Gráfica 6. 11. Programa AASHTO 1993 número estructural de Subbase Pintag.

**CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)**

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

<p>Tipo de Pavimento</p> <p><input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible   <input type="radio"/> Pavimento rígido</p>	<p>Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)</p> <p>90 % Zr=-1.282   So 0.44</p>								
<p>Serviciabilidad inicial y final</p> <p>PSI inicial 4.2   PSI final 2.2</p>	<p>Módulo resiliente de la subrasante</p> <p>Mr 38000 psi</p>								
<p>Información adicional para pavimentos rígidos</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>Módulo de elasticidad del concreto - E<sub>c</sub> (psi)</td> <td><input type="text"/></td> <td>Coefficiente de transmisión de carga - (J)</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>Módulo de rotura del concreto - S<sub>c</sub> (psi)</td> <td><input type="text"/></td> <td>Coefficiente de drenaje - (Cd)</td> <td><input type="text"/></td> </tr> </table>		Módulo de elasticidad del concreto - E <sub>c</sub> (psi)	<input type="text"/>	Coefficiente de transmisión de carga - (J)	<input type="text"/>	Módulo de rotura del concreto - S <sub>c</sub> (psi)	<input type="text"/>	Coefficiente de drenaje - (Cd)	<input type="text"/>
Módulo de elasticidad del concreto - E <sub>c</sub> (psi)	<input type="text"/>	Coefficiente de transmisión de carga - (J)	<input type="text"/>						
Módulo de rotura del concreto - S <sub>c</sub> (psi)	<input type="text"/>	Coefficiente de drenaje - (Cd)	<input type="text"/>						
<p>Tipo de Análisis</p> <p><input checked="" type="radio"/> Calcular SN   <b>W18 = 1560000</b></p> <p><input type="radio"/> Calcular W18</p>	<p>Número Estructural</p> <p><b>SN = 1.98</b></p>								

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

**SN = 1.98**

Espesores de las capas del pavimento:

- Carpeta Asfáltica

$$D1 = \frac{1.94}{0.169 \times 1} = 11.48 \approx \mathbf{10 \text{ cm}}$$

$$SN \text{ real} = 10 \times 0.169 \times 1 = 1.69$$

- Base

$$D2 = \frac{1.98 - 1.69}{0.0705 \times 1} = 4.11 \approx \mathbf{15 \text{ cm}}$$

$$SN \text{ real} = 15 \times 0.0705 \times 1 = 1.06$$

- Subbase

$$D3 = \frac{3.14 - 1.06 - 1.69}{0.073 \times 1} = 5.34 \approx \mathbf{10 \text{ cm}}$$

Por normativa el espesor mínimo de la Subbase debe ser de **15 cm**

$$SN \text{ real} = 15 \times 0.073 \times 1 = 1.10$$

Comprobación:

$$1.69 + 1.06 + 1.10 > 3.14$$

$$3.85 > 3.14 \quad \mathbf{\underline{\text{Cumple}}}$$

Estructura del Pavimento:

Figura 6.2. Espesores de la estructura vial por correlación obtenida Pintag.

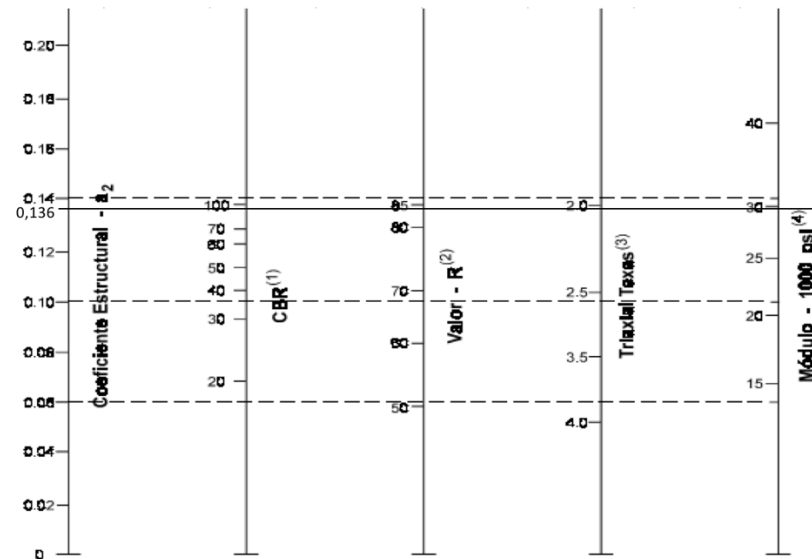
<b>D= 10cm</b>	<b>CARPETA ASFÁLTICA</b>
<b>D=15cm</b>	<b>BASE</b>
<b>D=15cm</b>	<b>SUBBASE</b>

## 6.2. Mina de Pifo

BASE CLASE 1

DATOS DE INGRESO	
C.B.R	98,50%
m (coef. Drenaje)	1

Gráfica 6. 12. Ábaco norma AASHTO para obtener el coeficiente estructural de Bases, Pifo.



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

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

$$a_2 = (0.136 \text{ pulg} / 2.54 \text{ cm}) = 0.0535 \text{ cm}$$

$$MR = 29900 \text{ psi}$$

DATOS DE INGRESO	
C	90%
So	0,44
N(8.2 T)	$1.56 \times 10^6$
Mr	29900 psi
PSI	2

Gráfica 6. 13. Programa AASHTO 1993 número estructural de Base Pifo.

**CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)**

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

<p>Tipo de Pavimento</p> <p><input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible   <input type="radio"/> Pavimento rígido</p>	<p>Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)</p> <p>90 % <math>Z_r = -1.282</math>   <math>S_o</math> 0.44</p>								
<p>Serviciabilidad inicial y final</p> <p>PSI inicial 4.2   PSI final 2.2</p>	<p>Módulo resiliente de la subrasante</p> <p>Mr 29900 psi</p>								
<p>Información adicional para pavimentos rígidos</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>Módulo de elasticidad del concreto - <math>E_c</math> (psi)</td> <td><input type="text"/></td> <td>Coefficiente de transmisión de carga - (J)</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>Módulo de rotura del concreto - <math>S_c</math> (psi)</td> <td><input type="text"/></td> <td>Coefficiente de drenaje - (Cd)</td> <td><input type="text"/></td> </tr> </table>		Módulo de elasticidad del concreto - $E_c$ (psi)	<input type="text"/>	Coefficiente de transmisión de carga - (J)	<input type="text"/>	Módulo de rotura del concreto - $S_c$ (psi)	<input type="text"/>	Coefficiente de drenaje - (Cd)	<input type="text"/>
Módulo de elasticidad del concreto - $E_c$ (psi)	<input type="text"/>	Coefficiente de transmisión de carga - (J)	<input type="text"/>						
Módulo de rotura del concreto - $S_c$ (psi)	<input type="text"/>	Coefficiente de drenaje - (Cd)	<input type="text"/>						
<p>Tipo de Análisis</p> <p><input checked="" type="radio"/> Calcular SN   <math>W_{18} =</math> <input type="text" value="1560000"/></p> <p><input type="radio"/> Calcular <math>w_{18}</math></p>	<p>Número Estructural</p> <p>SN = <input type="text" value="2.17"/></p>								

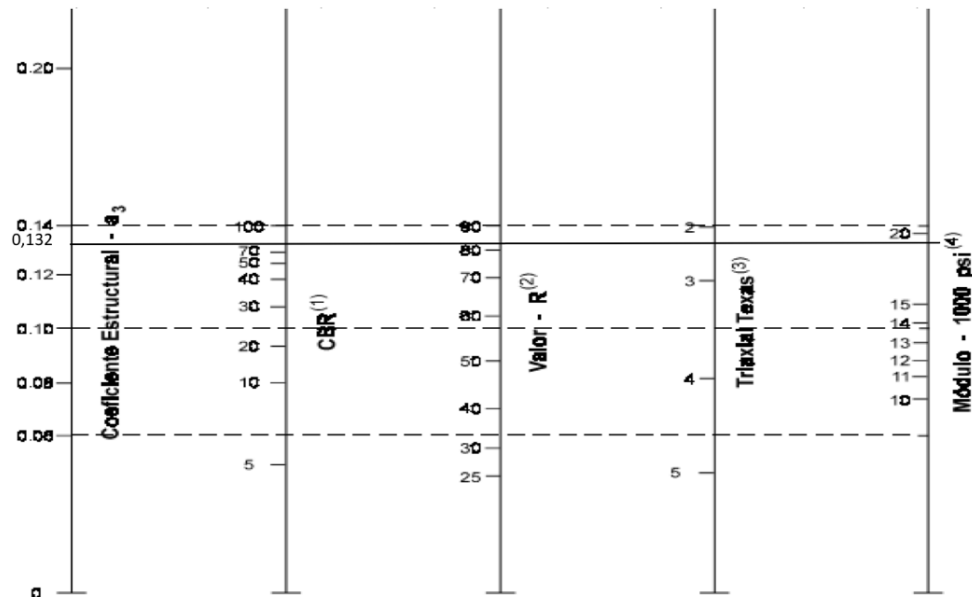
Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

$$SN = 2.17$$

SUBBASE CLASE 1

DATOS DE INGRESO	
C.B.R	84,20%
m (coef. Drenaje)	1

Gráfica 6. 14. Ábaco norma AASHTO para obtener el coeficiente estructural de Subbases, Pifo.



- (1) Escala derivada de correlaciones de Illinois.
- (2) Escala derivada de correlaciones obtenidas del Instituto del Asfalto, California, Nuevo México y Wyoming.
- (3) Escala derivada de correlaciones obtenidas de Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto (3) del NCHRP.

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

$$a_3 = (0.132 \text{ pulg} / 2.54 \text{ cm}) = 0.0519 \text{ cm}$$

$$MR = 19000 \text{ psi}$$

DATOS DE INGRESO	
C	90%
So	0,44
N(8.2 T)	1.56 x 10 ^6
Mr	19000
PSI	2

Gráfica 6. 15. Programa AASHTO 1993 número estructural de Subbase Pifo.

**CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)**

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

<p>Tipo de Pavimento</p> <p><input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible   <input type="radio"/> Pavimento rígido</p>	<p>Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)</p> <p>90 % Zr=-1.282    So 0.44</p>								
<p>Serviciabilidad inicial y final</p> <p>PSI inicial 4.2    PSI final 2.2</p>	<p>Módulo resiliente de la subrasante</p> <p>Mr 19000 psi</p>								
<p>Información adicional para pavimentos rígidos</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)</td> <td><input type="text"/></td> <td>Coefficiente de transmisión de carga - (J)</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)</td> <td><input type="text"/></td> <td>Coefficiente de drenaje - (Cd)</td> <td><input type="text"/></td> </tr> </table>		Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)	<input type="text"/>	Coefficiente de transmisión de carga - (J)	<input type="text"/>	Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)	<input type="text"/>	Coefficiente de drenaje - (Cd)	<input type="text"/>
Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)	<input type="text"/>	Coefficiente de transmisión de carga - (J)	<input type="text"/>						
Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)	<input type="text"/>	Coefficiente de drenaje - (Cd)	<input type="text"/>						
<p>Tipo de Análisis</p> <p><input checked="" type="radio"/> Calcular SN    <b>W18 =</b> <input type="text" value="1560000"/></p> <p><input type="radio"/> Calcular W18</p>	<p>Número Estructural</p> <p><b>SN =</b> <input type="text" value="2.57"/></p>								

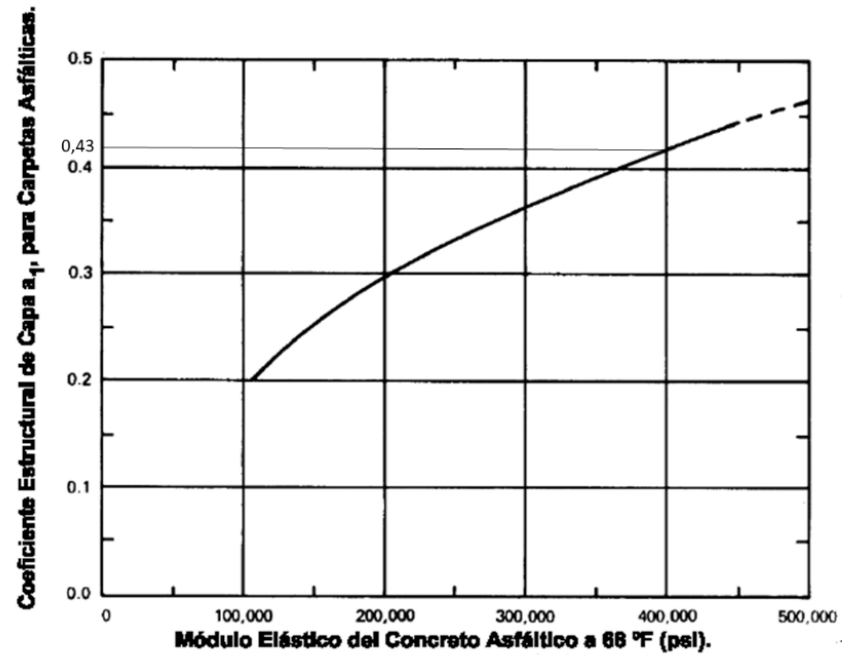
Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

$$SN = 2.57$$

## CARPETA ASFÁLTICA

En nuestro medio la carpeta asfáltica de cumplir con un MR=400.000 psi.

Gráfica 6. 16. Ábaco norma AASHTO para obtener el coeficiente estructural de la carpeta asfáltica, Pifo.



Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

$$a1 = (0.43\text{pulg}/2.54\text{cm}) = 0.169$$

$$m = 1$$

Espesores de la capa de pavimento:

- Carpeta Asfáltica

$$D1 = \frac{2.17}{0.169 \times 1} = 12.84 \approx \mathbf{10 \text{ cm}}$$

$$SN \text{ real} = 10 \times 0.169 \times 1 = 1.69$$

- Base

$$D2 = \frac{2.57 - 1.69}{0.0535 \times 1} = 16.44 \approx \mathbf{20 \text{ cm}}$$

$$SN \text{ real} = 20 \times 0.0543 \times 1 = 1.08$$

- Subbase

$$D3 = \frac{3.14 - 1.08 - 1.69}{0.0519 \times 1} = 7.13 \approx \mathbf{15 \text{ cm}}$$

$$SN \text{ real} = 15 \times 0.0519 \times 1 = 0.779$$

Comprobación:

$$1.69 + 1.08 + 0.779 > 3.14$$

$$3.55 > 3.14 \quad \mathbf{\underline{\text{Cumple}}}$$

Estructura del Pavimento:

Figura 6.3. Espesores de la estructura vial por el método AASHTO (1993), Pifo.

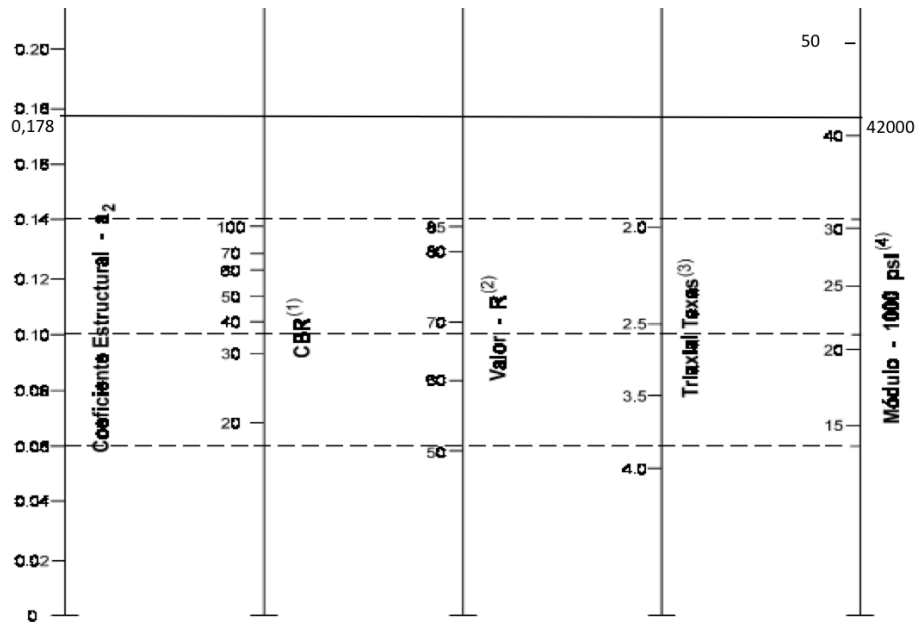
<b>D= 10cm</b>	<b>CARPETA ASFÁLTICA</b>
<b>D=20cm</b>	<b>BASE</b>
<b>D=15cm</b>	<b>SUBBASE</b>

**Cálculo del espesor de la Base y Subbase por medio de la correlación obtenida:**

BASE CLASE 1

MR = 42000 psi

Gráfica 6. 17. Ábaco norma AASHTO para obtener el coeficiente estructural de Bases, Pifo.



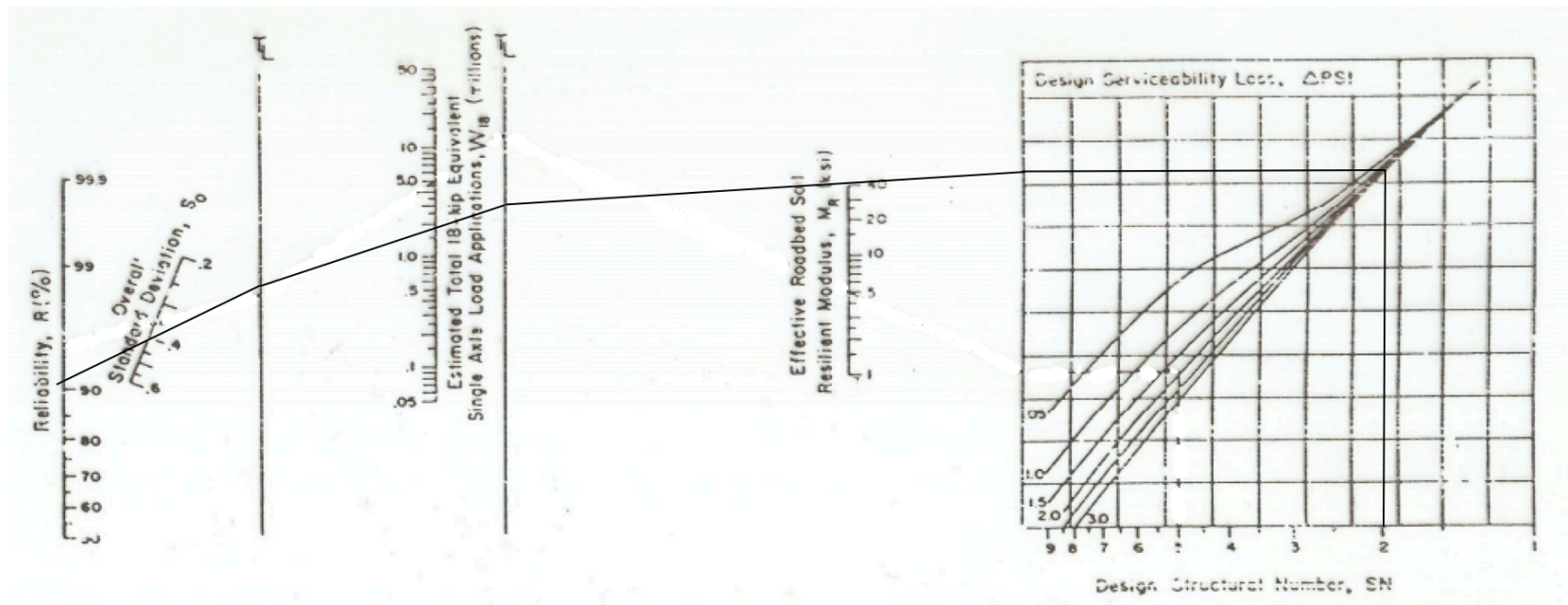
- (1) Escala derivada por correlaciones promedio obtenidas de Illinois.
- (2) Escala derivada por correlaciones promedio obtenidas de California, Nuevo México y Wyoming.
- (3) Escala derivada por correlaciones promedio obtenidas de Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto (3) del NCHRP.

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

$$a_2 = (0.178 \text{ pulg} / 2.54 \text{ cm}) = 0.0700 \text{ cm}$$

DATOS DE INGRESO	
C	90%
So	0,44
N(8.2 T)	$1.56 \times 10^6$
Mr	42000
PSI	2

Gráfica 6. 18. Ábaco norma AASHTO para obtener el número estructural de Bases, Pifo.



Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

**SN: 1.98**

Gráfica 6. 19. Programa AASHTO 1993 número estructural Base Clase 1 Pifo.

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)	
Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.	
Tipo de Pavimento <input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible <input type="radio"/> Pavimento rígido	Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So) 90 % $Z_r = -1.282$ So 0.44
Serviciabilidad inicial y final PSI inicial 4.2      PSI final 2.2	Módulo resiliente de la subrasante Mr 40000 psi
Información adicional para pavimentos rígidos	
Módulo de elasticidad del concreto - $E_c$ (psi)	Coefficiente de transmisión de carga - (J)
Módulo de rotura del concreto - $S_c$ (psi)	Coefficiente de drenaje - (Cd)
Tipo de Análisis <input checked="" type="radio"/> Calcular SN <b>W18 =</b> 1560000 <input type="radio"/> Calcular W18	Número Estructural <b>SN =</b> 1.94

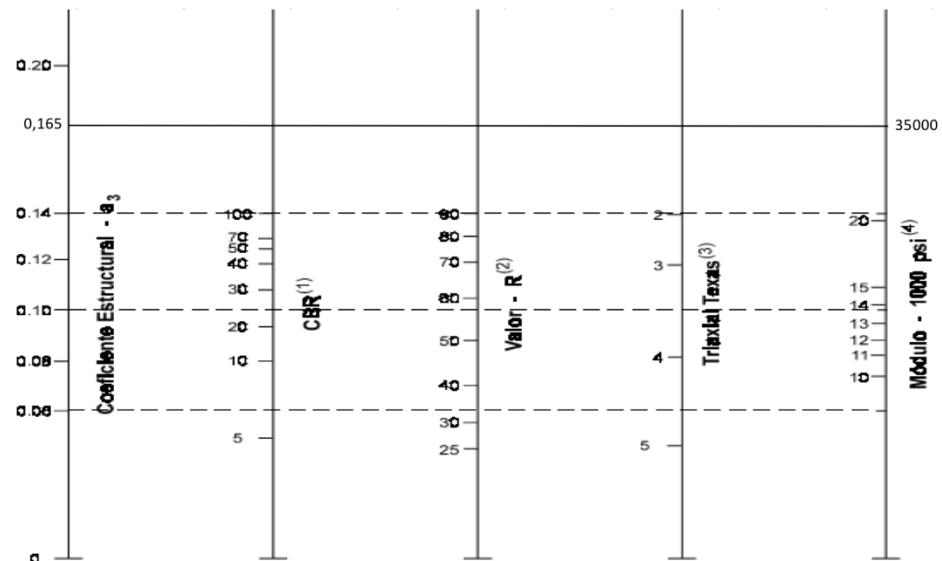
Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

**SN = 1.94**

SUBBASE CLASE 1

MR = 35000 psi

Gráfica 6. 20. Ábaco norma AASHTO para obtener el coeficiente estructural de Subbases, Pifo.



- (1) Escala derivada de correlaciones de Illinois.
- (2) Escala derivada de correlaciones obtenidas del Instituto del Asfalto, California, Nuevo México y Wyoming.
- (3) Escala derivada de correlaciones obtenidas de Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto (3) del NCHRP.

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

$$a_3 = (0.165 \text{ pulg} / 2.54 \text{ cm}) = 0.0649 \text{ cm}$$

DATOS DE INGRESO	
C	90%
So	0,44
N(8.2 T)	$1.56 \times 10^6$
Mr	35000
PSI	2

Gráfica 6. 21. Programa AASHTO 1993 número estructural de Subbase Pifo.

**CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)**

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

<p>Tipo de Pavimento</p> <p><input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible   <input type="radio"/> Pavimento rígido</p>	<p>Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)</p> <p>90 % Zr=-1.282   So 0.44</p>								
<p>Serviciabilidad inicial y final</p> <p>PSI inicial 4.2   PSI final 2.2</p>	<p>Módulo resiliente de la subrasante</p> <p>Mr 35000 psi</p>								
<p>Información adicional para pavimentos rígidos</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)</td> <td><input type="text"/></td> <td>Coefficiente de transmisión de carga - (J)</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)</td> <td><input type="text"/></td> <td>Coefficiente de drenaje - (Cd)</td> <td><input type="text"/></td> </tr> </table>		Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)	<input type="text"/>	Coefficiente de transmisión de carga - (J)	<input type="text"/>	Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)	<input type="text"/>	Coefficiente de drenaje - (Cd)	<input type="text"/>
Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)	<input type="text"/>	Coefficiente de transmisión de carga - (J)	<input type="text"/>						
Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)	<input type="text"/>	Coefficiente de drenaje - (Cd)	<input type="text"/>						
<p>Tipo de Análisis</p> <p><input checked="" type="radio"/> Calcular SN   <input type="radio"/> Calcular W18</p> <p><b>W18 =</b> <input type="text" value="1560000"/></p>	<p>Número Estructural</p> <p><b>SN =</b> <input type="text" value="2.04"/></p>								

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

**SN = 2.04**

Espesores de las capas del pavimento:

- Carpeta Asfáltica

$$D1 = \frac{1.94}{0.169 \times 1} = 11.47 \approx \mathbf{10 \text{ cm}}$$

$$SN \text{ real} = 10 \times 0.169 \times 1 = 1.69$$

- Base

$$D2 = \frac{2.04 - 1.69}{0.0700 \times 1} = 5 \approx \mathbf{15 \text{ cm}}$$

$$SN \text{ real} = 15 \times 0.0700 \times 1 = 1.05$$

- Subbase

$$D3 = \frac{3.14 - 1.05 - 1.69}{0.0649 \times 1} = 6.16 \approx \mathbf{10 \text{ cm}}$$

Por normativa el espesor mínimo de la Subbase debe ser de **15 cm**

$$SN \text{ real} = 15 \times 0.0649 \times 1 = 0.974$$

Comprobación:

$$1.69 + 1.05 + 0.974 > 3.14$$

$$3.71 > 3.14 \quad \mathbf{\underline{\text{Cumple}}}$$

Estructura del Pavimento:

Figura 6.4. Espesores de la estructura vial por correlación obtenida, Pifo.

<b>D= 10cm</b>	<b>CARPETA ASFÁLTICA</b>
<b>D=15cm</b>	<b>BASE</b>
<b>D=15cm</b>	<b>SUBBASE</b>

### 6.3. Comparación de resultados

#### MINA DE PINTAG

Figura 6.5. Comparación de espesores de las capas obtenidos por método AASHTO (1993) y correlación Pintag.

Método AASHTO (1993)

D= 10cm	CARPETA ASFÁLTICA
D=20cm	BASE
D=15cm	SUBBASE

Por correlación de la investigación

D= 10cm	CARPETA ASFÁLTICA
D=15cm	BASE
D=15cm	SUBBASE

#### MINA DE PIFO

Figura 6.6. Comparación de espesores de la vía obtenidos por método AASHTO (1993) y correlación, Pifo.

Método AASHTO (1993)

D= 10cm	CARPETA ASFÁLTICA
D=20cm	BASE
D=15cm	SUBBASE

Por correlación de la investigación

D= 10cm	CARPETA ASFÁLTICA
D=15cm	BASE
D=15cm	SUBBASE

## CAPÍTULO 7

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### CONCLUSIONES:

- Al realizar el análisis de regresión lineal para relacionar el valor del C.B.R y el del Módulo Resiliente, en las minas de Pintag y Pifo, de acuerdo con los valores del coeficiente de correlación mas próximos a la unidad, podemos afirmar que la relación C.B.R – Módulo Resiliente es alta para las Bases y Subbases analizadas, esto se refleja en los valores del coeficiente de correlación: 0,9948; 0,8792; 0,9718; 0,9735 respectivamente.
- Los valores obtenidos de Módulo Resiliente son uno de los primeros que se han determinado en Quito-Ecuador para Bases y Subbases de las minas de Pintag y Pifo, orientados especialmente al diseño estructural de pavimentos con el fin de lograr obtener una base de datos para facilitar diseños viales futuros.
- Al analizar los resultados obtenidos de la caracterización de las minas de Pintag y Pifo (Quito-Pichincha) se corrobora que los agregados de estas minas cumplen con los parámetros establecidos en las especificaciones generales para la construcción de caminos y vías (MOP-001-F 2002) para Bases y Subbases como se puede observar en el capítulo No. 3 de esta investigación.
- La Investigación realizada servirá para de aquí en adelante obtener el módulo resiliente en base al C.B.R. mediante una correlación única y específica para las minas de Pintag y Pifo, mejorando así los diseños viales que requieran de estas dos minas antes mencionadas.

- El diseño realizado con el módulo resiliente obtenido mediante la correlación de esta investigación dio como resultado un espesor menor en la capa granular de la base en el caso de la mina de Pintag y Pifo por lo que se pudo concluir que el diseño propuesto anteriormente es más óptimo ya que cumpliría los requisitos de la vía en cuestión realizándolo con menos material granular lo que representa un gran ahorro en la economía del país.
- En el diseño vial realizado con los resultados obtenidos en laboratorio, en el caso de las Bases clase 1 tipo A se obtuvo valores de Módulo Resiliente de 43000 psi y 42000 psi para las minas de Pintag y Pifo respectivamente, por lo que en el programa utilizado tiene el limitante de trabajar solo con Mr hasta de 40000 psi, por lo que se optó en esta parte del diseño, hacerla tanto con el nomograma como con el máximo valor (40000 psi) en el programa AASHTO 1993 y elegir el mas conservador, en los dos casos resulto el número estructural del programa más conservador dando un valor de 1.94.
- Se puede llegar a la conclusión que el material granular proveniente de las minas de Pintag y Pifo es de buena calidad ya que se obtuvo valores elevados tanto en los ensayos de C.B.R. como módulo resiliente lo que se interpreta como una resistencia grande al esfuerzo cortante de los suelos de las minas en cuestión, es ideal para los diseños viales.

#### RECOMENDACIONES:

- Antes del inicio del ensayo de Módulo Resiliente, el suelo tiene una etapa de pre acondicionamiento de 500 ciclos para eliminar los efectos en el intervalo entre la compactación y la carga, así como de la eliminación de la carga inicial versus la recarga,

si la muestra llega a fallar en este periodo se debe parar el ensayo y volver a moldear la muestra.

- Al momento de la determinación del CBR en el laboratorio se manejan procesos que pueden ocasionar múltiples variaciones en las condiciones previamente establecidas para la obtención de los resultados (condiciones de densidad y humedad). Esto puede ocurrir debido a la manipulación de la muestra y las condiciones del sitio donde se realice el ensayo ya que se puede originar pérdida de la humedad óptima requerida para el ensayo y al momento de la compactación se puede variar la energía si no se hace un riguroso control al momento de la aplicación del número de golpes desde la altura establecida, Por todo lo anterior el procedimiento se debe llevar a cabo tomando todas las precauciones necesarias para garantizar buenos resultados.
- En el momento de analizar la confiabilidad y representatividad de los resultados encontrados, se debe tener en cuenta que la investigación es una prueba piloto y que sus resultados antes de utilizarlos necesitan de un mayor estudio que confirmen los resultados encontrados en esta investigación.
- En la realización del ensayo del módulo resiliente es importante tener en cuenta que el martillo de compactación cumpla con las especificaciones propuestas en la norma AASHTO T307-99 y que no tenga el mismo diámetro que el cilindro de ensayo ya que rompería la membrana.
- Es importante en los ensayos escarificar antes de colocar las diferentes capas a compactar ya que de esta manera el material tiene una unión correcta y el momento de ser ensayado trabaja como un todo.
- Se recomienda realizar primordialmente el ensayo de abrasión antes que cualquier otro ya que este permite saber si el material cumple con los requisitos de base y subbase necesarios, caso contrario hay que conseguir diferente material.

- Se recomienda tener una cantidad de material considerable antes de realizar los ensayos propuestos en esta tesis, ya que dependiendo el ensayo variara la misma y en ocasiones podría faltar.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Universidad Nacional de Colombia. (2014). *Determinación dela relación de soporte California- CBR para muestras de suelo remodeladas*. Bogotá, Colombia. Recuperado el 10 de Septiembre de 2018

AASHTO. (2012). *AASHTO T307-99 Determinación del Módulo Resiliente de suelos y materiales de agregado*. Washington, Estados Unidos.

- American Association of State Highway and Transpor. (s.f.). *AASHTO Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Estados Unidos.
- ASTM INTERNATIONAL. (2006). *ASTM C 40-99 Contenido orgánico de la arena*. West Conshohocken, Estados Unidos.
- ASTM INTERNATIONAL. (2006). *ASTM C-127 Método de ensayo estándar para determinar la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso*. West Conshohocken, Estados Unidos.
- ASTM INTERNATIONAL. (2006). *ASTM C-128 Método de ensayo estándar para determinar la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y la absorción de agregados finos*. West Conshohocken, Estados Unidos.
- ASTM INTERNATIONAL. (2006). *ASTM C-131 Resistencia a la abrasión de los agregados en la máquina de los ángeles*. West Conshohocken, Estados Unidos.
- ASTM INTERNATIONAL. (2006). *ASTM D-1883 California Bearing Ratio (CBR)*. West Conshohocken, Estados Unidos.
- ASTM INTERNATIONAL. (2006). *ASTM D-2419 Equivalente de arena*. West Conshohocken, Estados Unidos.
- ASTM INTERNATIONAL. (2006). *Ensayo Normalizado para la Determinación Granulométrica de Agregados Finos y Gruesos*. West Conshohocken, Estados Unidos.
- ASTM INTERNATIONAL. (s.f.). *ASTM C-88 Durabilidad de los agregados a la acción del sulfato de sodio o sulfato de magnesio*. West Conshohocken, Estados Unidos.
- Bañon , L., & Bevia, J. (2000). *Manual de Carreteras: Construcción y Mantenimiento* (Vol. II). (C. d. Ortiz e Hijos, Ed.) Alicante, España. Recuperado el 10 de Septiembre de 2018
- Bermúdez, L. V., & Calle, K. O. (2015). *Evaluación estructural de pavimento flexible para suelos de tipo limo arenoso*. Quito, Ecuador.
- Braja M. Das. (2014). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica* (Vol. Cuarta edición). India.
- Catalunya, U. d. (2014). *Módulo Resiliente*. Barcelona.
- Chang, L. (26 de Noviembre de 2010). *Fundamentos del ensayo de CBR*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2018, de <https://civilgeeks.com/2010/11/26/fundamentos-del-ensayo-de-cbr/>
- Dione, A., Mall , M., Benboudjema, F., & Michou, A. (2014). *Implementation of Resilient Modulus-C.B.R. relationship in mechanistic- empirical ( M.-E) Pavement Design*. París: Cames.

- Feria Casas, J. M., García Ávila, Á. F., Lozano Rada, J. J., & Gutiérrez, R. A. (2014). *Determinación de la relación de soporte California -CBR para muestras de suelo remoldeadas*. Bogotá, Colombia. Recuperado el 10 de Septiembre de 2018
- Higuera Sandoval, C. (1989). *Correlaciones C.B.R- Modulo Resiliente*. Colombia.
- Joshep E. Bowles. (1980). *Propiedades Geofísicas de los suelos*. Nueva York, Estados Unidos.
- Juarez Badillo, E. (1969). *Mecánica de Suelos*. México: Nuevo Mundo.
- Lambe, T. W. (1979). *Mecánica de Suelos*. México: Centro Regional de Ayuda Técnica. Recuperado el 10 de Septiembre de 2018
- Mena, W. R. (2013). *Correlacion del valor de soporte de california (C.B.R) con la resistencia a la compresion inconfínada y la plasticidad del suelo*. Cali.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2002). *Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes*. Quito, Ecuador.
- Montomery, D., Peck, E., & Vining, G. (2002). *Introduccion al análisis de regresión lineal*. México: Continental.
- Moreno, R. (14 de Junio de 2005). *CAPÍTULO 4 El módulo resiliente*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2018, de <https://upcommons.upc.edu/https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3252/10/50777-10.pdf>
- Rivera Mena, W. (2013). *Correlación del soporte de California (CBR) con la resistencia a la compresión inconfínada y la plasticidad del suelo (Tesis Pregrado)*. Universidad del Valle, Colombia.
- Rondón, H., Fernández, W., & Hernandez, J. (2013). *Influencia de la Rigidez de la subrasante y las capas granulares sobre la vida a fátiga de mezclas asfálticas*. Bogotá, Colombia.
- Sena, A. M., Sánchez, F. E., & Lavín, J. R. (2015). *El Estudio Geotécnico*. Madrid: Garceta.
- Terzaghi, K. V. (1971). *Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica*. Barcelona : El Ateneo.
- UNIVERSIDAD DE CATALUNYA. (2014). *Módulo Resiliente*. Barcelona.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA DE LIMA. (2006). *California Bearing Ratio*. Lima, Perú.
- Urbano, W. (10 de Junio de 2012). *Un pavimento se puede definir como una estructura constituida por varias capas de materiales seleccionados, diseñada y construida técnicamente con el objetivo de brindar el tránsito de vehículos de una manera cómoda, segura, eficiente y económica*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2018, de [biblioteca.udenar.edu.co](http://biblioteca.udenar.edu.co): biblioteca.udenar.edu.co

Yáñez, G. (2013). *Apuntes de clase de Diseño de Pavimento Flexible. Basado en AASHTO Guide for Design of Pavement Structures.*

## **ANEXOS**

Anexo 1. Fotografías del desarrollo de los ensayos de caracterización de las minas de Pintag y Pifo.  
Resistencia a la abrasión de los agregados en la máquina de los Ángeles (ASTM C-131)



*Fotografía A.1. Máquina de los Ángeles.*



*Fotografía A.2. Tamizado del material.*

Durabilidad de los agregados a la acción del sulfato de sodio. (ASTM C-88)



*Fotografía A.3. Ciclo de secado del sulfato de los agregados fino y grueso.*

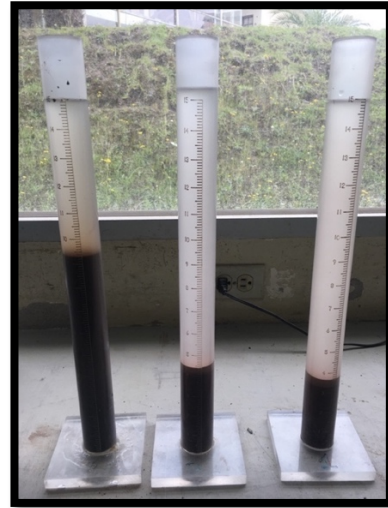


*Fotografía A.4. Extracción del sulfato de los agregados fino y grueso.*

Equivalente de arena. (ASTM D-2419)



*Fotografía A.5. Enfriado a temperatura ambiente de la muestra.*



*Fotografía A.6. Vaciado de la muestra en las probetas con defloculante*

Contenido orgánico de la arena. (ASTM C 40-99).



*Fotografía A.7. Comparación con la tabla de colores estándar.*



*Fotografía A.8. Tabla de colores estándar.*

Gravedad específica del agregado fino (ASTM C-128).



*Fotografía A.9. Diferencias de humedad en muestra de agregado fino.*



*Fotografía A.10. Extracción de burbujas de aire.*

Anexo 2. Fotografías del desarrollo de los ensayos de C.B.R de las minas de Pintag y Pifo.  
California Bearing Ratio (C.B.R) (ASTM D 1883).



*Fotografía A.11. Preparación del molde para CBR.*



*Fotografía A.12. Colocación de la placa perforada en el molde de CBR.*



*Fotografía A.13. Moldes de CBR sumergidos.*



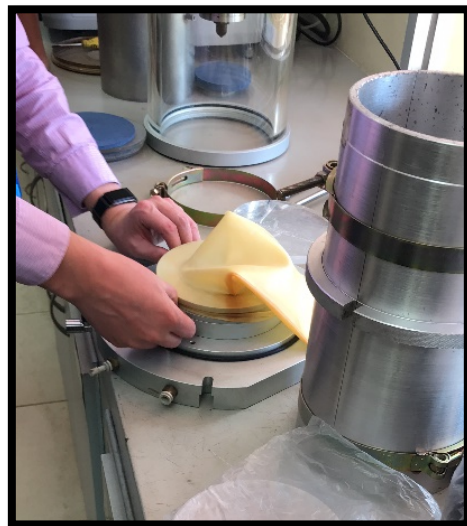
*Fotografía A.14. Compresión de la muestra en la prensa hidráulica.*

Anexo 3. Fotografías del desarrollo de los ensayos de Módulo Resiliente de las minas de Pintag y Pifo.

Módulo Resiliente (AASHTO T307-99)



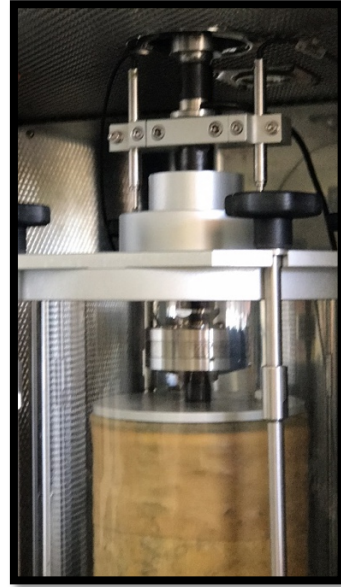
*Fotografía A.15. Humedecimiento de la muestra.*



*Fotografía A.16. Colocación de la membrana en el molde.*



*Fotografía A.17. Compactación de la muestra.*



*Fotografía A.18. Ajuste de los dispositivos LVDT.*

Anexo 4. Informes de laboratorio de C.B.R y Módulo Resiliente de las minas de Pintag y Pifo.

**MINA DE PINTAG**

**CÁLCULO E INFORME DEL VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS "ENSAYO CBR"**

Proyecto:	Tesis	Director de tesis:	Ing. Wilson Cando T.
Tipo de muestra:	Base clase 1	Ensayado Por:	Charles Aguilera, Alejo Monar
Remoldeada:	SI	Colaboración:	Laboratorios "LDMS"
Inalterada:		Fecha de la Muestra:	domingo, 10 de junio de 2018

**Datos del ensayo modificado de compactación de suelo:**

NORMAS UTILIZADAS	Método:	MODIFICADO
ASTM	Densidad Máxima:	2158 Kg/m. <sup>3</sup>
AASHTO	T-180	Humedad Optima: 15.21%

CONTENIDO DE HÍMEDAD Y PESO UNITARIO DE LA MUESTRA ENSAYADA									
Molde Nº	M6			DO 2			D 11		
Nº de Capas	5			5			5		
Nº de golpes por capa	56			25			11		
Estado de la muestra	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	13345		13564	11233		11651	11566		12133
Peso del molde (Kgs)	7504		7504	6518		6518	7670		7670
Peso de muestra húmeda (Kgs)	5841		6060	4715		5133	3896		4463
Volumen muestra (m <sup>3</sup> )	2403		2403	2366		2366	2323		2323
Peso unit. Húmedo, Kgs/m <sup>3</sup>	2.431		2.522	1.993		2.169	1.677		1.921
	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba
Cant. De humedad de muestra del tarro Nº	D-40	M-9	BL-9	ML-10	BA-22	D-40	BL-9	L-23	ML-10
Peso de muestra humedad + tarro (g)	53.65	55.33	80.50	99.64	59.46	74.76	72.93	83.58	72.80
Peso de muestra seca + tarro (g)	49.40	50.66	72.37	91.38	54.45	64.60	67.02	77.00	63.74
Peso del agua (g)	4.25	4.67	8.13	8.26	5.01	10.16	5.91	6.58	9.06
Peso del tarro (g)	13.37	11.65	16.93	21.30	12.12	13.37	16.93	20.12	21.30
Peso de la muestra seca (g)	36.03	39.01	55.44	70.08	42.33	51.23	50.09	56.88	42.44
Contenido de humedad %	11.80%	11.97%	14.66%	11.79%	11.84%	19.83%	11.80%	11.57%	21.35%
Contenido de humedad promedio, %	11.88%		14.66%	11.81%		19.83%	11.68%		21.35%
Peso Unit. Seco Kgs/m <sup>2</sup>	2.173		2.199	1.782		1.810	1.502		1.583

**DATOS DEL ESPONJAMIENTO**

Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde Nº M6			Molde Nº DO 2			Molde Nº D 11		
			Lectura del Indicador	Espanjamiento		Lectura del Indicador	Espanjamiento		Lectura del Indicador	Espanjamiento	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
2018-06-11	14h00	1	2	0.002	0.04	4	0.004	0.09	6	0.006	0.13
2018-06-12	14h00	2	5	0.005	0.11	8	0.008	0.18	9	0.009	0.20
2018-06-13	14h00	3	7	0.007	0.15	13	0.013	0.29	14	0.014	0.31
2018-06-14	14h00	4	9	0.009	0.20	13	0.013	0.29	17	0.017	0.37
2018-06-15	14h00	5	9	0.009	0.20	13	0.013	0.29	17	0.017	0.37

**DATOS DE ENSAYO DE PENETRACIÓN**

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde Nº M6		Molde Nº DO 2		Molde Nº D 11	
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.
		Dial	lb/pulg <sup>2</sup>	Dial	lb/pulg <sup>2</sup>	Dial	lb/pulg <sup>2</sup>
0.000							
0.025		472	486	367	378	256	264
0.050		678	698	521	537	341	351
0.075		989	1019	766	789	476	490
0.100	1000	1057	1089	812	836	565	582
0.150		1369	1410	994	1024	732	754
0.200		1511	1556	1123	1157	843	868
0.250		1567	1614	1232	1269	956	985
0.300		1682	1732	1268	1306	998	1028
0.400		1743	1795	1297	1336	1065	1097
0.500		1788	1842	1343	1383	1091	1124
0.600		1829	1884	1567	1614	1121	1155

**CÁLCULO E INFORME DEL VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS "ENSAYO CBR"**

Proyecto:	Tesis	Director de tesis:	Ing. Wilson Cando T.
Tipo de muestra:	Base clase 2	Ensayado Por:	Charles Aguilera, Alejandro Monar
Remoldeada:	SI	Colaboración:	Laboratorios "LDMS"
Inalterada:		Fecha de la Muestra:	domingo, 10 de junio de 2018

**Datos del ensayo modificado de compactación de suelo:**

NORMAS UTILIZADAS	Método:	MODIFICADO
ASTM	D1883	Densidad Máxima: 2132 Kg/m. <sup>3</sup>
AASHTO	T-180	Humedad Optima: 12.37%

CONTENIDO DE HÍMEDAD Y PESO UNITARIO DE LA MUESTRA ENSAYADA									
Molde Nº	SL 20			AC 23			G 6		
	Nº de Capas			Nº de golpes por capa			Nº de golpes por capa		
Nº de Capas	5			5			5		
Nº de golpes por capa	56			25			11		
Estado de la muestra	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	12566		12889	11233		11676	10656		11244
Peso del molde (Kgs)	7024		7024	6978		6978	6896		6896
Peso de muestra húmeda (Kgs)	5542		5865	4255		4698	3760		4348
Volumen muestra (m <sup>3</sup> )	2287		2287	2198		2198	2205		2205
Peso unit. Húmedo, Kgs/m <sup>3</sup>	2.423		2.564	1.936		2.137	1.705		1.972
	Fondo	Arriba	1º de Arriba	Fondo	Arriba	1º de Arriba	Fondo	Arriba	1º de Arriba
Cant. De humedad de muestra del tarro Nº	B-15	MA-11	BR-29	10	BA-2	B-15	BR-29	ML-25	10
Peso de muestra humedad + tarro (g)	60.53	69.36	80.67	90.89	51.80	75.95	76.74	54.53	101.75
Peso de muestra seca + tarro (g)	55.61	62.91	71.00	83.39	47.32	65.43	70.23	49.92	84.76
Peso del agua (g)	4.92	6.45	9.67	7.50	4.48	10.52	6.51	4.61	16.99
Peso del tarro (g)	16.32	12.24	16.93	21.32	11.89	16.32	16.93	13.20	21.32
Peso de la muestra seca (g)	39.29	50.67	54.07	62.07	35.43	49.11	53.30	36.72	63.44
Contenido de humedad %	12.52%	12.73%	17.88%	12.08%	12.64%	21.42%	12.21%	12.55%	26.78%
Contenido de humedad promedio, %	12.63%		17.88%	12.36%		21.42%	12.38%		26.78%
Peso Unit. Seco Kgs/m <sup>3</sup>	2.152		2.175	1.723		1.760	1.517		1.555

**DATOS DE ESPONJAMIENTO**

Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde Nº SL 20				Molde Nº AC 23			Molde Nº G 6		
			Lectura del Indicador	Espanjamiento		Lectura del Indicador	Espanjamiento		Lectura del Indicador	Espanjamiento		
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%	
2018-06-11	14h00	1	2	0.002	0.04	4	0.004	0.09	6	0.006	0.13	
2018-06-12	14h00	2	2	0.002	0.04	7	0.007	0.15	11	0.011	0.24	
2018-06-13	14h00	3	5	0.005	0.11	9	0.009	0.20	15	0.015	0.33	
2018-06-14	14h00	4	5	0.005	0.11	9	0.009	0.20	20	0.020	0.44	
2018-06-15	14h00	5	5	0.005	0.11	9	0.009	0.20	20	0.020	0.44	

**DATOS DE PENETRACIÓN**

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde Nº SL 20		Molde Nº AC 23		Molde Nº G 6	
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.
0.000		Dial	lb/pulg <sup>2</sup>	Dial	lb/pulg <sup>2</sup>	Dial	lb/pulg <sup>2</sup>
0.025		456	470	356	367	212	218
0.050		598	616	462	476	334	344
0.075		943	971	527	543	465	479
0.100	1000	1045	1076	681	701	512	527
0.150		1296	1335	898	925	663	683
0.200		1467	1511	1029	1060	732	754
0.250		1578	1625	1231	1268	797	821
0.300		1654	1704	1279	1317	861	887
0.400		1712	1763	1345	1385	893	920
0.500		1767	1820	1386	1428	942	970
0.600		1821	1876	1432	1475	977	1006

### CÁLCULO E INFORME DEL VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS "ENSAYO CBR"

Proyecto:	Tesis	Director de tesis:	Ing. Wilson Cando T.
Tipo de muestra:	Base clase 3	Ensayado Por:	Charles Aguilera, Alejandro Monar
Remoldeada:	SI	Colaboración:	Laboratorios "LDMS"
Inalterada:		Fecha de la Muestra:	domingo, 10 de junio de 2018

#### Datos del ensayo modificado de compactación de suelo:

NORMAS UTILIZADAS	Método:	MODIFICADO
ASTM	D1883	Densidad Máxima: 2090 Kg/m. <sup>3</sup>
AASTHO	T-180	Humedad Óptima: 12.01%

CONTENIDO DE HÍMEDAD Y PESO UNITARIO DE LA MUESTRA ENSAYADA									
Molde Nº	SL 8			AC 15			LL 22		
	Nº de Capas			Nº de golpes por capa			Nº de golpes por capa		
Nº de Capas	5			5			5		
Nº de golpes por capa	56			25			11		
Estado de la muestra	Antes de Remojar	Después de Remojar	Antes de Remojar	Después de Remojar	Antes de Remojar	Después de Remojar	Antes de Remojar	Después de Remojar	Después de Remojar
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	12657	12891	11788	12212	11241	11776			
Peso del molde (Kgs)	7215	7215	7025	7025	7088	7088			
Peso de muestra húmeda (Kgs)	5442	5676	4763	5187	4153	4688			
Volumen muestra (m <sup>3</sup> )	2234	2234	2290	2290	2286	2286			
Peso unit. Húmedo, Kgs/m <sup>3</sup>	2.436	2.541	2.080	2.265	1.817	2.051			
	Fondo	Arriba	1º de Arriba	Fondo	Arriba	1º de Arriba	Fondo	Arriba	1º de Arriba
Cant. De humedad de muestra del tarro Nº	B-12	BS-35	D-37	WE	D-20	B-12	D-37	QY-12	WE
Peso de muestra humedad + tarro (g)	53.93	65.14	76.28	49.75	46.76	75.59	68.01	53.94	60.12
Peso de muestra seca + tarro (g)	48.85	58.61	65.94	45.71	42.23	63.85	60.59	49.30	51.66
Peso del agua (g)	5.08	6.53	10.34	4.04	4.53	11.74	7.42	4.64	8.46
Peso del tarro (g)	16.70	17.36	13.31	20.08	13.30	16.70	13.31	19.94	20.08
Peso de la muestra seca (g)	32.15	41.25	52.63	25.63	28.93	47.15	47.28	29.36	31.58
Contenido de humedad %	15.80%	15.83%	19.65%	15.76%	15.66%	24.90%	15.69%	15.80%	26.79%
Contenido de humedad promedio, %	15.82%		19.65%	15.71%		24.90%	15.75%		26.79%
Peso Unit. Seco Kgs/m <sup>3</sup>	2.103	2.124	1.798	1.814	1.570	1.617			

#### DATOS DEL ESPONJAMIENTO

Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde Nº SL 8		Molde Nº AC 15		Molde Nº LL 22				
			Lectura del Indicador	Espanjamiento		Lectura del Indicador	Espanjamiento		Lectura del Indicador	Espanjamiento	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
2018-06-11	14h00	1	3	0.003	0.07	6	0.006	0.13	8	0.008	0.18
2018-06-12	14h00	2	7	0.007	0.15	9	0.009	0.20	15	0.015	0.33
2018-06-13	14h00	3	11	0.011	0.24	13	0.013	0.29	19	0.019	0.42
2018-06-14	14h00	4	11	0.011	0.24	13	0.013	0.29	23	0.023	0.51
2018-06-15	14h00	5	11	0.011	0.24	13	0.013	0.29	23	0.023	0.51

#### DATOS DE PENETRACIÓN

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde Nº SL 8		Molde Nº AC 15		Molde Nº LL 22		
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	
0.000		Dial	lb/pulg <sup>2</sup>	Dial	lb/pulg <sup>2</sup>	Dial	lb/pulg <sup>2</sup>	
0.025		397	409	280	288	211	217	
0.050		682	702	421	434	294	303	
0.075		894	921	598	616	345	355	
0.100	1000	1024	1055	723	745	511	526	55.63
0.150		1231	1268	836	861	578	595	
0.200		1343	1383	978	1007	693	714	49.59
0.250		1385	1427	992	1022	789	813	
0.300		1449	1492	1034	1065	843	868	
0.400		1512	1557	1125	1159	862	888	
0.500		1534	1580	1178	1213	891	918	
0.600		1556	1603	1234	1271	924	952	

### CÁLCULO E INFORME DEL VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS "ENSAYO CBR"

Proyecto: Tesis Director de tesis: Ing. Wilson Cando T.  
Tipo de muestra: Base clase 4 Ensayado Por: Charles Aguilera, Alejandro Monar  
Remoldeada: SI Colaboración: Laboratorios "LDMS"  
Inalterada: Fecha de la Muestra: domingo, 10 de junio de 2018

#### Datos del ensayo modificado de compactación de suelo:

NORMAS UTILIZADAS Método: MODIFICADO  
ASTM D1883 Densidad Máxima: 2067 Kg/m.<sup>3</sup>  
AASTHO T-180 Humedad Óptima: 11.39%

CONTENIDO DE HÍMEDAD Y PESO UNITARIO DE LA MUESTRA ENSAYADA									
Molde Nº	G 2			AC 28			SL 11		
Nº de Capas	5			5			5		
Nº de golpes por capa	56			25			11		
Estado de la muestra	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	12243		12453	11566		11911	10876		11332
Peso del molde (Kgs)	7005		7005	7092		7092	6996		6996
Peso de muestra húmeda (Kgs)	5238		5448	4474		4819	3880		4336
Volumen muestra (m <sup>3</sup> )	2205		2205	2294		2294	2226		2226
Peso unit. Húmedo, Kgs/m <sup>3</sup>	2.376		2.471	1.950		2.101	1.743		1.948
	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba
Cant. De humedad de muestra del tarro Nº	B-19	BA-16	B-9	O-21	B-14	OR-7	B-9	OR-7	B-14
Peso de muestra humedad + tarro (g)	61.39	62.63	70.38	52.88	50.06	79.66	69.53	86.69	57.36
Peso de muestra seca + tarro (g)	55.94	56.60	63.32	48.35	45.88	70.18	63.25	78.90	49.32
Peso del agua (g)	5.45	6.03	7.06	4.53	4.18	9.48	6.28	7.79	8.04
Peso del tarro (g)	16.06	12.08	16.93	14.90	14.90	20.09	16.93	20.09	14.90
Peso de la muestra seca (g)	39.88	44.52	46.39	33.45	30.98	50.09	46.32	58.81	34.42
Contenido de humedad %	13.67%	13.54%	15.22%	13.54%	13.49%	18.93%	13.56%	13.25%	23.36%
Contenido de humedad promedio, %	13.61%		15.22%	13.52%		18.93%	13.40%		23.36%
Peso Unit. Seco Kgs/m <sup>3</sup>	2.091		2.144	1.718		1.766	1.537		1.579

#### DATOS DEL ESPONJAMIENTO

Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde Nº G 2			Molde Nº AC 28			Molde Nº SL 11		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
2018-06-11	14h00	1	2	0.002	0.04	5	0.005	0.11	7	0.007	0.15
2018-06-12	14h00	2	2	0.002	0.04	7	0.007	0.15	9	0.009	0.20
2018-06-13	14h00	3	4	0.004	0.09	11	0.011	0.24	13	0.013	0.29
2018-06-14	14h00	4	4	0.004	0.09	11	0.011	0.24	13	0.013	0.29
2018-06-15	14h00	5	4	0.004	0.09	11	0.011	0.24	13	0.013	0.29

#### DATOS DE PENETRACIÓN

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde Nº G 2		Molde Nº AC 28		Molde Nº SL 11				
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.			
0.000		Dial	lb/pulg <sup>2</sup>	Dial	lb/pulg <sup>2</sup>	Dial	lb/pulg <sup>2</sup>			
0.025		323	333	261	269	157	162			
0.050		562	579	384	396	199	205			
0.075		811	835	562	579	272	280			
0.100	1000	993	1023	694	715	392	404	43.38		
0.150		1156	1191	793	817	481	495			
0.200		1291	1330	90.65	956	985	67.65	578	595	41.69
0.250		1369	1410		989	1019		599	617	
0.300		1395	1437		1023	1054		624	643	
0.400		1447	1490		1077	1109		639	658	
0.500		1498	1543		1096	1129		677	697	
0.600		1532	1578		1109	1142		691	712	

### CÁLCULO E INFORME DEL VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS "ENSAYO CBR"

Proyecto:	Tesis	Director de tesis:	Ing. Wilson Cando T.
Tipo de muestra:	Sub-base clase 1	Ensayado Por:	Charles Aguilera, Alejandro Monar
Remoldeada:	SI	Colaboración:	Laboratorios "LDMS"
Inalterada:		Fecha de la Muestra:	domingo, 10 de junio de 2018

#### Datos del ensayo modificado de compactación de suelo:

NORMAS UTILIZADAS	Método:	MODIFICADO
ASTM	Densidad Máxima:	1967 Kg/m. <sup>3</sup>
AASTHO	Humedad Óptima:	14.87%

CONTENIDO DE HÍMEDAD Y PESO UNITARIO DE LA MUESTRA ENSAYADA									
Molde Nº	G7			AL 22			G 1		
Nº de Capas	5			5			5		
Nº de golpes por capa	56			25			11		
Estado de la muestra	Antes de Remojar		Después de	Antes de Remojar		Después de	Antes de Remojar		Después de
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	12081		12355	11342		11876	10822		11445
Peso del molde (Kgs)	7105		7105	7088		7088	7015		7015
Peso de muestra húmeda (Kgs)	4976		5250	4254		4788	3807		4430
Volumen muestra (m <sup>3</sup> )	2215		2215	2286		2286	2286		2286
Peso unit. Húmedo, Kgs/m <sup>3</sup>	2.247		2.370	1.861		2.094	1.665		1.938
Cant. De humedad de muestra del tarro Nº	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba
Peso de muestra humedad + tarro (g)	B-11	BA-10	F	QR-9	B-16	B-15	B-15	F	QR-9
	63.26	70.09	74.31	90.57	90.98	89.42	92.08	98.16	118.32
Peso de muestra seca + tarro (g)	57.71	63.24	65.39	82.09	82.12	75.54	83.23	88.64	97.27
Peso del agua (g)	5.55	6.85	8.92	8.48	8.86	13.88	8.85	9.52	21.05
Peso del tarro (g)	16.79	12.19	18.41	18.65	16.51	16.32	16.32	18.41	18.65
Peso de la muestra seca (g)	40.92	51.05	46.98	63.44	65.61	59.22	66.91	70.23	78.62
Contenido de humedad %	13.56%	13.42%	18.99%	13.37%	13.50%	23.44%	13.23%	13.56%	26.77%
Contenido de humedad promedio, %	13.49%		18.99%	13.44%		23.44%	13.39%		26.77%
Peso Unit. Seco Kgs/m <sup>3</sup>	1.979		1.992	1.640		1.697	1.469		1.529

#### DATOS DEL ESPONJAMIENTO

Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde Nº G 7			Molde Nº AL 22			Molde Nº G 1		
			Lectura del Indicador	Espanjamiento		Lectura del Indicador	Espanjamiento		Lectura del Indicador	Espanjamiento	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
2018-06-11	14h00	1	2	0.002	0.04	3	0.003	0.07	5	0.005	0.11
2018-06-12	14h00	2	4	0.004	0.09	6	0.006	0.13	11	0.011	0.24
2018-06-13	14h00	3	7	0.007	0.15	9	0.009	0.20	16	0.016	0.35
2018-06-14	14h00	4	7	0.007	0.15	11	0.011	0.24	21	0.021	0.46
2018-06-15	14h00	5	7	0.007	0.15	11	0.011	0.24	21	0.021	0.46

#### DATOS DE PENETRACIÓN

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde Nº G 7		Molde Nº AL 22		Molde Nº G 1	
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.
0.000	Dial	lb/pulg <sup>2</sup>		Dial	lb/pulg <sup>2</sup>	Dial	lb/pulg <sup>2</sup>
0.025	281	289		179	184	112	115
0.050	522	538		343	353	197	203
0.075	798	822		482	496	275	283
0.100	1000	967	102.60	652	672	322	332
0.150	1187	1223		755	778	461	475
0.200	1278	1316	89.76	881	907	495	510
0.250	1324	1364		946	974	532	548
0.300	1376	1417		982	1011	576	593
0.400	1454	1498		1024	1055	599	617
0.500	1489	1534		1083	1115	643	662
0.600	1522	1568		1112	1145	656	676

**CÁLCULO E INFORME DEL VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS "ENSAYO CBR"**

Proyecto:	Tesis	Director de tesis:	Ing. Wilson Cando T.
Tipo de muestra:	Sub-base clase 2	Ensayado Por:	Charles Aguilera, Alejandro Monar
Remoldeada:	SI	Colaboración:	Laboratorios "LDMS"
Inalterada:		Fecha de la Muestra:	domingo, 10 de junio de 2018

<b>Datos del ensayo modificado de compactación de suelo</b>			
NORMAS UTILIZADAS		Método:	MODIFICADO
ASTM	D1883	Densidad Máxima:	1961 Kg/m. <sup>3</sup>
AASTHO	T-180	Humedad Optima:	12.10%

**CONTENIDO DE HÍMEDAD Y PESO UNITARIO DE LA MUESTRA ENSAYADA**

Molde Nº	G 25			G 19			G 17		
	Nº de Capas			Nº de golpes por capa			Nº de golpes por capa		
Nº de Capas	5			5			5		
Nº de golpes por capa	56			25			11		
Estado de la muestra	Antes de Remojar	Después de		Antes de Remojar	Después de		Antes de Remojar	Después de	
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	12112	12657		10986	11532		10645	11233	
Peso del molde (Kgs)	6998	6998		6875	6875		7036	7036	
Peso de muestra húmeda (Kgs)	5114	5659		4111	4657		3609	4197	
Volumen muestra (m <sup>3</sup> )	2286	2286		2215	2215		2258	2258	
Peso unit. Húmedo, Kgs/m <sup>3</sup>	2.237	2.476		1.856	2.102		1.598	1.859	
Cant. De humedad de muestra del tarro Nº	Fondo	Arriba	1º de Arriba	Fondo	Arriba	1º de Arriba	Fondo	Arriba	1º de Arriba
Peso de muestra humedad + tarro (g)	B-3	BA-8	4	4	B-21	B-3	D-26	HHC	ML-T
	58.30	61.79	80.92	71.63	80.84	73.22	79.32	88.16	97.92
Peso de muestra seca + tarro (g)	53.57	56.31	70.72	65.98	73.74	61.88	72.23	80.43	80.00
Peso del agua (g)	4.73	5.48	10.20	5.65	7.10	11.34	7.09	7.73	17.92
Peso del tarro (g)	14.90	12.14	19.08	19.08	16.35	14.90	13.55	20.12	16.35
Peso de la muestra seca (g)	38.67	44.17	51.64	46.90	57.39	46.98	58.68	60.31	63.65
Contenido de humedad %	12.23%	12.41%	19.75%	12.05%	12.37%	24.14%	12.08%	12.82%	28.15%
Contenido de humedad promedio, %	12.32%		19.75%	12.21%		24.14%	12.45%		28.15%
Peso Unit. Seco Kgs/m <sup>3</sup>	1.992		2.067	1.654		1.694	1.421		1.450

**DATOS DEL ESPONJAMIENTO**

Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde Nº G 25			Molde Nº G 19			Molde Nº G 17		
			Lectura del Indicador	Espanjamiento		Lectura del Indicador	Espanjamiento		Lectura del Indicador	Espanjamiento	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
2018-06-11	14h00	1	1	0.001	0.02	3	0.003	0.07	5	0.005	0.11
2018-06-12	14h00	2	3	0.003	0.07	7	0.007	0.15	13	0.013	0.29
2018-06-13	14h00	3	4	0.004	0.09	11	0.011	0.24	17	0.017	0.37
2018-06-14	14h00	4	4	0.004	0.09	11	0.011	0.24	17	0.017	0.37
2018-06-15	14h00	5	4	0.004	0.09	11	0.011	0.24	17	0.017	0.37

**DATOS DE PENETRACIÓN**

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde Nº G 25		Molde Nº G 19		Molde Nº G 17	
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.
0.000		Dial	lb/pulg <sup>2</sup>	Dial	lb/pulg <sup>2</sup>	Dial	lb/pulg <sup>2</sup>
0.025		227	234	144	148	109	112
0.050		445	458	269	277	157	162
0.075		732	754	371	382	209	215
0.100	1000	927	955	567	584	241	248
0.150		1089	1122	649	668	267	275
0.200		1179	1214	712	733	311	320
0.250		1236	1273	768	791	332	342
0.300		1275	1313	795	819	354	365
0.400		1343	1383	854	880	367	378
0.500		1369	1410	873	899	399	411
0.600		1392	1434	922	950	424	437

### CÁLCULO E INFORME DEL VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS "ENSAYO CBR"

Proyecto: Tesis Director de tesis: Ing. Wilson Cando T.  
 Tipo de muestra: Sub-base clase 3 Ensayado Por: Charles Aguilera, Alejandro Monar  
 Remoldeada: SI Colaboración: Laboratorios "LDMS"  
 Inalterada: Fecha de la Muestra: domingo, 10 de junio de 2018

#### Datos del ensayo modificado de compactación de suelo:

NORMAS UTILIZADAS Método: MODIFICADO  
 ASTM D1883 Densidad Máxima: 1866 Kg/m.<sup>3</sup>  
 AASTHO T-180 Humedad Óptima: 14.27%

CONTENIDO DE HÍMEDAD Y PESO UNITARIO DE LA MUESTRA ENSAYADA									
Molde Nº	G 21			G 16			SL 23		
Nº de Capas	5			5			5		
Nº de golpes por capa	56			25			11		
Estado de la muestra	Antes de Remojar		Después de	Antes de Remojar		Después de	Antes de Remojar		Después de Remojar
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	11676		11998	11143		11478	10670		11132
Peso del molde (Kgs)	7015		7015	7022		7022	7302		7302
Peso de muestra húmeda (Kgs)	4661		4983	4121		4456	3368		3830
Volumen muestra (m <sup>3</sup> )	2215		2215	2286		2286	2209		2209
Peso unit. Húmedo, Kgs/m <sup>3</sup>	2.104		2.250	1.803		1.949	1.525		1.734
Cant. De humedad de muestra del tarro Nº	Fondo	Arriba	1º de Arriba	Fondo	Arriba	1º de Arriba	Fondo	Arriba	1º de Arriba
Peso de muestra humedad + tarro (g)	B-30	D-1	2	ML-T	B-6	D-1	D-12	2	ML-T
	56.23	62.33	81.57	83.74	83.04	75.13	73.94	62.82	69.06
Peso de muestra seca + tarro (g)	51.17	55.85	71.99	75.11	74.41	63.27	65.95	57.31	57.77
Peso del agua (g)	5.06	6.48	9.58	8.63	8.63	11.86	7.99	5.51	11.29
Peso del tarro (g)	17.95	13.18	20.87	18.78	17.20	13.18	13.40	20.87	18.78
Peso de la muestra seca (g)	33.22	42.67	51.12	56.33	57.21	50.09	52.55	36.44	38.99
Contenido de humedad %	15.23%	15.19%	18.74%	15.32%	15.08%	23.68%	15.20%	15.12%	28.96%
Contenido de humedad promedio, %	15.21%		18.74%	15.20%		23.68%	15.16%		28.96%
Peso Unit. Seco Kgs/m <sup>3</sup>	1.826		1.895	1.565		1.576	1.324		1.345

#### DATOS DEL ESPONJAMIENTO

Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde Nº G 21			Molde Nº G 16			Molde Nº SL 23		
			Lectura del Indicador	Espanjamiento		Lectura del Indicador	Espanjamiento		Lectura del Indicador	Espanjamiento	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
2018-06-11	14h00	1	2	0.002	0.04	4	0.004	0.09	7	0.007	0.15
2018-06-12	14h00	2	4	0.004	0.09	5	0.005	0.11	11	0.011	0.24
2018-06-13	14h00	3	6	0.006	0.13	8	0.008	0.18	15	0.015	0.33
2018-06-14	14h00	4	6	0.006	0.13	8	0.008	0.18	18	0.018	0.40
2018-06-15	14h00	5	6	0.006	0.13	8	0.008	0.18	18	0.018	0.40

#### DATOS DE PENETRACIÓN

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde Nº G 21		Molde Nº G 16		Molde Nº SL 23	
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.
0.000		Dial	lb/pulg <sup>2</sup>	Dial	lb/pulg <sup>2</sup>	Dial	lb/pulg <sup>2</sup>
0.025		133	137	95	98	38	39
0.050		296	305	143	147	109	112
0.075		477	491	249	256	162	167
0.100	1000	876	902	537	553	234	241
0.150		963	992	465	479	276	284
0.200		1026	1057	72.45	685	706	49.04
0.250		1159	1194	739	761	358	369
0.300		1193	1229	768	791	377	388
0.400		1233	1270	792	816	394	406
0.500		1267	1305	825	850	425	438
0.600		1288	1327	856	882	433	446

## MINA DE PIFO

### CALCULO E INFORME DEL VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS "ENSAYO CBR"

Proyecto:	Tesis	Director de tesis:	Ing. Wilson Cando T.
Tipo de muestra:	Base clase 1	Ensayado Por:	Charles Aguilera, Alejandro Monar
Remoldeada:	SI	Colaboración:	Laboratorios "LDMS"
Inalterada:		Fecha de la Muestra:	jueves, 07 de junio de 2018

#### Datos del ensayo modificado de compactación de suelo:

NORMAS UTILIZADAS	Método:	MODIFICADO
ASTM	Densidad Máxima:	2145 Kg/m <sup>3</sup>
AASTHO	T-180	Humedad Optima: 12,19%

#### Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo

Molde N°	L 61			R 32			SL 22		
	N° de Capas			N° de Capas			N° de Capas		
N° de Capas	5			5			5		
N° de golpes por capa	56			25			11		
Estado de la muestra	Antes de Remojar	Despues de Remojar		Antes de Remojar	Despues de Remojar		Antes de Remojar	Despues de Remojar	
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	12987	13123		10875	11233		10978	11341	
Peso del molde (Kgs)	7400	7400		6376	6376		7114	7114	
Peso de muestra húmeda (Kgs)	5587	5723		4499	4857		3864	4227	
Volumen muestra (m <sup>3</sup> )	2291	2291		2099	2099		2267	2267	
Peso unit. Húmedo, Kgs/m <sup>3</sup>	2,439	2,498		2,143	2,314		1,704	1,865	
	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba
Cant. De humedad de muestra del tarro N°	OP-7	ML-13		JL	QT-9		MJ-16	JL-33	
Peso de muestra humedad + tarro (g)	82,58	87,41	103,70	76,09	102,52	102,69	96,93	108,58	111,56
Peso de muestra seca + tarro (g)	75,51	79,68	93,73	69,69	93,45	90,87	88,31	98,51	96,32
Peso del agua (g)	7,07	7,73	9,97	6,40	9,07	11,82	8,62	10,07	15,24
Peso del tarro (g)	20,09	20,60	23,61	18,76	23,61	20,42	18,95	20,42	20,09
Peso de la muestra seca (g)	55,42	59,08	70,12	50,93	69,84	70,45	69,36	78,09	76,23
Contenido de humedad %	12,76%	13,08%	14,22%	12,57%	12,99%	16,78%	12,43%	12,90%	19,99%
Contenido de humedad promedio, %	12,92%			12,78%			12,66%		
Peso Unit. Seco Kgs/m <sup>3</sup>	2,160	2,187		1,901	1,982		1,513	1,554	

#### DATOS DE ESPONJAMIENTOS

Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° L 61			Molde N° R 32			Molde N°SL 22		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
2018-06-08	14h00	1	1	0,001	0,02	2	0,002	0,04	4	0,004	0,09
2018-06-09	14h00	2	1	0,001	0,02	3	0,003	0,07	6	0,006	0,13
2018-06-10	14h00	3	2	0,002	0,04	3	0,003	0,07	6	0,006	0,13
2018-06-11	14h00	4	2	0,002	0,04	3	0,003	0,07	6	0,006	0,13
2018-06-12	14h00	5	2	0,002	0,04	3	0,003	0,07	6	0,006	0,13

#### DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde N° L 61				Molde N° R 32				Molde N°SL 22			
		Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.
		dial	lb/pulg <sup>2</sup>		dial	lb/pulg <sup>2</sup>		dial	lb/pulg <sup>2</sup>				
0,000													
0,025	491	506			387	399			223	230			
0,050	732	754			490	505			314	323			
0,075	894	921			712	733			452	466			
0,100	1000	1131	1165	119,49	945	973	100,34		504	519	54,91		
0,150	1342	1382			1186	1222			581	598			
0,200	1498	1543		104,86	1298	1337	91,13		757	780	53,98		
0,250	1565	1612			1369	1410			799	823			
0,300	1598	1646			1395	1437			878	904			
0,400	1673	1723			1433	1476			885	912			
0,500	1712	1763			1467	1511			893	920			
0,600	1732	1784			1488	1533			942	970			

**CALCULO E INFORME DEL VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS "ENSAYO CBR"**

Proyecto:	Tesis	Director de tesis:	Ing. Wilson Cando T.
Tipo de muestra:	Base clase 2	Ensayado Por:	Charles Aguilera, Alejandro Monar
Remoldeada:	SI	Colaboración:	Laboratorios "LDMS"
Inalterada:		Fecha de la Muestra:	jueves, 07 de junio de 2018

**Datos del ensayo modificado de compactación de suelo:**

NORMAS UTILIZADAS	Método:	MODIFICADO
ASTM	D1883	Densidad Máxima: 2140
AASTHO	T-180	Humedad Optima: 11,55%

**Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo**

Molde Nº	D 2			CM14			CM3		
	Nº de Capas			Nº de golpes por capa			Nº de golpes por capa		
Nº de Capas	5			5			5		
Nº de golpes por capa	56			25			11		
Estado de la muestra	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	12709		12976	11445		11788	10870		11300
Peso del molde (Kgs)	7136		7136	7177		7177	6911		6911
Peso de muestra húmeda (Kgs)	5573		5840	4268		4611	3959		4389
Volumen muestra (m³)	2317		2317	2040		2040	2274		2274
Peso unit. Húmedo, Kgs/m³	2,405		2,521	2,092		2,260	1,741		1,930
	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba
Cant. De humedad de muestra del tarro Nº	B-9	M-20	AS	DS-7	B-26	M-20	M-17	AS	B-26
Peso de muestra humedad + tarro (g)	67,90	56,01	89,91	98,60	83,99	62,74	57,90	97,82	101,48
Peso de muestra seca + tarro (g)	62,76	51,43	80,51	90,87	77,09	55,05	53,23	89,67	87,38
Peso del agua (g)	5,14	4,58	9,40	7,73	6,90	7,69	4,67	8,15	14,10
Peso del tarro (g)	16,93	12,07	20,50	21,80	17,26	12,07	12,18	20,50	17,26
Peso de la muestra seca (g)	45,83	39,36	60,01	69,07	59,83	42,98	41,05	69,17	70,12
Contenido de humedad %	11,22%	11,64%	15,66%	11,19%	11,53%	17,89%	11,38%	11,78%	20,11%
Contenido de humedad promedio, %	11,43%		15,66%	11,36%		17,89%	11,58%		20,11%
Peso Unit. Seco Kgs/m³	2,159		2,179	1,879		1,917	1,560		1,607

**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde Nº DP 2			Molde Nº R 3			Molde Nº CM 12		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
2018-06-08	14h00	1	2	0,002	0,04	4	0,004	0,09	6	0,006	0,13
2018-06-09	14h00	2	2	0,002	0,04	7	0,007	0,15	9	0,009	0,20
2018-06-10	14h00	3	3	0,003	0,07	7	0,007	0,15	15	0,015	0,33
2018-06-11	14h00	4	3	0,003	0,07	7	0,007	0,15	15	0,015	0,33
2018-06-12	14h00	5	3	0,003	0,07	7	0,007	0,15	15	0,015	0,33

**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg²	Molde Nº DP 2		Molde Nº R 3		Molde Nº CM 12	
		Carga del Ensayo		Carga del Ensayo		Carga del Ensayo	
		dial	lb/pulg2	dial	lb/pulg2	dial	lb/pulg2
0,000							
0,025		421	434	312	321	201	207
0,050		692	713	522	538	288	297
0,075		853	879	663	683	356	367
0,100	1000	1044	1075	842	867	404	416
0,150		1324	1364	978	1007	579	596
0,200		1532	1578	1179	1214	611	629
0,250		1587	1635	1243	1280	723	745
0,300		1643	1692	1277	1315	789	813
0,400		1679	1729	1332	1372	823	848
0,500		1692	1743	1355	1396	845	870
0,600		1731	1783	1379	1420	861	887

**CALCULO E INFORME DEL VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS "ENSAYO CBR"**

Proyecto:	Tesis	Director de tesis:	Ing. Wilson Cando T.
Tipo de muestra:	Base clase 3	Ensayado Por:	Charles Aguilera, Alejandro Monar
Remoldeada:	SI	Colaboración:	Laboratorios "LDMS"
Inalterada:		Fecha de la Muestra:	jueves, 07 de junio de 2018

**Datos del ensayo modificado de compactación de suelo:**

NORMAS UTILIZADAS	Método:	MODIFICADO
ASTM	D1883	Densidad Máxima: 2109 Kg/m. <sup>3</sup>
AASTHO	T-180	Humedad Optima: 12,10%

**Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo**

Molde Nº	N 3			G 8			MJ		
	Nº de Capas			Nº de golpes por capa			Estado de la muestra		
	5			5			5		
	56			25			11		
	Antes de Remojar		Despues de Remojar	Antes de Remojar		Despues de Remojar	Antes de Remojar		Despues de Remojar
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	12789		12900	11234		11359	10119		10682
Peso del molde (Kgs)	6814		6814	7028		7028	6800		6800
Peso de muestra húmeda (Kgs)	5975		6086	4206		4331	3319		3882
Volumen muestra (m <sup>3</sup> )	2490		2490	2286		2286	2109		2109
Peso unit. Húmedo, Kgs/m <sup>3</sup>	2,400		2,444	1,840		1,895	1,574		1,841
	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba
Cant. De humedad de muestra del tarro Nº	D-36	D-17	BA-37	ML-29	C-20	D-17	D-22	BA-37	C-20
Peso de muestra humedad + tarro (g)	76,98	74,97	65,86	64,13	67,04	71,52	65,01	55,98	70,73
Peso de muestra seca + tarro (g)	69,52	67,62	58,95	58,91	61,03	63,41	58,83	50,86	61,69
Peso del agua (g)	7,46	7,35	6,91	5,22	6,01	8,11	6,18	5,12	9,04
Peso del tarro (g)	13,29	13,41	12,13	19,10	16,70	13,41	13,29	12,13	16,70
Peso de la muestra seca (g)	56,23	54,21	46,82	39,81	44,33	50,00	45,54	38,73	44,99
Contenido de humedad %	13,27%	13,56%	14,76%	13,11%	13,56%	16,22%	13,57%	13,22%	20,09%
Contenido de humedad promedio, %	13,41%		14,76%	13,33%		16,22%	13,40%		20,09%
Peso Unit. Seco Kgs/m <sup>3</sup>	2,116		2,130	1,623		1,630	1,388		1,533

**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde Nº N 3			Molde Nº G 8			Molde Nº NJ		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
2018-06-08	14h00	1	2	0,002	0,04	5	0,005	0,11	7	0,007	0,15
2018-06-09	14h00	2	3	0,003	0,07	8	0,008	0,18	9	0,009	0,20
2018-06-10	14h00	3	3	0,003	0,07	11	0,011	0,24	14	0,014	0,31
2018-06-11	14h00	4	3	0,003	0,07	11	0,011	0,24	14	0,014	0,31
2018-06-12	14h00	5	3	0,003	0,07	11	0,011	0,24	14	0,014	0,31

**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde Nº N 3		Molde Nº G 8		Molde Nº NJ				
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.			
0,000		dial	lb/pulg2	dial	lb/pulg2	dial	lb/pulg2			
0,025		382	393	171	176	104	107			
0,050		565	582	298	307	154	159			
0,075		934	962	379	390	193	199			
0,100	1000	1022	1053	<b>108,27</b>	578	595	<b>62,53</b>	251	259	<b>28,85</b>
0,150		1223	1260	646	665	312	321			
0,200		1459	1503	<b>102,18</b>	731	825	<b>57,00</b>	367	378	<b>27,20</b>
0,250		1498	1543	995	1025	416	428			
0,300		1554	1601	1143	1177	482	496			
0,400		1589	1637	1189	1225	532	548			
0,500		1656	1706	1234	1271	545	561			
0,600		1671	1721	1265	1303	588	606			

**CALCULO E INFORME DEL VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS "ENSAYO CBR"**

Proyecto:	Tesis	Director de tesis:	Ing. Wilson Cando T.
Tipo de muestra:	Base clase 4	Ensayado Por:	Charles Aguilera, Alejandro Monar
Remoldeada:	SI	Colaboración:	Laboratorios "LDMS"
Inalterada:		Fecha de la Muestra:	jueves, 07 de junio de 2018

**Datos del ensayo modificado de compactación de suelo:**

NORMAS UTILIZADAS	Método:	MODIFICADO
ASTM	D1883	Densidad Máxima: 2062
AASTHO	T-180	Humedad Óptima: 13,19%

**Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo**

Molde Nº	B 55			G 20			L 12		
	Nº de Capas			Nº de golpes por capa			Estado de la muestra		
	5			5			5		
	56			25			11		
	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	12978		13213	11435		11878	11344		11778
Peso del molde (Kgs)	7340		7340	6905		6905	7136		7136
Peso de muestra húmeda (Kgs)	5638		5873	4530		4973	4208		4642
Volumen muestra (m³)	2386		2386	2223		2223	2317		2317
Peso unit. Húmedo, Kgs/m³	2,363		2,461	2,038		2,237	1,816		2,003
	Fondo	Arriba	1º de Arriba	Fondo	Arriba	1º de Arriba	Fondo	Arriba	1º de Arriba
Cant. De humedad de muestra del tarro Nº	D-20	D-36	JL-2	B-9	M-2	B-31	B-31	JL-2	D-20
Peso de muestra húmeda + tarro (g)	59,58	75,42	97,20	84,86	63,34	89,15	78,31	98,78	70,17
Peso de muestra seca + tarro (g)	54,21	67,96	86,68	76,93	57,43	77,57	71,13	89,64	60,08
Peso del agua (g)	5,37	7,46	10,52	7,93	5,91	11,58	7,18	9,14	10,09
Peso del tarro (g)	13,30	13,29	19,56	16,93	12,00	16,35	16,35	19,56	13,30
Peso de la muestra seca (g)	40,91	54,67	67,12	60,00	45,43	61,22	54,78	70,08	46,78
Contenido de humedad %	13,13%	13,65%	15,67%	13,22%	13,01%	18,92%	13,11%	13,04%	21,57%
Contenido de humedad promedio, %	13,39%		15,67%	13,11%		18,92%	13,07%		21,57%
Peso Unit. Seco Kgs/m³	2,084		2,128	1,802		1,881	1,606		1,648

**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde Nº B 55			Molde Nº G 20			Molde Nº L 12		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
2018-06-08	14h00	1	2	0,002	0,04	5	0,005	0,11	6	0,006	0,13
2018-06-09	14h00	2	4	0,004	0,09	9	0,009	0,20	12	0,012	0,26
2018-06-10	14h00	3	4	0,004	0,09	13	0,013	0,29	15	0,015	0,33
2018-06-11	14h00	4	4	0,004	0,09	13	0,013	0,29	15	0,015	0,33
2018-06-12	14h00	5	4	0,004	0,09	13	0,013	0,29	15	0,015	0,33

**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg²	Molde Nº B 55		Molde Nº G 20		Molde Nº L 12	
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.
0,000		dial	lb/pulg2	dial	lb/pulg2	dial	lb/pulg2
0,025		282	290	188	194	112	115
0,050		521	537	391	403	247	254
0,075		766	789	552	569	316	325
0,100	1000	975	1004	754	777	451	465
0,150		1159	1194	883	909	478	492
0,200		1323	1363	909	936	527	543
0,250		1362	1403	989	1019	632	651
0,300		1445	1488	1056	1088	645	664
0,400		1498	1543	1077	1109	671	691
0,500		1512	1557	1121	1155	712	733
0,600		1533	1579	1132	1166	724	746

**CALCULO E INFORME DEL VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS "ENSAYO CBR"**

Proyecto:	Tesis	Director de tesis:	Ing. Wilson Cando T.
Tipo de muestra:	Sub-base clase 1	Ensayado Por:	Charles Aguilera, Alejandro Monar
Remoldeada:	SI	Colaboración:	Laboratorios "LDMS"
Inalterada:		Fecha de la Muestra:	jueves, 07 de junio de 2018

**Datos del ensayo modificado de compactación de suelo:**

NORMAS UTILIZADAS		Método:		MODIFICADO
ASTM	D1883	Densidad Máxima:	2043	Kg/m. <sup>3</sup>
AASTHO	T-180	Humedad Optima:	13,30%	

**Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo**

Molde Nº	M 12			SL-12			D 61		
	Nº de Capas			Nº de Capas			Nº de Capas		
Nº de Capas	5			5			5		
Nº de golpes por capa	56			25			11		
Estado de la muestra	Antes de Remojar	Despues de		Antes de Remojar	Despues de		Antes de Remojar	Despues de Remojar	
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	13212	13435		11543	12097		10895	11243	
Peso del molde (Kgs)	7676	7676		7110	7110		7400	7400	
Peso de muestra húmeda (Kgs)	5536	5759		4433	4987		3495	3843	
Volumen muestra (m <sup>3</sup> )	2384	2384		2270	2270		2291	2291	
Peso unit. Húmedo, Kgs/m <sup>3</sup>	2,322	2,416		1,953	2,197		1,526	1,677	
Cant. De humedad de muestra del tarro Nº	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba
Peso de muestra humedad + tarro (g)	ML-16	O-21	OR-7	WE	QY-12	ML-16	10	OR-7	QY-12
	56,41	61,24	80,20	48,82	52,34	75,46	73,80	52,80	57,82
Peso de muestra seca + tarro (g)	52,55	56,15	72,72	45,71	48,87	67,55	68,60	49,45	51,52
Peso del agua (g)	3,86	5,09	7,48	3,11	3,47	7,91	5,20	3,35	6,30
Peso del tarro (g)	20,40	14,90	20,09	20,08	19,94	20,40	21,32	20,09	19,94
Peso de la muestra seca (g)	32,15	41,25	52,63	25,63	28,93	47,15	47,28	29,36	31,58
Contenido de humedad %	12,01%	12,34%	14,21%	12,13%	11,99%	16,78%	11,00%	11,41%	19,95%
Contenido de humedad promedio, %	12,17%		14,21%	12,06%		16,78%	11,20%		19,95%
Peso Unit. Seco Kgs/m <sup>3</sup>	2,070		2,115	1,743		1,881	1,372		1,398

**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Lectura del Indicador	Molde Nº M 12		Lectura del Indicador	Molde Nº SL 12		Lectura del Indicador	Molde Nº D 61	
				Esponjamiento			Esponjamiento			Esponjamiento	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
2018-06-08	14h00	1	1	0,001	0,02	3	0,003	0,07	4	0,004	0,09
2018-06-09	14h00	2	1	0,001	0,02	5	0,005	0,11	7	0,007	0,15
2018-06-10	14h00	3	3	0,003	0,07	5	0,005	0,11	9	0,009	0,20
2018-06-11	14h00	4	3	0,003	0,07	5	0,005	0,11	9	0,009	0,20
2018-06-12	14h00	5	3	0,003	0,07	5	0,005	0,11	9	0,009	0,20

**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde Nº M 12		Molde Nº SL 12		Molde Nº D 61	
		Carga del Ensayo		Carga del Ensayo		Carga del Ensayo	
		dial	lb/pulg <sup>2</sup>	dial	lb/pulg <sup>2</sup>	dial	lb/pulg <sup>2</sup>
0,000							
0,025		231	238	186	192	109	112
0,050		432	445	334	344	176	181
0,075		785	809	561	578	268	276
0,100	1000	921	949	97,86	712	733	76,34
0,150		1143	1177	832	857	438	451
0,200		1273	1311	89,41	934	962	66,13
0,250		1339	1379	984	1014	581	598
0,300		1384	1426	1077	1109	642	661
0,400		1432	1475	1124	1158	678	698
0,500		1456	1500	1145	1179	712	733
0,600		1478	1522	1151	1186	743	765

**CALCULO E INFORME DEL VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS "ENSAYO CBR"**

Proyecto:	Tesis	Director de tesis:	Ing. Wilson Cando T.
Tipo de muestra:	Sub-base Clase 2	Ensayado Por:	Charles Aguilera, Alejandro Monar
Remoldeada:	SI	Colaboración:	Laboratorios "LDMS"
Inalterada:		Fecha de la Muestra:	jueves, 07 de junio de 2018

**Datos del ensayo modificado de compactación de suelo:**

NORMAS UTILIZADAS	Método:	MODIFICADO
ASTM	Densidad Máxima:	1995 Kg/m. <sup>3</sup>
AASHTO	T-180	Humedad Optima: 10,63%

**Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo**

Molde N°	MK-1			ML-24			ML-3											
	5			5			5											
N° de Capas	5																	
N° de golpes por capa	56																	
Estado de la muestra	Antes de Remojar			Después de Remojar			Antes de Remojar			Después de Remojar								
	Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	12154			12230			11456			11675							
Peso del molde (Kgs)	6987			6987			7120			7120								
Peso de muestra húmeda (Kgs)	5167			5243			4336			4555								
Volumen muestra (m <sup>3</sup> )	2286			2286			2288			2288								
Peso unit. Húmedo, Kgs/m <sup>3</sup>	2,260			2,294			1,895			1,991								
Cant. De humedad de muestra del tarro N°	Fondo			Arriba			1" de Arriba			Fondo			Arriba			1" de Arriba		
	Tarro N°	B-17	B-14	ML-30	ML-27	BA-14	B-17	B-18	ML-30	ML-27								
Peso de muestra humedad + tarro (g)	56,42	65,55	73,02	60,15	46,72	73,88	73,17	84,79	69,11									
Peso de muestra seca + tarro (g)	51,80	59,63	66,46	55,04	42,62	65,59	66,66	77,28	60,31									
Peso del agua (g)	4,62	5,92	6,56	5,11	4,10	8,29	6,51	7,51	8,80									
Peso del tarro (g)	16,48	14,90	20,40	16,06	12,18	16,48	16,66	20,40	16,06									
Peso de la muestra seca (g)	35,32	44,73	46,06	38,98	30,44	49,11	50,00	56,88	44,25									
Contenido de humedad %	13,08%	13,23%	14,24%	13,11%	13,47%	16,88%	13,02%	13,20%	19,89%									
Contenido de humedad promedio, %	13,16%			14,24%			13,29%			16,88%								
Peso Unit. Seco Kgs/m <sup>3</sup>	1,997			2,008			1,673			1,703								

**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° MK-1				Molde N° ML-24				Molde N° ML3			
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento				
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%			
2018-06-08	14h00	1	2	0,002	0,04	4	0,004	0,09	8	0,008	0,18			
2018-06-09	14h00	2	3	0,003	0,07	7	0,007	0,15	11	0,011	0,24			
2018-06-10	14h00	3	3	0,003	0,07	9	0,009	0,20	16	0,016	0,35			
2018-06-11	14h00	4	5	0,005	0,11	9	0,009	0,20	16	0,016	0,35			
2018-06-12	14h00	5	5	0,005	0,11	9	0,009	0,20	16	0,016	0,35			

**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde N° MK-1				Molde N° ML-24				Molde N° ML3			
		Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.			
		dial	lb/pulg <sup>2</sup>		dial	lb/pulg <sup>2</sup>		dial	lb/pulg <sup>2</sup>				
0,000													
0,025		182	187		139	143		92	95				
0,050		469	483		325	335		112	115				
0,075		643	662		479	493		165	170				
0,100	1000	894	921	95,08	612	630	66,04	233	240	27,00			
0,150		1022	1053		761	784		279	287				
0,200		1145	1179	80,62	846	871	60,09	311	320	23,36			
0,250		1226	1263		893	920		345	355				
0,300		1277	1315		942	970		378	389				
0,400		1321	1361		967	996		442	455				
0,500		1345	1385		989	1019		465	479				
0,600		1357	1398		1012	1042		481	495				

**CALCULO E INFORME DEL VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS "ENSAYO CBR"**

Proyecto:	Tesis	Director de tesis:	Ing. Wilson Cando T.
Tipo de muestra:	Sub-base clase 3	Ensayado Por:	Charles Aguilera, Alejandro Monar
Remoldeada:	SI	Colaboración:	Laboratorios "LDMS"
Inalterada:		Fecha de la Muestra:	jueves, 07 de junio de 2018

**Datos del ensayo modificado de compactación de suelo:**

NORMAS UTILIZADAS		Método:	MODIFICADO
ASTM	D1883	Densidad Máxima:	1972 Kg/m. <sup>3</sup>
AASTHO	T-180	Humedad Óptima:	12,02%

**Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo**

Molde N°	M 11			CM 24			B 16		
	N° de Capas			N° de Capas			N° de Capas		
N° de Capas	5			5			5		
N° de golpes por capa	56			25			11		
Estado de la muestra	Antes de Remojar	Después de Remojar		Antes de Remojar	Después de Remojar		Antes de Remojar	Después de Remojar	
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	13676	13812		11543	11791		10550	10987	
Peso del molde (Kgs)	8299	8299		7111	7111		6895	6895	
Peso de muestra húmeda (Kgs)	5377	5513		4432	4680		3655	4092	
Volumen muestra (m <sup>3</sup> )	2353	2353		2288	2288		2317	2317	
Peso unit. Húmedo, Kgs/m <sup>3</sup>	2,285	2,343		1,937	2,045		1,577	1,766	
Cant. De humedad de muestra del tarro N°	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba
Peso de muestra humedad + tarro (g)	D-16	D-23	M6	S	BA-11	D-23	M6	45	S
	52,40	59,39	71,21	95,83	56,40	65,80	57,31	89,02	102,05
Peso de muestra seca + tarro (g)	47,11	53,11	62,26	85,63	50,36	56,73	51,16	79,71	86,52
Peso del agua (g)	5,29	6,28	8,95	10,20	6,04	9,07	6,15	9,31	15,53
Peso del tarro (g)	13,29	13,30	12,18	20,30	12,04	13,30	12,18	19,80	20,30
Peso de la muestra seca (g)	33,82	39,81	50,08	65,33	38,32	43,43	38,98	59,91	66,22
Contenido de humedad %	15,64%	15,77%	17,87%	15,61%	15,76%	20,88%	15,78%	15,54%	23,45%
Contenido de humedad promedio, %	15,71%			15,69%			20,88%		
Peso Unit. Seco Kgs/m <sup>3</sup>	1,975			1,988			1,674		

**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° M 11				Molde N° CM 24				Molde N° B 16			
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento				
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%			
2018-06-08	14h00	1	1	0,001	0,02	3	0,003	0,07	5	0,005	0,11			
2018-06-09	14h00	2	3	0,003	0,07	5	0,005	0,11	9	0,009	0,20			
2018-06-10	14h00	3	3	0,003	0,07	7	0,007	0,15	14	0,014	0,31			
2018-06-11	14h00	4	3	0,003	0,07	7	0,007	0,15	18	0,018	0,40			
2018-06-12	14h00	5	3	0,003	0,07	7	0,007	0,15	18	0,018	0,40			

**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde N° M 11				Molde N° CM 24				Molde N° B 16			
		Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.			
		dial	lb/pulg <sup>2</sup>		dial	lb/pulg <sup>2</sup>		dial	lb/pulg <sup>2</sup>				
0,000													
0,025		145	149		98	101		54	56				
0,050		291	300		166	171		109	112				
0,075		463	477		281	289		154	159				
0,100	1000	875	901	<b>93,13</b>	433	446	<b>47,60</b>	224	231	<b>26,07</b>			
0,150		965	994		511	526		288	297				
0,200		1089	1122	<b>76,78</b>	562	579	<b>40,59</b>	311	320	<b>23,36</b>			
0,250		1167	1202		584	602		322	332				
0,300		1222	1259		599	617		345	355				
0,400		1271	1309		611	629		357	368				
0,500		1298	1337		654	674		379	390				
0,600		1314	1353		679	699		390	402				

<b>ENSAYO:</b>	MÓDULO RESILIENTE EN BASES GRANULARES Y SUBBASES GRANULARES		
<b>MÉTODO:</b>	MÁQUINA TRIAXIAL (DINÁMICO)		
<b>NORMA APLICADA:</b>	AASHTO T 307 - 99 (2012)		
<b>PROCEDENCIA:</b>	PIFO		
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	SUB-BASE 1		
<b>ELABORADO POR:</b>	ING. ROLANDO VILA ROMANÍ		
<b>PROYECTO:</b>	TESIS - CH. AGUILERA / A. MONAR	<b>FECHA:</b> 09/AGO/2018	

DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS			
DIMENSIÓN	CL - 1	CL - 2	CL - 3
ALTURA (mm)	310,73	309,58	309,93
DIÁMETRO (mm)	153	153,5	153

ENSAYO TRIAXIAL DINÁMICO													
Secuencia	$\sigma$ conf. (kPA)	$\sigma_1$ (kPA)	$\sigma_3$ (kPA)	$\sigma_d$ (kPA)	$\delta_r$ (mm)			$\epsilon_r \times 10^{-6}$			MR (MPa)		
					CL-1	CL-2	CL-3	CL-1	CL-2	CL-3	CL-1	CL-2	CL-3
0	103,4	101,3	10,10	91,20	0,1561	0,1636	0,1523	502,48	528,41	491,39	181,50	172,59	185,60
1	20,7	19,2	1,90	17,30	0,0562	0,0505	0,0589	181,01	163,14	190,1	95,58	105,43	90,48
2	20,7	39,7	4,30	35,40	0,1081	0,0994	0,1013	347,99	321,12	326,99	101,73	109,93	107,95
3	20,7	60,4	6,10	54,30	0,1588	0,1300	0,1552	511,07	419,85	500,63	106,25	129,09	108,26
4	34,5	33,3	3,40	29,90	0,0836	0,0782	0,0855	269,12	252,58	275,81	111,10	118,38	108,41
5	34,5	67,1	7,00	60,10	0,1573	0,1659	0,1514	506,15	535,94	488,54	118,74	112,14	123,02
6	34,5	101,7	10,70	91,00	0,2246	0,2230	0,2198	722,69	720,37	709,12	125,92	126,32	128,33
7	68,9	67,5	6,70	60,80	0,1451	0,1361	0,1430	466,93	439,56	461,43	130,21	138,32	131,76
8	68,9	136,2	13,10	123,10	0,2427	0,2405	0,2384	781,09	777,02	769,09	157,60	158,30	159,93
9	68,9	205	20,70	184,30	0,3107	0,3129	0,3045	999,75	1010,85	982,55	184,35	182,32	187,57
10	103,4	68,1	7,30	60,80	0,1209	0,1244	0,1209	389,04	401,73	390,12	156,28	151,10	155,59
11	103,4	102,8	10,60	92,20	0,1682	0,1639	0,1654	541,22	529,53	533,56	170,36	173,74	172,43
12	103,4	240,9	19,90	221,00	0,3044	0,3089	0,2991	979,59	997,81	965,01	225,60	221,49	229,01
13	137,9	101,8	11,10	90,70	0,1552	0,1631	0,1485	499,34	526,75	479,23	181,64	171,62	188,64
14	137,9	136,6	14,60	122,00	0,1934	0,2024	0,1889	622,41	653,94	609,35	196,01	186,26	199,89
15	137,9	276,5	28,30	248,20	0,3231	0,3243	0,3192	1039,95	1047,68	1029,99	238,67	236,90	240,97

<b>ENSAYO:</b>	MÓDULO RESILIENTE EN BASES GRANULARES Y SUBBASES GRANULARES		
<b>MÉTODO:</b>	MÁQUINA TRIAXIAL (DINÁMICO)		
<b>NORMA APLICADA:</b>	AASHTO T 307 - 99 (2012)		
<b>PROCEDENCIA:</b>	PIFO		
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	SUB-BASE 2		
<b>ELABORADO POR:</b>	ING. ROLANDO VILA ROMANÍ		
<b>PROYECTO:</b>	TESIS - CH. AGUILERA / A. MONAR	<b>FECHA:</b> 14/AGO/2018	

DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS			
DIMENSIÓN	CL - 1	CL - 2	CL - 3
ALTURA (mm)	310,11	310,27	309,28
DIÁMETRO (mm)	153,5	153	153

ENSAYO TRIAXIAL DINÁMICO													
Secuencia	$\sigma$ conf. (kPA)	$\sigma_1$ (kPA)	$\sigma_3$ (kPA)	$\sigma_d$ (kPA)	$\delta_r$ (mm)			$\epsilon_r \times 10^{-6}$			MR (MPa)		
					CL-1	CL-2	CL-3	CL-1	CL-2	CL-3	CL-1	CL-2	CL-3
0	103,4	101,3	10,10	91,20	0,1232	0,1262	0,1264	397,32	406,63	408,56	229,54	224,28	223,22
1	20,7	19,2	1,90	17,30	0,0538	0,0583	0,0583	173,4	187,78	188,49	99,77	92,13	91,78
2	20,7	39,7	4,30	35,40	0,1067	0,1135	0,1146	344,01	365,96	370,41	102,90	96,73	95,57
3	20,7	60,4	6,10	54,30	0,1618	0,1656	0,1640	521,86	533,58	530,37	104,05	101,77	102,38
4	34,5	33,3	3,40	29,90	0,0851	0,0907	0,0877	274,57	292,21	283,52	108,90	102,32	105,46
5	34,5	67,1	7,00	60,10	0,1458	0,1509	0,1547	470,23	486,39	500,1	127,81	123,56	120,18
6	34,5	101,7	10,70	91,00	0,1871	0,1862	0,1961	603,44	600,12	633,96	150,80	151,64	143,54
7	68,9	67,5	6,70	60,80	0,1330	0,1405	0,1417	428,94	452,78	458,03	141,74	134,28	132,74
8	68,9	136,2	13,10	123,10	0,2355	0,2407	0,2441	759,52	775,9	789,31	162,08	158,65	155,96
9	68,9	205	20,70	184,30	0,3086	0,3130	0,3169	994,98	1008,84	1024,56	185,23	182,69	179,88
10	103,4	68,1	7,30	60,80	0,1286	0,1336	0,1357	414,68	430,71	438,75	146,62	141,16	138,58
11	103,4	102,8	10,60	92,20	0,1896	0,1970	0,1916	611,39	635,09	619,52	150,80	145,18	148,82
12	103,4	240,9	19,90	221,00	0,3406	0,3440	0,3444	1098,35	1108,83	1113,64	201,21	199,31	198,45
13	137,9	101,8	11,10	90,70	0,1548	0,1606	0,1606	499,03	517,65	519,42	181,75	175,21	174,62
14	137,9	136,6	14,60	122,00	0,1922	0,1959	0,1989	619,85	631,45	642,95	196,82	193,21	189,75
15	137,9	276,5	28,30	248,20	0,3286	0,3324	0,3341	1059,51	1071,39	1080,11	234,26	231,66	229,79

<b>ENSAYO:</b>	MÓDULO RESILIENTE EN BASES GRANULARES Y SUBBASES GRANULARES		
<b>MÉTODO:</b>	MÁQUINA TRIAXIAL (DINÁMICO)		
<b>NORMA APLICADA:</b>	AASHTO T 307 - 99 (2012)		
<b>PROCEDENCIA:</b>	PIFO		
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	SUB-BASE 3		
<b>ELABORADO POR:</b>	ING. ROLANDO VILA ROMANÍ		
<b>PROYECTO:</b>	TESIS - CH. AGUILERA / A. MONAR	<b>FECHA:</b> 17/AGO/2018	

DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS			
DIMENSIÓN	CL - 1	CL - 2	CL - 3
ALTURA (mm)	309,73	310,15	310,34
DIÁMETRO (mm)	153,5	153,5	153

ENSAYO TRIAXIAL DINÁMICO													
Secuencia	$\sigma$ conf. (kPA)	$\sigma_1$ (kPA)	$\sigma_3$ (kPA)	$\sigma_d$ (kPA)	$\delta_r$ (mm)			$\epsilon_r \times 10^{-6}$			MR (MPa)		
					CL-1	CL-2	CL-3	CL-1	CL-2	CL-3	CL-1	CL-2	CL-3
0	103,4	101,3	10,10	91,20	0,1361	0,1301	0,1400	439,32	419,56	450,96	207,59	217,37	202,24
1	20,7	19,2	1,90	17,30	0,0427	0,0353	0,0457	137,87	113,73	147,14	125,48	152,11	117,58
2	20,7	39,7	4,30	35,40	0,1199	0,1125	0,1180	387,07	362,64	380,12	91,46	97,62	93,13
3	20,7	60,4	6,10	54,30	0,1758	0,1692	0,1808	567,45	545,68	582,65	95,69	99,51	93,19
4	34,5	33,3	3,40	29,90	0,0914	0,0834	0,0932	295,22	268,75	300,21	101,28	111,26	99,60
5	34,5	67,1	7,00	60,10	0,1823	0,1748	0,1868	588,43	563,61	602,02	102,14	106,63	99,83
6	34,5	101,7	10,70	91,00	0,2473	0,2397	0,2500	798,38	772,92	805,69	113,98	117,74	112,95
7	68,9	67,5	6,70	60,80	0,1480	0,1413	0,1521	477,76	455,64	490,15	127,26	133,44	124,04
8	68,9	136,2	13,10	123,10	0,2826	0,2771	0,2886	912,49	893,45	930,01	134,91	137,78	132,36
9	68,9	205	20,70	184,30	0,3435	0,3357	0,3483	1109,12	1082,32	1122,46	166,17	170,28	164,19
10	103,4	68,1	7,30	60,80	0,1250	0,1169	0,1298	403,54	376,85	418,2	150,67	161,34	145,38
11	103,4	102,8	10,60	92,20	0,1844	0,1765	0,1892	595,33	569,06	609,53	154,87	162,02	151,26
12	103,4	240,9	19,90	221,00	0,4313	0,4238	0,4352	1392,39	1366,53	1402,41	158,72	161,72	157,59
13	137,9	101,8	11,10	90,70	0,1551	0,1513	0,1587	500,85	487,86	511,25	181,09	185,91	177,41
14	137,9	136,6	14,60	122,00	0,1957	0,1893	0,2011	631,93	610,41	648,12	193,06	199,87	188,24
15	137,9	276,5	28,30	248,20	0,3808	0,3729	0,3853	1229,45	1202,33	1241,64	201,88	206,43	199,90

<b>ENSAYO:</b>	MÓDULO RESILIENTE EN BASES GRANULARES Y SUBBASES GRANULARES		
<b>MÉTODO:</b>	MÁQUINA TRIAXIAL (DINÁMICO)		
<b>NORMA APLICADA:</b>	AASHTO T 307 - 99 (2012)		
<b>PROCEDENCIA:</b>	PIFO		
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	BASE 1A		
<b>ELABORADO POR:</b>	ING. ROLANDO VILA ROMANÍ		
<b>PROYECTO:</b>	TESIS - CH. AGUILERA / A. MONAR	<b>FECHA:</b> 24/AGO/2018	

DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS			
DIMENSIÓN	CL - 1	CL - 2	CL - 3
ALTURA (mm)	309,5	310,34	309,67
DIÁMETRO (mm)	153,5	153	153

ENSAYO TRIAXIAL DINÁMICO													
Secuencia	$\sigma$ conf. (kPA)	$\sigma_1$ (kPA)	$\sigma_3$ (kPA)	$\sigma_d$ (kPA)	$\delta_r$ (mm)			$\epsilon_r \times 10^{-6}$			MR (MPa)		
					CL-1	CL-2	CL-3	CL-1	CL-2	CL-3	CL-1	CL-2	CL-3
0	103,4	101,3	10,10	91,20	0,0999	0,1094	0,1153	322,85	352,51	372,23	282,48	258,72	245,01
1	20,7	19,2	1,90	17,30	0,0532	0,0438	0,0448	171,82	141,12	144,75	100,69	122,59	119,52
2	20,7	39,7	4,30	35,40	0,0953	0,0913	0,0820	307,76	294,33	264,87	115,02	120,27	133,65
3	20,7	60,4	6,10	54,30	0,1274	0,1229	0,1239	411,53	396,04	400,26	131,95	137,11	135,66
4	34,5	33,3	3,40	29,90	0,0898	0,0826	0,0788	290,02	266,13	254,44	103,10	112,35	117,51
5	34,5	67,1	7,00	60,10	0,0861	0,0937	0,0875	278,08	302,07	282,65	216,12	198,96	212,63
6	34,5	101,7	10,70	91,00	0,2023	0,1928	0,1970	653,59	621,36	636,27	139,23	146,45	143,02
7	68,9	67,5	6,70	60,80	0,1360	0,1215	0,1167	439,28	391,54	376,92	138,41	155,28	161,31
8	68,9	136,2	13,10	123,10	0,2431	0,2381	0,2439	785,43	767,11	787,67	156,73	160,47	156,28
9	68,9	205	20,70	184,30	0,2771	0,2842	0,2889	895,19	915,62	932,9	205,88	201,28	197,56
10	103,4	68,1	7,30	60,80	0,1027	0,0998	0,0990	331,8	321,53	319,82	183,24	189,10	190,11
11	103,4	102,8	10,60	92,20	0,1498	0,1440	0,1476	484,11	464,1	476,55	190,45	198,66	193,47
12	103,4	240,9	19,90	221,00	0,3463	0,3412	0,3094	1118,74	1099,42	999,07	197,54	201,02	221,21
13	137,9	101,8	11,10	90,70	0,1114	0,1157	0,1188	359,82	372,68	383,49	252,07	243,37	236,51
14	137,9	136,6	14,60	122,00	0,1452	0,1504	0,1521	469,04	484,59	491,21	260,11	251,76	248,37
15	137,9	276,5	28,30	248,20	0,2598	0,2624	0,2586	839,29	845,56	835,23	295,73	293,53	297,16

<b>ENSAYO:</b>	MÓDULO RESILIENTE EN BASES GRANULARES Y SUBBASES GRANULARES		
<b>MÉTODO:</b>	MÁQUINA TRIAXIAL (DINÁMICO)		
<b>NORMA APLICADA:</b>	AASHTO T 307 - 99 (2012)		
<b>PROCEDENCIA:</b>	PIFO		
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	BASE 2		
<b>ELABORADO POR:</b>	ING. ROLANDO VILA ROMANÍ		
<b>PROYECTO:</b>	TESIS - CH. AGUILERA / A. MONAR	<b>FECHA:</b> 24/AGO/2018	

DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS			
DIMENSIÓN	CL - 1	CL - 2	CL - 3
ALTURA (mm)	310,29	310,61	310,85
DIÁMETRO (mm)	153	153,5	153

ENSAYO TRIAXIAL DINÁMICO													
Secuencia	$\sigma$ conf. (kPA)	$\sigma_1$ (kPA)	$\sigma_3$ (kPA)	$\sigma_d$ (kPA)	$\delta_r$ (mm)			$\epsilon_r \times 10^{-6}$			MR (MPa)		
					CL-1	CL-2	CL-3	CL-1	CL-2	CL-3	CL-1	CL-2	CL-3
0	103,4	101,3	10,10	91,20	0,1104	0,1066	0,1228	355,76	343,27	394,96	256,35	265,68	230,91
1	20,7	19,2	1,90	17,30	0,0366	0,0436	0,0472	117,85	140,21	151,83	146,80	123,39	113,94
2	20,7	39,7	4,30	35,40	0,0998	0,1092	0,1026	321,79	351,68	330,02	110,01	100,66	107,27
3	20,7	60,4	6,10	54,30	0,1362	0,1440	0,1309	439,05	463,63	421,25	123,68	117,12	128,90
4	34,5	33,3	3,40	29,90	0,0837	0,0745	0,0939	269,86	239,99	302,19	110,80	124,59	98,94
5	34,5	67,1	7,00	60,10	0,1045	0,1110	0,1120	336,88	357,26	360,43	178,40	168,22	166,75
6	34,5	101,7	10,70	91,00	0,2137	0,2178	0,2120	688,75	701,32	682,01	132,12	129,76	133,43
7	68,9	67,5	6,70	60,80	0,1223	0,1292	0,1112	394,22	415,95	357,62	154,23	146,17	170,01
8	68,9	136,2	13,10	123,10	0,2396	0,2338	0,2231	772,32	752,75	717,81	159,39	163,53	171,49
9	68,9	205	20,70	184,30	0,2940	0,2960	0,2525	947,46	952,92	812,22	194,52	193,41	226,91
10	103,4	68,1	7,30	60,80	0,1158	0,1087	0,1087	373,29	349,8	349,58	162,88	173,81	173,92
11	103,4	102,8	10,60	92,20	0,1519	0,1563	0,1449	489,42	503,26	466,06	188,39	183,21	197,83
12	103,4	240,9	19,90	221,00	0,3591	0,3501	0,3120	1157,3	1127,01	1003,74	190,96	196,09	220,18
13	137,9	101,8	11,10	90,70	0,1296	0,1366	0,1154	417,65	439,94	371,23	217,17	206,16	244,32
14	137,9	136,6	14,60	122,00	0,1436	0,1466	0,1414	462,72	471,95	454,95	263,66	258,50	268,16
15	137,9	276,5	28,30	248,20	0,2828	0,2785	0,2764	911,28	896,54	889,02	272,36	276,84	279,18

<b>ENSAYO:</b>	MÓDULO RESILIENTE EN BASES GRANULARES Y SUBBASES GRANULARES		
<b>MÉTODO:</b>	MÁQUINA TRIAXIAL (DINÁMICO)		
<b>NORMA APLICADA:</b>	AASHTO T 307 - 99 (2012)		
<b>PROCEDENCIA:</b>	PIFO		
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	BASE 3		
<b>ELABORADO POR:</b>	ING. ROLANDO VILA ROMANÍ		
<b>PROYECTO:</b>	TESIS - CH. AGUILERA / A. MONAR	<b>FECHA:</b> 30/AGO/2018	

DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS			
DIMENSIÓN	CL - 1	CL - 2	CL - 3
ALTURA (mm)	309,81	310,85	310,86
DIÁMETRO (mm)	153,5	153,5	153

ENSAYO TRIAXIAL DINÁMICO													
Secuencia	$\sigma$ conf. (kPA)	$\sigma_1$ (kPA)	$\sigma_3$ (kPA)	$\sigma_d$ (kPA)	$\delta_r$ (mm)			$\epsilon_r \times 10^{-6}$			MR (MPa)		
					CL-1	CL-2	CL-3	CL-1	CL-2	CL-3	CL-1	CL-2	CL-3
0	103,4	101,3	10,10	91,20	0,1387	0,1367	0,1305	447,54	440,17	419,94	203,78	207,19	217,17
1	20,7	19,2	1,90	17,30	0,0538	0,0560	0,0500	173,8	180,23	160,82	99,54	95,99	107,57
2	20,7	39,7	4,30	35,40	0,1090	0,1060	0,0998	351,71	341,22	321,09	100,65	103,75	110,25
3	20,7	60,4	6,10	54,30	0,1308	0,1402	0,1384	422,32	451,49	445,17	128,58	120,27	121,98
4	34,5	33,3	3,40	29,90	0,0987	0,1041	0,0961	318,69	335,08	309,28	93,82	89,23	96,68
5	34,5	67,1	7,00	60,10	0,1531	0,1588	0,1557	494,27	511,3	500,76	121,59	117,54	120,02
6	34,5	101,7	10,70	91,00	0,2825	0,2802	0,2922	911,85	902,04	940,02	99,80	100,88	96,81
7	68,9	67,5	6,70	60,80	0,1788	0,1587	0,1810	577,11	510,82	582,32	105,35	119,02	104,41
8	68,9	136,2	13,10	123,10	0,3437	0,3519	0,3729	1109,51	1132,98	1199,59	110,95	108,65	102,62
9	68,9	205	20,70	184,30	0,3390	0,3492	0,3497	1094,18	1124,32	1124,98	168,44	163,92	163,83
10	103,4	68,1	7,30	60,80	0,1515	0,1563	0,1565	489,04	503,12	503,43	124,33	120,85	120,77
11	103,4	102,8	10,60	92,20	0,1922	0,2002	0,2024	620,39	644,59	651,05	148,62	143,04	141,62
12	103,4	240,9	19,90	221,00	0,3983	0,3847	0,4039	1285,67	1238,76	1299,21	171,89	178,40	170,10
13	137,9	101,8	11,10	90,70	0,1261	0,1222	0,1289	407,12	393,47	414,76	222,78	230,51	218,68
14	137,9	136,6	14,60	122,00	0,1586	0,1560	0,1583	511,86	502,23	509,13	238,35	242,92	239,62
15	137,9	276,5	28,30	248,20	0,3025	0,2972	0,3002	976,54	956,78	965,74	254,16	259,41	257,00

<b>ENSAYO:</b>	MÓDULO RESILIENTE EN BASES GRANULARES Y SUBBASES GRANULARES		
<b>MÉTODO:</b>	MÁQUINA TRIAXIAL (DINÁMICO)		
<b>NORMA APLICADA:</b>	AASHTO T 307 - 99 (2012)		
<b>PROCEDENCIA:</b>	PIFO		
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	BASE 4		
<b>ELABORADO POR:</b>	ING. ROLANDO VILA ROMANÍ		
<b>PROYECTO:</b>	TESIS - CH. AGUILERA / A. MONAR	<b>FECHA:</b> 06/SEP/2018	

DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS			
DIMENSIÓN	CL - 1	CL - 2	CL - 3
ALTURA (mm)	310,17	309,81	310,11
DIÁMETRO (mm)	153,5	153	153,5

ENSAYO TRIAXIAL DINÁMICO													
Secuencia	$\sigma$ conf. (kPA)	$\sigma_1$ (kPA)	$\sigma_3$ (kPA)	$\sigma_d$ (kPA)	$\delta_r$ (mm)			$\epsilon_r \times 10^{-6}$			MR (MPa)		
					CL-1	CL-2	CL-3	CL-1	CL-2	CL-3	CL-1	CL-2	CL-3
0	103,4	101,3	10,10	91,20	0,1476	0,1501	0,1523	475,81	484,56	491,13	191,67	188,21	185,69
1	20,7	19,2	1,90	17,30	0,0598	0,0632	0,0653	192,77	204,02	210,41	89,74	84,80	82,22
2	20,7	39,7	4,30	35,40	0,1155	0,1128	0,1231	372,5	364,05	396,9	95,03	97,24	89,19
3	20,7	60,4	6,10	54,30	0,1410	0,1428	0,1486	454,75	460,93	479,14	119,41	117,81	113,33
4	34,5	33,3	3,40	29,90	0,1059	0,1144	0,1124	341,52	369,26	362,59	87,55	80,97	82,46
5	34,5	67,1	7,00	60,10	0,1404	0,1492	0,1486	452,63	481,63	479,34	132,78	124,78	125,38
6	34,5	101,7	10,70	91,00	0,2904	0,2920	0,2961	936,24	942,52	954,68	97,20	96,55	95,32
7	68,9	67,5	6,70	60,80	0,1887	0,1862	0,1965	608,53	600,95	633,58	99,91	101,17	95,96
8	68,9	136,2	13,10	123,10	0,3020	0,3075	0,3097	973,56	992,63	998,59	126,44	124,01	123,27
9	68,9	205	20,70	184,30	0,3062	0,3133	0,3112	987,25	1011,42	1003,51	186,68	182,22	183,66
10	103,4	68,1	7,30	60,80	0,1400	0,1423	0,1493	451,37	459,23	481,32	134,70	132,40	126,32
11	103,4	102,8	10,60	92,20	0,1691	0,1721	0,1784	545,04	555,59	575,24	169,16	165,95	160,28
12	103,4	240,9	19,90	221,00	0,3761	0,3884	0,3784	1212,65	1253,56	1220,13	182,25	176,30	181,13
13	137,9	101,8	11,10	90,70	0,1406	0,1460	0,1485	453,37	471,12	478,96	200,06	192,52	189,37
14	137,9	136,6	14,60	122,00	0,1794	0,1840	0,1779	578,54	593,97	573,63	210,88	205,40	212,68
15	137,9	276,5	28,30	248,20	0,3093	0,3121	0,3151	997,23	1007,31	1016,11	248,89	246,40	244,26

<b>ENSAYO:</b>	MÓDULO RESILIENTE EN BASES GRANULARES Y SUBBASES GRANULARES		
<b>MÉTODO:</b>	MÁQUINA TRIAXIAL (DINÁMICO)		
<b>NORMA APLICADA:</b>	AASHTO T 307 - 99 (2012)		
<b>PROCEDENCIA:</b>	PINTAG		
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	SUB-BASE 1		
<b>ELABORADO POR:</b>	ING. ROLANDO VILA ROMANÍ		
<b>PROYECTO:</b>	TESIS - CH. AGUILERA / A. MONAR	<b>FECHA:</b> 08/AGO/2018	

DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS			
DIMENSIÓN	CL - 1	CL - 2	CL - 3
ALTURA (mm)	309,54	309,45	309,38
DIÁMETRO (mm)	153,5	153	153,5

ENSAYO TRIAXIAL DINÁMICO													
Secuencia	$\sigma$ conf. (kPA)	$\sigma_1$ (kPA)	$\sigma_3$ (kPA)	$\sigma_d$ (kPA)	$\delta_r$ (mm)			$\epsilon_r \times 10^{-6}$			MR (MPa)		
					CL-1	CL-2	CL-3	CL-1	CL-2	CL-3	CL-1	CL-2	CL-3
0	103,4	101,3	10,10	91,20	0,1017	0,0999	0,1024	328,66	322,68	331,138	277,49	282,63	275,41
1	20,7	19,2	1,90	17,30	0,0282	0,0263	0,0580	90,96	84,98	93,438	190,20	203,59	185,16
2	20,7	39,7	4,30	35,40	0,0718	0,0699	0,1080	231,86	225,88	234,338	152,68	156,72	151,06
3	20,7	60,4	6,10	54,30	0,0903	0,0884	0,1450	291,76	285,78	294,238	186,11	190,01	184,54
4	34,5	33,3	3,40	29,90	0,0471	0,0452	0,0790	152,06	146,08	154,538	196,63	204,68	193,48
5	34,5	67,1	7,00	60,10	0,0993	0,0974	0,1410	320,66	314,68	323,138	187,43	190,99	185,99
6	34,5	101,7	10,70	91,00	0,1434	0,1413	0,1830	463,36	456,485	465,838	196,39	199,35	195,35
7	68,9	67,5	6,70	60,80	0,0890	0,0868	0,1080	287,52	280,645	292,172	211,46	216,64	208,10
8	68,9	136,2	13,10	123,10	0,1712	0,1690	0,1830	553,02	546,145	557,672	222,60	225,40	220,74
9	68,9	205	20,70	184,30	0,2190	0,2168	0,2400	707,42	700,545	712,072	260,52	263,08	258,82
10	103,4	68,1	7,30	60,80	0,0839	0,0817	0,0900	270,92	264,045	275,572	224,42	230,26	220,63
11	103,4	102,8	10,60	92,20	0,1292	0,1283	0,1270	417,52	414,65	421,318	220,83	222,36	218,84
12	103,4	240,9	19,90	221,00	0,2824	0,2814	0,2120	912,32	909,45	916,118	242,24	243,00	241,24
13	137,9	101,8	11,10	90,70	0,1124	0,1115	0,1080	363,22	360,35	367,018	249,71	251,70	247,13
14	137,9	136,6	14,60	122,00	0,1444	0,1434	0,1360	466,42	463,55	470,218	261,57	263,19	259,45
15	137,9	276,5	28,30	248,20	0,2936	0,2911	0,2320	948,65	940,82	959,78	261,63	263,81	258,60

<b>ENSAYO:</b>	MÓDULO RESILIENTE EN BASES GRANULARES Y SUBBASES GRANULARES		
<b>MÉTODO:</b>	MÁQUINA TRIAXIAL (DINÁMICO)		
<b>NORMA APLICADA:</b>	AASHTO T 307 - 99 (2012)		
<b>PROCEDENCIA:</b>	PINTAG		
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	SUB-BASE 2		
<b>ELABORADO POR:</b>	ING. ROLANDO VILA ROMANÍ		
<b>PROYECTO:</b>	TESIS - CH. AGUILERA / A. MONAR	<b>FECHA:</b> 14/AGO/2018	

DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS			
DIMENSIÓN	CL - 1	CL - 2	CL - 3
ALTURA (mm)	309,84	309,77	309,65
DIÁMETRO (mm)	153	153,5	153

ENSAYO TRIAXIAL DINÁMICO													
Secuencia	$\sigma$ conf. (kPA)	$\sigma_1$ (kPA)	$\sigma_3$ (kPA)	$\sigma_d$ (kPA)	$\delta r$ (mm)			$\epsilon_r \times 10^{-6}$			MR (MPa)		
					CL-1	CL-2	CL-3	CL-1	CL-2	CL-3	CL-1	CL-2	CL-3
0	103,4	101,3	10,10	91,20	0,0979	0,0967	0,1006	315,98	312,17	324,75	288,63	292,15	280,83
1	20,7	19,2	1,90	17,30	0,0401	0,0580	0,0428	129,43	125,62	138,2	133,66	137,72	125,18
2	20,7	39,7	4,30	35,40	0,0964	0,1080	0,0991	311,23	307,42	320	113,74	115,15	110,63
3	20,7	60,4	6,10	54,30	0,1562	0,1450	0,1588	504,03	500,22	512,8	107,73	108,55	105,89
4	34,5	33,3	3,40	29,90	0,0804	0,0790	0,0825	259,43	253,97	266,55	115,25	117,73	112,17
5	34,5	67,1	7,00	60,10	0,1506	0,1410	0,1531	485,93	480,47	494,45	123,68	125,09	121,55
6	34,5	101,7	10,70	91,00	0,2100	0,1830	0,2125	677,84	672,38	686,36	134,25	135,34	132,58
7	68,9	67,5	6,70	60,80	0,1263	0,1080	0,1288	407,54	402,08	416,06	149,19	151,21	146,13
8	68,9	136,2	13,10	123,10	0,2285	0,1830	0,2310	737,34	731,88	745,86	166,95	168,20	165,04
9	68,9	205	20,70	184,30	0,2902	0,2400	0,2927	936,74	931,28	945,26	196,75	197,90	194,97
10	103,4	68,1	7,30	60,80	0,1107	0,0900	0,1126	357,14	349,6	363,58	170,24	173,91	167,23
11	103,4	102,8	10,60	92,20	0,1580	0,1270	0,1608	509,92	502,38	519,22	180,81	183,53	177,57
12	103,4	240,9	19,90	221,00	0,2956	0,2120	0,2983	954,02	946,48	963,32	231,65	233,50	229,41
13	137,9	101,8	11,10	90,70	0,1419	0,1080	0,1447	457,92	450,38	467,22	198,07	201,39	194,13
14	137,9	136,6	14,60	122,00	0,1528	0,1360	0,1555	493,02	485,48	502,32	247,45	251,30	242,87
15	137,9	276,5	28,30	248,20	0,3060	0,2320	0,3080	987,65	975,98	994,65	251,30	254,31	249,54

<b>ENSAYO:</b>	MÓDULO RESILIENTE EN BASES GRANULARES Y SUBBASES GRANULARES		
<b>MÉTODO:</b>	MÁQUINA TRIAXIAL (DINÁMICO)		
<b>NORMA APLICADA:</b>	AASHTO T 307 - 99 (2012)		
<b>PROCEDENCIA:</b>	PINTAG		
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	SUB-BASE 3		
<b>ELABORADO POR:</b>	ING. ROLANDO VILA ROMANÍ		
<b>PROYECTO:</b>	TESIS - CH. AGUILERA / A. MONAR	<b>FECHA:</b> 16/AGO/2018	

DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS			
DIMENSIÓN	CL - 1	CL - 2	CL - 3
ALTURA (mm)	309,58	310,24	310,11
DIÁMETRO (mm)	153	153,5	153

ENSAYO TRIAXIAL DINÁMICO													
Secuencia	$\sigma$ conf. (kPA)	$\sigma_1$ (kPA)	$\sigma_3$ (kPA)	$\sigma_d$ (kPA)	$\delta_r$ (mm)			$\epsilon_r \times 10^{-6}$			MR (MPa)		
					CL-1	CL-2	CL-3	CL-1	CL-2	CL-3	CL-1	CL-2	CL-3
0	103,4	101,3	10,10	91,20	0,1014	0,0998	0,0964	327,44	321,8	310,7	278,53	283,41	293,53
1	20,7	19,2	1,90	17,30	0,0285	0,0268	0,0233	91,94	86,3	75,2	188,17	200,46	230,05
2	20,7	39,7	4,30	35,40	0,0848	0,0832	0,0797	273,84	268,2	257,1	129,27	131,99	137,69
3	20,7	60,4	6,10	54,30	0,1381	0,1366	0,1331	446,04	440,4	429,3	121,74	123,30	126,48
4	34,5	33,3	3,40	29,90	0,0602	0,0585	0,0551	194,34	188,7	177,6	153,85	158,45	168,36
5	34,5	67,1	7,00	60,10	0,1303	0,1285	0,1247	420,83	414,05	402,22	142,81	145,15	149,42
6	34,5	101,7	10,70	91,00	0,1761	0,1744	0,1707	568,93	562,15	550,32	159,95	161,88	165,36
7	68,9	67,5	6,70	60,80	0,1056	0,1037	0,1000	341,13	334,35	322,52	178,23	181,85	188,52
8	68,9	136,2	13,10	123,10	0,2028	0,2012	0,1974	655,23	648,45	636,62	187,87	189,84	193,36
9	68,9	205	20,70	184,30	0,2619	0,2604	0,2566	846,03	839,25	827,42	217,84	219,60	222,74
10	103,4	68,1	7,30	60,80	0,0831	0,0807	0,0775	268,43	259,98	249,82	226,50	233,86	243,38
11	103,4	102,8	10,60	92,20	0,1433	0,1410	0,1375	462,91	454,46	443,34	199,17	202,88	207,97
12	103,4	240,9	19,90	221,00	0,2764	0,2744	0,2708	892,91	884,46	873,34	247,51	249,87	253,05
13	137,9	101,8	11,10	90,70	0,1271	0,1248	0,1213	410,71	402,26	391,14	220,84	225,48	231,89
14	137,9	136,6	14,60	122,00	0,1435	0,1412	0,1377	463,51	455,06	443,94	263,21	268,10	274,81
15	137,9	276,5	28,30	248,20	0,3339	0,3294	0,3275	1078,65	1061,75	1055,98	230,10	233,77	235,04

<b>ENSAYO:</b>	MÓDULO RESILIENTE EN BASES GRANULARES Y SUBBASES GRANULARES		
<b>MÉTODO:</b>	MÁQUINA TRIAXIAL (DINÁMICO)		
<b>NORMA APLICADA:</b>	AASHTO T 307 - 99 (2012)		
<b>PROCEDENCIA:</b>	PINTAG		
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	BASE 1A		
<b>ELABORADO POR:</b>	ING. ROLANDO VILA ROMANÍ		
<b>PROYECTO:</b>	TESIS - CH. AGUILERA / A. MONAR	<b>FECHA:</b> 23/AGO/2018	

DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS			
DIMENSIÓN	CL - 1	CL - 2	CL - 3
ALTURA (mm)	309,63	309,5	309,71
DIÁMETRO (mm)	153,5	153	153

ENSAYO TRIAXIAL DINÁMICO													
Secuencia	$\sigma$ conf. (kPA)	$\sigma_1$ (kPA)	$\sigma_3$ (kPA)	$\sigma_d$ (kPA)	$\delta_r$ (mm)			$\epsilon_r \times 10^{-6}$			MR (MPa)		
					CL-1	CL-2	CL-3	CL-1	CL-2	CL-3	CL-1	CL-2	CL-3
0	103,4	101,3	10,10	91,20	0,1220	0,1220	0,1220	380,29	360,47	375,92	239,82	253,00	242,61
1	20,7	19,2	1,90	17,30	0,0580	0,0580	0,0580	136,24	145,85	140,35	126,99	118,62	123,27
2	20,7	39,7	4,30	35,40	0,1080	0,1080	0,1080	311,86	325,24	315,97	113,51	108,84	112,04
3	20,7	60,4	6,10	54,30	0,1450	0,1450	0,1450	412,35	408,71	410,61	131,68	132,86	132,24
4	34,5	33,3	3,40	29,90	0,0790	0,0790	0,0790	295,22	288,56	289,74	101,28	103,62	103,20
5	34,5	67,1	7,00	60,10	0,1410	0,1410	0,1410	335,63	329,63	333,67	179,07	182,33	180,12
6	34,5	101,7	10,70	91,00	0,1830	0,1830	0,1830	651,47	628,92	655,25	139,68	144,69	138,88
7	68,9	67,5	6,70	60,80	0,1080	0,1080	0,1080	366,71	350,11	370,47	165,80	173,66	164,12
8	68,9	136,2	13,10	123,10	0,1830	0,1830	0,1830	736,44	749,28	739,89	167,16	164,29	166,38
9	68,9	205	20,70	184,30	0,2400	0,2400	0,2400	861,73	843,84	852,34	213,87	218,41	216,23
10	103,4	68,1	7,30	60,80	0,0900	0,0900	0,0900	312,27	310,56	305,82	194,70	195,78	198,81
11	103,4	102,8	10,60	92,20	0,1270	0,1270	0,1270	437,18	417,52	436,15	210,90	220,83	211,40
12	103,4	240,9	19,90	221,00	0,2120	0,2120	0,2120	1005,21	998,61	1001,49	219,85	221,31	220,67
13	137,9	101,8	11,10	90,70	0,1080	0,1080	0,1080	345,1	387,24	339,56	262,82	234,22	267,11
14	137,9	136,6	14,60	122,00	0,1360	0,1360	0,1360	482,64	457,36	479,55	252,78	266,75	254,41
15	137,9	276,5	28,30	248,20	0,2320	0,2320	0,2320	840,12	821,65	830,54	295,43	302,08	298,84

<b>ENSAYO:</b>	MÓDULO RESILIENTE EN BASES GRANULARES Y SUBBASES GRANULARES		
<b>MÉTODO:</b>	MÁQUINA TRIAXIAL (DINÁMICO)		
<b>NORMA APLICADA:</b>	AASHTO T 307 - 99 (2012)		
<b>PROCEDENCIA:</b>	PINTAG		
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	BASE 2		
<b>ELABORADO POR:</b>	ING. ROLANDO VILA ROMANÍ		
<b>PROYECTO:</b>	TESIS - CH. AGUILERA / A. MONAR	<b>FECHA:</b> 24/AGO/2018	

DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS			
DIMENSIÓN	CL - 1	CL - 2	CL - 3
ALTURA (mm)	309,75	310,1	310,36
DIÁMETRO (mm)	153	153	153,5

ENSAYO TRIAXIAL DINÁMICO													
Secuencia	$\sigma$ conf. (kPA)	$\sigma_1$ (kPA)	$\sigma_3$ (kPA)	$\sigma_d$ (kPA)	$\delta r$ (mm)			$\epsilon_r \times 10^{-6}$			MR (MPa)		
					CL-1	CL-2	CL-3	CL-1	CL-2	CL-3	CL-1	CL-2	CL-3
0	103,4	101,3	10,10	91,20	0,1220	0,1422	0,1511	486,78	458,68	486,78	187,35	198,83	187,35
1	20,7	19,2	1,90	17,30	0,0580	0,0619	0,0699	225,34	199,65	225,34	76,78	86,66	76,78
2	20,7	39,7	4,30	35,40	0,1080	0,1035	0,1073	345,78	333,78	345,78	102,38	106,06	102,38
3	20,7	60,4	6,10	54,30	0,1450	0,1546	0,1475	475,39	498,52	475,39	114,22	108,92	114,22
4	34,5	33,3	3,40	29,90	0,0790	0,0978	0,1008	324,66	315,45	324,66	92,10	94,79	92,10
5	34,5	67,1	7,00	60,10	0,1410	0,1241	0,1202	387,42	400,21	387,42	155,13	150,17	155,13
6	34,5	101,7	10,70	91,00	0,1830	0,1903	0,1857	598,27	613,65	598,27	152,11	148,29	152,11
7	68,9	67,5	6,70	60,80	0,1080	0,1239	0,1259	405,69	399,57	405,69	149,87	152,16	149,87
8	68,9	136,2	13,10	123,10	0,1830	0,2339	0,2236	720,51	754,21	720,51	170,85	163,22	170,85
9	68,9	205	20,70	184,30	0,2400	0,2752	0,2801	902,54	887,48	902,54	204,20	207,67	204,20
10	103,4	68,1	7,30	60,80	0,0900	0,1101	0,1090	351,22	354,97	351,22	173,11	171,28	173,11
11	103,4	102,8	10,60	92,20	0,1270	0,1474	0,1493	480,93	475,34	480,93	191,71	193,97	191,71
12	103,4	240,9	19,90	221,00	0,2120	0,3140	0,3153	1015,87	1012,56	1015,87	217,55	218,26	217,55
13	137,9	101,8	11,10	90,70	0,1080	0,1298	0,1304	420,18	418,66	420,18	215,86	216,64	215,86
14	137,9	136,6	14,60	122,00	0,1360	0,1450	0,1423	458,66	467,55	458,66	265,99	260,93	265,99
15	137,9	276,5	28,30	248,20	0,2320	0,2649	0,2625	838,75	854,21	845,67	295,92	290,56	293,50

<b>ENSAYO:</b>	MÓDULO RESILIENTE EN BASES GRANULARES Y SUBBASES GRANULARES		
<b>MÉTODO:</b>	MÁQUINA TRIAXIAL (DINÁMICO)		
<b>NORMA APLICADA:</b>	AASHTO T 307 - 99 (2012)		
<b>PROCEDENCIA:</b>	PINTAG		
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	BASE 3		
<b>ELABORADO POR:</b>	ING. ROLANDO VILA ROMANÍ		
<b>PROYECTO:</b>	TESIS - CH. AGUILERA / A. MONAR	<b>FECHA:</b> 31/AGO/2018	

DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS			
DIMENSIÓN	CL - 1	CL - 2	CL - 3
ALTURA (mm)	310,22	310,35	310,28
DIÁMETRO (mm)	153	153,5	153,5

ENSAYO TRIAXIAL DINÁMICO													
Secuencia	$\sigma$ conf. (kPA)	$\sigma_1$ (kPA)	$\sigma_3$ (kPA)	$\sigma_d$ (kPA)	$\delta r$ (mm)			$\epsilon_r \times 10^{-6}$			MR (MPa)		
					CL-1	CL-2	CL-3	CL-1	CL-2	CL-3	CL-1	CL-2	CL-3
0	103,4	101,3	10,10	91,20	0,1443	0,1425	0,1460	465,27	459,28	470,64	196,02	198,57	193,78
1	20,7	19,2	1,90	17,30	0,0501	0,0512	0,0481	161,58	164,97	154,89	107,07	104,87	111,70
2	20,7	39,7	4,30	35,40	0,0948	0,0930	0,0936	305,64	299,68	301,78	115,82	118,13	117,30
3	20,7	60,4	6,10	54,30	0,1416	0,1462	0,1396	456,37	471,23	449,87	118,98	115,23	120,70
4	34,5	33,3	3,40	29,90	0,0790	0,0810	0,0772	254,6	260,97	248,67	117,44	114,57	120,24
5	34,5	67,1	7,00	60,10	0,0946	0,0928	0,0940	304,97	299,15	302,81	197,07	200,90	198,47
6	34,5	101,7	10,70	91,00	0,1857	0,1805	0,1784	598,47	581,64	574,98	152,05	156,45	158,27
7	68,9	67,5	6,70	60,80	0,1252	0,1290	0,1227	403,58	415,64	395,31	150,65	146,28	153,80
8	68,9	136,2	13,10	123,10	0,2340	0,2281	0,2323	754,2	734,89	748,61	163,22	167,51	164,44
9	68,9	205	20,70	184,30	0,2530	0,2537	0,2497	815,42	817,54	804,73	226,02	225,43	229,02
10	103,4	68,1	7,30	60,80	0,0930	0,0961	0,0895	299,87	309,6	288,54	202,75	196,38	210,72
11	103,4	102,8	10,60	92,20	0,1199	0,1117	0,1179	386,4	359,87	379,84	238,61	256,20	242,73
12	103,4	240,9	19,90	221,00	0,2839	0,2819	0,2827	915,25	908,34	911,24	241,46	243,30	242,53
13	137,9	101,8	11,10	90,70	0,1064	0,1057	0,1055	342,98	340,59	339,87	264,45	266,30	266,87
14	137,9	136,6	14,60	122,00	0,1356	0,1384	0,1332	437,19	445,98	429,14	279,05	273,55	284,29
15	137,9	276,5	28,30	248,20	0,2796	0,2767	0,2807	901,25	891,64	904,56	275,40	278,36	274,39

<b>ENSAYO:</b>	MÓDULO RESILIENTE EN BASES GRANULARES Y SUBBASES GRANULARES		
<b>MÉTODO:</b>	MÁQUINA TRIAXIAL (DINÁMICO)		
<b>NORMA APLICADA:</b>	AASHTO T 307 - 99 (2012)		
<b>PROCEDENCIA:</b>	PINTAG		
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	BASE 4		
<b>ELABORADO POR:</b>	ING. ROLANDO VILA ROMANÍ		
<b>PROYECTO:</b>	TESIS - CH. AGUILERA / A. MONAR	<b>FECHA:</b>	07/SEP/2018

DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS			
DIMENSIÓN	CL - 1	CL - 2	CL - 3
ALTURA (mm)	309,94	309,69	309,88
DIÁMETRO (mm)	153,5	153,5	153

ENSAYO TRIAXIAL DINÁMICO													
Secuencia	$\sigma$ conf. (kPA)	$\sigma_1$ (kPA)	$\sigma_3$ (kPA)	$\sigma_d$ (kPA)	$\delta_r$ (mm)			$\epsilon_r \times 10^{-6}$			MR (MPa)		
					CL-1	CL-2	CL-3	CL-1	CL-2	CL-3	CL-1	CL-2	CL-3
0	103,4	101,3	10,10	91,20	0,1288	0,1320	0,1302	415,67	425,87	420,45	219,41	214,15	216,91
1	20,7	19,2	1,90	17,30	0,0538	0,0576	0,0574	173,59	185,74	185,36	99,67	93,15	93,34
2	20,7	39,7	4,30	35,40	0,0937	0,0982	0,0917	302,47	316,98	296,09	117,04	111,68	119,56
3	20,7	60,4	6,10	54,30	0,1239	0,1270	0,1219	399,85	409,87	393,47	135,80	132,48	138,00
4	34,5	33,3	3,40	29,90	0,0799	0,0832	0,0778	257,68	268,47	251,3	116,04	111,37	118,98
5	34,5	67,1	7,00	60,10	0,0945	0,0948	0,0924	304,87	305,98	298,49	197,13	196,42	201,35
6	34,5	101,7	10,70	91,00	0,1875	0,1893	0,1854	604,89	610,74	598,51	150,44	149,00	152,04
7	68,9	67,5	6,70	60,80	0,1080	0,1101	0,1059	348,31	355,25	341,93	174,56	171,15	177,81
8	68,9	136,2	13,10	123,10	0,2164	0,2183	0,2142	698,17	704,35	691,79	176,32	174,77	177,94
9	68,9	205	20,70	184,30	0,2446	0,2467	0,2424	789,25	796,12	782,87	233,51	231,50	235,42
10	103,4	68,1	7,30	60,80	0,0976	0,0993	0,0955	314,86	320,48	308,48	193,10	189,72	197,10
11	103,4	102,8	10,60	92,20	0,1320	0,1341	0,1299	425,98	432,65	419,6	216,44	213,11	219,73
12	103,4	240,9	19,90	221,00	0,3001	0,3010	0,2979	968,23	971,29	961,85	228,25	227,53	229,77
13	137,9	101,8	11,10	90,70	0,0979	0,0996	0,0959	315,89	321,48	309,51	287,13	282,13	293,04
14	137,9	136,6	14,60	122,00	0,1280	0,1301	0,1259	412,98	419,72	406,6	295,41	290,67	300,05
15	137,9	276,5	28,30	248,20	0,2850	0,2824	0,2861	919,65	911,24	923,98	269,89	272,38	268,62