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 YOUNG Y CBR PARA BASE Y SUB BASE. CASO DE ESTUDIO: MINA MATERIALES PÉTREOS R/R (CANTERA RAMIREZ)"

ALEX HOLGUIN TAFUR ESCANTA

QUITO – ECUADOR

ENERO 2020

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, dar gracias a Dios, por ser mi apoyo en cada paso que doy, por ser mi fortaleza y ayudar a superar los obstáculos y dificultades a lo largo de mis estudios y mi vida, además dar gracias por haber puesto en mi camino a personas muy importantes que han sido mi soporte, los cuales me han enseñado a no rendirme para salir adelante, y hacer realidad este sueño anhelado.

A mi director de tesis, Ing. Wilson Cando por su esfuerzo, motivación y dedicación, lo que ha permitido concluir con éxito mi Carrera de Ingeniería Civil.

A mis correctores Ing. Gustavo Yánez, Ing. Jorge Buchelli por su valiosa guía y tiempo, ya que, a pesar de la situación actual, han logrado que este trabajo pueda concluir con éxito.

A mis padres, pilares fundamentales en mi vida estudiantil, que han sido mi soporte, mi ánimo y mi aliento en cada momento que lo necesitaba.

A mi hermano Paul que con su apoyo y tiempo estuvo involucrado, para continuar y poder llegar a este punto de mi carrera.

A mi hermana Andrea, que con sus palabras de aliento y confianza permitieron que no desmaye, para poder culminar esta etapa de mi vida.

A mi esposa Paulina e hija Isabella mis grandes amores, a pesar de no estar juntos físicamente el último semestre debido a la distancia y el trabajo, me alentaron a no desmayar para culminar mi carrera de ingeniería, juntos supimos surfear cada uno de los obstáculos que surgieron al largo de estos últimos meses.

DEDICATORIA

A mis padres Marina, Holguin que confiaron en mí, a los cuales dedico todos y cada uno de mis logros además de pedir a Dios que nunca me falten.

A mi Esposa Paulina e hija Isabella, por ser mis fans número uno para llegar a esta meta, siempre supieron que lo iba a lograr.

A mis hermanos, por su cariño, todo su apoyo, y porque siempre me han hecho sentir orgulloso de lo que soy, este logro es también suyo.

A mi Abuelita Flori, mi bonita que con su sonrisa alegra mis días.

A todas y cada una de las personas que de manera directa e indirectamente han formado parte de mi vida.

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Contenido

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES 3
1.1 INTRODUCCIÓN 3
1.2 JUSTIFICACIÓN 3
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 4
1.4 OBJETIVOS. 4
1.4.1 OBJETIVO GENERAL 4
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS....5
1.5 ALCANCE....5
1.6 UBICACIÓN 6
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO 7
2.1 ANTECEDENTES 7
2.2 MARCO CONCEPTUAL....8
2.2.1 ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO 8
2.2.2 SUB BASES 9
2.2.3 BASES....9
CAPÍTULO 3. ENSAYOS DE LABORATORIO 13
3.1 GRANULOMETRÍA “ASTM C-33” 13
3.2 GRAVEDAD ESPECÍFICA “ASTM C-127, ASTM C-128”....16
3.3 CONTENIDO ORGÁNICO “ASTM C- 40, 99”....16
3.4 DETERMINACIÓN DE TERRONES DE ARCILLA “ASTM C-142”....16
3.5 DESGASTE DE LOS AGREGADOS SUJETOS A LA ACCIÓN DE SULFATOS “ASTM C-8”. 16
3.6 EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D-2419) (AASHTO T-176)....17
3.7 RESISTENCIA A LA ABRASIÓN EN LA MÁQUINA DE LOS ANGELES “ASTM C – 131”17
3.8 LÍMITES DE ATTERBERG “ASTM 4318”....17
3.9 C.B.R (CALIFORNIA BEARING RATIO) (ASTM D-1883)....17
3.10 MÓDULO DE YOUNG EN SUELOS (USOS DE GEOGAUGE H4140) “ASTM - D6758”. 18
CAPÍTULO 4. RESULTADO DE ENSAYOS 20
4.1 GRANULOMETRÍA....20
4.1.1 BASE CLASE 1 20
4.1.2 BASE CLASE 2 21
4.1.3 BASE CLASE 3 22
4.1.4 BASE CLASE 4 23
4.1.5 SUBBASE CLASE 1....24
4.1.6 SUBBASE CLASE 2....25
4.1.7 SUB BASE CLASE 3....26
4.2 GRAVEDAD ESPECÍFICA.....27
4.2.1 AGREGADOS FINOS. 27
4.2.2 AGREGADO GRUESO....27
4.3 CONTENIDO ORGÁNICO 27
4.4 DETERMINACIÓN DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS FRIABLES (DESMENUZABLES) EN LOS AGREGADOS. 28

4.5 DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS A LA ACCIÓN DE LOS SULFATOS (SULFATO DE SODIO Y DE MAGNESIO) 28
4.5.1 PORCENTAJE DE DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO A LA ACCIÓN DE SULFATOS 28
4.5.2 PORCENTAJE DE DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO A LA ACCIÓN DE SULFATOS 29
4.6 EQUIVALENTE DE ARENA 29
4.7 DESGASTE A LA ABRASIÓN CON LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES 29
4.7.1 PORCENTAJE DE DESGASTE A LA ABRASIÓN DE BASE DE LA MINA MATERIALES PÉTREOS R/R (CANTERA RAMIREZ)". 29
4.7.2 PORCENTAJE DE DESGASTE A LA ABRASIÓN DE SUBBASE DE LA MINA MATERIALES PÉTREOS R/R (CANTERA RAMIREZ)". 29
4.8 LÍMITES DE ATTERBERG 30
4.9 CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) CURVA DE COMPACTACIÓN DE BASE CLASE 1 MINA "MATERIALES PÉTREOS R&R (CANTERA RAMÍREZ)" 30
4.9.1 PROCTOR MODIFICADO 30
4.9.2 C.B.R. (CALIFORNIA BEARING RATIO %) 37
4.10 MÓDULO DE YOUNG 58
CAPÍTULO 5. CORRELACIÓN DEL C.B.R. OBTENDO EN LABORATORIO CON EL MÓDULO DE YOUNG MEDIANTE ENSAYO DE CAMPO GEOGAUGE 60
5.1 DENSIDAD SECA OBTENIDO EN LABORATORIO VS MÓDULO RESILIENTE MEDIANTE ENSAYO DE CAMPO GEOGAUGE 60
5.1.1 BASE CLASE 1 60
5.1.2 BASE CLASE 2 61
5.1.3 BASE CLASE 3 62
5.1.4 BASE CLASE 4 63
5.1.5 SUB BASE CLASE 1 64
5.1.6 SUB BASE CLASE 2 65
5.1.7 SUB BASE CLASE 3 66
5.1.8 RESUMEN DE RESULTADOS DEL MÓDULO RESILIENTE A PARTIR DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA EN LABORATORIO Y LA ECUACIÓN GENERADA DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD DE CAMPO Y MÓDULO DE YOUNG OBTENIDA IN SITU. 67
5.2 CORRELACIÓN MEDIANTE EL ENSAYO DEL C.B.R. DE LABORATORIO Y MÓDULO RESILIENTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GEOGAUGE 67
5.2.1 BASES 67
5.2.2 SUB BASE 69
CAPÍTULO 6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA VIAL 71
6.1 PARÁMETROS DE DISEÑO PARA BASE Y SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON CBR Y MÓDULO DE YOUNG 71
6.1.1 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA VIAL CON VALORES A PARTIR DEL ENSAYO DE C.B.R (%) EN LABORATORIO. 76
6.1.2 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA VIAL CON VALORES DE MÓDULO RESILIENTE OBTENIDOS A PARTIR DEL ENSAYO DE GEOGAUGE H4140 83
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES 90
CAPÍTULO 8. RECOMENDACIONES 93
CAPÍTULO 9. BIBLIOGRAFÍA 94

CAPÍTULO 10. ANEXO FOTOGRÁFICO.....96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Base de agregados por uso y tipo de vía.....10
Tabla 2.2. Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices- Base clase 1.....11
Tabla 2.3. Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices- Base clase 2.....11
Tabla 2.4. Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices- Base clase 3.....12
Tabla 2.5. Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices- Base clase 4.....12
Tabla 3.1. Clasificación de suelos AASHTO.....14
Tabla 3.2. Clasificación de suelos SUCS.....15
Tabla 3.3. Penetración y Carga unitaria patrón.....18
Tabla 4.1. Granulometría Base Clase 1, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”.....20
Tabla 4.2 Clasificación de Base clase 1, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”.....20
Tabla 4.3. Granulometría Base Clase 2, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”.....21
Tabla 4.4. Clasificación de Base clase 2, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”.....21
Tabla 4.5. Granulometría Base clase 3, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”.....22
Tabla 4.6. Clasificación de Base clase 3, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”.....22
Tabla 4.7. Granulometría Base clase 4, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”.....23
Tabla 4.8. Clasificación de Base clase 4, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”.....23
Tabla 4.9. Granulometría Subbase clase 1, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”.....24
Tabla 4.10. Clasificación de Sub Base Clase 1, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”.....24
Tabla 4.11. Granulometría Subbase clase 2, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”.....25
Tabla 4.12. Clasificación de Sub Base Clase 2, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”.....25
Tabla 4.13. Granulometría Subbase clase 3, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”.....26
Tabla 4.14. Clasificación de Sub Base Clase 3, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”.....26
Tabla 4.15. Gravedad específica y absorción del agregado fino, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”.....27
Tabla 4.16. Gravedad específica y absorción del agregado Grueso, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”.....27
Tabla 4.17. Contenido orgánico en el agregado de la Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”.....27
Tabla 4.18. Resultados Terrones de Arcilla - de la Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”.....28
Tabla 4.19. Porcentaje de desgaste del agregado grueso a la acción de sulfatos de la Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”.....28
Tabla 4.20. Porcentaje de desgaste del agregado fino a la acción de sulfatos de la Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”.....29
Tabla 4.21. Equivalente de arena para bases y subbases de la Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”.....29
Tabla 4.22. Desgaste a la abrasión de Base de la Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”.....29
Tabla 4.23. Desgaste a la abrasión de Subbase de la Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”.....29
Tabla 4.24. Límites de Atterberg para Base y Sub Base de la Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”.....30
Tabla 4.25. Resultados obtenidos para Base Clase 1 Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”,...30
Tabla 4.26. Densidad seca Máxima y Humedad Optima de Base Clase 1 Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”.....30
Tabla 4.27. Resultados obtenidos para Base Clase 2 Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”,...31
Tabla 4.28. Densidad seca Máxima y Humedad Optima de Base Clase 2 Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”.....31
Tabla 4.29. Resultados obtenidos para Base Clase 3 Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”....32
Tabla 4.30. Densidad seca Máxima y Humedad Optima de Base Clase 3 Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”.....32
Tabla 4.31. Resultados obtenidos para Base Clase 4 Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”....33
Tabla 4.32. Densidad seca Máxima y Humedad Optima de Base Clase 4 Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”.....33
Tabla 4.33. Resultados obtenidos para Sub Base Clase 1 Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”, ...34
Tabla 4.34. Densidad seca Máxima y Humedad Optima de Sub Base Clase 1 Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”.....34

Tabla 4.35. Resultados obtenidos para Sub Base Clase 2 Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 35
Tabla 4.36. Densidad seca Máxima y Humedad Optima de Sub Base Clase 2 Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”.....35
Tabla 4.37. Resultados obtenidos para Sub Base Clase 3 Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 36
Tabla 4.38. Densidad seca Máxima y Humedad Optima de Sub Base Clase 3 Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”.....36
Tabla 4.39. Resultados obtenidos en el Proceso de Saturación - Base Clase 1A – Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 37
Tabla 4.40. Contenidos de Humedad al moldear – Base Clase 1A - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 37
Tabla 4.41. Contenidos de Humedad luego de Saturación – Base Clase 1A - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”.....37
Tabla 4.42. Porcentaje de agua Absorbida luego de Saturación – Base Clase 1A - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 37
Tabla 4.43. Resultados de Esponjamiento - Base Clase 1A - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 37
Tabla 4.44. Resultados de Penetración – Base Clase 1A - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 38
Tabla 4.45. Resultados Finales %CBR – Base Clase 1A - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 38
Tabla 4.46. Resultados obtenidos en el Proceso de Saturación - Base Clase 2 – Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 40
Tabla 4.47. Contenidos de Humedad al moldear – Base Clase 2 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 40
Tabla 4.48. Contenidos de Humedad luego de Saturación – Base Clase 2 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”.....40
Tabla 4.49. Porcentaje de agua Absorbida luego de Saturación – Base Clase 2 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 40
Tabla 4.50. Resultados de Esponjamiento - Base Clase 2 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 40
Tabla 4.51. Resultados de Penetración – Base Clase 2 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 41
Tabla 4.52. Resultados Finales %CBR – Base Clase 2 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 41
Tabla 4.53. Resultados obtenidos en el Proceso de Saturación - Base Clase 3 – Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 43
Tabla 4.54. Contenidos de Humedad al moldear – Base Clase 3 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 43
Tabla 4.55. Contenidos de Humedad luego de Saturación – Base Clase 3 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”.....43
Tabla 4.56. Porcentaje de agua Absorbida luego de Saturación – Base Clase 3 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 43
Tabla 4.57. Resultados de Esponjamiento - Base Clase 3 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 43
Tabla 4.58. Resultados de Penetración – Base Clase 3 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 44
Tabla 4.59. Resultados Finales %CBR – Base Clase 3 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 44
Tabla 4.60. Resultados obtenidos en el Proceso de Saturación - Base Clase 4 – Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 46
Tabla 4.61. Contenidos de Humedad al moldear – Base Clase 4 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 46
Tabla 4.62. Contenidos de Humedad luego de Saturación – Base Clase 4 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”,.....46
Tabla 4.63. Porcentaje de qgua Absorbida luego de Saturación – Base Clase 4 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 46
Tabla 4.64. Resultados de Esponjamiento - Base Clase 4 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 46

Tabla 4.65. Resultados de Penetración – Base Clase 4 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 47
Tabla 4.66. Resultados Finales %CBR – Base Clase 4 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 47
Tabla 4.67. Resultados obtenidos en el Proceso de Saturación – Sub Base Clase 1 – Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”.....49
Tabla 4.68. Contenidos de Humedad al moldear – Sub Base Clase 1 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”.....49
Tabla 4.69. Contenidos de Humedad luego de Saturación – Sub Base Clase 1 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 49
Tabla 4.70. Porcentaje de agua Absorbida luego de Saturación – Sub Base Clase 1 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”.....49
Tabla 4.71. Resultados de Esponjamiento - Sub Base Clase 1 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 49
Tabla 4.72. Resultados de Penetración – Sub Base Clase 1 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 50
Tabla 4.73. Resultados Finales %CBR – Sub Base Clase 1 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 50
Tabla 4.74. Resultados obtenidos en el Proceso de Saturación – Sub Base Clase 2 – Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”.....52
Tabla 4.75. Contenidos de Humedad al moldear – Sub Base Clase 2 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”.....52
Tabla 4.76. Contenidos de Humedad luego de Saturación – Sub Base Clase 2- Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 52
Tabla 4.77. Porcentaje de Agua Absorbida luego de Saturación – Sub Base Clase 2 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”.....52
Tabla 4.78. Resultados de Esponjamiento - Sub Base Clase 2 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 52
Tabla 4.79. Resultados de Penetración – Sub Base Clase 2 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 53
Tabla 4.80. Resultados Finales %CBR – Sub Base Clase 2 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 53
Tabla 4.81. Resultados obtenidos en el Proceso de Saturación – Sub Base Clase 3 – Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”.....55
Tabla 4.82. Contenidos de Humedad al moldear – Sub Base Clase 3 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”.....55
Tabla 4.83. Contenidos de Humedad luego de Saturación – Sub Base Clase 3 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 55
Tabla 4.84. Porcentaje de Agua Absorbida luego de Saturación – Sub Base Clase 3 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”.....55
Tabla 4.85. Resultados de Esponjamiento - Sub Base Clase 3 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 55
Tabla 4.86. Resultados de Penetración – Sub Base Clase 3 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 56
Tabla 4.87. Resultados Finales %CBR – Sub Base Clase 3 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 56
Tabla 4.88. Resultados del Ensayo con equipo GeoGauge, Módulo de Young y Módulo Resiliente, Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”.....59
Tabla 5.1. Densidad Seca vs el Módulo Resiliente - Base Clase 1, Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 60
Tabla 5.2. Densidad Seca vs el Módulo Resiliente - Base Clase 2, Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 61
Tabla 5.3. Densidad Seca vs el Módulo Resiliente - Base Clase 3, Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 62
Tabla 5.4. Densidad Seca vs el Módulo Resiliente - Base Clase 4, Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 63
Tabla 5.5. Densidad Seca vs el Módulo Resiliente - Sub Base Clase 1, Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”.....64
Tabla 5.6. Densidad Seca vs el Módulo Resiliente - Sub Base Clase 2, Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”.....65

Tabla 5.7. Densidad Seca vs el Módulo Resiliente - Sub Base Clase 3, Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”.....66
Tabla 5.8. Resultados Generales de la Correlación de la Densidad Seca con el Módulo de Young (Ecuación de Cálculo), Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 67
Tabla 5.9. Resultados Generales de la Correlación del C.B.R. con el Módulo Resiliente para Bases Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”.....67
Tabla 5.10. Rangos de relación y calidad de las correlaciones.....68
Tabla 5.11. Resultados C.B.R. y Módulo Resiliente de Base “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 69
Tabla 5.12. Resultados Generales de la Correlación del C.B.R. con el Módulo Resiliente para Sub Bases Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”.....69
Tabla 5.13. Resultados C.B.R. y Módulo Resiliente de Sub Base “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 70
Tabla 6.1. TPDA (Tráfico Promedio Anual) 71
Tabla 6.2. Nivel de confianza según la funcionalidad de la vía 71
Tabla 6.3. Valores recomendados para la desviación estándar So 72
Tabla 6.4. Tipos de Motorizados, Remolques y Semirremolques. 73
Tabla 6.5. Tabla de Resultados de Factor Carga Equiv. Por Eje. 74
Tabla 6.6. Perdidas por Serviciabilidad. 75
Tabla 7.1. Resultados finales de los espesores de la estructura vial mediante los dos métodos de la mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”.....91
Tabla 7.2. Resultados C.B.R. para Módulo Resiliente de Laboratorio y Ensayo de GeoGauge para Bases y Subbases de la mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”.....91

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 6.1. Número Estructural de Subrasante. Programa AASHTO 1993. 76
Ilustración 6.2. Coeficientes Capa "a2". Bases Granulares 77
Ilustración 6.3. Número Estructural de Base Clase 2. Programa AASHTO 1993 78
Ilustración 6.4. Coeficientes Capa "a3". Subbases Granulares 79
Ilustración 6.5. Número Estructural de Subbase Clase 3 Programa AASHTO 1993 80
Ilustración 6.6. Coeficientes Capa "ac". Carpeta asfáltica. 81
Ilustración 6.7. Número Estructural de Subrasante. Programa AASHTO 1993. 83
Ilustración 6.8. Coeficientes Capa "a2". Bases Granulares 84
Ilustración 6.9. Número Estructural de Subbase Clase 1. Programa AASHTO 1993. 85
Ilustración 6.10. Coeficientes Capa "a3". Subbases Granulares 86
Ilustración 6.11.Número Estructural de Subbase Clase 2. Programa AASHTO 1993. 87
Ilustración 6.12. Coeficientes Capa "ac". Carpeta asfáltica. 88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Mina de materiales pétreos R/R cantera Ramirez(Limite Imbabura - Carchi). 6
Figura 2.1. Capas que conforman un pavimento flexible y distribución de esfuerzos. 8
Figura 4.1. Granulometría Base Clase 1, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”.....20
Figura 4.2. Granulometría Base Clase 2, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”.....21
Figura 4.3. Granulometría Base clase 3, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”. 22
Figura 4.4. Granulometría Base clase 4, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”. 23
Figura 4.5. Granulometría Subbase clase 1, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”. 24
Figura 4.6. Granulometría Subbase clase 2, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”. 25
Figura 4.7. Granulometría Subbase clase 3, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)”. 26
Figura 4.8. Curva de Compactación de Base Clase 1 Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” ...30
Figura 4.9. Curva de Compactación de Base Clase 2 Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”, ..31
Figura 4.10. Curva de Compactación de Base Clase 3 Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” .32
Figura 4.11.Curva de Compactación de Base Clase 4 Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” ..33
Figura 4.12. Curva de Compactación de Sub Base Clase 1 Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 34
Figura 4.13. Curva de Compactación de Sub Base Clase 2 Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 35
Figura 4.14. Curva de Compactación de Sub Base Clase 2 Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 36
Figura 4.15.Curva Esfuerzo vs. Deformación - Base Clase 1A - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 38
Figura 4.16. %CBR vs. Densidad Seca – Base Clase 1A - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 39
Figura 4.17. Curva Esfuerzo vs. Deformación - Base Clase 2 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 41
Figura 4.18. %CBR vs. Densidad Seca – Base Clase 2 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 42
Figura 4.19. Curva Esfuerzo vs. Deformación - Base Clase 3 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 44
Figura 4.20. %CBR vs. Densidad Seca – Base Clase 3 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 45
Figura 4.21. Curva Esfuerzo vs. Deformación - Base Clase 4 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 47
Figura 4.22. %CBR vs. Densidad Seca – Base Clase 4 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 48
Figura 4.23. Curva Esfuerzo vs. Deformación – Sub Base Clase 1 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 50
Figura 4.24. Figura %CBR vs. Densidad Seca – Sub Base Clase 1 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 51
Figura 4.25. Curva Esfuerzo vs. Deformación – Sub Base Clase 2 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 53
Figura 4.26. %CBR vs. Densidad Seca – Sub Base Clase 2 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 54
Figura 4.27. Curva Esfuerzo vs. Deformación – Sub Base Clase 3 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 56
Figura 4.28. %CBR vs. Densidad Seca – Sub Base Clase 3 - Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 57
Figura 5.1. Densidad Seca vs el Módulo Resiliente - Base Clase 1, Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 60
Figura 5.2. Densidad Seca vs el Módulo Resiliente - Base Clase 2, Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 61
Figura 5.3. Densidad Seca vs el Módulo Resiliente - Base Clase 3, Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 62
Figura 5.4. Densidad Seca vs el Módulo Resiliente - Base Clase 4, Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 63

Figura 5.5. Densidad Seca vs el Módulo Resiliente - Sub Base Clase 1, Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”....64
Figura 5.6. Densidad Seca vs el Módulo Resiliente - Sub Base Clase 2 Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”....65
Figura 5.7. Densidad Seca vs Módulo Resiliente - Sub Base Clase 3 Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”....66
Figura 5.8. Correlación del C.B.R. con el Módulo Resiliente para Bases, Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”....68
Figura 5.9. Correlación del C.B.R. con el Módulo Resiliente para Sub Bases, Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” 69

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Generada de la correlación para Bases 68
Ecuación 2. Generada de la correlación para Sub Bases 70
Ecuación 3. (Ecuación 7.22.)....74
Ecuación 4. (Ecuación 0.23)....74
Ecuación 5. (Ecuación 7.24)....74
Ecuación 6. (Ecuación 7.25)....74
Ecuación 7 Cálculo del espesor de la Carpeta Asfáltica....82
Ecuación 8 Cálculo del espesor de la Base....82
Ecuación 9 Cálculo del espesor de la Sub Base 82

ANEXO FOTOGRÁFICO

Fotografía. 4.1 Ensayo de GeoGuage “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”, Límite provincial de Imbabura y Carchi. 58
Fotografía. 4.2 Preparación de Ensayo de GeoGuage “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”, Límite provincial de Imbabura y Carchi. 58
Fotografía. 10.1 Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”, Límite provincial de Imbabura y Carchi. 96
Fotografía. 10.2 Muestreo de los Agregados Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”, Límite provincial de Imbabura y Carchi. 96
Fotografía. 10.3. Acopio del material Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”, Límite provincial de Imbabura y Carchi. En el Laboratorio de suelos de la Puce 97
Fotografía. 10.4 Proceso de secado del agregado Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”, Límite provincial de Imbabura y Carchi....97
Fotografía. 10.5 Ensayo de Contenido de Arena Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”, Límite provincial de Imbabura y Carchi. 98
Fotografía. 10.6 Ensayo de Contenido Orgánico Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”, Límite provincial de Imbabura y Carchi. 98
Fotografía. 10.7 Límites de Atterberg Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”, Límite provincial de Imbabura y Carchi. 99
Fotografía. 10.8 Ensayo de Proctor Modificado Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”, Límite provincial de Imbabura y Carchi. 99
Fotografía. 10.9 Construcción de las zanjas para ensayo de GeoGauge Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”, Límite provincial de Imbabura y Carchi. 99
Fotografía. 10.10 Compactación de las muestras para el ensayo de GeoGauge Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”, Límite provincial de Imbabura y Carchi 100
Fotografía. 10.11 Comprobación de la densidad optima del material compactado, con el uso del densímetro nuclear Mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”, Límite provincial de Imbabura y Carchi. 100
Fotografía. 10.12 Ensayo de GeoGuage “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”, Límite provincial de Imbabura y Carchi. 100

RESUMEN

Esta investigación se basa en la obtención de resultados a través de los ensayos de C.B.R (California Bearing Ratio); y, Módulo de Young mediante el GeoGauge, los cuales fueron realizados para los diferentes agregados de bases y subbases, correspondiente a la mina denominada "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)", ubicada en Ambuquí en el límite provincial de Imbabura y Carchi.

Para la determinación de la mina, se desarrolló un muestreo del material de esta; y, se aplicó los ensayos del laboratorio correspondientes, de conformidad a la normativa técnica vigente, en consecuencia, se escogió la mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)", ubicada en Ambuquí en el límite provincial de Imbabura y Carchi, toda vez, que cumple con los parámetros necesarios para este estudio.

A continuación, se llevó a cabo el ensayo del Proctor Modificado, a través del cual se obtuvo resultados como: la humedad óptima y la densidad máxima, cuyos datos son utilizados en el ensayo de C.B.R. de las bases y subbases seleccionadas.

Así mismo, mediante el ensayo de GeoGauge realizado en campo; y, la modelación de una estructura del pavimento flexible con el material pétreo de base y subbase pertinente, se obtuvieron valores del módulo de Young, los mismos que requieren de una correlación de datos, para calcular el Módulo Resiliente; y, finalmente contar con los espesores de las capas de la estructura del pavimento.

Del mismo modo, a través del programa AASHTO 1993 se obtuvo el número estructural, que servirá para encontrar el espesor de las capas de la estructura vial esto permite realizar una comparación de resultados; y, concluir por el método más óptimo, que cumpla con los espesores mínimos establecidos, permitiendo obtener un ahorro en el rubro del material pétreo de base y sub base.

SUMMARY

This research is based on obtaining results through C.B.R (California Bearing Ratio) trials; and, Young's Module through the GeoGauge, which were carried out for the different aggregates of bases and subbases, corresponding to the mine called “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”, located in Ambuquí on the provincial border of Imbabura and Carchi.

To determine the mine, a sampling of the mine material was developed; and, the corresponding laboratory tests were applied, in accordance with current technical regulations, therefore, the “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” mine, located in Ambuquí on the provincial border of Imbabura and Carchi, was chosen, all the time, that meets the necessary parameters for this study.

Next, the Modified Proctor test was carried out, through which results were obtained such as: the optimal humidity and the maximum density, whose data are used in the C.B.R. of the selected bases and sub-bases.

Likewise, through the GeoGauge test carried out in the field; and, the modeling of a flexible pavement structure with the pertinent base and sub-base stone material, Young's modulus values were obtained, the same ones that require a data correlation, to calculate the Resilient Modulus; and, finally, to count on the thickness of the layers of the pavement structure.

Similarly, through the AASHTO 1993 program, the structural number was obtained, which will be used to find the thickness of the layers of the road structure, allowing a comparison of results; and, to conclude by the most optimal method, which complies with the minimum established thicknesses, allowing to obtain savings in the area of stone base and sub-base material.

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

Esta investigación está orientada a obtener parámetros físicos de los materiales que provienen de las canteras que son generalmente usados para la elaboración de una sección vial. La mina seleccionada para esta investigación se denomina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”, ubicada en Ambuquí en el límite provincial de Imbabura y Carchi.

La estructura y espesor de cada capa depende de varios factores, entre los más importantes se mencionan las condiciones climáticas, el estado del suelo de la subrasante, el nivel freático y la principal la cantidad de vehículos para la cual se va a diseñar la vía.

De este modo, los parámetros deseados se obtienen mediante los ensayos de C.B.R. (California Bearing Ratio) y el Módulo de Young a través del Ensayo de GeoGauge, a través de los agregados seleccionados, permitiendo determinar las capas inferiores de rodadura de bases y sub bases con espesores óptimos que conformarán la estructura vial, misma que se encargará de soportar las cargas vehiculares durante la vida útil.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El propósito investigativo de este trabajo fue realizar la comparación entre los ensayos de C.B.R. (California Bearing Ratio) y el Módulo de Young a través del Ensayo de GeoGauge, de esta manera lograr determinar el método más apropiado para obtener los espesores óptimos y la cantidad exacta a usarse en cada estructura vial, lo que genera un incremento en los índices de calidad y eficiencia en los estudios y mejora la planificación en la construcción de los proyectos viales, enmarcadas en las zonas de

estudio, que permite obtener un ahorro económico significativo al momento de ejecutar las vías.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dentro del ámbito de construcción de las carreteras, es importante buscar optimizar la cantidad de materiales a utilizar en cada una de las capas, por lo que la correcta ejecución de estos ensayos ayudará a determinar el espesor óptimo del material que debe tener la estructura vial.

El fin de la presente investigación es la comparación técnica entre los ensayos de laboratorio denominado C.B.R. (California Bearing Ratio) y el Módulo de Young mediante el GeoGauge. amparados por la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción), mediante la cual se obtendrán resultados de la cantidad exacta de agregados a usarse para conformar los diferentes espesores de las capas de rodadura de la estructura vial; y, de esta manera dar una alternativa de solución, a través de una formulación y diseño más ágil, lo cual conlleva a un ahorro en tiempo y costo.

1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis comparativo y técnico mediante los ensayos de laboratorio denominados C.B.R. (California Bearing Ratio) y el Módulo de Young mediante el GeoGauge, para contar con la cantidad exacta de agregados a usarse en los diferentes espesores de las capas de base y sub-base de la mina denominada “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”, ubicada en Ambuquí en el límite provincial de Imbabura y Carchi.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los agregados del diseño del pavimento, correspondiente a la mina denominada" Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)", ubicada en Ambuquí en el límite provincial de Imbabura y Carchi, por medio de los ensayos y análisis técnico basada en la normativa vigente.
- Comparar los resultados obtenidos del ensayo de C.B.R. (California Bearing Ratio), con el Módulo de Young mediante el Ensayo de GEAGAUGE H4140 a través de Modulo Resiliente, correspondiente a los agregados base y sub-base, de la mina denominada" Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)", ubicada en Ambuquí en el límite provincial de Imbabura y Carchi.
- Determinar los espesores de las capas del pavimento, con el software AASHTO 1993, por medio de los diferentes resultados obtenidos de los ensayos denominados C.B.R. (California Bearing Ratio) y el Módulo de Young mediante el Ensayo de GEAGAUGE H4140.

1.5 ALCANCE

Este trabajo pretende realizar el diseño de la estructura vial, mediante una correlación adecuada entre los ensayos de laboratorio C.B.R. (California Bearing Ratio) y el módulo de Young a través del Ensayo de GEAGAUGE H4140 de los agregados de base y sub base extraídos de la Mina denominada" Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)", ubicada en Ambuquí en el límite provincial de Imbabura y Carchi.

Los lineamentos que están considerados para el diseño corresponden a las normas ASTM, y bajo la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12-MTOP publicada en 2013 y Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN.

1.6 UBICACIÓN

La Mina de Materiales Pétreos R/R denominada Cantera Ramírez se encuentra ubicada en los limites provinciales de Imbabura y Carchi.

Figura 1.1. Mina de materiales pétreos R/R cantera Ramirez(Limite Imbabura - Carchi).



Fuente: (Google Maps, 2019)

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

Al evaluar los ensayos de laboratorio realizados a los distintos agregados de base y subbase estos cumplen un papel importante, toda vez que, proporcionan información de gran valor para la toma de decisiones con respecto al estado, la calidad de los materiales a utilizar en la estructura del pavimento.

Para la obtención de los parámetros necesarios, debe efectuarse el ensayo del Proctor Modificado, que determina la humedad óptima y la densidad máxima, que servirá para la aplicación del ensayo de C.B.R. (California Bearing Ratio), en los agregados de base y subbase en mención. Con respecto al ensayo de campo el Geo Gauge H4140 y a la modelación de la estructura del pavimento flexible con los diferentes agregados de base y subbase que fueron certificados inicialmente, se obtienen valores del módulo de Young que requieren de una correlación de la información para la obtención del Módulo Resiliente, siendo un parámetro indispensable para el diseño de las capas inferiores dentro de la estructura del pavimento, este ensayo se rige por la norma ASTM D-1883.

En la Guía para el diseño de pavimentos que propone la AASHTO, para la obtención de un diseño adecuado de la estructura del pavimento, el cual satisfaga las necesidades requeridas, es necesario realizar la conversión de los datos obtenidos mediante el C.B.R. o por valor R a un Módulo Resiliente, a pesar de existir cuadros generales dentro de la AASHTO, no se considera ninguna correlación entre el C.B.R. y Módulo Resiliente; en esta investigación surge la necesidad de crear nuevas correlaciones que brinden un diseño de pavimentos más confiable y a la vez ágil, de esta manera también se logrará considerar la realidad respecto a los materiales pétreos existentes en el Ecuador, en este caso puntual

de la mina denominada" Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)" (AASHTO, 1993, págs. 1-15).

De esta manera se consigue determinar el Módulo de Young, con la ayuda de un ensayo de campo denominado Geo Gauge H4140, el cual fue validado en el 2002 por la ASTM-D6758, la misma que servirá de apoyo para obtener el Módulo Resiliente para los diferentes tipos de bases y sub bases que establece la NEVI 12-MTOP Vol. 3. (MTOP, 2013, págs. 340-380).

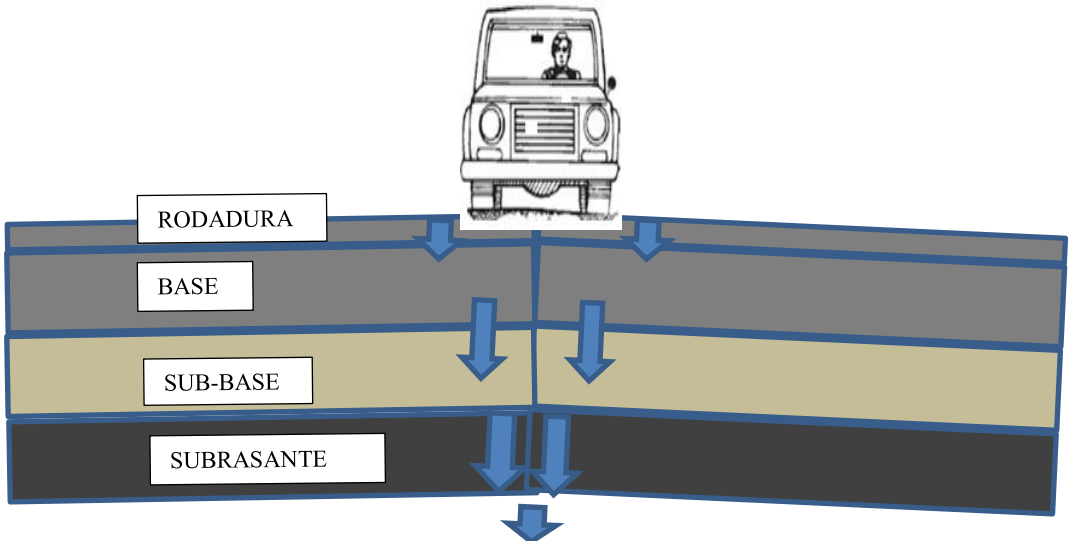
Con los resultados obtenidos, se procedió a realizar la comparación; y, se creó una base de datos de acuerdo a los materiales pétreos del País.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

Las capas inferiores que constituye la estructura del pavimento flexible, se trata de una combinación de capas de Sub base, Base; y, superficie de Rodadura, las cuales son colocadas sobre la capa del terreno que soporta la estructura o denominada Subrasante, esto con la finalidad de soportar las cargas del tránsito y distribuir los esfuerzos en la plataforma, como se puede ver en la figura 2.1.

Figura 2.1. Capas que conforman un pavimento flexible y distribución de esfuerzos.



2.2.2 SUB BASES

Son capas de espesores definidos, cuyos agregados cumplen ciertas especificaciones, con material granular compactado, o una capa de suelo tratada con un estabilizante. Se encuentran sobre una subrasante preparada y aprobada. Esta capa tiene como objetivo soportar la capa de Base. (Ver figura 2.1).

Estas se clasifican en:

- ✓ Sub base Clase 1: Son agregados obtenidos de la trituración de rocas o gravas que cumplen requerimientos establecidos, considerablemente el 30% del agregado preparado debe obtenerse por trituración.
- ✓ Sub base Clase 2: Son agregados provenientes del cribado o trituración de rocas o gravas que se fragmentan naturalmente, mezclados con arena natural o material finamente triturado.
- ✓ Sub base Clase 3: Son agregados gruesos, obtenidos mediante cribado de gravas o roca mezclados con arena natural o material finamente triturado. (Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP), 2013)

2.2.3 BASES

La Base se encuentra construida sobre la sub base terminada y aprobada, de conformidad a los lineamientos, pendientes y sección transversal establecida en los proyectos. Esta capa es importante por su capacidad estructural y debido a que protege al resto del pavimento. Permite la circulación vehicular mientras se construye la capa de rodadura.

Contiene agregados triturados de grava o roca total, parcialmente o cribados, lo que permite obtener fragmentos limpios, sólidos y resistentes, sin que presente partículas alargadas o planas en exceso y material vegetal, grumos de arcilla u otro material objetable.

(Fuente: Especificaciones Generales MOP -001-F 2002). El material especificado, se clasifica de acuerdo al uso y tipo de vía, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 2.1. Base de agregados por uso y tipo de vía

MATERIAL ESPECIFICADO	TIPO DE CARRETERA	No. CARRILES	TPDA
BASE CLASE 1	Para uso principalmente en aeropuertos y carreteras con intenso nivel de tráfico.	8 a 12	> 50.000
BASE CLASE 2	Carreteras de 2 hasta 6 carriles con un ancho mínimo por carril de 3.65m. Se incluye franja central desde 2 a 4m.	2 a 6	8.000 – 50.000
BASE CLASE 3	Vías internas de urbanizaciones con bajo nivel de trafico	2 a 4	1.000 – 8.000
BASE CLASE 4	Caminos vecinales	2	<1.000

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013, 2013)

La Base de agregados debe tener un límite líquido de la fracción que pase el tamiz Nº 40, el cual deberá ser menor de 25 y el índice de plasticidad menor de 6. El porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menor al 40% y el valor de soporte de CBR deberá ser igual o mayor al 80%. (Fuente: Especificaciones Generales MOP -001-F 2002). De acuerdo a las Especificaciones Generales del MOP.

Estas se clasifican en:

- ✓ Base Clase 1: Se encuentran constituidas por agregados gruesos y finos, triturados en un 100%, graduados uniformemente dentro de los límites de granulometría A y B de acuerdo a la tabla 2.2. Se obtienen los tamaños especificados directamente de la planta de trituración. Para cumplir las exigencias de graduación se podrá completar con material procedente de una trituración adicional, o con arena fina, que serán mezclados necesariamente en planta.

Tabla 2.2. Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices- Base clase 1.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	
	Tipo A	Tipo B
2" (50.8 mm.)	100	--
11/2" (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

Fuente: Especificaciones Generales MOP -001-F 2002

- ✓ Base Clase 2: Están constituidas por fragmentos de roca o grava triturada, cuya fracción de agregado grueso será triturada al menos el 50% en peso, deberán hallarse graduadas uniformemente dentro de los límites de granulometría de conformidad a la tabla 2.3. Es preciso obtener, los tamaños especificados directamente de la planta de trituración. Para cumplir las exigencias de graduación se podrá completar con material procedente de una trituración adicional, o con arena fina, que serán mezclados necesariamente en planta.

Tabla 2.3. Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices- Base clase 2.

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

Fuente: Especificaciones Generales MOP -001-F 2002

- ✓ Base Clase 3: Son bases compuestas por fragmentos de roca o grava triturada, cuya fracción de agregado grueso será triturada al menos el 25% en peso, se encuentran

graduadas uniformemente dentro de los límites de granulometría de acuerdo a la tabla 2.4. Es preciso obtener, los tamaños especificados directamente de la planta de trituración. Para cumplir las exigencias de graduación se podrá completar con material procedente de una trituración adicional, o con arena fina, que serán mezclados necesariamente en planta.

Tabla 2.4. Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices- Base clase 3.

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

Fuente: Especificaciones Generales MOP -001-F 2002

- ✓ Base Clase 4: Se encuentran establecidas por agregados obtenidos por trituración o cribado de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas, se encuentran graduadas uniformemente dentro de los límites de granulometría de acuerdo a la tabla 2.5. De ser necesario para cumplir las exigencias de graduación, se podrá añadir a la grava arena o material proveniente de trituración, que podrán mezclarse en planta o en el camino.

Tabla 2.5. Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices- Base clase 4.

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: Especificaciones Generales MOP -001-F 2002

CAPÍTULO 3. ENSAYOS DE LABORATORIO

Mediante los ensayos de laboratorio correspondientes, se obtuvieron los parámetros necesarios de los materiales granulares de la base y la sub-base, lo que permitió conocer si los agregados cumplen con los requerimientos de diseño de conformidad a las especificaciones y normas establecidas, para la ejecución de la vía.

Los ensayos cumplen las normas ASTM, Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN y Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12-MTOP publicada en 2013.

3.1 GRANULOMETRÍA "ASTM C-33"

El ensayo consistió en determinar las partículas que componen una muestra en condiciones secas y de masa conocida, mismas que fueron separadas por su tamaño a través de una serie de tamices de aberturas ordenadas en forma descendente.

Estas masas de las partículas mayores a las aberturas de la serie de los tamices a utilizar, que se encuentran expresadas en porcentaje de la masa total, permitió determinar la distribución del tamaño de partículas, de conformidad lo establece las presentes normativas (ASTM C-136, 2014), (AASHTO T-27), (INEN696).

Para determinar la clasificación del agregado de la Mina de materiales pétreos R/R (Cantera Ramírez), se clasifica por el método AASHTO y SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos). Ver tablas 3.1 y 3.2.

Tabla 3.1. Clasificación de suelos AASHTO

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

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)			
Grupo de clasificación	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5* A-7-6†
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)				
Núm. 10				
Núm. 40				
Núm. 200	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción de paso núm. 40				
Límite líquido	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Clasificación general de la subrasante	Regular a malo			

*Para A-7-5, $PI \leq LL - 30$
†Para A-7-6, $PI > LL - 30$

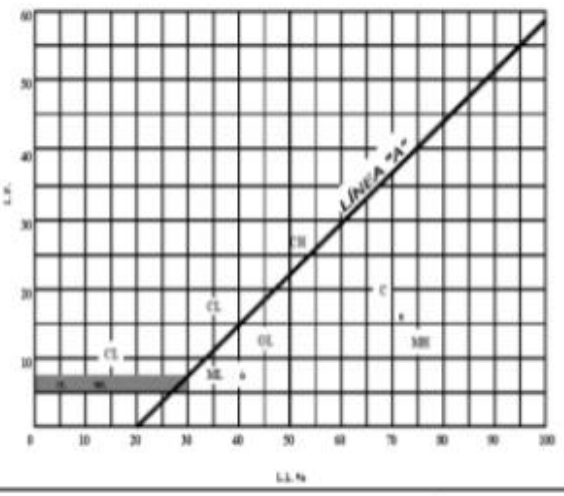
Fuente: Braja M. Das. (1998).

Tabla 3.2. Clasificación de suelos SUCS.

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)

INCLUYENDO IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN

DIVISIÓN MAYOR					SÍMBOLO		NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO	
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 ⊕	Las partículas de 0.074 mm de diámetro (la malla No.200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4	PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE ½ cm. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	GRAVAS LIMPIA Poco o nada de partículas finas	GW		Gravas bien graduadas,mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	DETERMÍNESE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA, DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS (Fracción que pasa por la malla No. 200) LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUE: Menos del 5%:GW,GP,SW,SP; más del 12%: GM,GC,SM,SC. Entre 5% y 12%. Casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles **	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Cu: mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA Cc: entre 1 y 3. $Cu = D_{60} / D_{10}$ $Cc = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$
					GP		Gravas mal graduadas,mezclas de grava y arena con poco o nada de finos		NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW.
				GRAVA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	* GM	d	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo		LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4. — Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.
						u			LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.
					GC		Gravas arcillosas,mezclas de gravas,arena y arcilla		
		ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4		ARENA LIMPIA Poco o nada de partículas finas	SW		Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.		$Cu = D_{60} / D_{10}$ mayor de 6 ; $Cc = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ entre 1 y 3.
					SP		Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.		No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW
				ARENA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	* SM	d	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4. — Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.
						u			LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.
					SC		Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.		
SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 ⊕		LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor de 50			ML		Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.	G – Grava, S – Arena, O – Suelo Orgánico, P – Turba, M – Limo C – Arcilla, W – Bien Graduada, P – Mal Graduada, L – Baja Compresibilidad, H – Alta Compresibilidad	
					CL		Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.	CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.)	
					OL		Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.		
		LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50			MH		Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos.		
					CH		Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.		
					OH		Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.		
		SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS			P		Turbas y otros suelos altamente orgánicos.		



** CLASIFICACIÓN DE FRONTERA- LOS SUELOS QUE POSEAN LAS CARACTERÍSTICAS DE DOS GRUPOS SE DESIGNAN CON LA COMBINACIÓN DE LOS DOS SÍMBOLOS; POR EJEMPLO GW-GC, MEZCLA DE ARENA Y GRAVA BIEN GRADUADAS CON CEMENTANTE ARCILLOSO.

⊕ TODOS LOS TAMAÑOS DE LAS MALLAS EN ESTA CARTA SON LOS U.S. STANDARD.

* LA DIVISIÓN DE LOS GRUPOS GM Y SM EN SUBDIVISIONES d Y u SON PARA CAMINOS Y AEROPUERTOS UNICAMENTE, LA SUB-DIVISIÓN ESTA BASADA EN LOS LÍMITES DE ATTERBERG EL SUFIJO d SE USA CUANDO EL L.L. ES DE 28 O MENOS Y EL I.P. ES DE 6 O MENOS. EL SUFIJO u ES USADO CUANDO EL L.L. ES MAYOR QUE 28.

Fuente: ASTM INTERNATIONAL (2006). ASTM D-2487-17.

3.2 GRAVEDAD ESPECÍFICA “ASTM C-127, ASTM C-128”

La gravedad especifica es la relación que existe entre el peso unitario del material, con relación al peso unitario del agua.

El resultado obtenido permite conocer la relación de vacíos del material, por lo tanto, determinar el volumen que ocupa el material, cuando este forma parte de una mezcla.

3.3 CONTENIDO ORGÁNICO “ASTM C- 40, 99”

El ensayo fue realizado para determinar el contenido orgánico del material si este, tiene presencia de materia orgánica puede ser perjudicial en el análisis del agregado en estudio.

3.4 DETERMINACIÓN DE TERRONES DE ARCILLA “ASTM C-142”

Este ensayo permitió conocer aproximadamente la cantidad de terrones de arcilla, así como, partículas perjudiciales que se encuentran en el material, la presencia de arcilla puede llegar a resultar perjudicial a la resistencia del material, debido a que puede reaccionar químicamente dentro de la mezcla.

3.5 DESGASTE DE LOS AGREGADOS SUJETOS A LA ACCIÓN DE SULFATOS “ASTM C-8”.

Mediante el ensayo de desgaste de los agregados sujetos a la acción de sulfatos se determina el porcentaje de desgate que se encuentran sometidos los materiales, ya que los sulfatos se encuentran generalmente en agentes naturales como el agua y en el aire provoca que el material sufra el deterioro, así como la perdida de propiedades del material.

3.6 EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D-2419) (AASHTO T-176)

El ensayo de equivalente de arena permite conocer la cantidad de arcillas, polvo (finos) que existe en los agregados; este ensayo se lo realiza para suelos granulares y finos que pasen el tamiz N° 4 es decir la abertura del tamiz debe ser 4,75mm.

3.7 RESISTENCIA A LA ABRASIÓN EN LA MÁQUINA DE LOS ANGELES "ASTM C – 131"

Es importante conocer el porcentaje de desgaste a la abrasión de los agregados debido a que el material va a ser sometido - expuesto a una fragmentación o desgaste, con la ayuda de la máquina de los ángeles se obtendrá un resultado el cual indicará si el agregado es o no susceptible al desgaste.

El Ministerio de Transporte y Obras públicas establece que la abrasión máxima de los agregados para base es 40% y para subbase 50%.

3.8 LÍMITES DE ATTERBERG "ASTM 4318"

Los límites de Atterberg permiten obtener el rango de limite plástico (LP) y limite líquido (LL), los cuales son imprescindibles a considerar dentro del material. En este ensayo se basa a la norma ASTM D4318-84.

3.9 C.B.R (CALIFORNIA BEARING RATIO) (ASTM D-1883)

"El C.B.R de un suelo es la carga unitaria correspondiente a 0.1" o 0,2" de penetración expresada en porcentaje. También mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada." (Fernández, 2015)

Para obtener valores aproximados a la realidad se realiza el ensayo de Proctor Modificado, el cual permite obtener dos parámetros muy importantes como son la densidad máxima y la humedad óptima.

Este ensayo se realiza con la finalidad de analizar la capacidad portante del suelo, esta prueba consiste básicamente en compactar suelos en varios moldes, los estados de compactación usados fueron 12, 25 y 56 golpes, después del ensayo a cada molde se lo sumergió en agua durante 4 días con la finalidad de conocer su capacidad de hinchamiento.

Finalmente, el ensayo se realizó con las cargas que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3.3. Penetración y Carga unitaria patrón

Penetración		Carga unitaria patrón		
mm	Pulgada	Mpa	Kg/cm2	psi
2,54	0,1	6,90	70,00	1000
5,08	0,2	10,30	105,00	1500
7,62	0,3	13,10	133,00	1900
10,16	0,4	15,80	162,00	2300
12,7	0,5	17,90	183,00	2600

Fuente: (Abraham, 2015)

3.10 MÓDULO DE YOUNG EN SUELOS (USOS DE GEOGAUGE H4140) “ASTM - D6758”.

El ensayo de Geogauge de Humbolt H4140 es una herramienta con la cual se evalúa el nivel de compactación de los suelos, así también se usa para obtener el módulo de elasticidad y de rigidez en las capas de la estructura de un pavimento, es decir, mide la transferencia de carga desde la capa de pavimiento pasando por base, sub base y subrasante de manera ágil y no destructiva.

Por otro lado, el ensayo de Geogauge permite medir el esfuerzo al cual está sometido el suelo, así como, el resultado de la velocidad de la superficie en función del tiempo. (ASTM D6758, 2008; la ejecución de este ensayo es alrededor de 1 minuto, manteniendo durante el ensayo

el lugar libre de ruidos y vibraciones, el alcance de este ensayo abarca de 9 in a 12 in medidas desde la superficie. (ASTM D6758, 2008; Montoya, 2005; Cárdenas, 2018).

CAPÍTULO 4. RESULTADO DE ENSAYOS

4.1 GRANULOMETRÍA

4.1.1 BASE CLASE 1

Tabla 4.1. Granulometría Base Clase 1, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

GRANULOMETRÍA						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA PARCIAL	MASA RETENIDA ACUMULADA	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	ESPECIFICACIÓN Tabla 404-1.1 Clase 1 - Tipo A
3"	75.0	752	752	2.9	97.1	---
2 ½"	63.0	564	1316	5.1	94.9	---
2"	50.0	1289	2605	10.0	90.0	100
1 ½"	37.5	1499	4104	15.8	84.2	70 - 100
1"	25.0	1798	5902	22.7	77.3	55 - 85
3/4"	19.0	1254	7156	27.6	72.4	50 - 80
1/2"	12.5	1820	8976	34.6	65.4	---
3/8"	9.50	2245	11221	43.2	56.8	35 - 60
No.4	4.75	1905	13126	50.6	49.4	25 - 50
No.10	2.00	2107	15233	58.7	41.3	---
No.40	0.425	4094	19327	74.4	25.6	10 - 25
No.200	0.075	3202	22529	86.8	13.2	2 - 12
P A S A No 200		3437	3437			
SUMA:		25966	25966			

Figura 4.1. Granulometría Base Clase 1, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

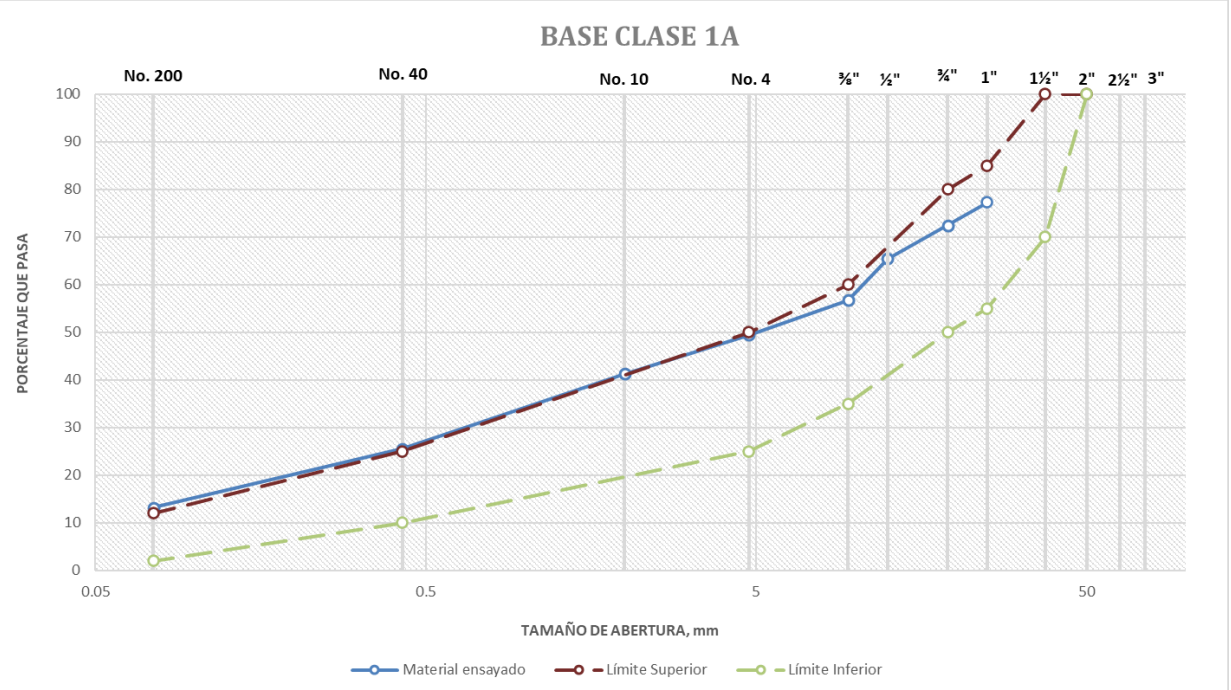


Tabla 4.2 Clasificación de Base clase 1, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS	SM
AAHSTO	A-4
Nombre Típico	Arena limosa con grava

4.1.2 BASE CLASE 2

Tabla 4.3. Granulometría Base Clase 2, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

GRANULOMETRÍA						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA PARCIAL	MASA RETENIDA ACUMULADA	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	ESPECIFICACIÓN Tabla 404-1.2 Clase 2
3"	75.0	0	0	0.0	100.0	---
2 ½"	63.0	102	102	0.3	99.7	---
2"	50.0	143	245	0.7	99.3	---
1 ½"	37.5	982	1227	3.5	96.5	---
1"	25.0	1398	2625	7.5	92.5	**100**
3/4"	19.0	1610	4235	12.1	87.9	**70 - 100**
1/2"	12.5	1301	5536	15.9	84.1	---
3/8"	9.50	1298	6834	19.6	80.4	**50 - 80**
No.4	4.75	14210	21044	60.3	39.7	**35 - 65**
No.10	2.00	2800	23844	68.3	31.7	**25 - 50**
No.40	0.425	2824	26668	76.4	23.6	**15 - 30**
No.200	0.075	2299	28967	83.0	17.0	**3 - 15**
P A S A No 200		5931	5931			
SUMA:		**34898**	**34898**			

Figura 4.2. Granulometría Base Clase 2, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

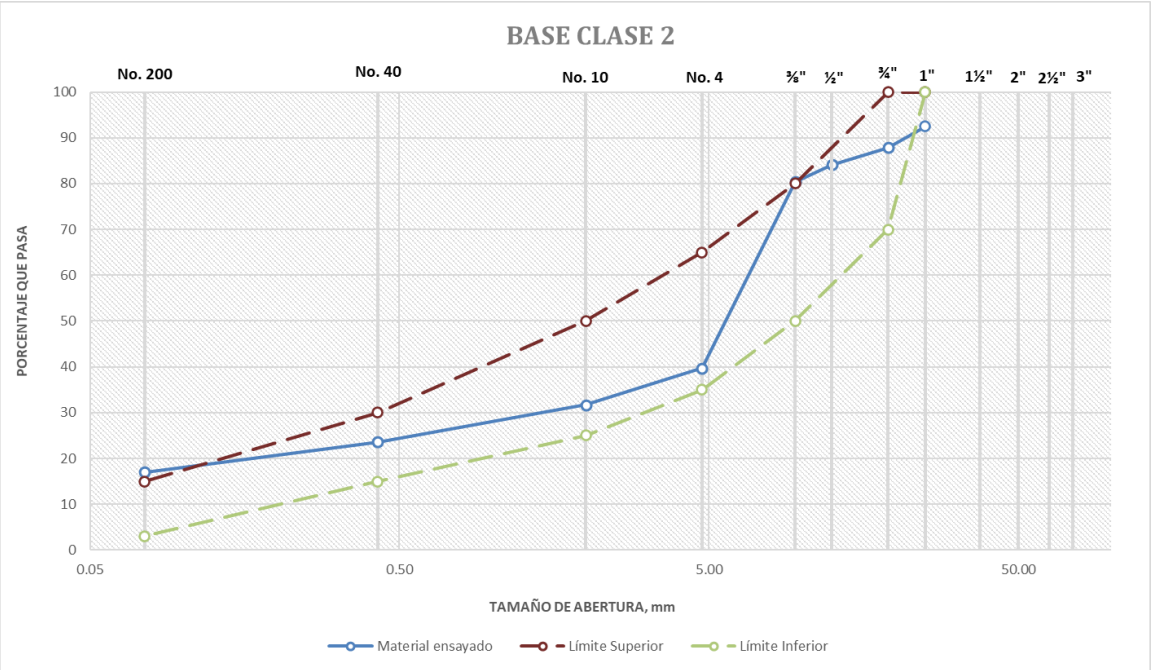


Tabla 4.4. Clasificación de Base clase 2, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS	SM
AAHSTO	A-4
Nombre Típico	Arena limosa con grava

4.1.3 BASE CLASE 3

Tabla 4.5. Granulometría Base clase 3, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

GRANULOMETRÍA						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA PARCIAL	MASA RETENIDA ACUMULADA	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	ESPECIFICACIÓN Tabla 404-1.3 Clase 3
3"	75.0	38	38	0.1	99.9	---
2 ½"	63.0	42	80	0.3	99.7	---
2"	50.0	101	181	0.7	99.3	---
1 ½"	37.5	987	1168	4.6	95.4	---
1"	25.0	1385	2553	10.0	90.0	---
3/4"	19.0	1498	4051	15.9	84.1	**100**
1/2"	12.5	1284	5335	21.0	79.0	---
3/8"	9.50	1301	6636	26.1	73.9	---
No.4	4.75	4125	10761	42.3	57.7	**45 - 80**
No.10	2.00	2935	13696	53.9	46.1	**30 - 60**
No.40	0.425	5873	19569	77.0	23.0	**20 - 35**
No.200	0.075	3509	23078	90.8	9.2	**3 - 15**
P A S A No 200		2341	2341			
SUMA:		**25419**	**25419**			

Figura 4.3. Granulometría Base clase 3, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

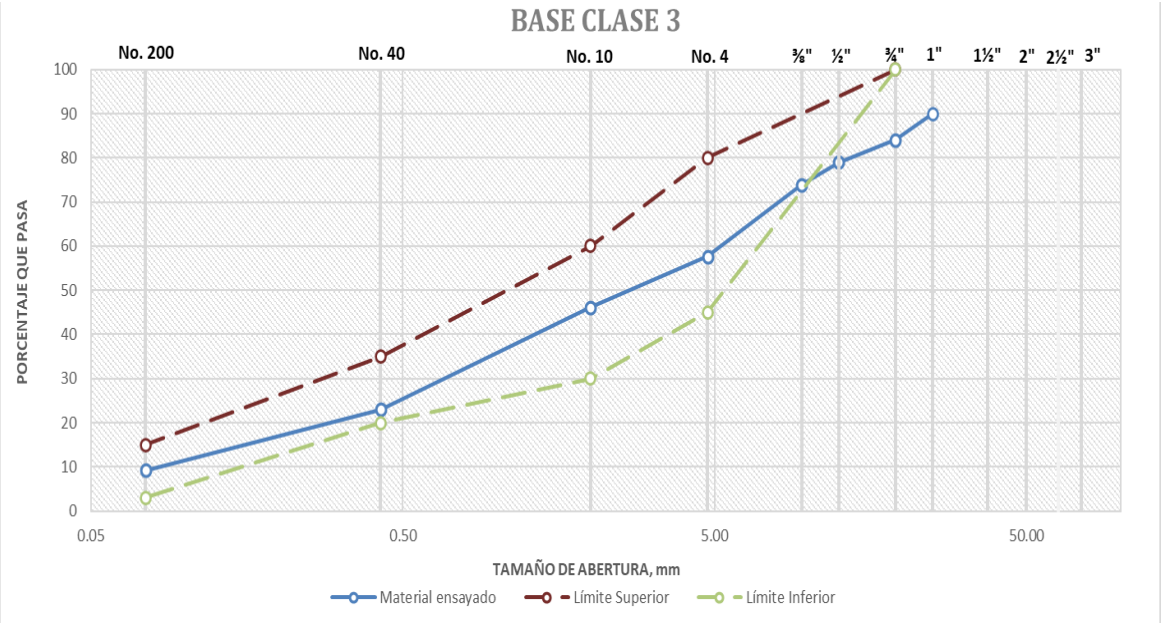


Tabla 4.6. Clasificación de Base clase 3, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS	SM
AAHSTO	A-4
Nombre Típico	Arena limosa con grava

4.1.4 BASE CLASE 4

Tabla 4.7. Granulometría Base clase 4, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA PARCIAL	MASA RETENIDA ACUMULADA	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	ESPECIFICACIÓN Tabla 404-1.4 Clase 4
3"	75.0	501	501	1.8	98.2	---
2 ½"	63.0	397	898	3.2	96.8	---
2"	50.0	1145	2043	7.4	92.6	**100**
1 ½"	37.5	1398	3441	12.4	87.6	---
1"	25.0	1701	5142	18.5	81.5	**60 - 90**
3/4"	19.0	1205	6347	22.8	77.2	---
1/2"	12.5	1587	7934	28.6	71.4	---
3/8"	9.50	1397	9331	33.6	66.4	---
No.4	4.75	4562	13893	50.0	50.0	**20 - 50**
No.10	2.00	7101	20994	75.5	24.5	---
No.40	0.425	4337	25331	91.2	8.8	---
No.200	0.075	2453	27783	100.0	0.0	**0 - 15**
P A S A No 200		5	5			
SUMA:		**27788**	**27788**			

Figura 4.4. Granulometría Base clase 4, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".



Tabla 4.8. Clasificación de Base clase 4, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS	GW - GM
AAHSTO	A - 1 - b
Nombre Típico	Grava bien graduada con limo y arena

4.1.5 SUBBASE CLASE 1

Tabla 4.9. Granulometría Subbase clase 1, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

GRANULOMETRÍA						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA PARCIAL	MASA RETENIDA ACUMULADA	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	ESPECIFICACIÓN Tabla 403-1.1 Clase 1
3"	75.0	0	0	0.0	100.0	---
2 ½"	63.0	0	0	0.0	100.0	---
2"	50.0	60	60	0.2	99.8	---
1 ½"	37.5	120	180	0.6	99.4	**100**
1"	25.0	2510	2690	8.7	91.3	---
3/4"	19.0	1380	4070	13.2	86.8	---
1/2"	12.5	2980	7050	22.9	77.1	---
3/8"	9.50	1750	8800	28.6	71.4	---
No.4	4.75	7850	16650	54.1	45.9	**30 - 70**
No.10	2.00	3412	20062	65.2	34.8	---
No.40	0.425	6115	26177	85.1	14.9	**10 - 35**
No.200	0.075	4500	30677	99.7	0.3	**0 - 15**
P A S A No 200		93	93			
SUMA:		**30770**	**30770**			

Figura 4.5. Granulometría Subbase clase 1, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

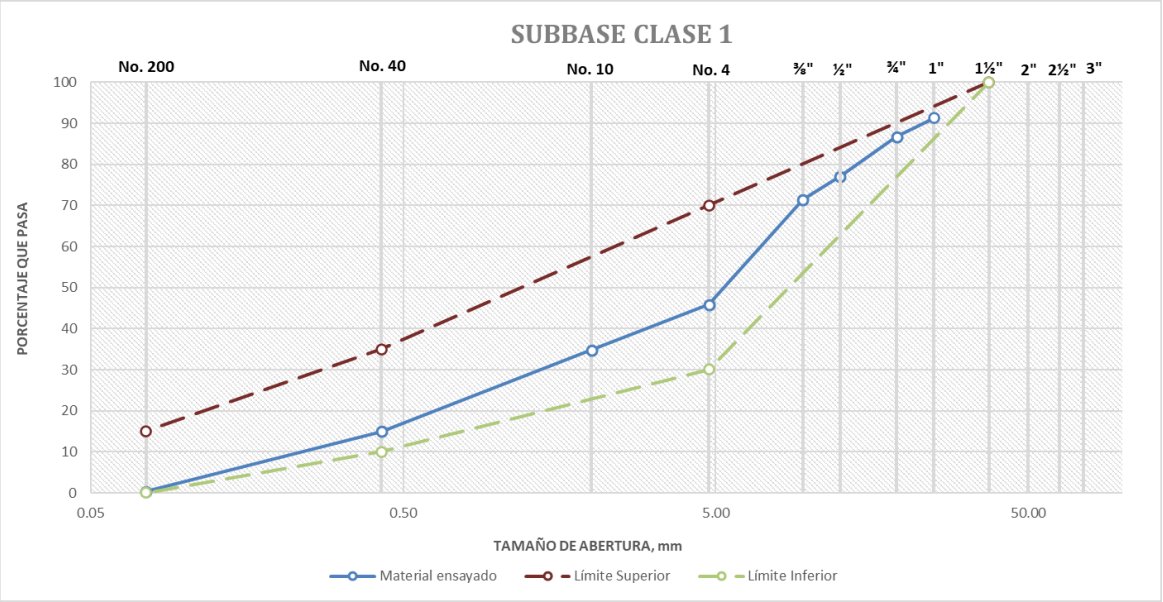


Tabla 4.10. Clasificación de Sub Base Clase 1, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS	SM
AAHSTO	A - 2 - 4
Nombre Típico	Arena limosa

4.1.6 SUBBASE CLASE 2

Tabla 4.11. Granulometría Subbase clase 2, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA PARCIAL	MASA RETENIDA ACUMULADA	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	ESPECIFICACIÓN Tabla 404-1.2 Clase 2
3"	75.0	0	0	0.0	100.0	---
2 ½"	63.0	0	0	0.0	100.0	---
2"	50.0	110	110	0.4	99.6	---
1 ½"	37.5	590	700	2.4	97.6	---
1"	25.0	1410	2110	7.2	92.8	**100**
3/4"	19.0	1330	3440	11.8	88.2	**70 - 100**
1/2"	12.5	1520	4960	17.0	83.0	---
3/8"	9.50	2840	7800	26.7	73.3	**50 - 80**
No.4	4.75	9210	17010	58.2	41.8	**35 - 65**
No.10	2.00	1957	18967	64.8	35.2	**25 - 50**
No.40	0.425	6639	25607	87.5	12.5	**15 - 30**
No.200	0.075	3614	29221	99.9	0.1	**3 - 15**
P A S A No 200		29	29			
SUMA:		**29250**	**29250**			

Figura 4.6. Granulometría Subbase clase 2, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

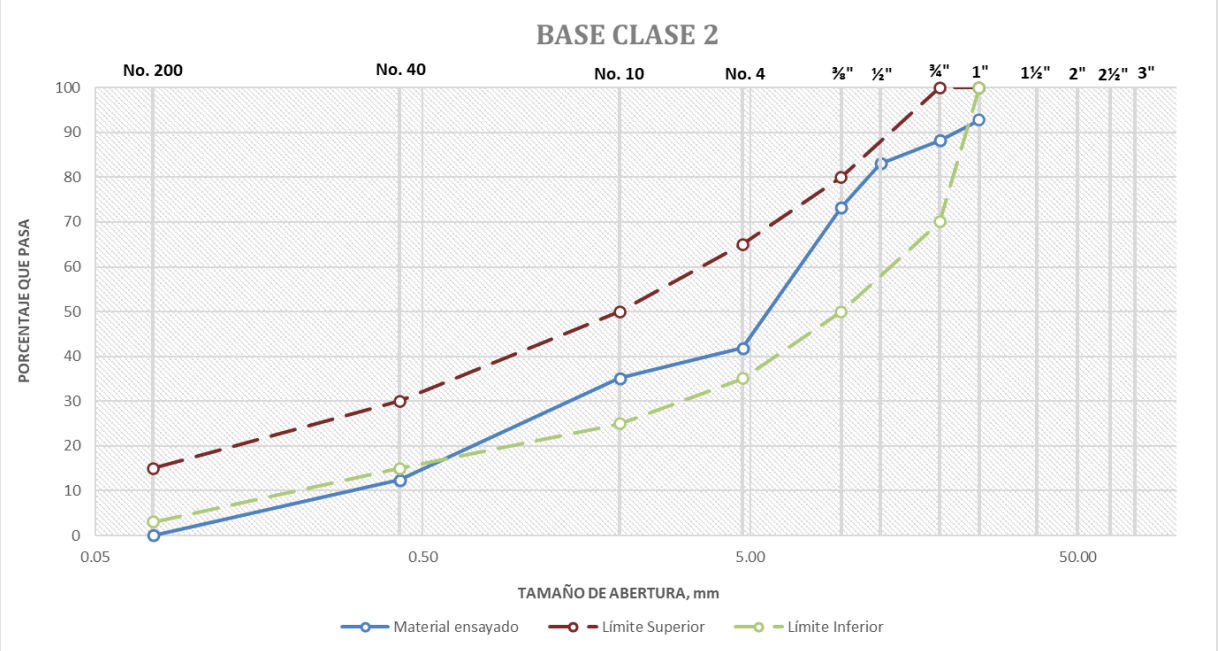


Tabla 4.12. Clasificación de Sub Base Clase 2, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS	SW - SM
AAHSTO	A - 1 - b
Nombre Típico	Arena limosa con grava

4.1.7 SUB BASE CLASE 3

Tabla 4.13. Granulometría Subbase clase 3, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

GRANULOMETRÍA						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA PARCIAL	MASA RETENIDA ACUMULADA	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	ESPECIFICACIÓN Tabla 403-1.1 Clase 3
3"	75.0	0	0	0.0	100.0	**100**
2 ½"	63.0	0	0	0.0	100.0	**---**
2"	50.0	80	80	0.3	99.7	**---**
1 ½"	37.5	410	490	2.0	98.0	**---**
1"	25.0	2950	3440	13.8	86.2	**---**
3/4"	19.0	1380	4820	19.4	80.6	**---**
1/2"	12.5	2010	6830	27.4	72.6	**---**
3/8"	9.50	1270	8100	32.5	67.5	**---**
No.4	4.75	3950	12050	48.4	51.6	**30 - 70**
No.10	2.00	2499	14549	58.5	41.5	**---**
No.40	0.425	4968	19517	78.4	21.6	**---**
No.200	0.075	5329	24846	99.8	0.2	**0 - 20**
P A S A No 200		44	44			
SUMA:		**24890**	**24890**			

Figura 4.7. Granulometría Subbase clase 3, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

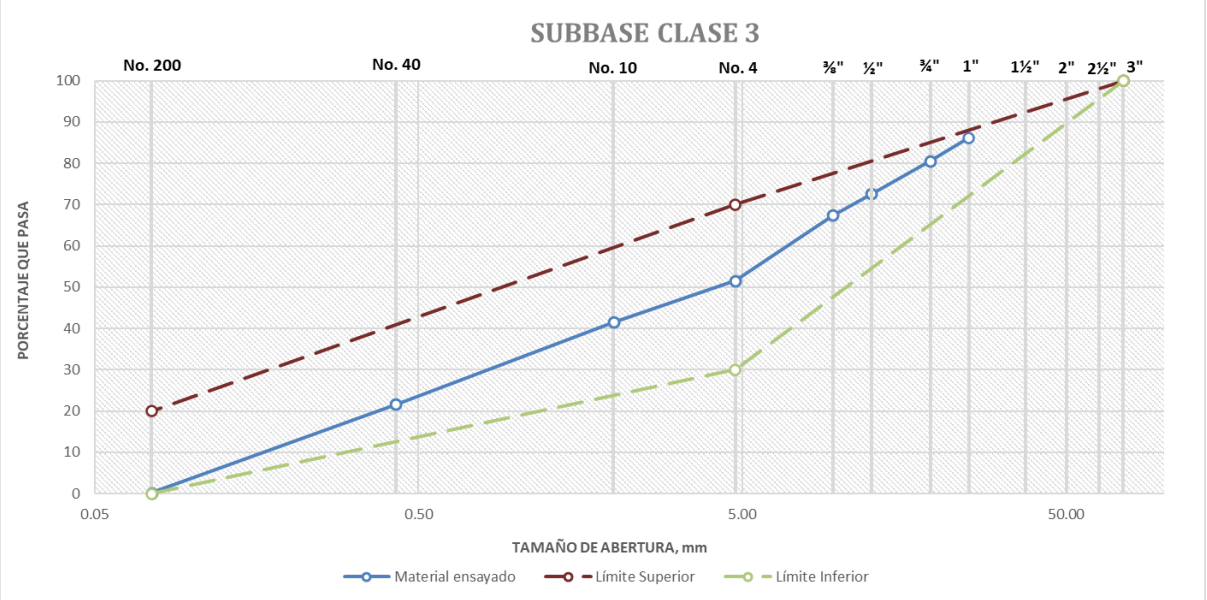


Tabla 4.14. Clasificación de Sub Base Clase 3, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS	SM
AAHSTO	A - 1 - b
Nombre Típico	Arena limosa con grava

4.2 GRAVEDAD ESPECÍFICA.

4.2.1 AGREGADOS FINOS.

Tabla 4.15. Gravedad específica y absorción del agregado fino, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

Gravedad específica seca **Gravedad específica saturada con superficie seca** **Gravedad específica aparente**		
MASA DEL MATRAZ	154.80	gr
MASA DEL MATRAZ + AGUA	654.80	gr
MASA CONJUNTO MATRAZ, AGUA Y MUESTRA	963.21	gr
MASA DE MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	500.00	gr
MASA DE LA MUESTRA SECA	482.87	gr
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA	2.52	
GRAVEDAD ESPECIFICA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	2.61	
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE	2.77	
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	3.55	%

4.2.2 AGREGADO GRUESO

Tabla 4.16. Gravedad específica y absorción del agregado Grueso, Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

Gravedad específica seca =A / (B - C) **Gravedad específica saturada con superficie seca =** B / (B - C) **Gravedad específica aparente =** A / (A - C)		
MASA DE LA MUESTRA SECA	3219.00	gr
MASA DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	3279.00	gr
MASA APARENTE DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	2015.00	gr
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA	2.61	
GRAVEDAD ESPECIFICA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	2.67	
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE	2.77	
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	1.86	%

4.3 CONTENIDO ORGÁNICO

Tabla 4.17. Contenido orgánico en el agregado de la Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

Identificación de la Muestra	Base/Subbase
N° en Escala de Gardner	2
Descripción	Se observa que esta el color N° 2 lo que debe interpretarse que la arena puede ser utilizada para concreto o morteros.

4.4 DETERMINACIÓN DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS FRIABLES (DESMENUZABLES) EN LOS AGREGADOS.

Tabla 4.18. Resultados Terrones de Arcilla - de la Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

Identificación de Muestra				Base - Subbase				
Número del Tamiz				Masa de las fracciones antes del ensayo (B) (gr.)	Masa de las fracciones después del ensayo (A) (gr.)	% Retenido Parcial	% Desgaste Arcilla	% Parcial
Pasa		Retiene						
pulg.	mm.	pulg.	mm.					
AGREGADO GRUESO								
2 1/2 "	64	2 "	50,8	-	-	-	-	-
2 "	50,8	1 1/2 "	38,1	-	-	-	-	-
1 1/2 "	38,1	1 "	25,4	2500.00	4985.00	99,7	0,5	0,5
1 "	25,4	3/4 "	19	2500.00				
3/4 "	19	1/2 "	12,7	1000.00	1995.00	99,8	0,5	0,5
1/2 "	12,7	3/8 "	9,51	1000.00				
3/8 "	9,51	N° 4	4,76	1000.00	996,6	99,7	0,3	0,3
N° 4	4,76			-	-	-	-	-
% Total Terrones - Agregado Grueso (%)								1,3
AGREGADO FINO								
N° 4	4,76	N° 8	2,38	200.00	197,5	98,8	1,3	1,1
N° 8	2,38	N° 16	1,19					
N° 16	1,19	N° 30	0,595	-	-	-	-	-
N° 30	0,595	N° 50	0,297	-	-	-	-	-
N° 50	0,297			-	-	-	-	-
% Total Terrones - Agregado Fino (%)								1,1

4.5 DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS A LA ACCIÓN DE LOS SULFATOS (SULFATO DE SODIO Y DE MAGNESIO)

4.5.1 PORCENTAJE DE DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO A LA ACCIÓN DE SULFATOS

Tabla 4.19. Porcentaje de desgaste del agregado grueso a la acción de sulfatos de la Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

ÁRIDO GRUESO							
FRACCION N°	N° DEL TAMIZ		% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	MASA DE LAS FRACCIONES DESPUES DEL ENSAYO	% QUE PASA DESPUES DEL ENSAYO	% DE DESGASTE PARCIAL
	PASA	RETIENE					
1	1 1/2"	1"	2.28	817.00	811.30	0.70	0.02
2	1"	3/4"	26.89	500.20	491.40	1.76	0.47
3	3/4"	1/2"	39.20	670.80	655.10	2.34	0.92
4	1/2"	3/8"	16.30	331.20	318.70	3.77	0.62
5	3/8"	N° 4	15.33	300.40	287.40	4.33	0.66
PORCENTAJE DE DESGASTE TOTAL							2.69

4.5.2 PORCENTAJE DE DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO A LA ACCIÓN DE SULFATOS

Tabla 4.20. Porcentaje de desgaste del agregado fino a la acción de sulfatos de la Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

ÁRIDO FINO							
FRACCION N°	N° DEL TAMIZ PASA	N° DEL TAMIZ RETIENE	% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	MASA DE LAS FRACCIONES DESPUES DEL ENSAYO	% QUE PASA DESPUES DEL ENSAYO	% DE DESGASTE PARCIAL
1	N° 4	N° 8	28.35	100.00	94.80	5.20	1.47
2	N° 8	N° 16	21.93	100.00	94.00	6.00	1.32
3	N° 16	N° 30	12.38	100.00	94.70	5.30	0.66
4	N° 30	N° 50	7.92	100.00	93.90	6.10	0.48
PORCENTAJE DE DESGASTE TOTAL							3.93

4.6 EQUIVALENTE DE ARENA

Tabla 4.21. Equivalente de arena para bases y subbases de la Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

Tipo	Lectura A (Arcilla)	Lectura B (Arcilla)	% Equivalente	% Equivalente
Base	5.80	4.60	79.31	77.41
	4.90	3.70	75.51	
SubBase	5.50	3.70	67.27	73.83
	5.10	4.10	80.39	

4.7 DESGASTE A LA ABRASIÓN CON LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES

4.7.1 PORCENTAJE DE DESGASTE A LA ABRASIÓN DE BASE DE LA MINA MATERIALES PÉTREOS R/R (CANTERA RAMIREZ)".

Tabla 4.22. Desgaste a la abrasión de Base de la Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

Tipo	Masa Inicial de la Muestra	Masa Retenida en el Tamiz N°20 despues del ensayo (gr)	Masa que pasa por el Tamiz N°20 despues del Ensayo (gr)	% de Desgaste
Base	5001	3837	1164	23

4.7.2 PORCENTAJE DE DESGASTE A LA ABRASIÓN DE SUBBASE DE LA MINA MATERIALES PÉTREOS R/R (CANTERA RAMIREZ)".

Tabla 4.23. Desgaste a la abrasión de Subbase de la Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

Tipo	Masa Inicial de la Muestra	Masa Retenida en el Tamiz N°20 despues del ensayo (gr)	Masa que pasa por el Tamiz N°20 despues del Ensayo (gr)	% de Desgaste
Subbase	5008	3512	1496	30

4.8 LÍMITES DE ATTERBERG

Tabla 4.24. Límites de Atterberg para Base y Sub Base de la Mina Materiales Pétreos R/R (Cantera Ramirez)".

Identificacion de Muestra	Base	Sub Base
Límite Liquido (LL)	NP	NP
Límite Plástico (LP)	NP	NP
Índice de Plasticidad (ID)	NP	NP

4.9 CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) CURVA DE COMPACTACIÓN DE BASE CLASE 1 MINA "MATERIALES PÉTREOS R&R (CANTERA RAMÍREZ)"

4.9.1 PROCTOR MODIFICADO

4.9.1.1 BASE CLASE 1

Tabla 4.25. Resultados obtenidos para Base Clase 1 Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)",

PRUEBA N°	1		2		3		4	
Peso molde + suelo húmedo, g	11,924		12,098		12,165		12,122	
Peso molde, g	7,647		7,647		7,647		7,647	
Peso suelo húmedo, g	4,277		4,451		4,518		4,475	
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.025		2.108		2.139		2.119	
Peso cápsula, g	33.54	22.51	48.21	45.98	22.38	43.25	47.85	49.14
Peso cap. + suelo húmedo, g	125.58	107.91	127.21	116.21	106.99	157.85	164.23	142.45
Peso cap. + suelo seco, g	122.55	104.87	122.98	112.41	100.85	149.67	153.58	133.44
Contenido de Humedad, %	3.40	3.69	5.66	5.72	7.82	7.69	10.07	10.69
HUMEDAD PROMEDIO, %	3.55		5.69		7.76		10.38	
DENSIDAD SECA, g/cm³	1.956		1.994		1.985		1.920	

Figura 4.8. Curva de Compactación de Base Clase 1 Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

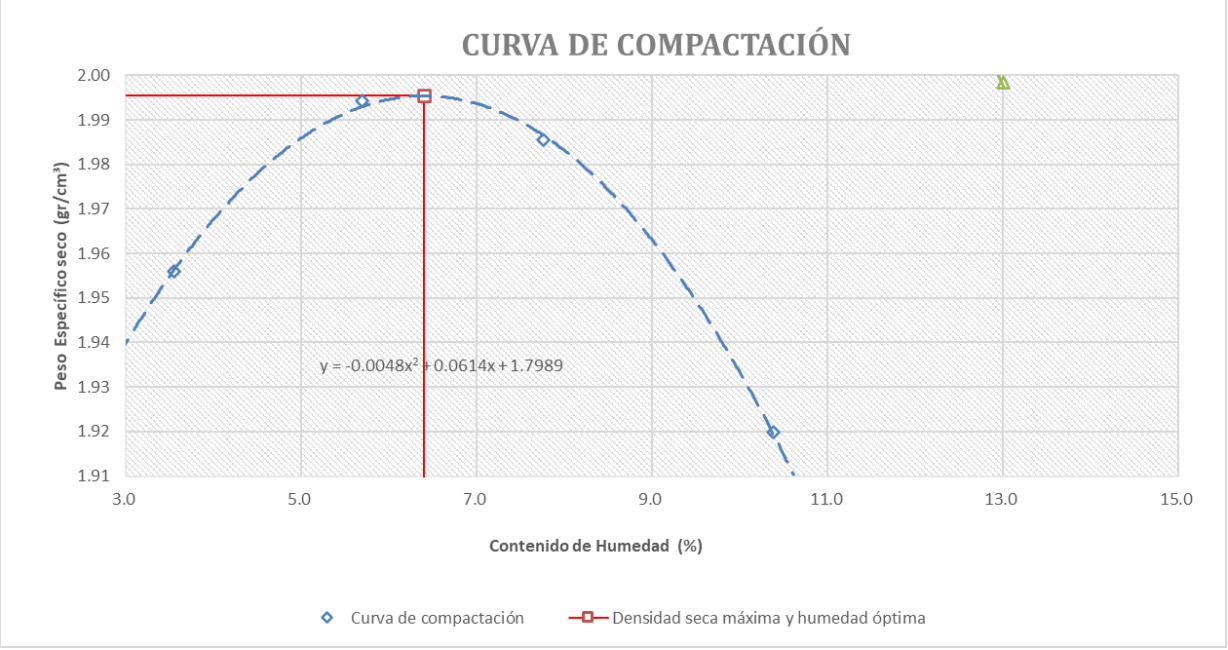


Tabla 4.26. Densidad seca Máxima y Humedad Optima de Base Clase 1 Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Densidad seca máxima	% Humedad Óptima
1.995 g/cm³	6.40

4.9.1.2 BASE CLASE 2

Tabla 4.27. Resultados obtenidos para Base Clase 2 Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)",

PRUEBA N°	1		2		3		4	
Peso molde + suelo húmedo, g	11,938		12,145		12,187		12,014	
Peso molde, g	7,647		7,647		7,647		7,647	
Peso suelo húmedo, g	4,291		4,498		4,540		4,367	
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.032		2.130		2.150		2.068	
Peso cápsula, g	22.40	32.42	22.47	33.33	22.79	34.00	33.55	22.63
Peso cap. + suelo húmedo, g	151.97	171.14	126.45	154.65	137.98	170.71	122.56	127.76
Peso cap. + suelo seco, g	146.98	164.56	120.32	146.56	128.87	160.00	114.10	118.11
Contenido de Humedad, %	4.01	4.98	6.26	7.14	8.59	8.50	10.50	10.11
HUMEDAD PROMEDIO, %	4.49		6.70		8.54		10.30	
DENSIDAD SECA, g/cm³	1.945		1.996		1.981		1.875	

Figura 4.9. Curva de Compactación de Base Clase 2 Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)",

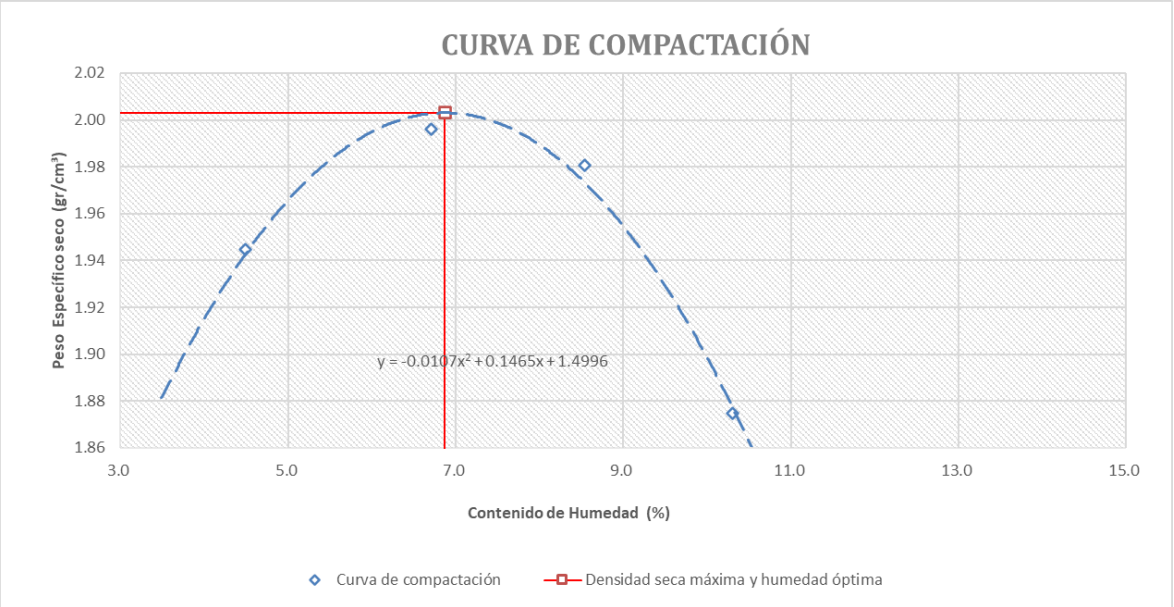


Tabla 4.28. Densidad seca Máxima y Humedad Optima de Base Clase 2 Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Densidad seca máxima	% Humedad Óptima
2.003 g/cm³	6.87

4.9.1.3 BASE CLASE 3

Tabla 4.29. Resultados obtenidos para Base Clase 3 Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

PRUEBA N°	1		2		3		4	
Peso molde + suelo húmedo, g	11,844		12,035		12,079		12,001	
Peso molde, g	7,647		7,647		7,647		7,647	
Peso suelo húmedo, g	4,197		4,388		4,432		4,354	
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	1.987		2.078		2.099		2.062	
Peso cápsula, g	49.72	33.74	32.95	22.89	32.41	33.47	34.07	22.66
Peso cap. + suelo húmedo, g	136.77	162.93	166.07	114.40	125.93	142.51	132.15	109.35
Peso cap. + suelo seco, g	133.55	157.91	157.61	108.60	118.01	133.01	122.01	100.56
Contenido de Humedad, %	3.84	4.04	6.79	6.77	9.25	9.54	11.53	11.28
HUMEDAD PROMEDIO, %	3.94		6.78		9.40		11.41	
DENSIDAD SECA, g/cm³	1.912		1.946		1.918		1.851	

Figura 4.10. Curva de Compactación de Base Clase 3 Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

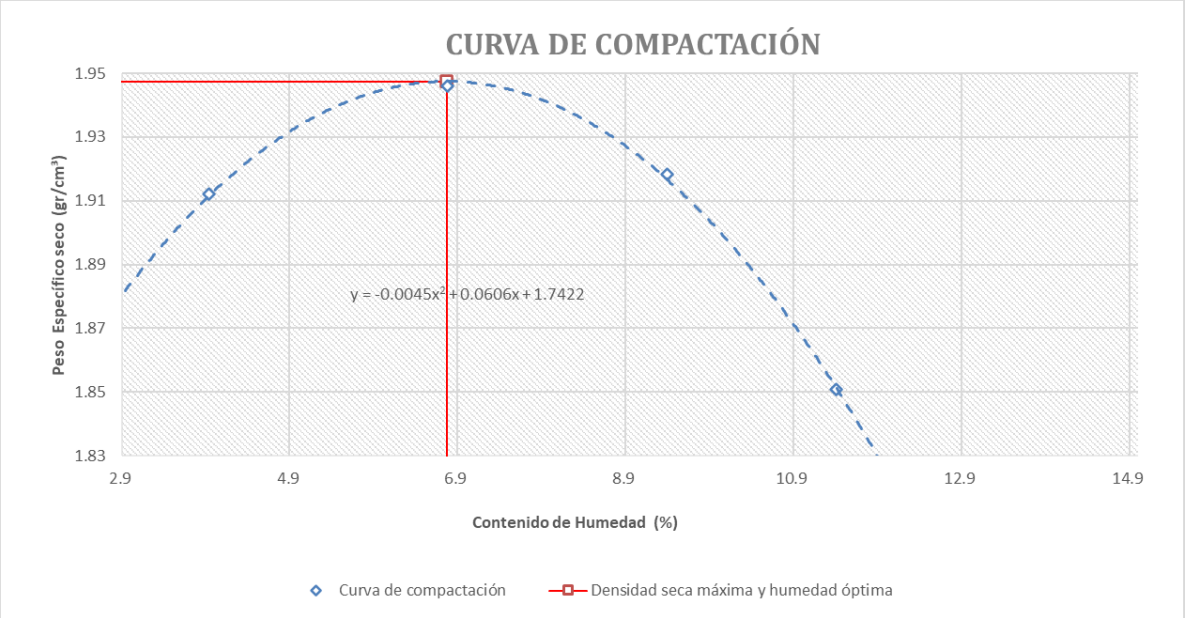


Tabla 4.30. Densidad seca Máxima y Humedad Optima de Base Clase 3 Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Densidad seca máxima	% Humedad Óptima
1.947 g/cm³	6.77

4.9.1.4 BASE CLASE 4

Tabla 4.31. Resultados obtenidos para Base Clase 4 Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

PRUEBA N°	1		2		3		4	
Peso molde + suelo húmedo, g	11,946		12,098		12,201		12,197	
Peso molde, g	7,647		7,647		7,647		7,647	
Peso suelo húmedo, g	4,299		4,451		4,554		4,550	
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.036		2.108		2.156		2.155	
Peso cápsula, g	22.55	33.71	32.95	22.89	32.41	33.47	34.07	22.66
Peso cap. + suelo húmedo, g	110.76	127.84	164.25	187.25	114.78	139.45	164.89	151.87
Peso cap. + suelo seco, g	106.89	123.78	155.87	177.08	107.97	131.09	152.11	139.97
Contenido de Humedad, %	4.59	4.51	6.82	6.60	9.01	8.56	10.83	10.14
HUMEDAD PROMEDIO, %	4.55		6.71		8.79		10.49	
DENSIDAD SECA, g/cm³	1.947		1.975		1.982		1.950	

Figura 4.11.Curva de Compactación de Base Clase 4 Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

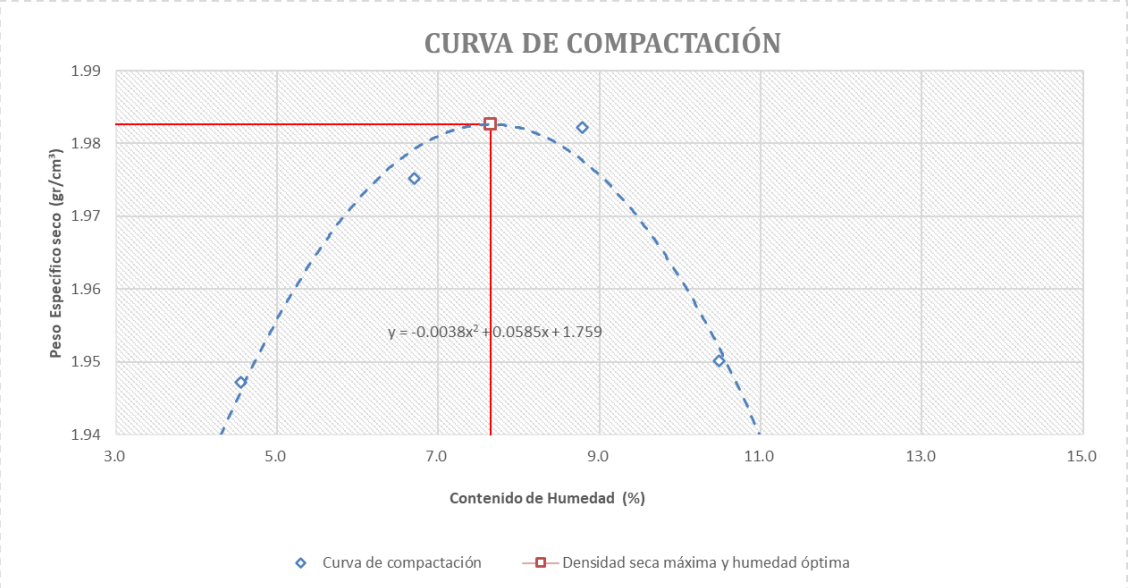


Tabla 4.32. Densidad seca Máxima y Humedad Optima de Base Clase 4 Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Densidad seca máxima	% Humedad Óptima
1.983 g/cm³	7.65

4.9.1.5 SUB BASE CLASE 1

Tabla 4.33. Resultados obtenidos para Sub Base Clase 1 Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)",

PRUEBA N°	1		2		3		4	
Peso molde + suelo húmedo, g	11,918		12,110		12,198		12,100	
Peso molde, g	7,647		7,647		7,647		7,647	
Peso suelo húmedo, g	4,271		4,463		4,551		4,453	
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.022		2.113		2.155		2.109	
Peso cápsula, g	22.55	33.71	32.95	22.89	32.44	33.47	34.07	22.66
Peso cap. + suelo húmedo, g	110.78	127.87	163.18	187.10	114.78	139.48	164.59	151.71
Peso cap. + suelo seco, g	107.56	124.54	155.58	177.21	107.65	130.12	151.01	138.21
Contenido de Humedad, %	3.79	3.67	6.20	6.41	9.48	9.68	11.61	11.68
HUMEDAD PROMEDIO, %	3.73		6.30		9.58		11.65	
DENSIDAD SECA, g/cm³	1.950		1.988		1.967		1.889	

Figura 4.12. Curva de Compactación de Sub Base Clase 1 Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

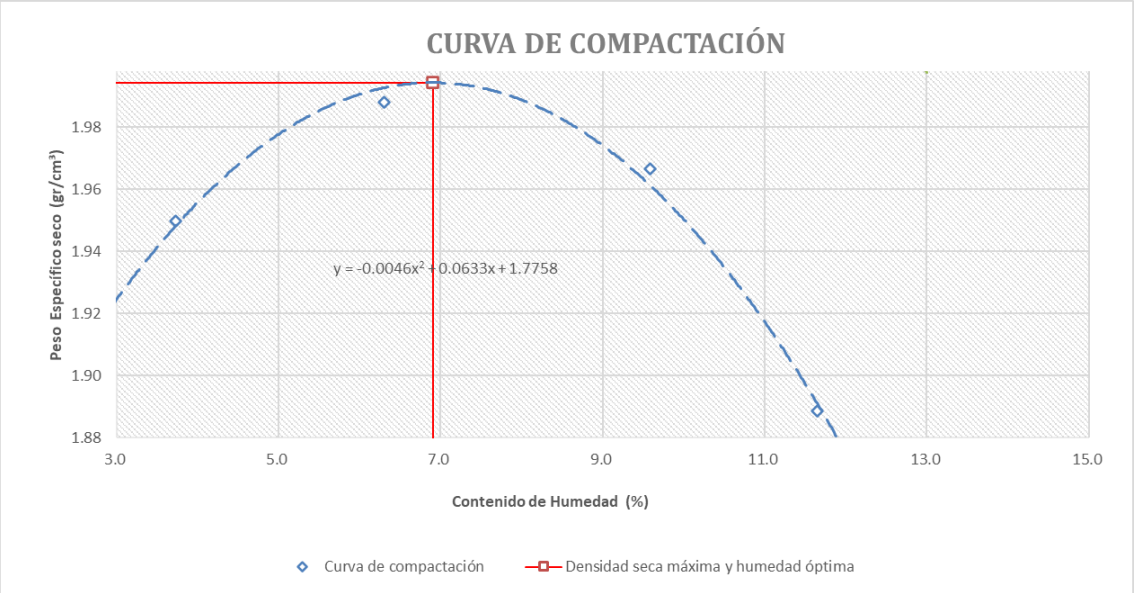


Tabla 4.34. Densidad seca Máxima y Humedad Optima de Sub Base Clase 1 Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Densidad seca máxima	% Humedad Óptima
1.994 g/cm³	6.90

4.9.1.6 SUB BASE CLASE 2

Tabla 4.35. Resultados obtenidos para Sub Base Clase 2 Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

PRUEBA N°	1		2		3		4	
Peso molde + suelo húmedo, g	11,980		12,105		12,192		12,175	
Peso molde, g	7,647		7,647		7,647		7,647	
Peso suelo húmedo, g	4,333		4,458		4,545		4,528	
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.052		2.111		2.152		2.144	
Peso cápsula, g	34.07	49.72	47.74	22.89	48.77	46.64	48.34	29.10
Peso cap. + suelo húmedo, g	190.86	201.58	175.52	167.81	165.04	176.49	135.68	151.38
Peso cap. + suelo seco, g	184.27	194.63	167.71	159.68	156.10	166.02	127.16	139.60
Contenido de Humedad, %	4.39	4.80	6.51	5.94	8.33	8.77	10.81	10.66
HUMEDAD PROMEDIO, %	4.59		6.23		8.55		10.74	
DENSIDAD SECA, g/cm³	1.962		1.987		1.983		1.936	

Figura 4.13. Curva de Compactación de Sub Base Clase 2 Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

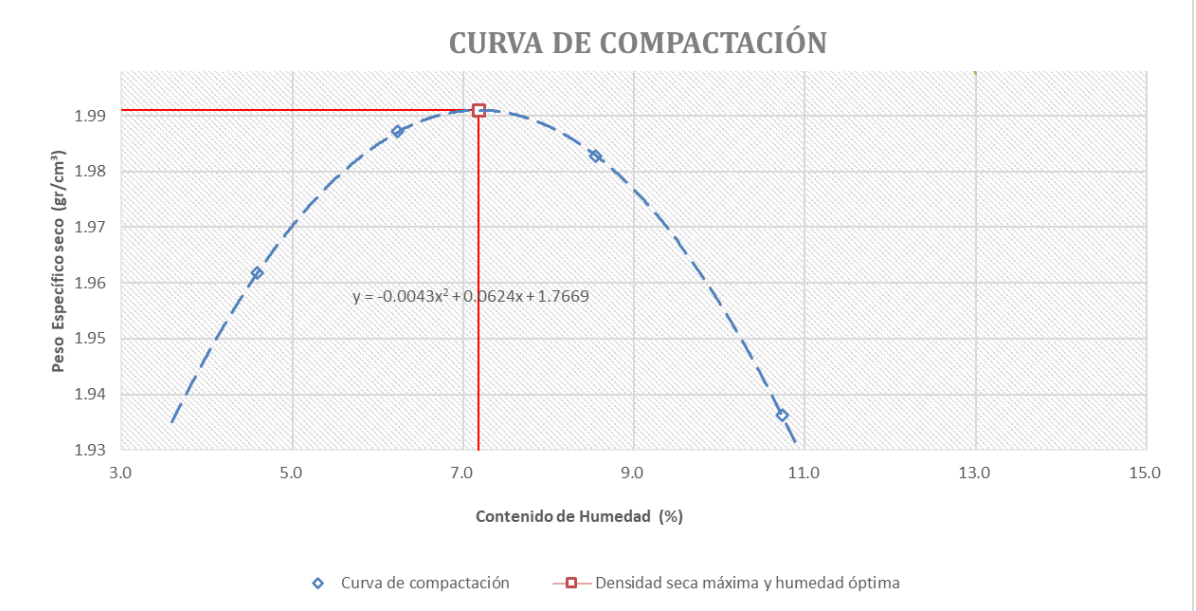


Tabla 4.36. Densidad seca Máxima y Humedad Optima de Sub Base Clase 2 Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Densidad seca máxima	% Humedad Óptima
1.991 g/cm³	7.18

4.9.1.7 SUB BASE CLASE 3

Tabla 4.37. Resultados obtenidos para Sub Base Clase 3 Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

PRUEBA N°	1		2		3		4	
Peso molde + suelo húmedo, g	11,910		12,056		12,122		12,100	
Peso molde, g	7,647		7,647		7,647		7,647	
Peso suelo húmedo, g	4,263		4,409		4,475		4,453	
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.019		2.088		2.119		2.109	
Peso cápsula, g	33.74	32.95	22.41	22.51	22.48	22.66	43.71	49.34
Peso cap. + suelo húmedo, g	125.02	163.17	179.63	172.29	127.98	145.98	120.98	184.87
Peso cap. + suelo seco, g	121.05	157.05	168.25	161.58	118.03	134.25	111.26	169.11
Contenido de Humedad, %	4.55	4.93	7.80	7.70	10.41	10.51	14.39	13.16
HUMEDAD PROMEDIO, %	4.74		7.75		10.46		13.77	
DENSIDAD SECA, g/cm³	1.927		1.938		1.918		1.853	

Figura 4.14. Curva de Compactación de Sub Base Clase 2 Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

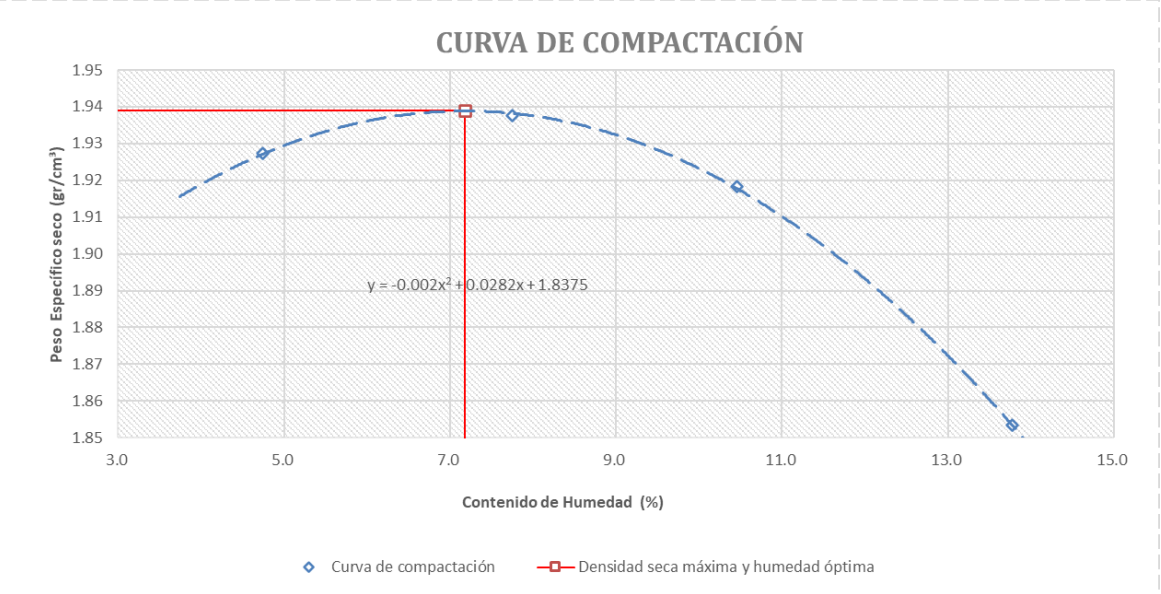


Tabla 4.38. Densidad seca Máxima y Humedad Optima de Sub Base Clase 3 Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Densidad seca máxima	% Humedad Óptima
1.939 g/cm³	7.18

4.9.2 C.B.R. (CALIFORNIA BEARING RATIO %)

4.9.2.1 BASE CLASE 1

Tabla 4.39. Resultados obtenidos en el Proceso de Saturación - Base Clase 1A – Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

MOLDES N°	Z21	Z29	Z6
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	10
Peso molde + suelo húmedo (gr.)	12,614	10,725	10,510
Peso molde (gr.)	8,051	6,265	6,240
Peso suelo húmedo (gr.)	4,563	4,460	4,270
Volumen del molde (cm³)	2,124	2,124	2,124
Densidad húmeda (gr/cm³)	2,149	2,100	2,010

Tabla 4.40. Contenidos de Humedad al moldear – Base Clase 1A - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	99.21	130.14	151.98	122.87	148.58	137.01
Peso cap. + suelo seco (gr.)	94.58	125.25	143.62	115.12	140.55	129.88
Peso cápsula (gr.)	32.69	50.46	33.19	22.88	33.57	33.29
Contenido de Humedad (%)	7.48	6.54	7.57	8.40	7.51	7.38
Humedad promedio (%)	7.01		7.99		7.44	
Densidad seca (gr/cm³)	2,008		1,945		1,871	

Tabla 4.41. Contenidos de Humedad luego de Saturación – Base Clase 1A - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	151.97	171.44	199.25	170.11	168.42	138.01
Peso cap. + suelo seco (gr.)	142.21	161.45	184.88	157.13	154.16	128.11
Peso cápsula (gr.)	33.74	33.33	33.44	22.33	23.16	22.94
Contenido de Humedad (%)	9.00	7.80	9.49	9.63	10.89	9.41
Humedad promedio (%)	8.40		9.56		10.15	

Tabla 4.42. Porcentaje de agua Absorbida luego de Saturación – Base Clase 1A - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Peso molde + suelo húmedo (gr.)	12,654	10,801	10,682
Agua absorbida (gr.)	40	76	172
Agua absorbida (%)	0.88	1.70	4.03

Tabla 4.43. Resultados de Esponjamiento - Base Clase 1A - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

MOLDES N°	Z21		Z29		Z6	
Tiempo (dias)	LECTURA DIAL	%	LECTURA DIAL	%	LECTURA DIAL	%
0	0.00	------	0.00	------	0.00	------
3	0.00	0.00	3.00	0.07	2.00	0.04
4	0.00	0.00	3.00	0.07	2.00	0.04
5	0.00	0.00	3.00	0.07	2.00	0.04
6	0.00	0.00	3.00	0.07	2.00	0.04

Tabla 4.44. Resultados de Penetración – Base Clase 1A - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

MOLDES N°	Z21			Z29			Z6		
Penetración	56 Golpes			25 Golpes			10 Golpes		
	DIAL	Presión	Presión corregida	DIAL	Presión	Presión corregida	DIAL	Presión	Presión corregida
(pulgadas)		lb/plg²	lb/plg²		lb/plg²	lb/plg²		lb/plg²	lb/plg²
0.00	0.00	0.00	----	0.00	0.00	-----	0.00	0.00	----
0.03	184.00	69.39	----	134.00	50.53	-----	106.00	39.97	----
0.05	414.00	156.12	----	312.00	117.66	-----	260.00	98.05	----
0.08	637.00	240.21	----	493.00	185.91	-----	428.00	161.40	----
0.10	890.00	335.62	390.00	667.00	251.53	280.00	559.00	210.80	250.00
0.20	1854.00	699.14	740.00	1494.00	563.39	650.00	1204.00	454.03	500.00
0.30	2690.00	1,014.40	----	2376.00	895.99	-----	1986.00	748.92	----
0.40	3341.00	1,259.89	----	3014.00	1,136.58	-----	2576.00	971.41	----
0.50	3991.00	1,505.01	----	3585.00	1,351.90	-----	3046.00	1,148.65	----

Figura 4.15.Curva Esfuerzo vs. Deformación - Base Clase 1A - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

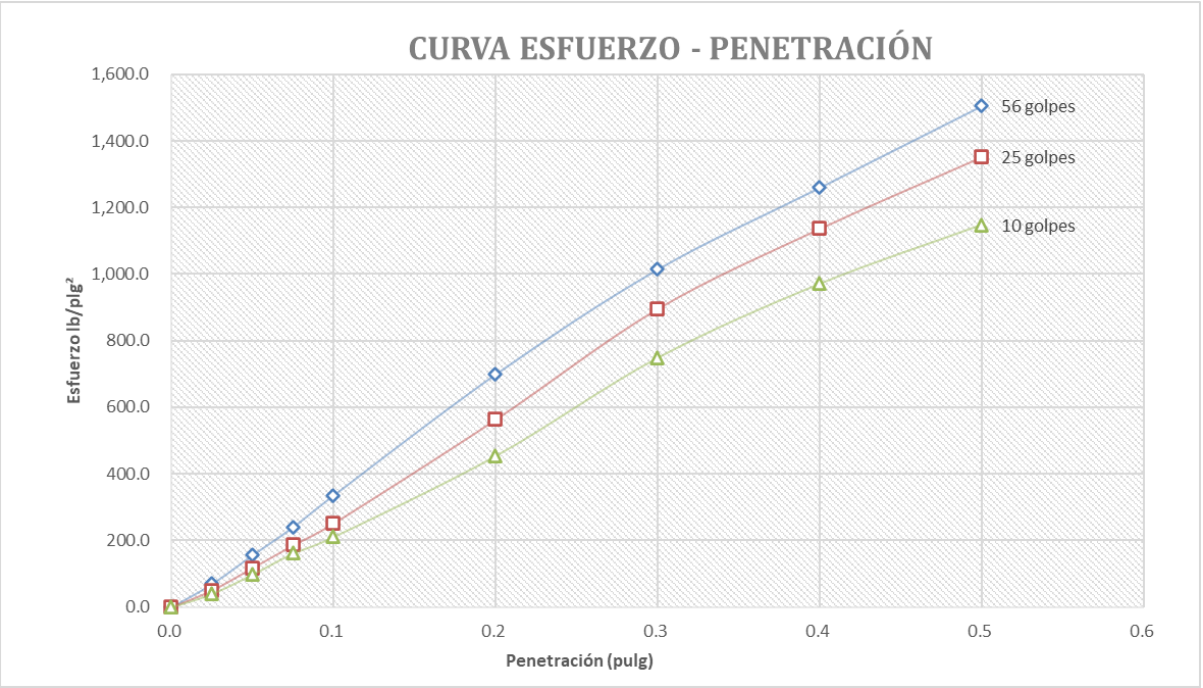
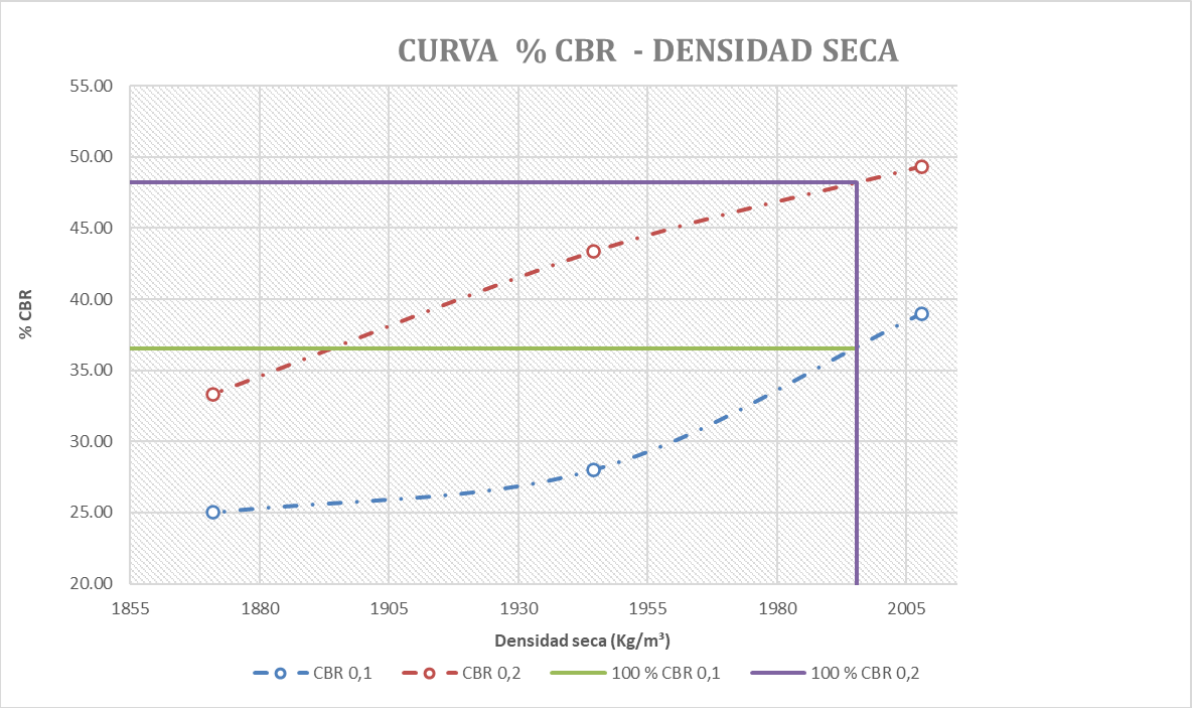


Tabla 4.45. Resultados Finales %CBR – Base Clase 1A - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Presión lb/plg²	Valor CBR 0.1"	Presión lb/plg²	Valor CBR 0.2"
390.00	39.00	740.00	49.33
280.00	28.00	650.00	43.33
250.00	25.00	500.00	33.33
CBR (100% γseco max.) =	36.50	CBR (100% γseco max.) =	48.20

Figura 4.16. %CBR vs. Densidad Seca – Base Clase 1A - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"



4.9.2.2 BASE CLASE 2

Tabla 4.46. Resultados obtenidos en el Proceso de Saturación - Base Clase 2 – Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

MOLDES N°	Z3	Z17	Z19
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	10
Peso molde + suelo húmedo (gr.)	11,585	10,431	10,361
Peso molde (gr.)	6,942	6,077	6,148
Peso suelo húmedo (gr.)	4,643	4,354	4,213
Volumen del molde (cm^3)	2,124	2,124	2,132
Densidad húmeda (gr/cm^3)	2,186	2,050	1,976

Tabla 4.47. Contenidos de Humedad al moldear – Base Clase 2 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	133.17	162.60	154.83	127.83	150.62	158.28
Peso cap. + suelo seco (gr.)	125.28	153.18	145.22	119.30	142.39	149.88
Peso cápsula (gr.)	33.42	48.66	33.07	22.58	49.64	49.44
Contenido de Humedad (%)	8.59	9.01	8.57	8.82	8.87	8.36
Humedad promedio (%)	8.80		8.69		8.62	
Densidad seca (gr/cm^3)	2,010		1,886		1,819	

Tabla 4.48. Contenidos de Humedad luego de Saturación – Base Clase 2 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	142.01	146.01	113.71	138.01	180.82	165.87
Peso cap. + suelo seco (gr.)	133.98	136.00	105.12	127.12	166.56	152.72
Peso cápsula (gr.)	49.55	34.01	22.36	22.56	33.56	35.85
Contenido de Humedad (%)	9.51	9.81	10.38	10.42	10.72	11.25
Humedad promedio (%)	9.66		10.40		10.99	

Tabla 4.49. Porcentaje de agua Absorbida luego de Saturación – Base Clase 2 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Peso molde + suelo húmedo (gr.)	11,652	10,534	10,468
Agua absorbida (gr.)	67	103	107
Agua absorbida (%)	1.44	2.37	2.54

Tabla 4.50. Resultados de Esponjamiento - Base Clase 2 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

MOLDES N°	Z3		Z17		Z19	
Tiempo (dias)	LECTURA DIAL	%	LECTURA DIAL	%	LECTURA DIAL	%
0	0.00	------	0.00	------	0.00	------
1	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.02
2	1.00	0.02	2.00	0.04	2.00	0.04
3	1.00	0.02	2.00	0.04	2.00	0.04
4	1.00	0.02	2.00	0.04	3.00	0.07

Tabla 4.51. Resultados de Penetración – Base Clase 2 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

MOLDES N°	Z3			Z17			Z19		
Penetración	56 Golpes			25 Golpes			10 Golpes		
	DIAL	Presión	Presión corregida	DIAL	Presión	Presión corregida	DIAL	Presión	Presión corregida
(pulgadas)		lb/plg²	lb/plg²		lb/plg²	lb/plg²		lb/plg²	lb/plg²
0.00	0.00	0.00	----	0.00	0.00	-----	0.00	0.00	----
0.03	212.00	79.95	----	119.00	44.87	-----	106.00	39.97	----
0.05	408.00	153.86	----	277.00	104.46	-----	266.00	100.31	----
0.08	621.00	234.18	----	454.00	171.20	-----	436.00	164.42	----
0.10	869.00	327.70	380.00	644.00	242.85	278.00	568.00	214.19	261.00
0.20	1850.00	697.64	750.00	1382.00	521.15	576.00	1159.00	437.06	517.00
0.30	2890.00	1,089.82	----	2179.00	821.70	-----	1872.00	705.93	----
0.40	3718.00	1,402.06	----	2981.00	1,124.14	-----	2325.00	876.76	----
0.50	4521.00	1,704.87	----	3562.00	1,343.23	-----	2756.00	1,039.29	----

Figura 4.17. Curva Esfuerzo vs. Deformación - Base Clase 2 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

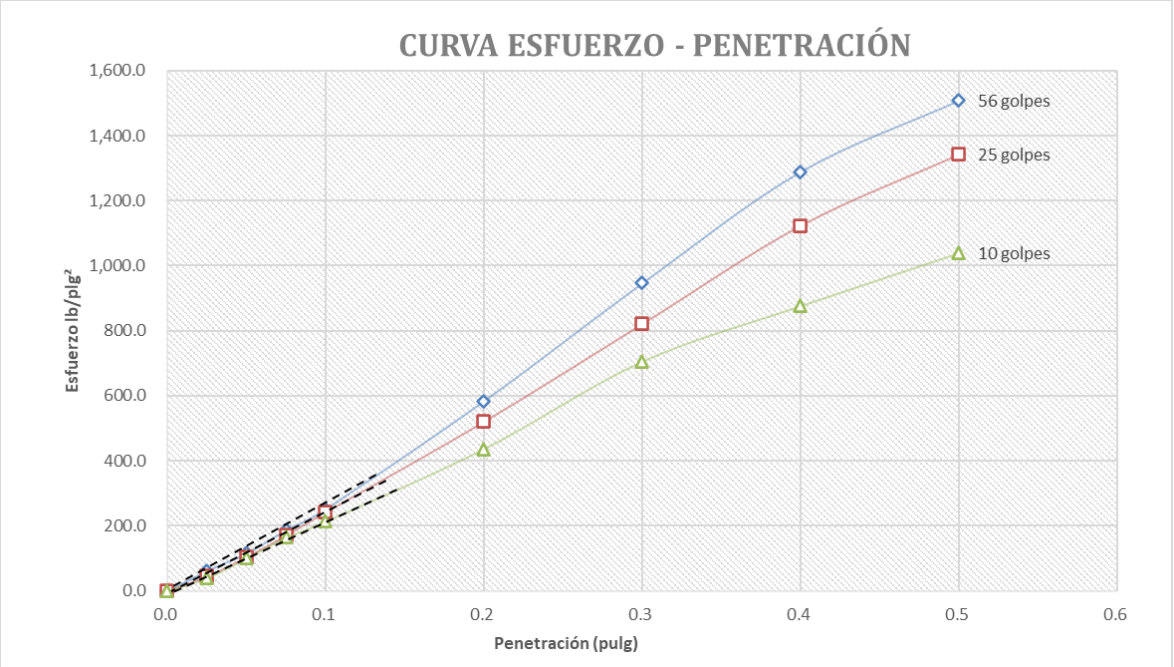
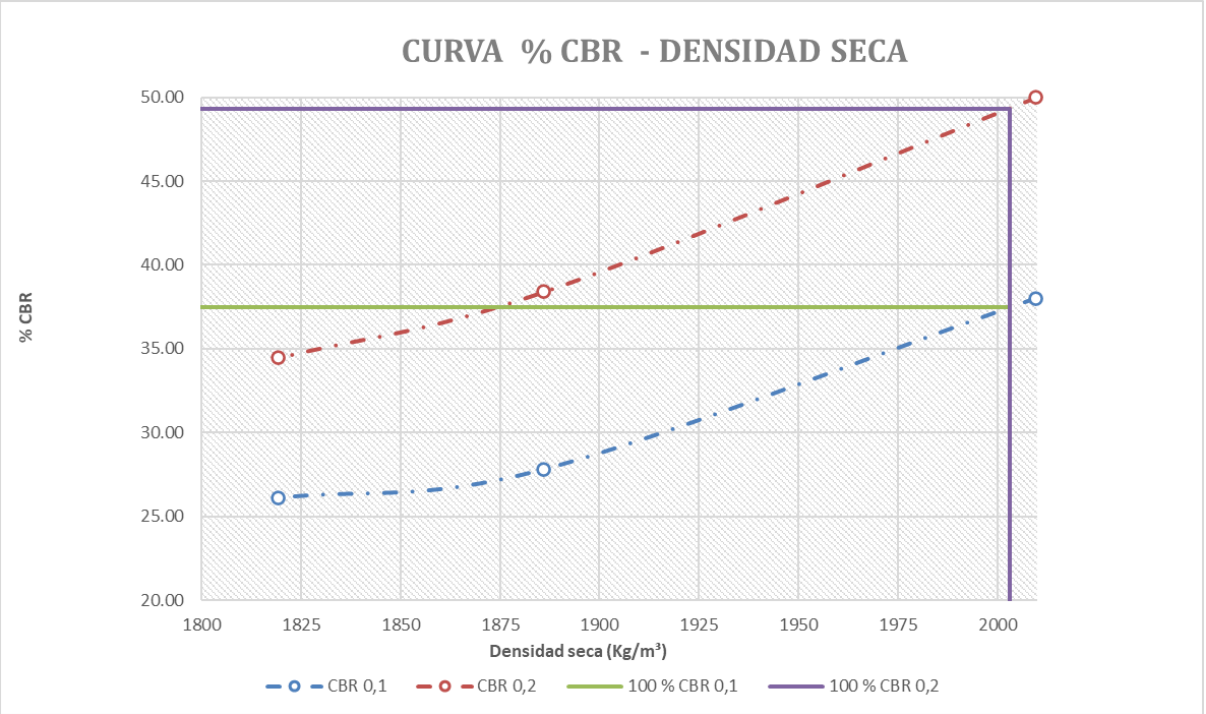


Tabla 4.52. Resultados Finales %CBR – Base Clase 2 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Presión lb/plg²	Valor CBR 0.1"	Presión lb/plg²	Valor CBR 0.2"
380.00	38.00	750.00	50.00
278.00	27.80	576.00	38.40
261.00	26.10	517.00	34.47
CBR (100% γseco max.) =	37.50	CBR (100% γseco max.) =	49.30

Figura 4.18. %CBR vs. Densidad Seca – Base Clase 2 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"



4.9.2.3 BASE CLASE 3

Tabla 4.53. Resultados obtenidos en el Proceso de Saturación - Base Clase 3 – Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

MOLDES N°	Z6	Z9	Z11
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	10
Peso molde + suelo húmedo (gr.)	11,497	10,430	10,170
Peso molde (gr.)	7,024	6,163	5,968
Peso suelo húmedo (gr.)	4,473	4,267	4,202
Volumen del molde (cm³)	2,124	2,124	2,132
Densidad húmeda (gr/cm³)	2,106	2,009	1,971

Tabla 4.54. Contenidos de Humedad al moldear – Base Clase 3 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	141.08	195.26	111.17	121.06	201.21	160.31
Peso cap. + suelo seco (gr.)	134.35	183.34	104.09	118.25	187.67	150.21
Peso cápsula (gr.)	50.43	33.44	32.34	49.41	33.09	33.33
Contenido de Humedad (%)	8.02	7.95	9.87	4.08	8.76	8.64
Humedad promedio (%)	7.99		6.97		8.70	
Densidad seca (gr/cm³)	1,951		1,878		1,813	

Tabla 4.55. Contenidos de Humedad luego de Saturación – Base Clase 3 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	173.16	132.20	154.43	174.51	141.25	176.34
Peso cap. + suelo seco (gr.)	162.56	122.81	143.01	162.15	129.35	160.11
Peso cápsula (gr.)	50.43	23.44	32.34	49.41	33.09	33.33
Contenido de Humedad (%)	9.45	9.45	10.32	10.96	12.36	12.80
Humedad promedio (%)	9.45		10.64		12.58	

Tabla 4.56. Porcentaje de agua Absorbida luego de Saturación – Base Clase 3 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Peso molde + suelo húmedo (gr.)	11,586	10,548	10,310
Agua absorbida (gr.)	89	118	140
Agua absorbida (%)	1.99	2.77	3.33

Tabla 4.57. Resultados de Esponjamiento - Base Clase 3 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Z6		Z9		Z11	
LECTURA DIAL	%	LECTURA DIAL	%	LECTURA DIAL	%
0.00	------	0.00	------	0.00	------
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.04
0.00	0.00	2.00	0.04	2.00	0.04
1.00	0.02	2.00	0.04	3.00	0.07

Tabla 4.58. Resultados de Penetración – Base Clase 3 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

MOLDES N°	Z6			Z9			Z11		
Penetración	56 Golpes			25 Golpes			10 Golpes		
	DIAL	Presión	Presión corregida	DIAL	Presión	Presión corregida	DIAL	Presión	Presión corregida
(pulgadas)		lb/plg²	lb/plg²		lb/plg²	lb/plg²		lb/plg²	lb/plg²
0.00	0.00	0.00	----	0.00	0.00	-----	0.00	0.00	----
0.03	154.00	58.07	----	128.00	48.27	-----	130.00	49.02	----
0.05	356.00	134.25	----	276.00	104.08	-----	266.00	100.31	----
0.08	596.00	224.75	----	468.00	176.48	-----	437.00	164.79	----
0.10	864.00	325.81	378.00	659.00	248.51	310.00	599.00	225.88	272.00
0.20	1718.00	647.86	700.00	1471.00	554.71	612.00	1310.00	494.00	552.00
0.30	2646.00	997.81	----	2329.00	878.27	-----	1996.00	752.69	----
0.40	3483.00	1,313.44	----	3046.00	1,148.65	-----	2528.00	953.31	----
0.50	4097.00	1,544.98	----	3618.00	1,364.35	-----	2950.00	1,112.45	----

Figura 4.19. Curva Esfuerzo vs. Deformación - Base Clase 3 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

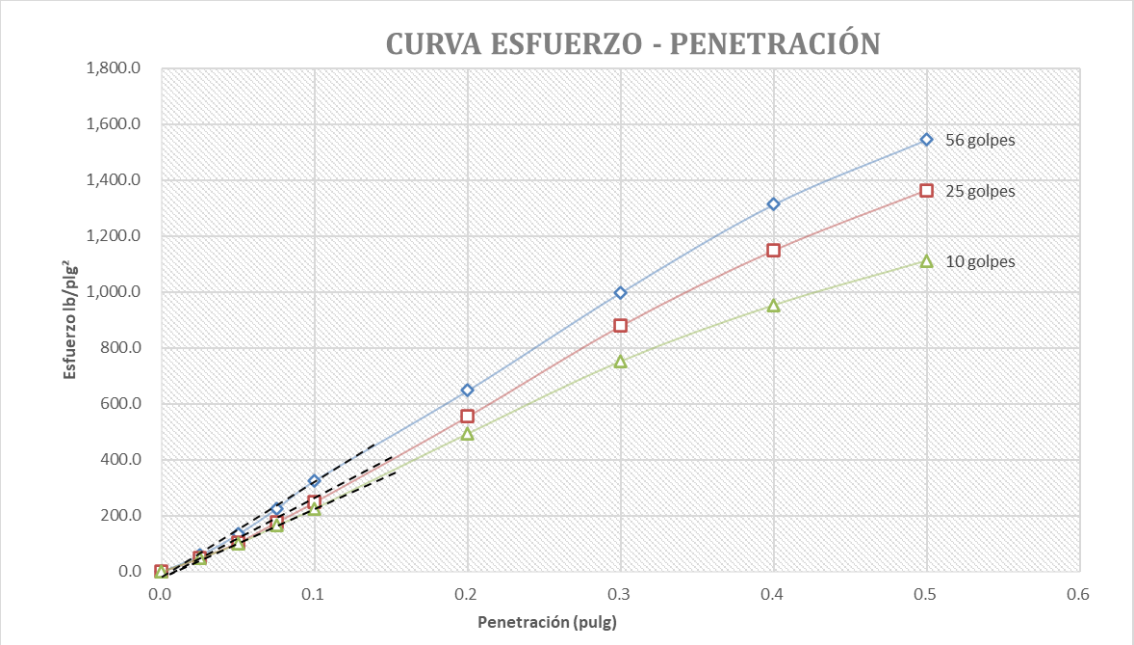
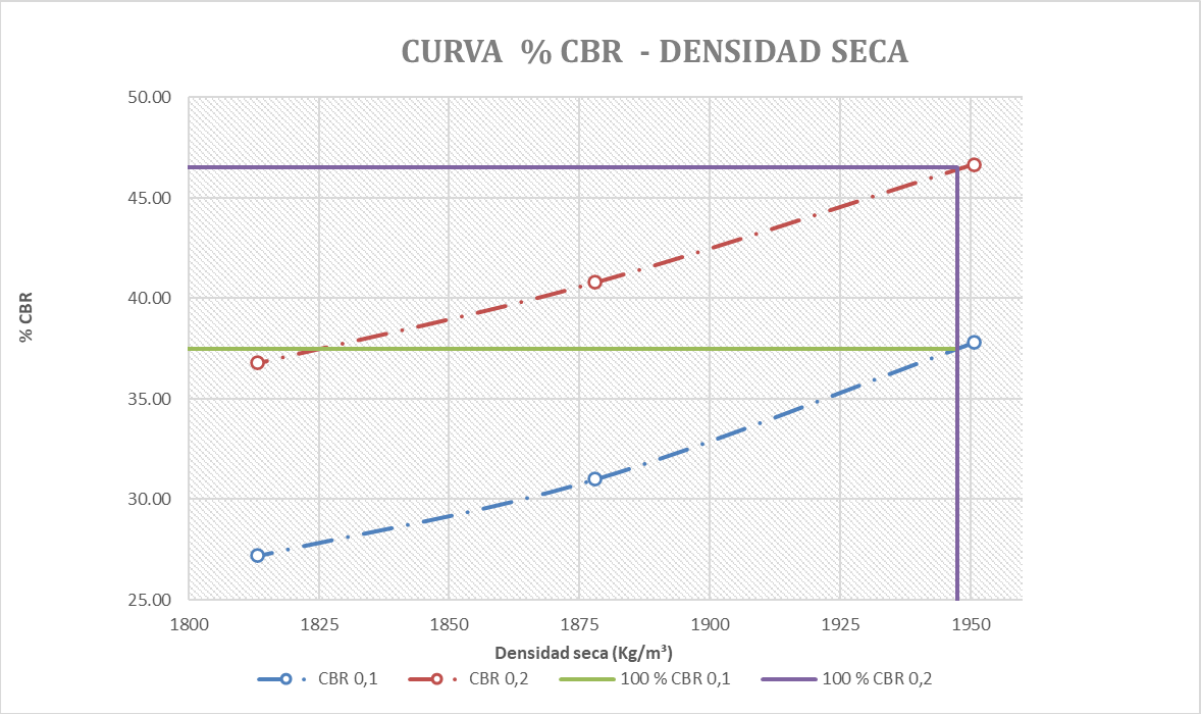


Tabla 4.59. Resultados Finales %CBR – Base Clase 3 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Presión lb/plg²	Valor CBR 0.1"	Presión lb/plg²	Valor CBR 0.2"
378.00	37.80	700.00	46.67
310.00	31.00	612.00	40.80
272.00	27.20	552.00	36.80
CBR (100% γseco max.) =	37.50	CBR (100% γseco max.) =	46.50

Figura 4.20. %CBR vs. Densidad Seca – Base Clase 3 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"



4.9.2.4 BASE CLASE 4

Tabla 4.60. Resultados obtenidos en el Proceso de Saturación - Base Clase 4 – Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

MOLDES N°	Z31	Z1	Z10
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	10
Peso molde + suelo húmedo (gr.)	10,865	10,740	10,072
Peso molde (gr.)	6,302	6,237	5,842
Peso suelo húmedo (gr.)	4,563	4,503	4,230
Volumen del molde (cm³)	2,124	2,124	2,132
Densidad húmeda (gr/cm³)	2,149	2,120	1,984

Tabla 4.61. Contenidos de Humedad al moldear – Base Clase 4 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	151.91	161.32	155.38	189.08	135.84	172.26
Peso cap. + suelo seco (gr.)	144.48	150.65	144.45	176.97	127.13	164.56
Peso cápsula (gr.)	33.42	33.79	33.66	23.11	33.33	32.88
Contenido de Humedad (%)	6.69	9.13	9.87	7.87	9.29	5.85
Humedad promedio (%)	7.91		8.87		7.57	
Densidad seca (gr/cm³)	1,991		1,947		1,845	

Tabla 4.62. Contenidos de Humedad luego de Saturación – Base Clase 4 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)",

Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	161.67	161.03	153.07	173.97	177.79	188.94
Peso cap. + suelo seco (gr.)	152.14	152.96	142.44	161.32	164.73	178.12
Peso cápsula (gr.)	34.41	48.69	22.35	33.34	33.25	49.42
Contenido de Humedad (%)	8.09	7.74	8.85	9.88	9.93	8.41
Humedad promedio (%)	7.92		9.37		9.17	

Tabla 4.63. Porcentaje de qgua Absorbida luego de Saturación – Base Clase 4 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Peso molde + suelo húmedo (gr.)	10,954	10,836	10,198
Agua absorbida (gr.)	89	96	126
Agua absorbida (%)	1.95	2.13	2.98

Tabla 4.64. Resultados de Esponjamiento - Base Clase 4 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

MOLDES N°	Z31		Z1		Z10	
Tiempo (dias)	LECTURA DIAL	%	LECTURA DIAL	%	LECTURA DIAL	%
0.00	0.00	------	0.00	------	0.00	------
1.00	1.00	0.02	0.00	0.00	2.00	0.04
2.00	1.00	0.02	2.00	0.04	3.00	0.07
3.00	1.00	0.02	2.00	0.04	4.00	0.09
4.00	2.00	0.04	3.00	0.07	4.00	0.09

Tabla 4.65. Resultados de Penetración – Base Clase 4 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

MOLDES N°	Z31			Z1			Z10		
Penetración	56 Golpes			25 Golpes			10 Golpes		
	DIAL	Presión	Presión corregida	DIAL	Presión	Presión corregida	DIAL	Presión	Presión corregida
(pulgadas)		lb/plg²	lb/plg²		lb/plg²	lb/plg²		lb/plg²	lb/plg²
0.00	0.00	0.00	----	0.00	0.00	-----	0.00	0.00	----
0.03	156.00	58.83	----	129.00	48.65	-----	96.00	36.20	----
0.05	350.00	131.99	----	245.00	92.39	-----	191.00	72.03	----
0.08	546.00	205.90	----	444.00	167.43	-----	328.00	123.69	----
0.10	765.00	288.48	340.00	638.00	240.59	308.00	487.00	183.65	250.00
0.20	1714.00	646.35	701.00	1513.00	570.55	638.00	1358.00	512.10	600.00
0.30	2636.00	994.04	----	2348.00	885.43	-----	2157.00	813.40	----
0.40	3425.00	1,291.57	----	3044.00	1,147.89	-----	2788.00	1,051.35	----
0.50	4059.00	1,530.65	----	3586.00	1,352.28	-----	3327.00	1,254.61	----

Figura 4.21. Curva Esfuerzo vs. Deformación - Base Clase 4 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

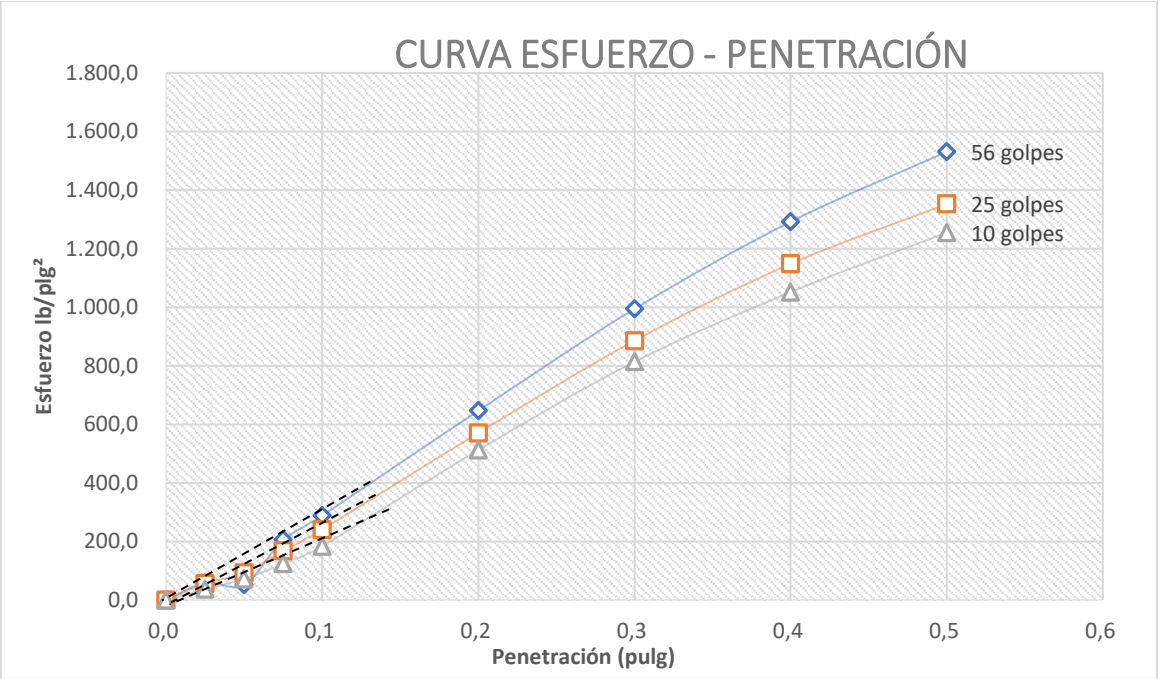
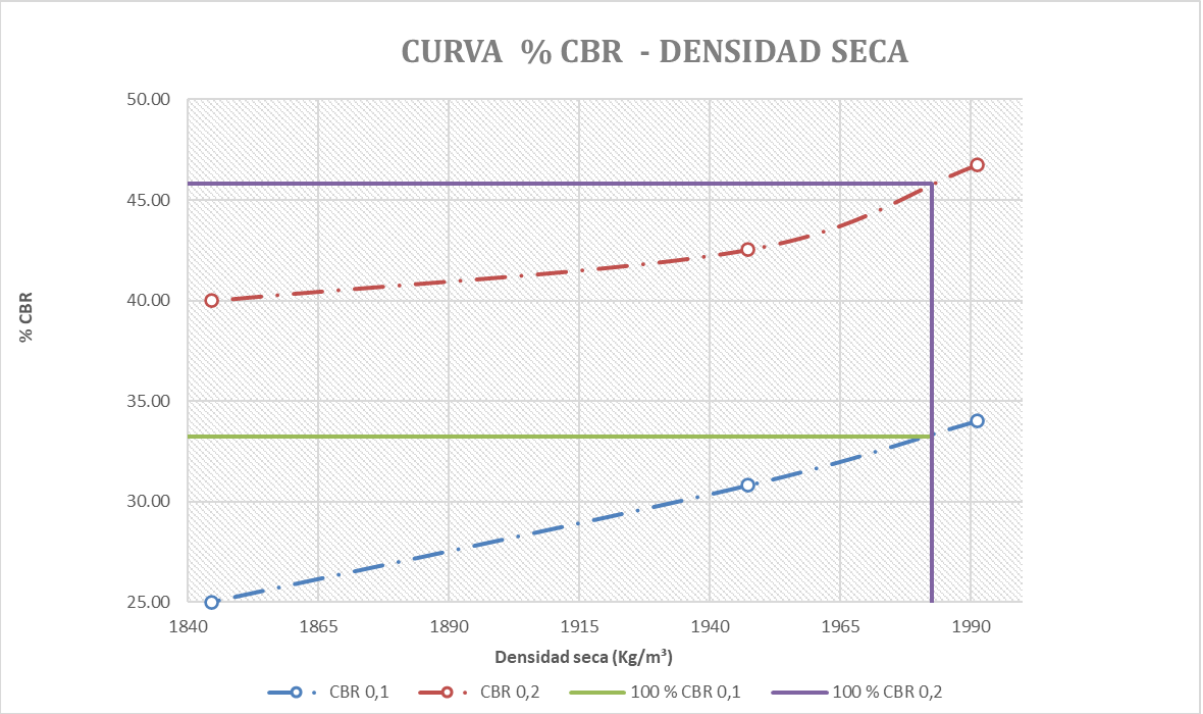


Tabla 4.66. Resultados Finales %CBR – Base Clase 4 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Presión lb/plg²	Valor CBR 0.1"	Presión lb/plg²	Valor CBR 0.2"
340.00	34.00	701.00	46.73
308.00	30.80	638.00	42.53
250.00	25.00	600.00	40.00
CBR (100% γseco max.) =	33.20	CBR (100% γseco max.) =	45.80

Figura 4.22. %CBR vs. Densidad Seca – Base Clase 4 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"



4.9.2.5 SUB BASE CLASE 1

Tabla 4.67. Resultados obtenidos en el Proceso de Saturación – Sub Base Clase 1 – Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

MOLDES N°	Z41	Z9	Z12
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	10
Peso molde + suelo húmedo (gr.)	10,538	10,461	11,354
Peso molde (gr.)	5,968	6,060	7,070
Peso suelo húmedo (gr.)	4,570	4,401	4,284
Volumen del molde (cm^3)	2,124	2,124	2,132
Densidad húmeda (gr/cm^3)	2,152	2,072	2,010

Tabla 4.68. Contenidos de Humedad al moldear – Sub Base Clase 1 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	99.85	109.98	89.53	110.85	96.85	136.56
Peso cap. + suelo seco (gr.)	95.56	105.02	85.89	105.12	92.75	129.87
Peso cápsula (gr.)	33.42	33.79	33.66	23.11	33.33	32.88
Contenido de Humedad (%)	6.90	6.96	6.97	6.99	6.90	6.90
Humedad promedio (%)	6.93		6.98		6.90	
Densidad seca (gr/cm^3)	2,013		1,937		1,880	

Tabla 4.69. Contenidos de Humedad luego de Saturación – Sub Base Clase 1 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	146.06	154.38	152.10	168.43	178.58	139.31
Peso cap. + suelo seco (gr.)	135.97	145.20	140.27	157.00	164.70	127.12
Peso cápsula (gr.)	33.75	49.78	33.04	49.43	49.78	22.37
Contenido de Humedad (%)	9.87	9.62	11.03	10.63	12.08	11.64
Humedad promedio (%)	9.75		10.83		11.86	

Tabla 4.70. Porcentaje de agua Absorbida luego de Saturación – Sub Base Clase 1 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Peso molde + suelo húmedo (gr.)	10,628	10,569	11,505
Agua absorbida (gr.)	90	108	151
Agua absorbida (%)	1.97	2.45	3.52

Tabla 4.71. Resultados de Esponjamiento - Sub Base Clase 1 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

MOLDES N°	Z41		Z9		Z12	
Tiempo (dias)	LECTURA DIAL	%	LECTURA DIAL	%	LECTURA DIAL	%
0	0.00	------	0.00	------	0.00	------
1	0.00	0.00	1.00	0.02	1.00	0.02
2	1.00	0.02	2.00	0.04	3.00	0.07
3	2.00	0.04	3.00	0.07	3.00	0.07
4	2.00	0.04	3.00	0.07	4.00	0.09

Tabla 4.72. Resultados de Penetración – Sub Base Clase 1 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

PENETRACIÓN									
MOLDES N°	Z41			Z9			Z12		
Penetración	56 Golpes			25 Golpes			10 Golpes		
	DIAL	Presión	Presión corregida	DIAL	Presión	Presión corregida	DIAL	Presión	Presión corregida
(pulgadas)		lb/plg²	lb/plg²		lb/plg²	lb/plg²		lb/plg²	lb/plg²
0.00	0.00	0.00	----	0.00	0.00	-----	0.00	0.00	----
0.03	140.00	52.79	----	115.00	43.37	-----	47.00	17.72	----
0.05	282.00	106.34	----	222.00	83.72	-----	118.00	44.50	----
0.08	465.00	175.35	----	372.00	140.28	-----	204.00	76.93	----
0.10	638.00	240.59	300.00	519.00	195.71	240.00	323.00	121.80	210.00
0.20	1445.00	544.91	638.00	1241.00	467.98	492.00	931.00	351.08	425.00
0.30	2308.00	870.35	----	1886.00	711.21	-----	1542.00	581.49	----
0.40	3082.00	1,162.22	----	2409.00	908.43	-----	1981.00	747.04	----
0.50	3690.00	1,391.50	----	2889.00	1,089.44	-----	2309.00	870.72	----

Figura 4.23. Curva Esfuerzo vs. Deformación – Sub Base Clase 1 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

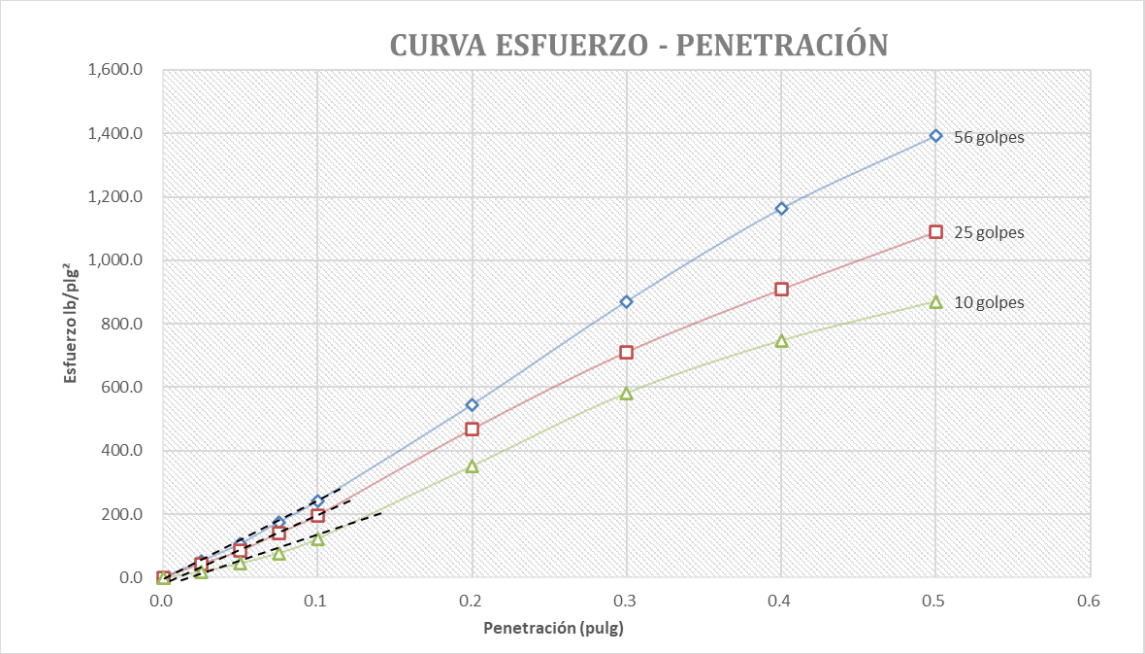
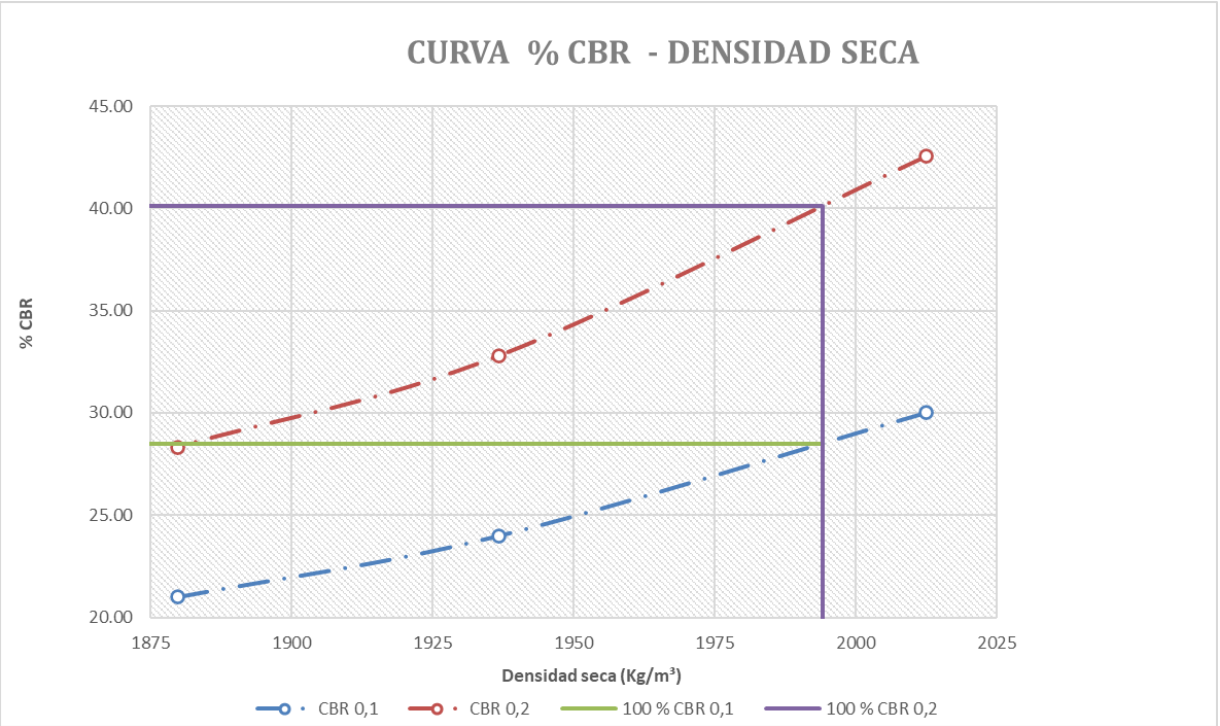


Tabla 4.73. Resultados Finales %CBR – Sub Base Clase 1 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Presión lb/plg²	Valor CBR 0.1"	Presión lb/plg²	Valor CBR 0.2"
300.00	30.00	638.00	42.53
240.00	24.00	492.00	32.80
210.00	21.00	425.00	28.33
CBR (100% γseco max.) =	28.50	CBR (100% γseco max.) =	40.10

Figura 4.24. Figura %CBR vs. Densidad Seca – Sub Base Clase 1 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"



4.9.2.6 SUB BASE CLASE 2

Tabla 4.74. Resultados obtenidos en el Proceso de Saturación – Sub Base Clase 2 – Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

MOLDES N°	Z19	Z27	Z7
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	10
Peso molde + suelo húmedo (gr.)	12,638	11,408	12,285
Peso molde (gr.)	8,072	7,025	8,066
Peso suelo húmedo (gr.)	4,566	4,383	4,219
Volumen del molde (cm^3)	2,124	2,124	2,124
Densidad húmeda (gr/cm^3)	2,150	2,064	1,986

Tabla 4.75. Contenidos de Humedad al moldear – Sub Base Clase 2 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	146.17	111.62	153.02	107.24	103.11	92.07
Peso cap. + suelo seco (gr.)	138.01	106.33	145.64	103.18	97.59	87.84
Peso cápsula (gr.)	32.39	33.75	49.80	49.39	23.07	33.32
Contenido de Humedad (%)	7.73	7.29	7.70	7.55	7.41	7.76
Humedad promedio (%)	7.51		7.62		7.58	
Densidad seca (gr/cm^3)	2,000		1,917		1,846	

Tabla 4.76. Contenidos de Humedad luego de Saturación – Sub Base Clase 2- Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	158.98	173.58	190.52	166.94	188.90	194.07
Peso cap. + suelo seco (gr.)	149.90	163.45	178.03	154.89	174.86	177.38
Peso cápsula (gr.)	44.64	49.35	50.39	32.68	48.73	33.46
Contenido de Humedad (%)	8.63	8.88	9.79	9.86	11.13	11.60
Humedad promedio (%)	8.75		9.82		11.36	

Tabla 4.77. Porcentaje de Agua Absorbida luego de Saturación – Sub Base Clase 2 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Peso molde + suelo húmedo (gr.)	12,685	11,488	12,405
Agua absorbida (gr.)	47	80	120
Agua absorbida (%)	1.03	1.83	2.84

Tabla 4.78. Resultados de Esponjamiento - Sub Base Clase 2 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

MOLDES N°	Z19		Z27		Z7	
Tiempo (dias)	LECTURA DIAL	%	LECTURA DIAL	%	LECTURA DIAL	%
0	0.00	------	0.00	------	0.00	------
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1.00	0.02	1.00	0.02	1.00	0.02
3	1.00	0.02	1.00	0.02	2.00	0.04
4	2.00	0.04	2.00	0.04	3.00	0.07

Tabla 4.79. Resultados de Penetración – Sub Base Clase 2 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

MOLDES N°	Z19			Z27			Z7		
Penetración	56 Golpes			25 Golpes			10 Golpes		
	DIAL	Presión	Presión corregida	DIAL	Presión	Presión corregida	DIAL	Presión	Presión corregida
(pulgadas)		lb/plg²	lb/plg²		lb/plg²	lb/plg²		lb/plg²	lb/plg²
0.00	0.00	0.00	----	0.00	0.00	-----	0.00	0.00	----
0.03	164.00	61.84	----	135.00	50.91	-----	65.00	24.51	----
0.05	323.00	121.80	----	245.00	92.39	-----	134.00	50.53	----
0.08	498.00	187.80	----	387.00	145.94	-----	222.00	83.72	----
0.10	698.00	263.22	325.00	545.00	205.52	300.00	345.00	130.10	270.00
0.20	1522.00	573.95	640.00	1284.00	484.20	580.00	1094.00	412.55	535.00
0.30	2356.00	888.45	----	1964.00	740.62	-----	1695.00	639.18	----
0.40	3041.00	1,146.76	----	2641.00	995.92	-----	2221.00	837.54	----
0.50	3652.00	1,377.17	----	3124.00	1,178.06	-----	2640.00	995.54	----

Figura 4.25. Curva Esfuerzo vs. Deformación – Sub Base Clase 2 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

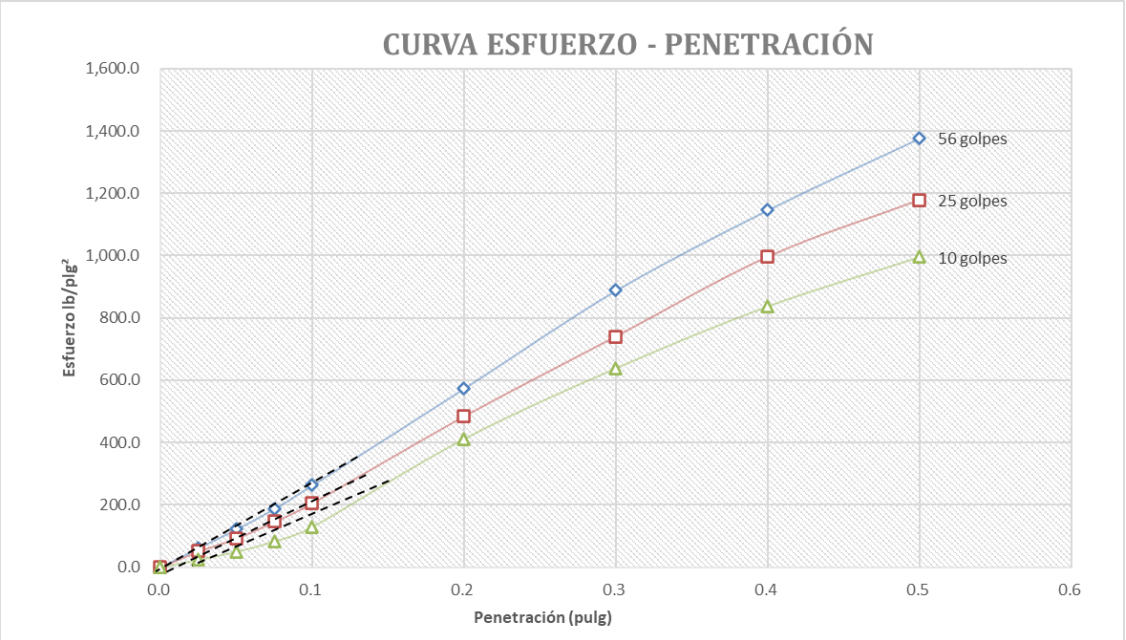
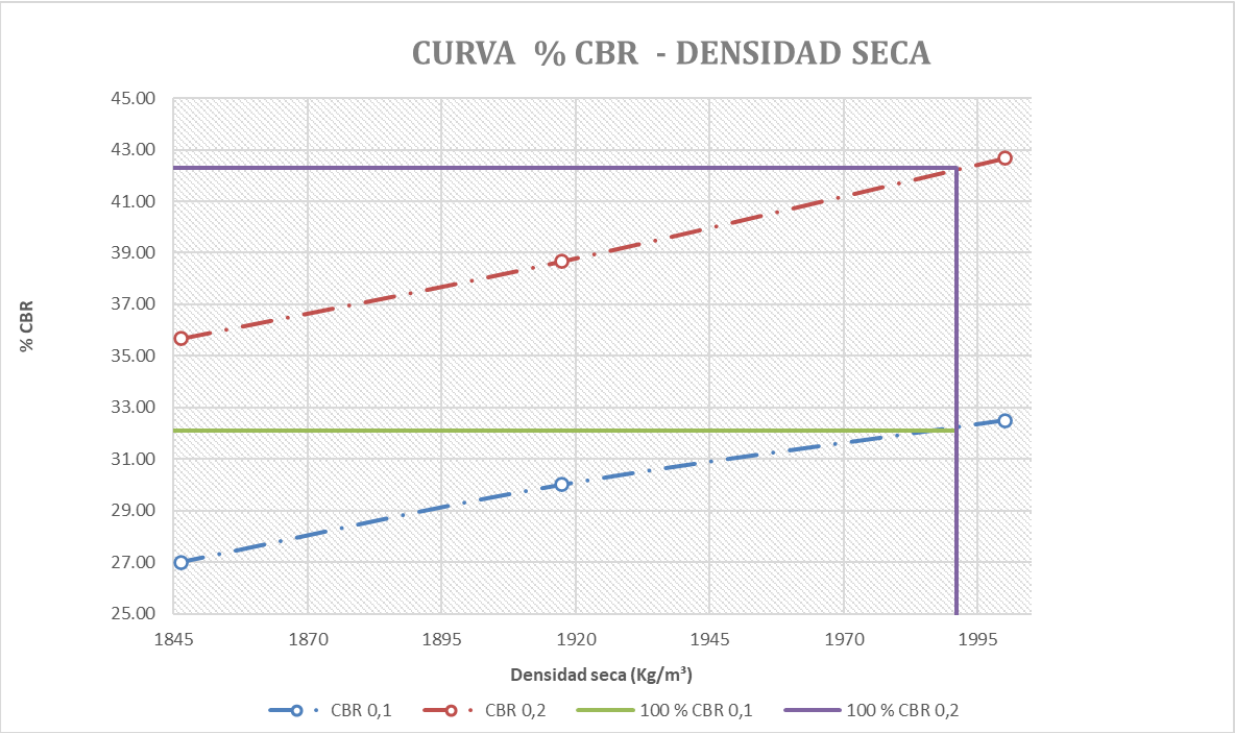


Tabla 4.80. Resultados Finales %CBR – Sub Base Clase 2 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Presión lb/plg²	Valor CBR 0.1"	Presión lb/plg²	Valor CBR 0.2"
325.00	32.50	640.00	42.67
300.00	30.00	580.00	38.67
270.00	27.00	535.00	35.67
CBR (100% γseco max.) =	32.10	CBR (100% γseco max.) =	42.30

Figura 4.26. %CBR vs. Densidad Seca – Sub Base Clase 2 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"



4.9.2.7 SUB BASE CLASE 3

Tabla 4.81. Resultados obtenidos en el Proceso de Saturación – Sub Base Clase 3 – Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

MOLDES N°	Z11	Z14	Z1
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	10
Peso molde + suelo húmedo (gr.)	10,802	10,672	10,211
Peso molde (gr.)	6,286	6,348	6,060
Peso suelo húmedo (gr.)	4,516	4,324	4,151
Volumen del molde (cm^3)	2,124	2,124	2,124
Densidad húmeda (gr/cm^3)	2,127	2,036	1,954

Tabla 4.82. Contenidos de Humedad al moldear – Sub Base Clase 3 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	118.91	144.28	134.08	133.28	138.24	150.57
Peso cap. + suelo seco (gr.)	111.99	135.98	126.79	125.95	129.85	141.86
Peso cápsula (gr.)	22.65	24.98	33.31	32.42	23.09	33.77
Contenido de Humedad (%)	7.75	7.48	7.80	7.84	7.86	8.06
Humedad promedio (%)	7.61		7.82		7.96	
Densidad seca (gr/cm^3)	1,976		1,888		1,810	

Tabla 4.83. Contenidos de Humedad luego de Saturación – Sub Base Clase 3 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	174.40	162.66	130.89	165.45	156.64	169.64
Peso cap. + suelo seco (gr.)	163.82	152.06	120.23	154.73	143.88	155.44
Peso cápsula (gr.)	49.42	33.33	23.14	48.71	38.38	33.05
Contenido de Humedad (%)	9.25	8.93	10.98	10.11	12.09	11.60
Humedad promedio (%)	9.09		10.55		11.85	

Tabla 4.84. Porcentaje de Agua Absorbida luego de Saturación – Sub Base Clase 3 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Peso molde + suelo húmedo (gr.)	10,852	10,752	10,341
Agua absorbida (gr.)	50	80	130
Agua absorbida (%)	1.11	1.85	3.13

Tabla 4.85. Resultados de Esponjamiento - Sub Base Clase 3 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

MOLDES N°	Z11		Z14		Z1	
Tiempo (dias)	LECTURA DIAL	%	LECTURA DIAL	%	LECTURA DIAL	%
0	0.00	------	0.00	------	0.00	------
1	1.00	0.02	2.00	0.04	1.00	0.02
2	1.00	0.02	2.00	0.04	2.00	0.04
3	1.00	0.02	3.00	0.07	3.00	0.07
4	1.00	0.02	3.00	0.07	4.00	0.09

Tabla 4.86. Resultados de Penetración – Sub Base Clase 3 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

MOLDES N°	Z11			Z14			Z1		
Penetración	56 Golpes			25 Golpes			10 Golpes		
	DIAL	Presión	Presión corregida	DIAL	Presión	Presión corregida	DIAL	Presión	Presión corregida
(pulgadas)		lb/plg²	lb/plg²		lb/plg²	lb/plg²		lb/plg²	lb/plg²
0.00	0.00	0.00	----	0.00	0.00	-----	0.00	0.00	----
0.03	134.00	50.53	----	112.00	42.24	-----	88.00	33.18	----
0.05	340.00	128.21	----	269.00	101.44	-----	184.00	69.39	----
0.08	573.00	216.08	----	476.00	179.50	-----	312.00	117.66	----
0.10	784.00	295.65	370.00	626.00	236.06	300.00	527.00	198.73	270.00
0.20	1769.00	667.09	730.00	1441.00	543.40	610.00	1206.00	454.78	530.00
0.30	2485.00	937.09	----	2189.00	825.47	-----	1892.00	713.47	----
0.40	3041.00	1,146.76	----	2721.00	1,026.09	-----	2412.00	909.57	----
0.50	3547.00	1,337.57	----	3198.00	1,205.97	-----	2894.00	1,091.33	----

Figura 4.27. Curva Esfuerzo vs. Deformación – Sub Base Clase 3 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

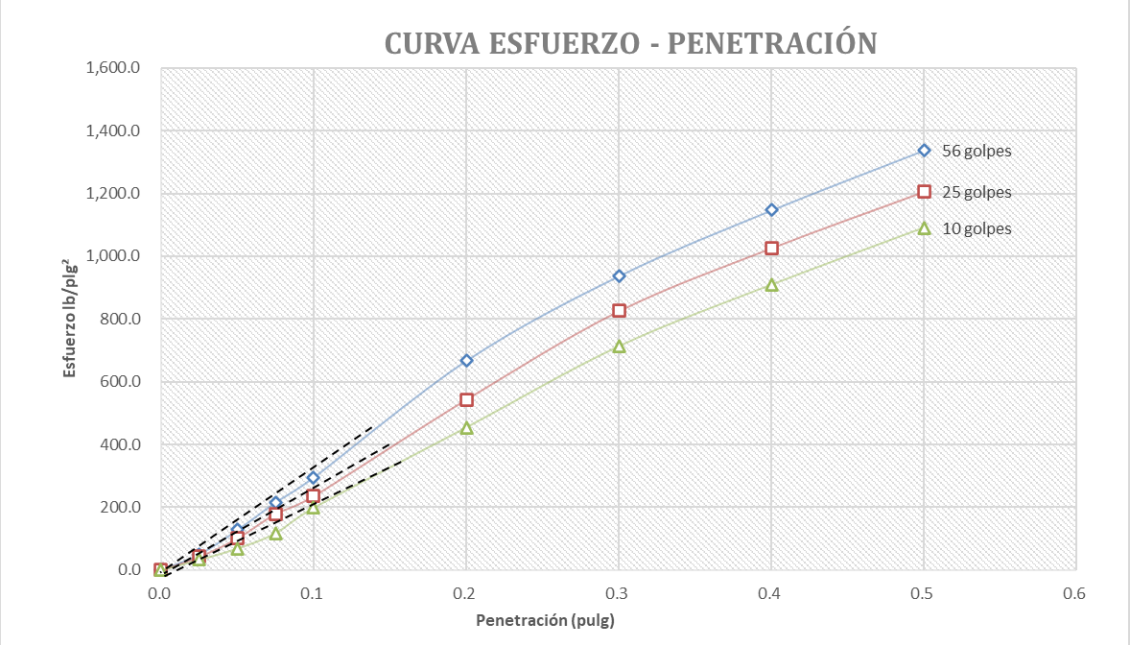
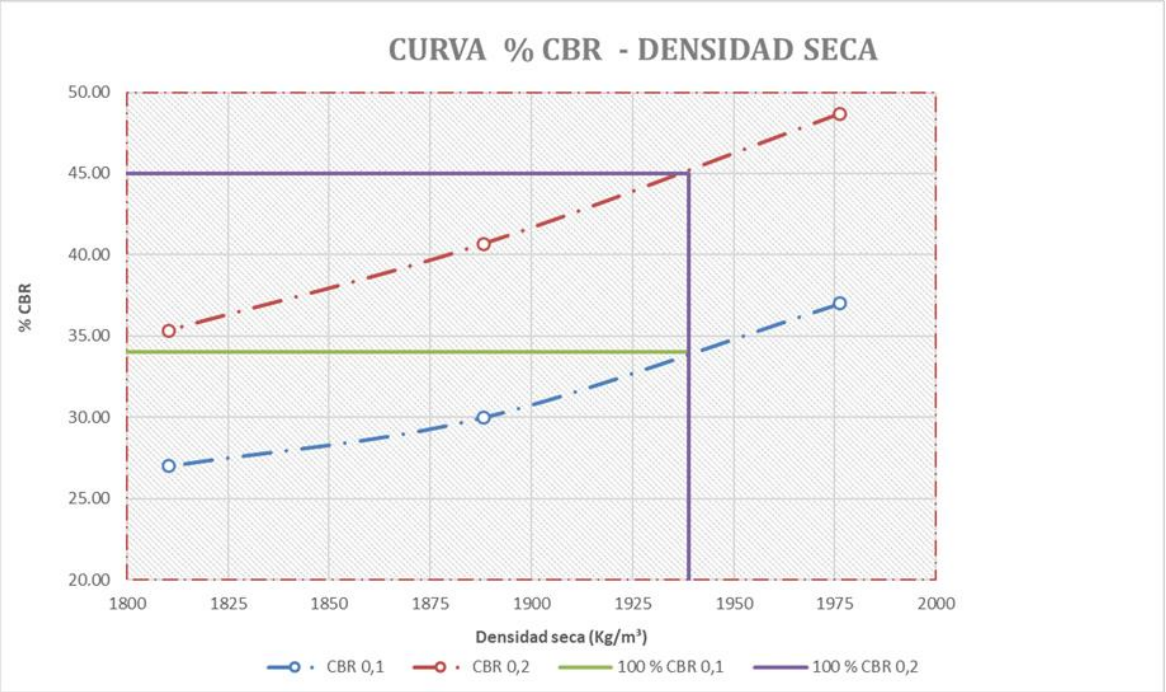


Tabla 4.87. Resultados Finales %CBR – Sub Base Clase 3 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Presión lb/plg²	Valor CBR 0.1"	Presión lb/plg²	Valor CBR 0.2"
370.00	37.00	730.00	48.67
300.00	30.00	610.00	40.67
270.00	27.00	530.00	35.33
CBR (100 γseco max.) =	34.00	CBR (100% γseco max.) =	45.00

Figura 4.28. %CBR vs. Densidad Seca – Sub Base Clase 3 - Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"



4.10 MÓDULO DE YOUNG

Los resultados que se obtuvieron con el GeoGauge, son Módulos de Young, estos valores se miden en Mpa, los cuales deberán ser transformados a Módulo Resiliente, este se mide en psi. Para realizar esta transformación, se usó un factor de conversión, que ayudó a realizar la correlación, este consiste en multiplicar el Módulo de Young en Mpa por el factor 145,038, este factor de conversión transforma las unidades de Mpa a psi de manera aproximada.



Fotografía. 4.1 Ensayo de GeoGuage "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)", Límite provincial de Imbabura y Carchi.



Fotografía. 4.2 Preparación de Ensayo de GeoGuage "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)", Límite provincial de Imbabura y Carchi.

Tabla 4.88. Resultados del Ensayo con equipo GeoGauge, Módulo de Young y Módulo Resiliente, Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

ENSAYO EQUIPO GEOGAUGE H4140										
Muestra	Densidad Seca Máximo (Densímetro Nuclear en campo) (kg/m3)		Densidad Seca Máximo (Promedio-Densímetro Nuclear) (kg/m3)	Densidad Seca Máximo (Proctor Modificado - en laboratorio) (kg/m3)	Porcentaje de Compactación (%)	Módulo de Young (Ensayo GeoGauge) (Mpa)		Módulo de Young (Promedio - Ensayo GeoGauge) (Mpa)	Módulo Resiliente (Psi)	Módulo Resiliente (Escogido) (Psi)
Base Clase 1	1783	1788	1785.5	1995	89.50	82.07	81.19	81.63	11839.45	14746.74
	1859	1895	1877		94.09	92.67	92.11	92.39	13400.06	
	1990	1993	1991.5		99.82	102.03	101.32	101.68	14746.74	
Base Clase 2	1816	1823	1819.5	2003	90.84	82.19	83.89	83.04	12043.96	14746.74
	1995	1981	1988		99.25	98.01	98.54	98.28	14253.61	
	2003	2002	2002.5		99.98	102.25	101.1	101.68	14746.74	
Base Clase 3	1751	1785	1768	1947	90.81	80.57	79.16	79.87	11583.46	14620.56
	1880	1888	1884		96.76	94.69	96.97	95.83	13898.99	
	1947	1940	1943.5		99.82	102.64	98.97	100.81	14620.56	
Base Clase 4	1830	1811	1820.5	1983	91.81	76.89	75.96	76.43	11084.53	13798.19
	1949	1941	1945		98.08	91.01	92.98	92.00	13342.77	
	1984	1983	1983.5		100.03	94.41	95.86	95.14	13798.19	
Sub Base Clase 1	1900	1893	1896.5	1994	95.11	78.87	76.01	77.44	11231.74	13745.25
	1941	1934	1937.5		97.17	86.19	86.98	86.59	12558.12	
	1994	1993	1993.5		99.97	94.98	94.56	94.77	13745.25	
Sub Base Clase 2	1937	1828	1882.5	1991	94.55	73.98	71.53	72.76	10552.24	13535.67
	1941	1848	1894.5		95.15	85.75	85.87	85.81	12445.71	
	1991	1990	1990.5		99.97	93.95	92.7	93.33	13535.67	
Sub Base Clase 3	1779	1790	1784.5	1939	92.03	69.68	66.35	68.02	9864.76	12690.83
	1873	1876	1874.5		96.67	80.98	81.4	81.19	11775.64	
	1940	1938	1939		100.00	88.01	86.99	87.50	12690.83	

CAPÍTULO 5. CORRELACIÓN DEL C.B.R. OBTENDO EN LABORATORIO CON EL MÓDULO DE YOUNG MEDIANTE ENSAYO DE CAMPO GEOGAUGE

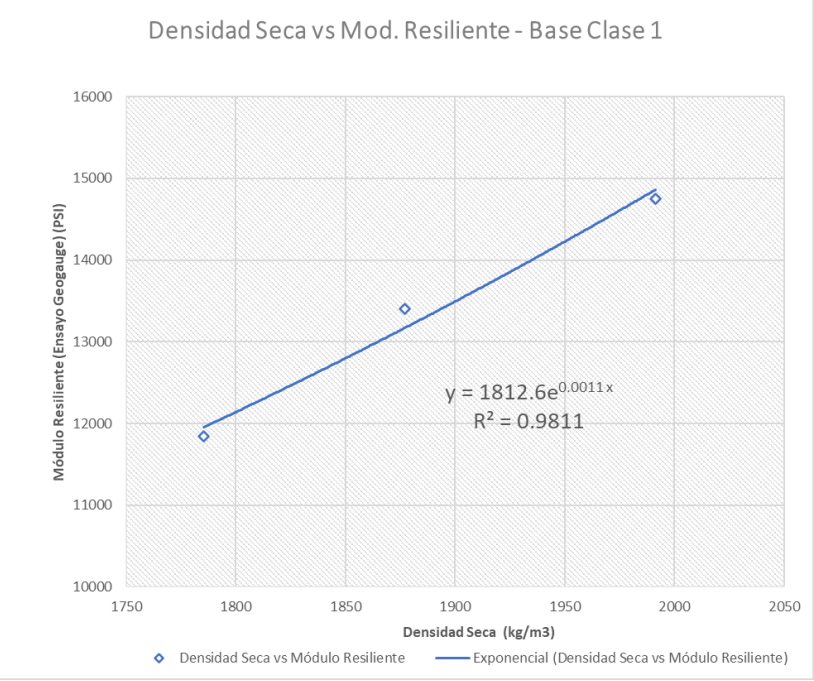
5.1 DENSIDAD SECA OBTENIDO EN LABORATORIO VS MÓDULO RESILIENTE MEDIANTE ENSAYO DE CAMPO GEOGAUGE

5.1.1 BASE CLASE 1

Tabla 5.1. Densidad Seca vs el Módulo Resiliente - Base Clase 1, Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Densidad Seca vs Mod. Resiliente - Base Clase 1	
Densidad Seca Máximo (Promedio-Densímetro Nuclear) (kg/m3)	Módulo Resiliente (Psi)
1785.5	11839.45
1877	13400.06
1991.5	14746.74

Figura 5.1. Densidad Seca vs el Módulo Resiliente - Base Clase 1, Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

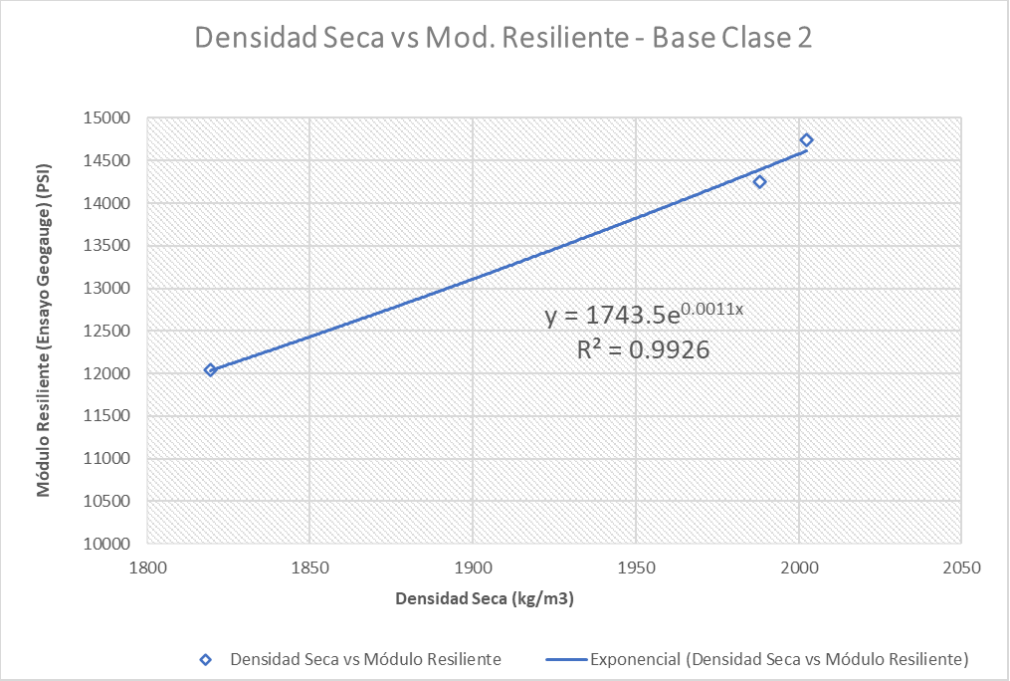


5.1.2 BASE CLASE 2

Tabla 5.2. Densidad Seca vs el Módulo Resiliente - Base Clase 2, Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Densidad Seca vs Mod. Resiliente - Base Clase 2	
Densidad Seca Máximo (Promedio-Densímetro Nuclear) (kg/m3)	Módulo Resiliente (Psi)
1819.5	12043.96
1988	14253.61
2002.5	14746.74

Figura 5.2. Densidad Seca vs el Módulo Resiliente - Base Clase 2, Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

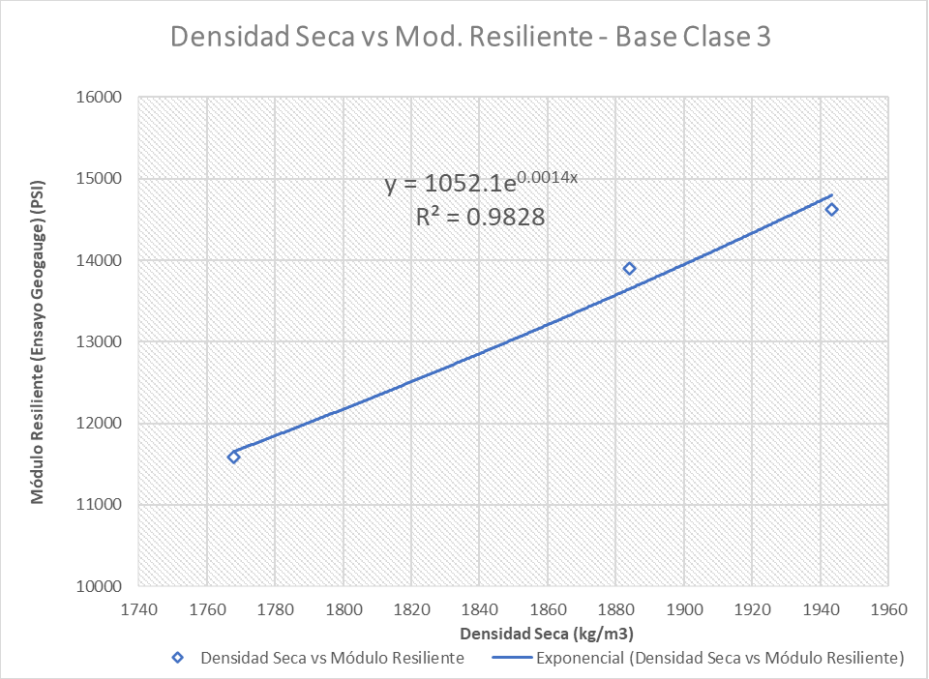


5.1.3 BASE CLASE 3

Tabla 5.3. Densidad Seca vs el Módulo Resiliente - Base Clase 3, Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Densidad Seca vs Mod. Resiliente - Base Clase 3	
Densidad Seca Máximo (Promedio-Densímetro Nuclear) (kg/m3)	Módulo Resiliente (Psi)
1768	11583.46
1884	13898.99
1943.5	14620.56

Figura 5.3. Densidad Seca vs el Módulo Resiliente - Base Clase 3, Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

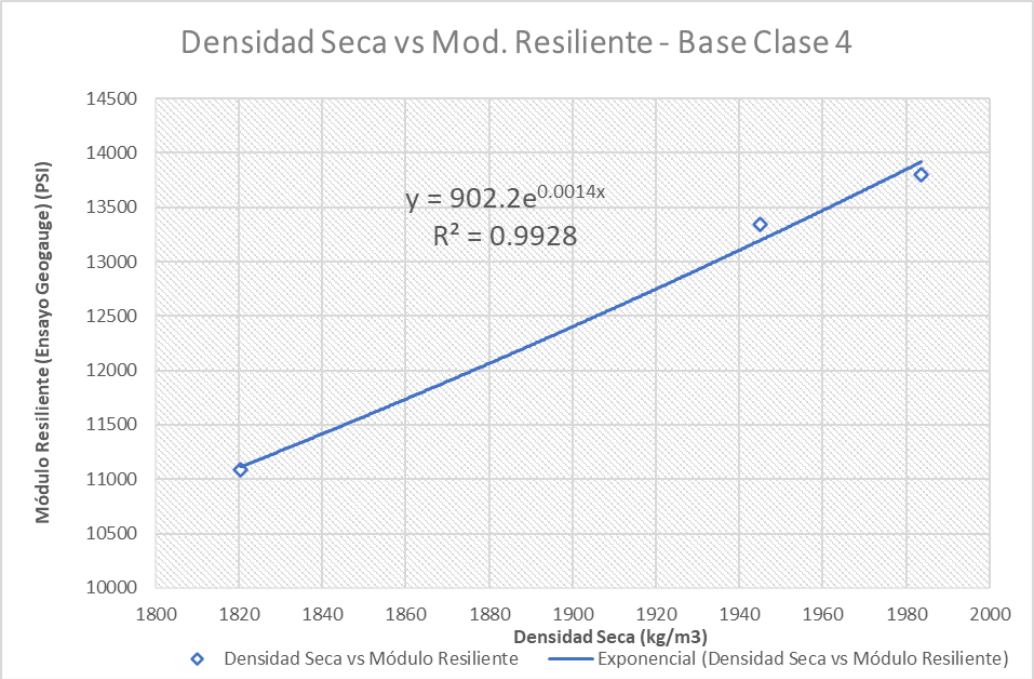


5.1.4 BASE CLASE 4

Tabla 5.4. Densidad Seca vs el Módulo Resiliente - Base Clase 4, Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Densidad Seca vs Mod. Resiliente - Base Clase 4	
Densidad Seca Máximo (Promedio-Densímetro Nuclear) (kg/m3)	Módulo Resiliente (Psi)
1820.5	11084.53
1945	13342.77
1983.5	13798.19

Figura 5.4. Densidad Seca vs el Módulo Resiliente - Base Clase 4, Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

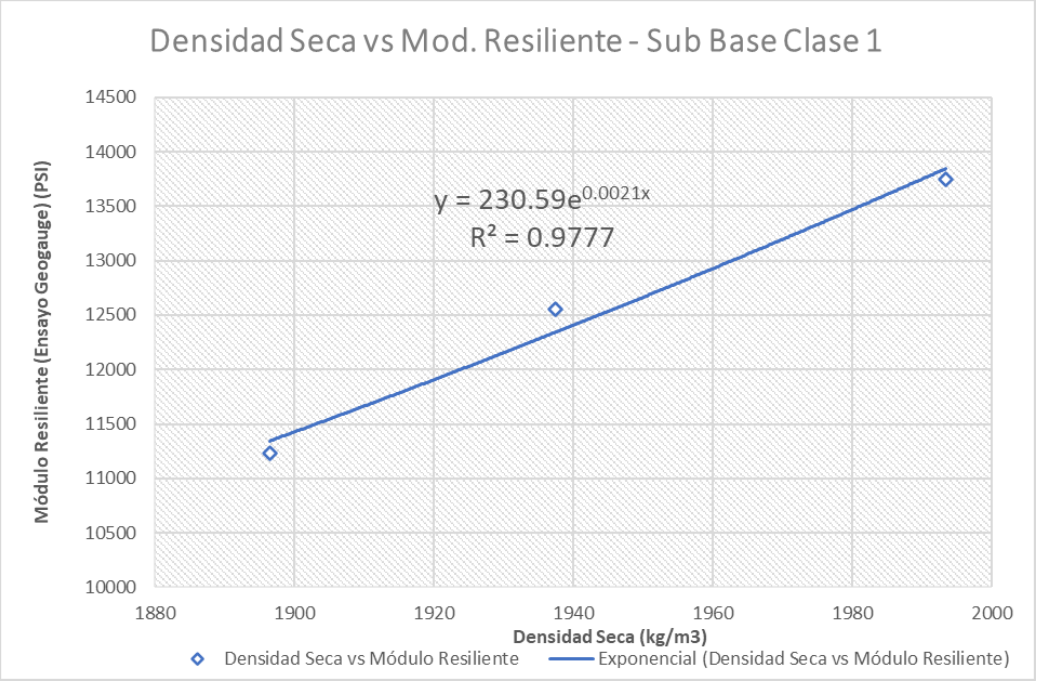


5.1.5 SUB BASE CLASE 1

Tabla 5.5. Densidad Seca vs el Módulo Resiliente - Sub Base Clase 1, Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Densidad Seca vs Mod. Resiliente - Sub Base Clase 1	
Densidad Seca Máximo (Promedio-Densímetro Nuclear) (kg/m3)	Módulo Resiliente (Psi)
1896.5	11231.74
1937.5	12558.12
1993.5	13745.25

Figura 5.5. Densidad Seca vs el Módulo Resiliente - Sub Base Clase 1, Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

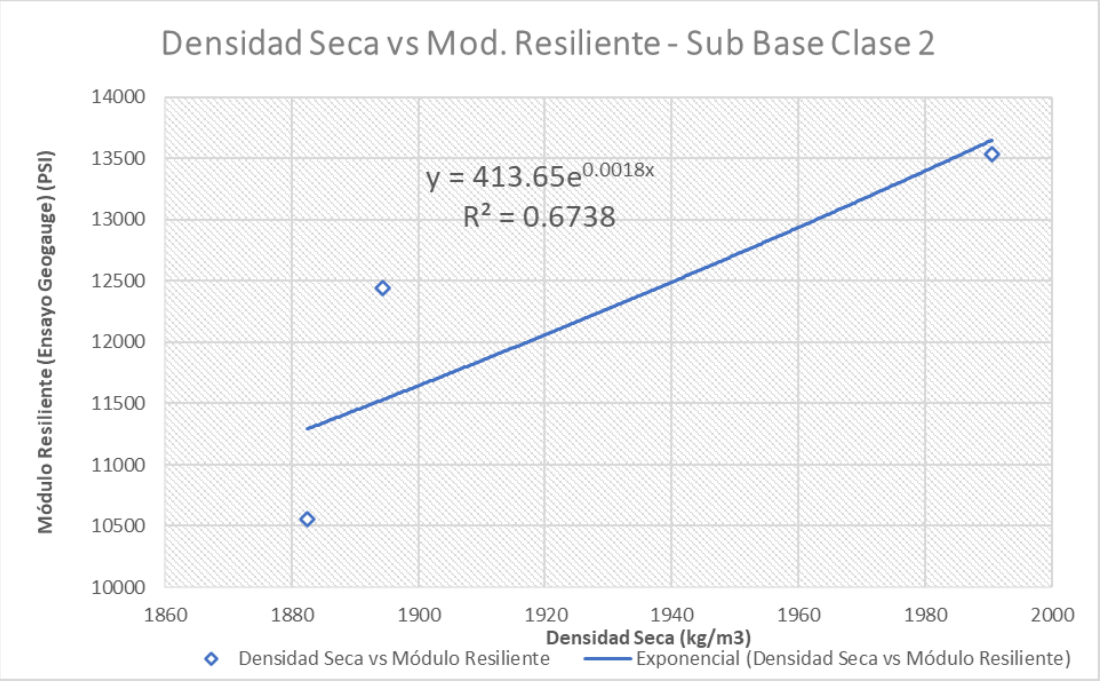


5.1.6 SUB BASE CLASE 2

Tabla 5.6. Densidad Seca vs el Módulo Resiliente - Sub Base Clase 2, Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Densidad Seca vs Mod. Resiliente - Sub Base Clase 2	
Densidad Seca Máximo (Promedio-Densímetro Nuclear) (kg/m3)	Módulo Resiliente (Psi)
1882.5	10552.24
1894.5	12445.71
1990.5	13535.67

Figura 5.6. Densidad Seca vs el Módulo Resiliente - Sub Base Clase 2 Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

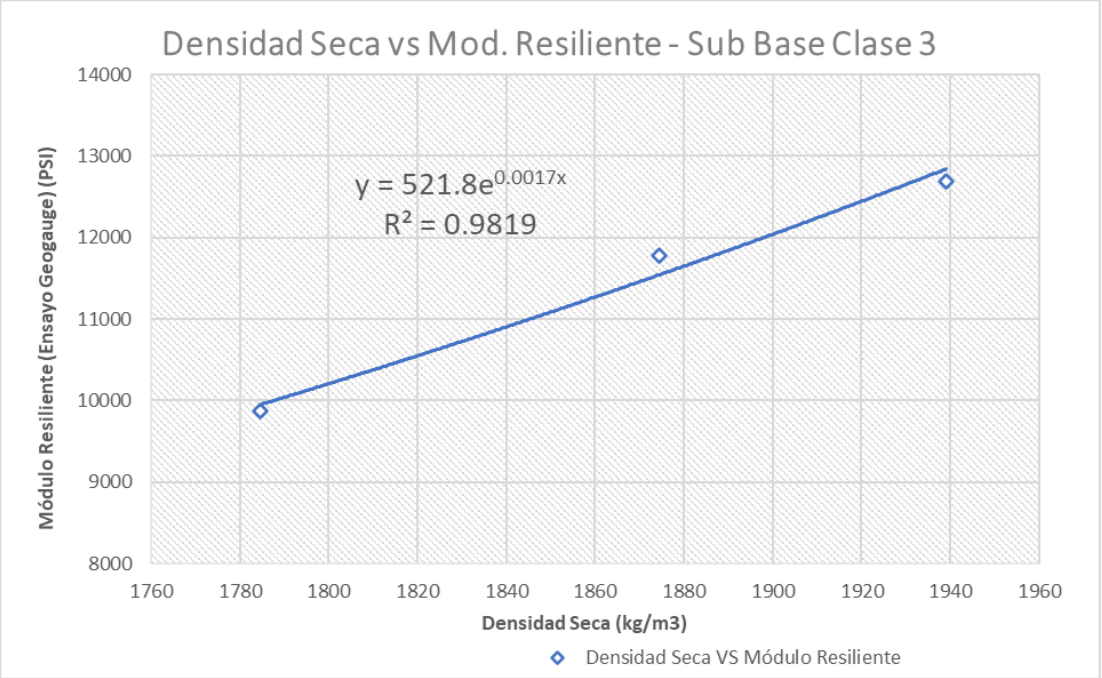


5.1.7 SUB BASE CLASE 3

Tabla 5.7. Densidad Seca vs el Módulo Resiliente - Sub Base Clase 3, Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Densidad Seca vs Mod. Resiliente - Sub Base Clase 3	
Densidad Seca Máximo (Promedio-Densímetro Nuclear) (kg/m3)	Módulo Resiliente (Psi)
1784.5	9864.76
1874.5	11775.64
1939	12690.83

Figura 5.7. Densidad Seca vs Módulo Resiliente - Sub Base Clase 3 Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"



5.1.8 RESUMEN DE RESULTADOS DEL MÓDULO RESILIENTE A PARTIR DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA EN LABORATORIO Y LA ECUACIÓN GENERADA DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD DE CAMPO Y MÓDULO DE YOUNG OBTENIDA IN SITU.

Tabla 5.8. Resultados Generales de la Correlación de la Densidad Seca con el Módulo de Young (Ecuación de Cálculo), Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Tipo de Material	Densidad Seca Máxima (gr/cm3)	Ecuación Generada	Módulo Resiliente (Psi)
Base Clase 1	1995.00	$y = 1812.6e^{0.0011Ds}$	16269.01
Base Clase 2	2003.00	$y = 1743.5e^{0.0011Ds}$	15787.12
Base Clase 3	1947.00	$y = 1052.1e^{0.0014Ds}$	16064.12
Base Clase 4	1983.00	$y = 902.2e^{0.0014Ds}$	14487.42
Sub Base Clase 1	1994.00	$y = 230.59e^{0.0021Ds}$	15184.66
Sub Base Clase 2	1991.00	$y = 413.65e^{0.0018Ds}$	14895.59
Sub Base Clase 3	1939.00	$y = 521.8e^{0.0017Ds}$	14095.13

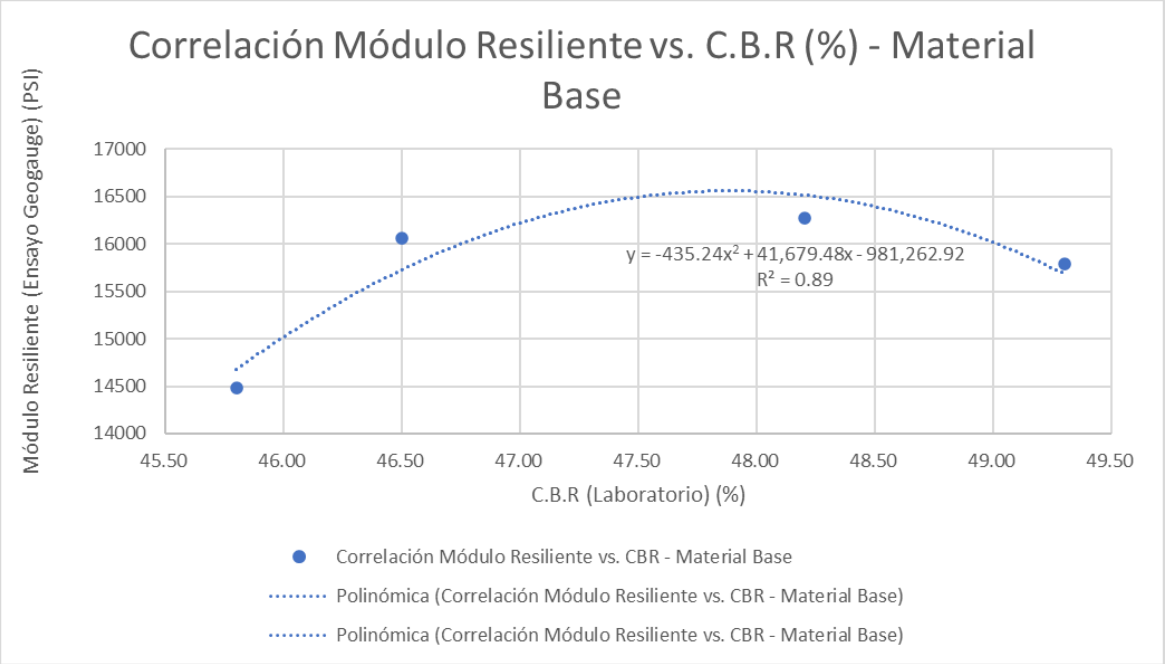
5.2 CORRELACIÓN MEDIANTE EL ENSAYO DEL C.B.R. DE LABORATORIO Y MÓDULO RESILIENTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GEOGAUGE

5.2.1 BASES

Tabla 5.9. Resultados Generales de la Correlación del C.B.R. con el Módulo Resiliente para Bases Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Correlación del C.B.R. con el Módulo Resiliente (Ecuación de Cálculo)		
Tipo de Material	CBR (%)	Módulo Resiliente (Psi)
Base Clase 1	48.20	16269.01
Base Clase 2	49.30	15787.12
Base Clase 3	46.50	16064.12
Base Clase 4	45.80	14487.42

Figura 5.8. Correlación del C.B.R. con el Módulo Resiliente para Bases, Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"



La ecuación que se obtuvo de esta correlación para Bases de la Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)" es la siguiente:

$$Mr(psi) = -435.24\ X\ \left(C.B.R(\%)\right)^2 + 41679.48\ x\left(C.B.R(\%)\right) - 981262.92$$

Ecuación 1. Generada de la correlación para Bases

R=0.89

En la investigación, la calidad de correlación (R) para las Bases es igual a 0.89, la misma que se encuentra en el rango de 0.8 - 0.9, correspondiente a una calidad **Buena**. (Ver tabla 5.10).

Tabla 5.10. Rangos de relación y calidad de las correlaciones.

Calidad de Correlación	
R	**Calidad**
1	Perfecta
0.9 - 1	Excelente
0.8 - 0.9	Buena
0.5 - 0.8	Regular
< 0.5	Mala

Fuente: Martínez, Tuya, Martínez, Pérez, & Cánovas, 2009

5.2.1.1 RESULTADO DE LA CORRELACIÓN MEDIANTE EL ENSAYO DEL C.B.R. DE LABORATORIO Y MÓDULO RESILIENTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GEOGAUGE

Tabla 5.11. Resultados C.B.R. y Módulo Resiliente de Base "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

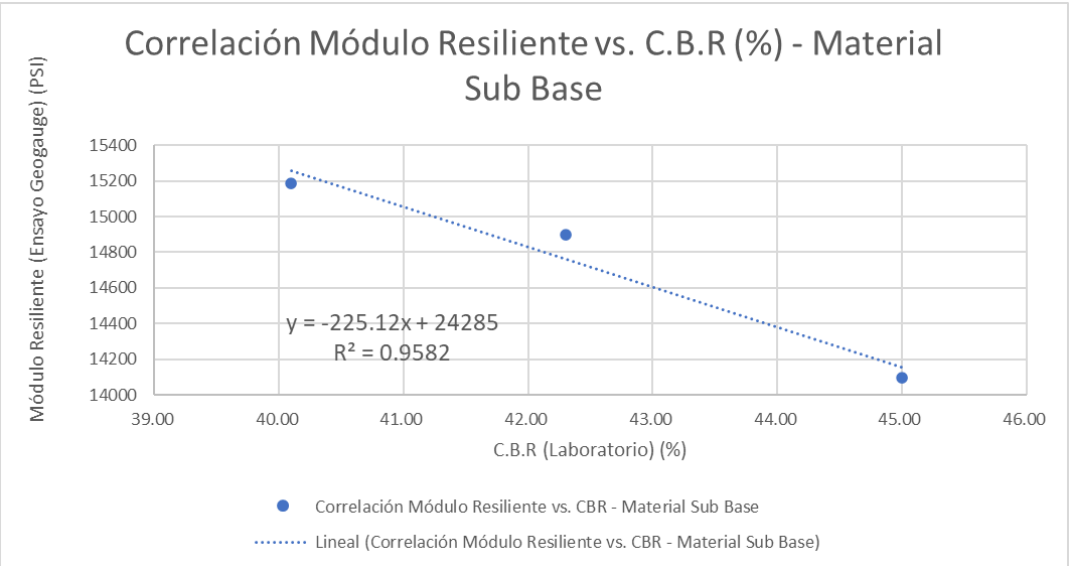
Módulo Resiliente a partir del C.B.R (%) (Ecuación de Cálculo) para BASES		
Tipo de Material	**CBR (%)**	**Módulo Resiliente C.B.R. (Laboratorio) (Psi)**
Base Clase 1	48.20	16521.04
Base Clase 2	49.30	15688.98
Base Clase 3	46.50	15735.21
Base Clase 4	45.80	14680.43

5.2.2 SUB BASE

Tabla 5.12. Resultados Generales de la Correlación del C.B.R. con el Módulo Resiliente para Sub Bases Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Correlación del C.B.R. con el Módulo Resiliente (Ecuación de Cálculo)		
Tipo de Material	**CBR (%)**	**Módulo Resiliente (Psi)**
Sub Base Clase 1	40.10	15184.66
Sub Base Clase 2	42.30	14895.59
Sub Base Clase 3	45.00	14095.13

Figura 5.9. Correlación del C.B.R. con el Módulo Resiliente para Sub Bases, Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"



La ecuación que se obtuvo de esta correlación para Sub Bases de la Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)" es la siguiente:

$$Mr(psi) = -223.12\big(C.B.R(\%)\big) + 24285$$

Ecuación 2. Generada de la correlación para Sub Bases

La calidad de correlación (R) para las Sub bases es igual a 0.9582, la misma que se encuentra en el rango de 0.9 - 1 , correspondiente a una calidad **Excelente.** (Ver tabla 5.10)

5.2.2.1 RESULTADO DE LA CORRELACIÓN MEDIANTE EL ENSAYO DEL C.B.R. DE LABORATORIO Y MÓDULO RESILIENTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GEOGAUGE

Tabla 5.13. Resultados C.B.R. y Módulo Resiliente de Sub Base "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Módulo Resiliente a partir del C.B.R (%) (Ecuación de Cálculo) para SUB BASES		
Tipo de Material	**CBR (%)**	**Módulo Resiliente C.B.R. (Laboratorio) (Psi)**
Sub Base Clase 1	40.10	15257.69
Sub Base Clase 2	42.30	14762.42
Sub Base Clase 3	45.00	14154.60

CAPÍTULO 6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA VIAL

6.1 PARÁMETROS DE DISEÑO PARA BASE Y SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON CBR Y MÓDULO DE YOUNG

Con la finalidad de realizar un diseño de la estructura que conforma una vía (Sub-base y Base) se usó el método de la AASHTO 1993 que se basa en los valores de "Villafuerte Bermúdez L.E., & Ortega Calle, K.G. (2015). Evaluación estructural de pavimento flexible para suelos tipo limo arenoso. Quito, Ecuador", y mediante el método del DCP, cuyo C.B.R de diseño de la capa subrasante fue igual a 11%.

- TPDA (TRÁFICO PROMEDIO ANUAL) DESARROLLADO POR CONTEO VEHICULAR

Tabla 6.1. TPDA (Tráfico Promedio Anual)

Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)	
CATEGORÍA	*TPDA*
Livianos	171
Buses	15
Pesados	142
TPDA	***328***

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

- NIVEL DE CONFIANZA

  En este trabajo de investigación, se usó un nivel de confianza del C= 90%, catalogándolo como una arteria principal que se encuentra ubicada en el sector urbano.

Tabla 6.2. Nivel de confianza según la funcionalidad de la vía

Nivel de confianza		
	Recomendados	
Clasificación Funcional	**Urbano**	**Rural**
Interestatal y Autopista	85 - 99,9	80 - 99,9
Arteria Principales	80 - 99	75 - 95
Calles 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.

- DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA UNA VÍA

  La desviación estándar que se propone para el diseño es de So= 0,44.

Tabla 6.3. Valores recomendados para la desviación estándar So

Valores recomendados para la desviación estándar So	
Condiciones de diseño	**Desviación estándar**
Variación de la predicción en el compartamiento del pavimento (sin error de tráfico)	0.25
Variación total en la predicción del comportamiento del pavimento y en la estimación del tráfico	0.35 - 0.50 (0.45 valor recomendado)

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

- DISTRIBUCIÓN DE TRÁFICO EN LA VÍA (UN CONTADOR POR CARRIL)

  Dt=50%=0.5

- PERIODO DE DISEÑO

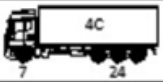
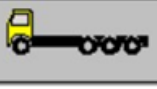
  n=10 años

- TASA DE CRECIMIENTO

  i=3%

- TÁNDEM DE DISEÑO

Tabla 6.4. Tipos de Motorizados, Remolques y Semirremolques.

CUADRO DEMOSTRATIVOS DE TIPO DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS REMOLQUES Y SEMIREMOLQUES							
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN		PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
					largo	Ancho	Alto
2 D			CAMIÓN DE 2 EJES PEQUEÑO	7	5,00	2,60	3,00
2DA			CAMIÓN DE 2 EJES MEDIANOS	10	7,50	2,60	3,50
2DB			CAMIÓN DE 2 EJES GRANDES	18	12,20	2,60	4,10
3-A			CAMIÓN DE 3 EJES	27	12,20	2,60	4,10
4-C			CAMIÓN DE 4 EJES	31	12,20	2,60	4,10

Fuente: Ministerio de Transportes y Obras Públicas (MTOP). (2013). Tabla 2A. 106-02 Nacional de Pesos y Dimensiones: "Tipos de vehículos motorizados, remolques y semirremolques. Vol N°2 – Libro A. Norma de Estudios Diseños Viales. Quito, Ecuador.

- $TPDA_f$ a partir del $TPDA_o$:

$$TPDA_f = TPDA_o \times (1+i)^n$$

Ecuación 3. (Ecuación 7.22.)

Tipo de Vehículo	$TPDA_o$	%	$TPDA_f$
2D	171.00	0.52	229.81
2DB	15.00	0.05	20.16
3A	142.00	0.43	190.84
Total	328.00	1.00	440.80

- FACTOR DE CARGA EQUIVALENTE

Eje Simple: $Fss = \left(\frac{Lss}{6,6}\right)^4$

Ecuación 4. (Ecuación 0.23)

Eje Doble: $Fsd = \left(\frac{Lsd}{8,2}\right)^4$

Ecuación 5. (Ecuación 7.24)

Eje Tandem: $Ft = \left(\frac{Lt}{15}\right)^4$

Ecuación 6. (Ecuación 7.25)

Las ecuaciones citadas se encuentran en la normativa AASHTO. (1993). AASHTO Guide of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

Tabla 6.5. Tabla de Resultados de Factor Carga Equiv. Por Eje.

Tipo de Vehículo	Carga Total (Ton)	Carga por eje (Ton)	%	Factor Carga Equiv. Por Eje
2D	7	3 4	52	0,022 0,070
2DB	18	7 11	5	0,063 0,162
3A	27	7 20	43	0,544 1,360

- NÚMERO DE EJES 8.2 TON.

$$N(8{,}2\ T) = \left(\frac{TPDA_o + TPDA_f}{2}\right) \times 365 \times Dt \times n \times FCE$$

$$N(8{,}2\ T) = 1557801.75$$

- MÓDULO RESILIENTE PARA SUB RASANTE

En este caso se asume un valor de CBR de 11%

Para C.B.R > 10 %

$$Mr = 2555\ x\ C.B.R.^{0,64}$$ ***(Ecuación 6.27)***

$$Mr = 2555\ x\ (11)^{0,64}$$

$$Mr = 11854.47\ psi$$

El valor final es producto de un múltiplo de 500

$$Mr = 11500\ psi$$

- PÉRDIDA POR SERVICIALIDAD:

Tabla 6.6. Perdidas por Serviciabilidad.

Perdida por serviciabilidad		
Po	Entre 4,2 -4,5	
Pt	Entre 5 - 4	Muy bueno
	Entre 4 - 3	Bueno
	Entre 3 - 2	Regular
	Entre 2 - 1	Malo
	Entre 1 -0	Muy malo

Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.
Villafuerte Bermúdez, L.E., & Ortega Calle, K.G. (2015). Evaluación estructural de pavimento flexible para suelos tipo limo arenoso. Quito, Ecuador.

Asumimos valores para Po y Pt,

$$\boldsymbol{Po = 4.2}$$

$$\boldsymbol{Pt = 2.2}$$

$$\boldsymbol{PSI = P_o - PT}$$

$$\boldsymbol{PSI = 4.2 - 2.2}$$

$$\boldsymbol{PSI = 2,0}$$

6.1.1 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA VIAL CON VALORES A PARTIR DEL ENSAYO DE C.B.R (%) EN LABORATORIO.

- Subrasante:

Para obtener el Número Estructural (SN) de la subrasante, se usó los parámetros del diseño vial.

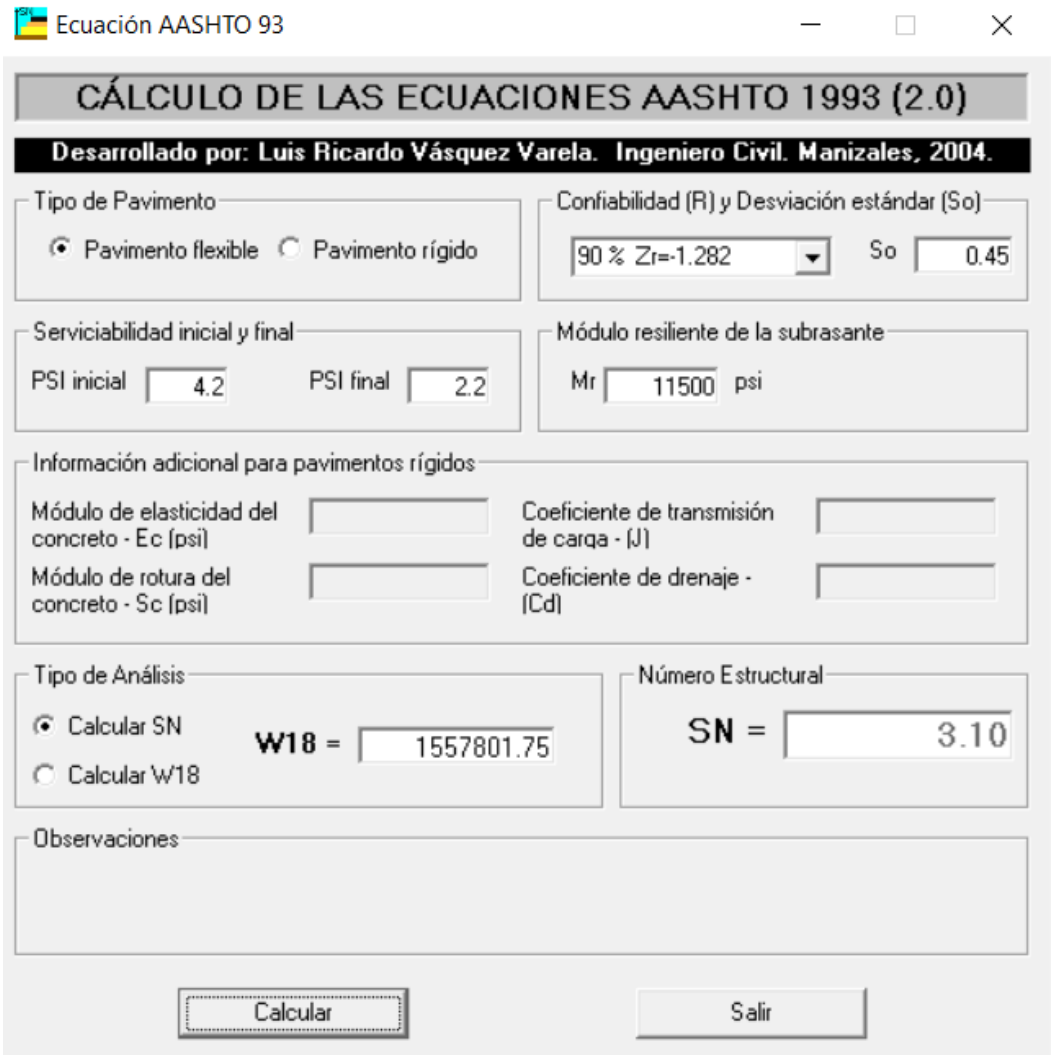


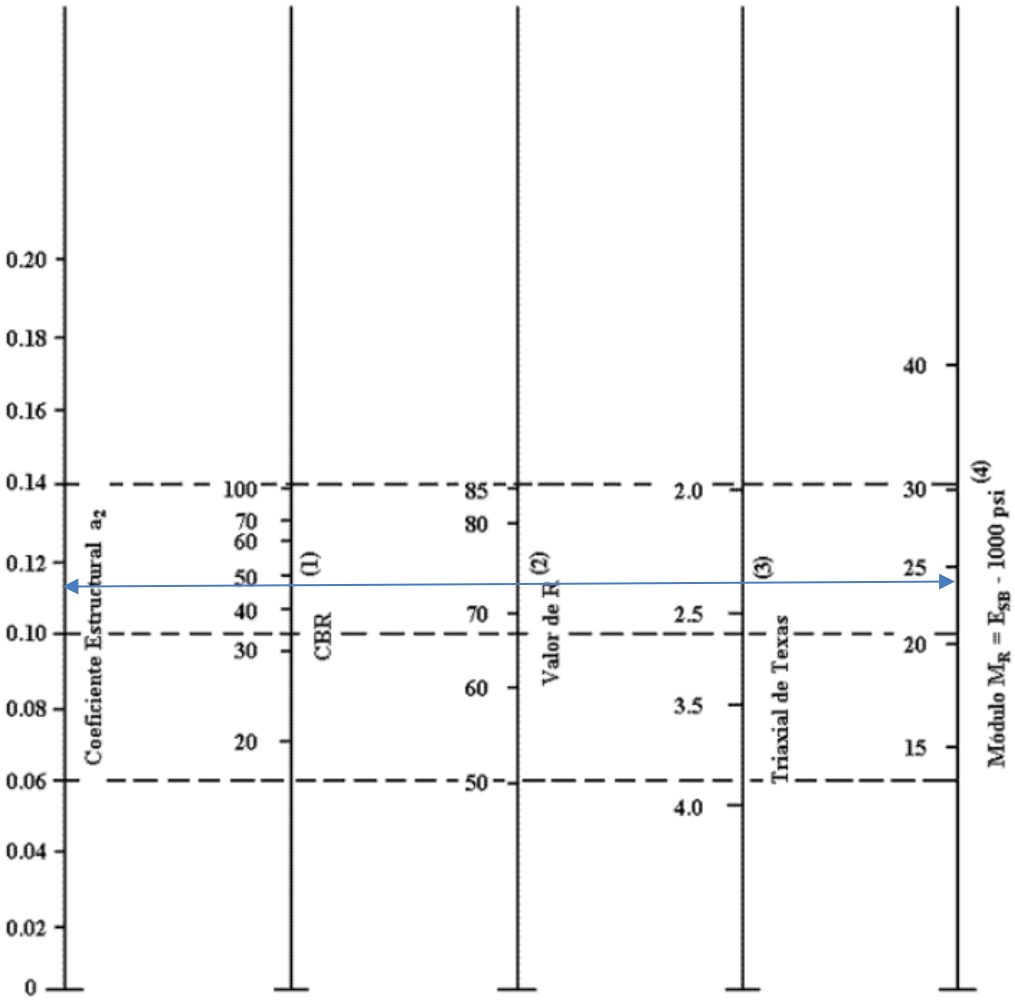
Ilustración 6.1. Número Estructural de Subrasante. Programa AASHTO 1993.

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

SN= 3,10

➢ Base Clase 2:

C.B.R (%)	49.30	m (Coeficiente de Drenaje)	1,00



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

Ilustración 6.2. Coeficientes Capa "a2". Bases Granulares

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

$$a_2 = \frac{0{,}116\ pulg}{2.54\ cm} = 0{,}0456\ cm\ ;\ Mr = \ \ 24100\ psi$$

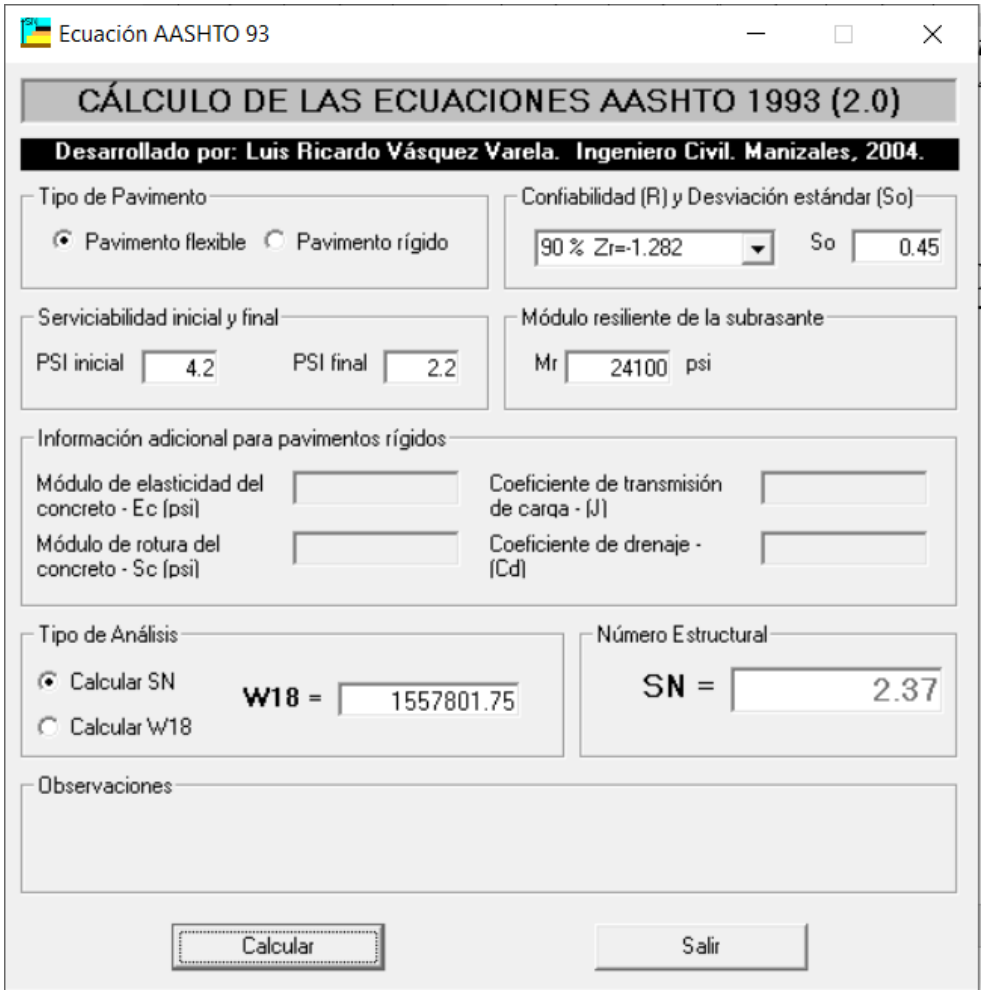


Ilustración 6.3. Número Estructural de Base Clase 2. Programa AASHTO 1993

.

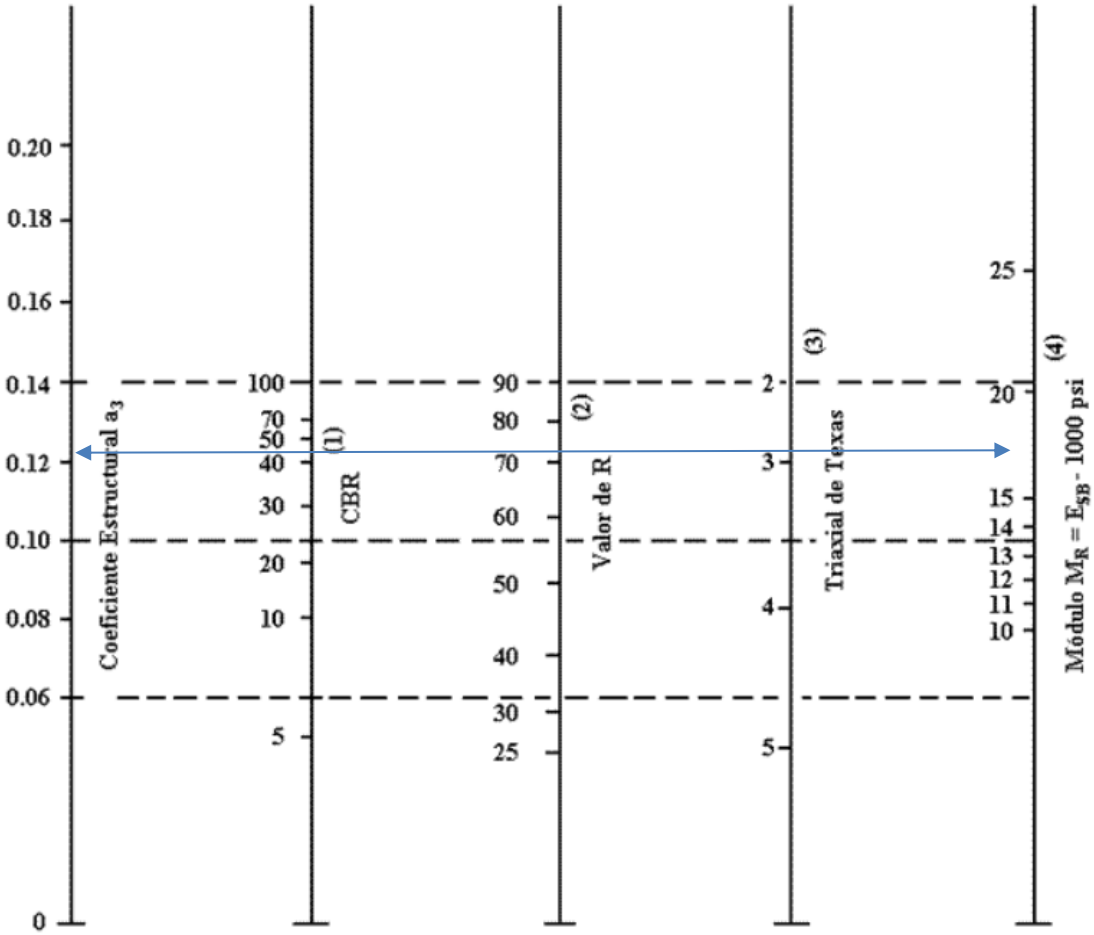
Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos

.

SN= 2.37

- Sub Base Clase 3:

C.B.R (%)	45.00	m (Coeficiente de Drenaje)	1,00



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

Ilustración 6.4. Coeficientes Capa "a3". Subbases Granulares

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

$$a_3 = \frac{0{,}122\ pulg}{2.54\ cm} = 0{,}0480\ cm$$; Mr = 17500 psi

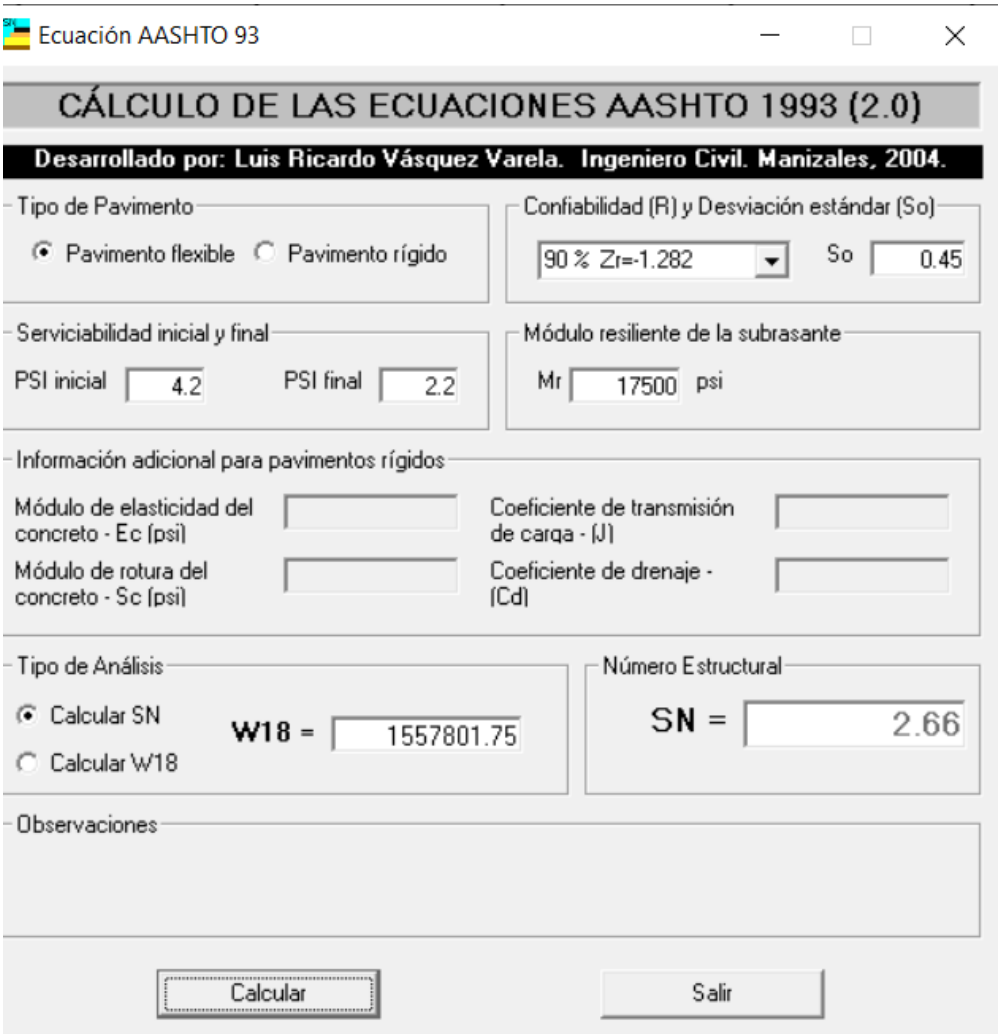


Ilustración 6.5. Número Estructural de Subbase Clase 3 Programa AASHTO 1993

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

SN= 2.66

- Carpeta Asfáltica

El Módulo Resiliente de una carpeta asfáltica debe ser de 400000 psi, para que sea aceptable en el país.

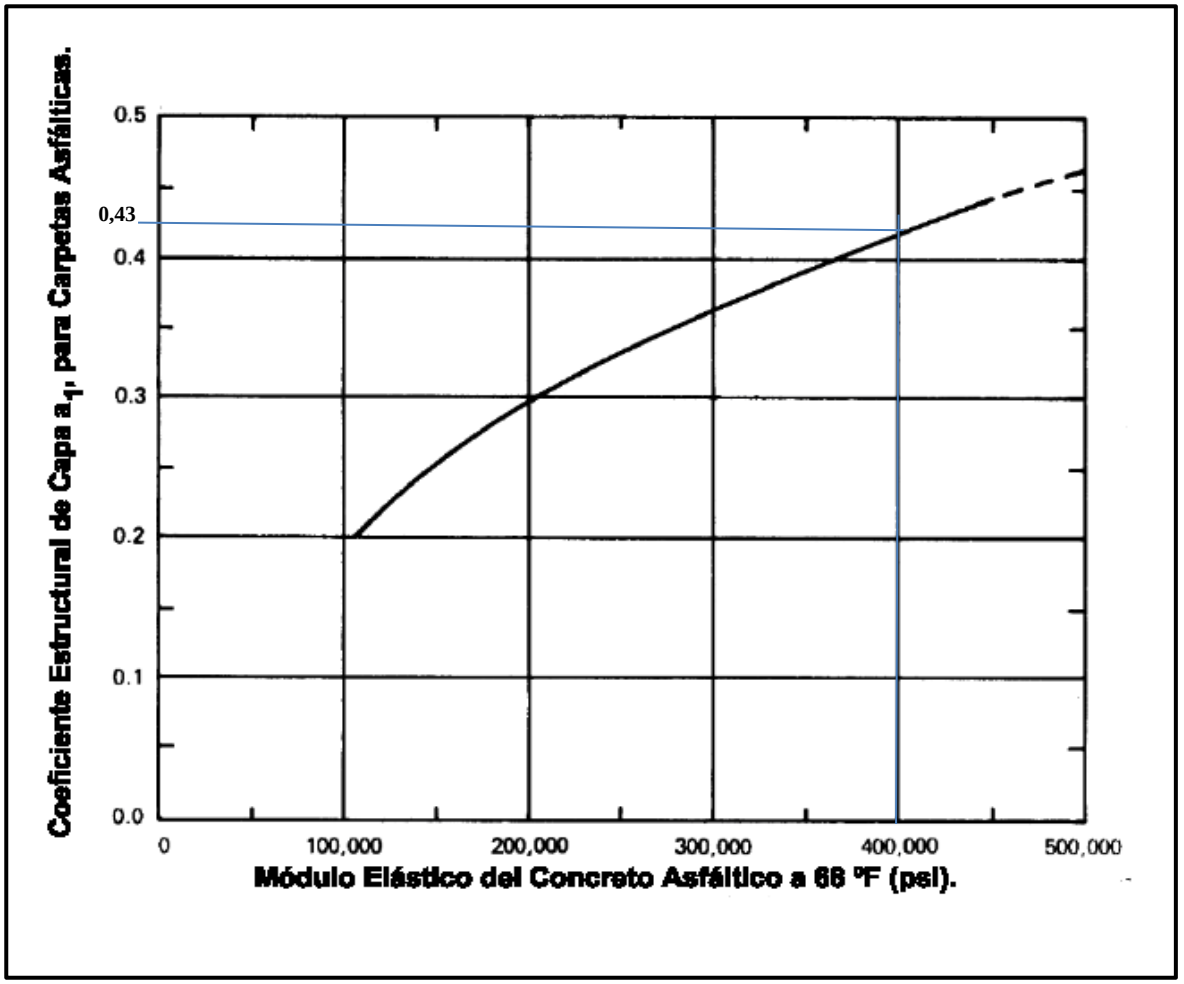


Ilustración 6.6. Coeficientes Capa "ac". Carpeta asfáltica.

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

$$a_c = \frac{0{,}43\ pulg}{2.54\ cm} = 0{,}169\ cm\ ;\ m = 1$$

6.1.1.1 ESPESORES DE LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A PARTIR DEL C.B.R.

- **Carpeta Asfáltica**

$$D1 = \frac{2.37}{0.169 * 1} = 14.02\ cm \approx \mathbf{10cm}$$

Ecuación 7 Cálculo del espesor de la Carpeta Asfáltica

SN real = 0.169 * 10 * 1 = 1.69

- **Base Clase 2**

$$D2 = \frac{2.66 - 1.69}{0.0456} = 21.27\ cm \approx \mathbf{20cm}$$

Ecuación 8 Cálculo del espesor de la Base

SNreal = 20 * 0.0456 * 1 = 0.912

- **Sub Base Clase 3**

$$D2 = \frac{3.10 - 0.912 - 1.69}{0.0480 * 1} = 10.18\ cm \approx \mathbf{20cm}$$

Ecuación 9 Cálculo del espesor de la Sub Base

SNreal = 20 * 0.0480 * 1 = 0.96

- **Comprobación**

1.69 + 0.912 + 0.96 = **3.562** > **3.10** **OK "CUMPLE"**

6.1.2 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA VIAL CON VALORES DE MÓDULO RESILIENTE OBTENIDOS A PARTIR DEL ENSAYO DE GEOGAUGE H4140

Para obtener el número estructural (SN) de la subrasante, se usó los mismos parámetros iniciales del diseño vial.

- Subrasante

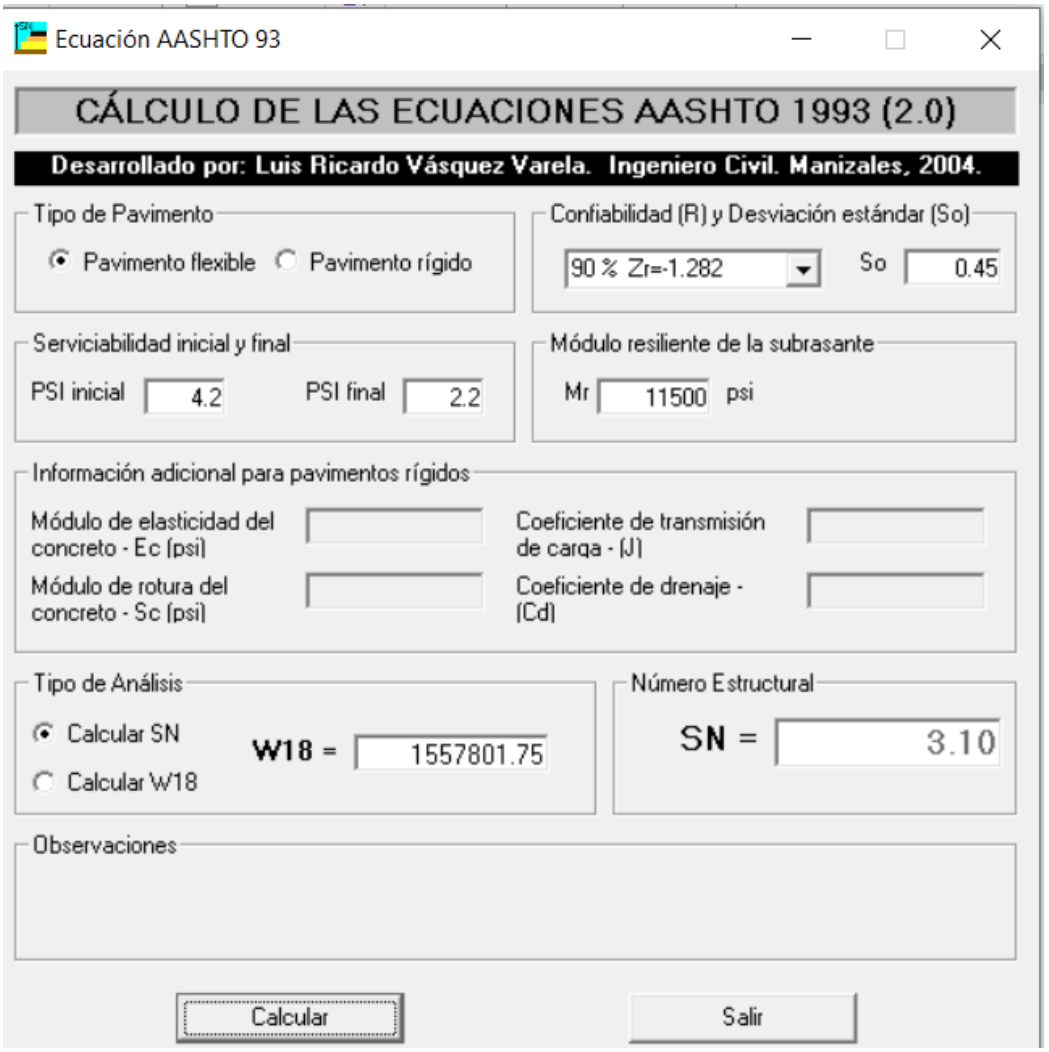
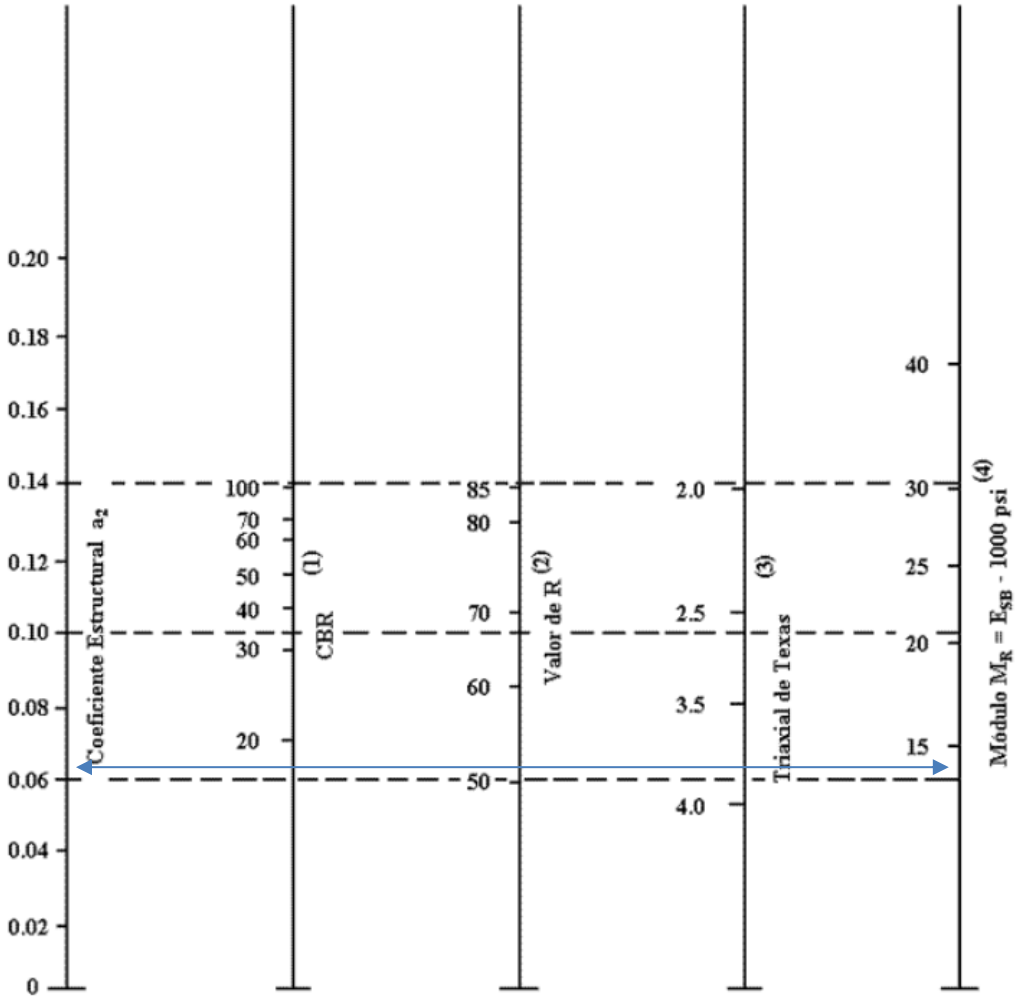


Ilustración 6.7. Número Estructural de Subrasante. Programa AASHTO 1993.
Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos

SN= 3.10

- Base clase 2

Con un MR = 14746.74 , para el caso de una Base Clase 2, obtenemos:



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

Ilustración 6.8. Coeficientes Capa "a2". Bases Granulares
Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

$$a_2 = \frac{0{,}063 pulg}{2.54\ cm} = 0{,}0248\ cm$$

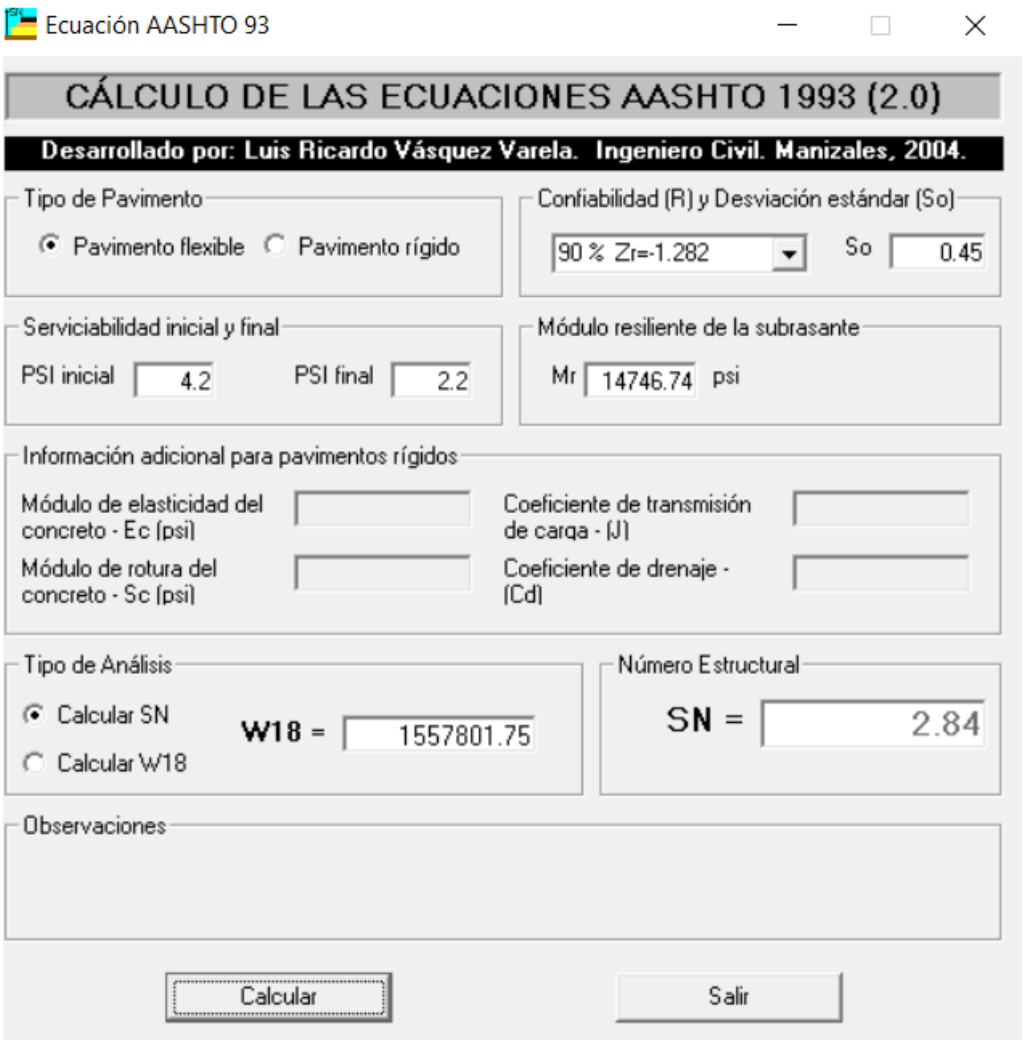
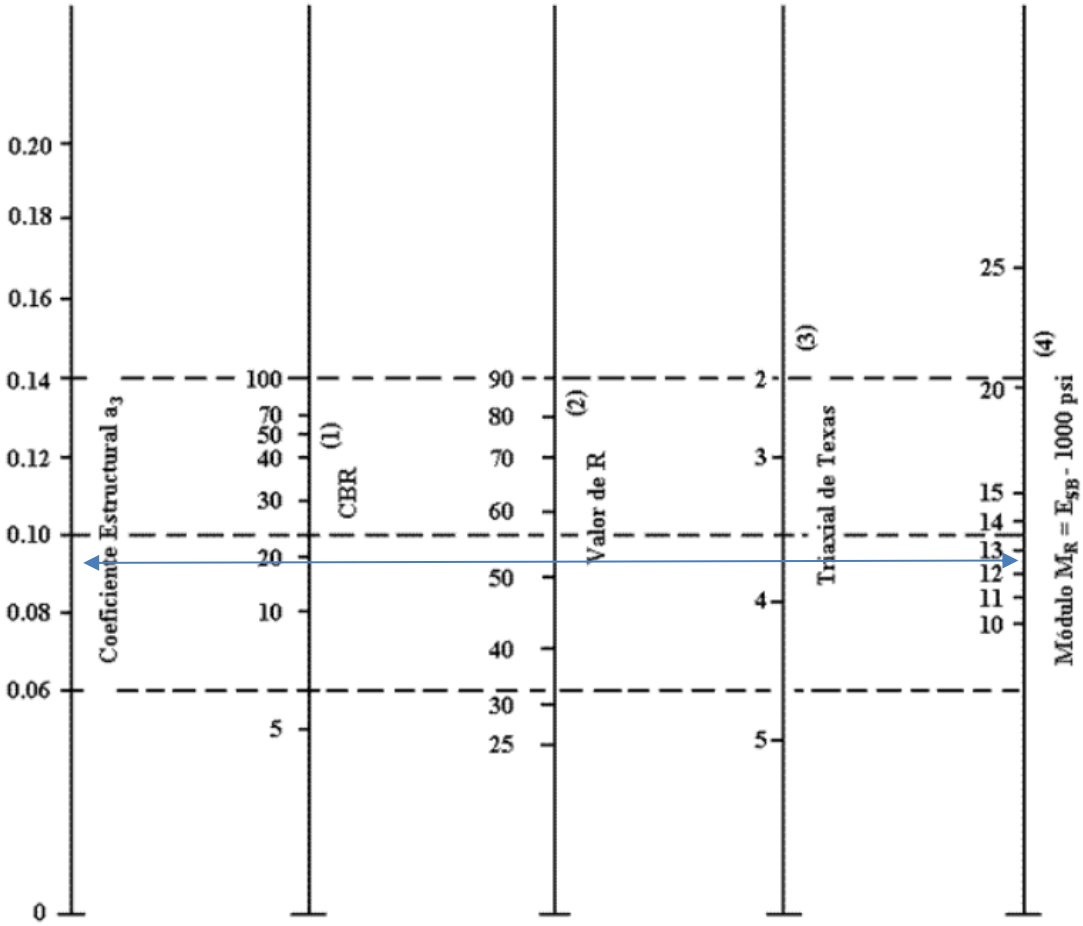


Ilustración 6.9. Número Estructural de Subbase Clase 1. Programa AASHTO 1993.
Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos

SN = 2.84

- Sub Base Clase 3

  Con un MR = 12690.83, para el caso de una Base Clase 1, obtenemos:



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

Ilustración 6.10. Coeficientes Capa "a3". Subbases Granulares
Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

$$a_3 = \frac{0{,}091\ pulg}{2.54\ cm} = 0{,}0358\ cm$$

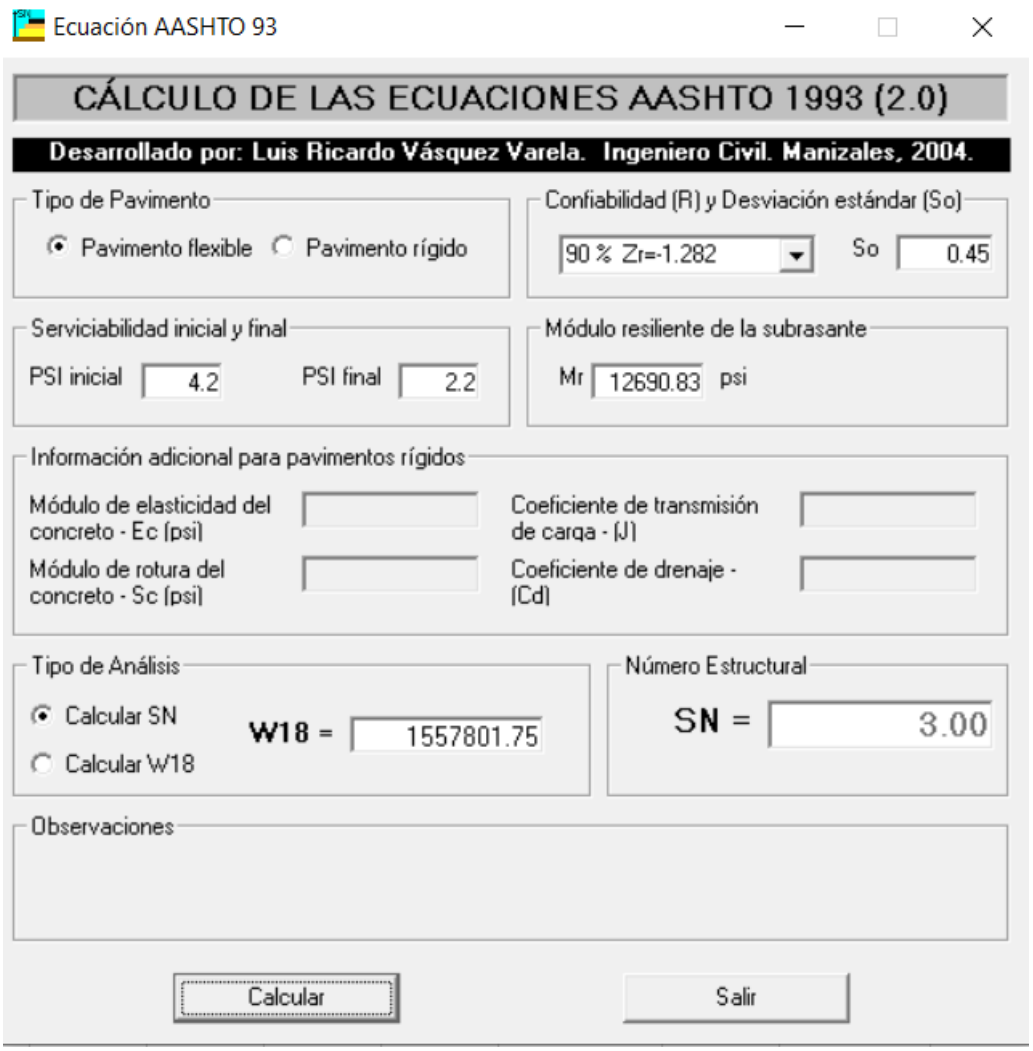


Ilustración 6.11.Número Estructural de Subbase Clase 2. Programa AASHTO 1993.
Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos

SN = 3.00

- Carpeta Asfáltica

El Módulo Resiliente (MR) de una carpeta asfáltica debe ser de 400000 psi, para que sea aceptable en el país.

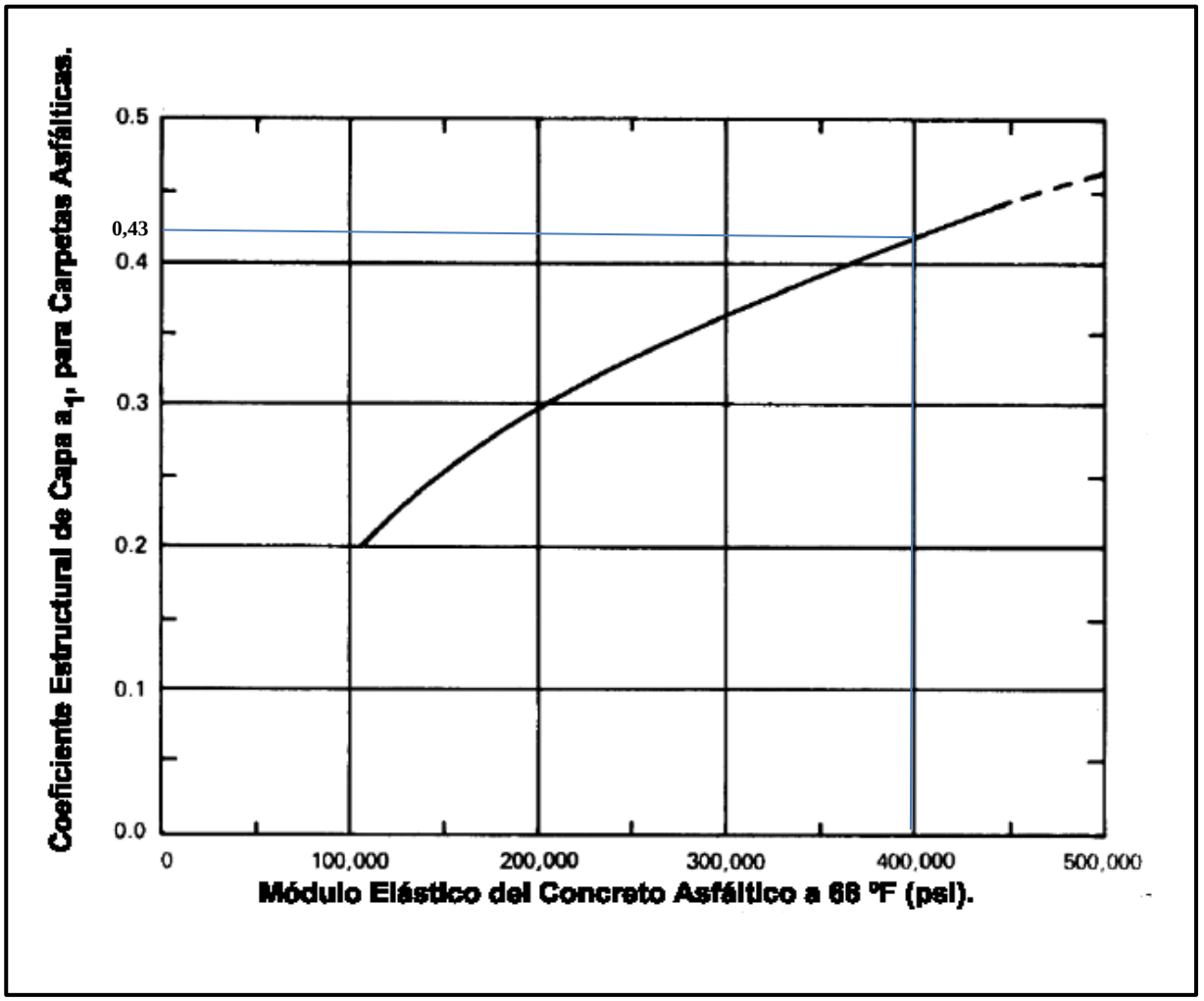


Ilustración 6.12. Coeficientes Capa "ac". Carpeta asfáltica.

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

$$a_c = \frac{0{,}43\ pulg}{2.54\ cm} = 0{,}169\ cm\ ;\ m = 1$$

6.1.2.1 ESPESORES DE LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

- **Carpeta Asfáltica**

$$D1 = \frac{2{,}84}{0{,}169\ x\ 1} = 16{,}80\ cm\ \approx 10\ cm$$
$$SN\ real = 10\ x\ 0{,}169\ x\ 1 = 1{,}69$$

- **Base Clase 1**

$$D2 = \frac{3.00 - 1{,}69}{0{,}0248\ x\ 1} = 52.82\ cm\ \approx 30\ cm$$
$$SN\ real = 30\ x\ 0{,}0248x\ 1 = 0.744$$

- **Subbase Clase 1**

$$D3 = \frac{3{,}10 - 1{,}69 - 0.744}{0{,}0358\ x\ 1} = 18.60cm\ \approx 20\ cm$$
$$SN\ real = 20\ x\ 0{,}0358\ x\ 1 = 0.716$$

- **Comprobación**

$$1{,}69 + 0.744 + 0.716 > 3{,}10$$
$$3{,}15 > 3{,}10$$ **OK "CUMPLE"**

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES

- En el Manual NEVI-12 Volumen N°3. (MTOP) Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2013). Sección 814 denominado “Capa de Base de Material Granular”, indica que un material es considerado como base cuando el C.B.R. cumple con un porcentaje mayor o igual al 80%, en este trabajo el agregado correspondiente a la Base de la mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” presenta un porcentaje de C.B.R. que oscila entre los rangos de 45% y 49%, por lo tanto, el material no califica para Base.
- Así mismo, en el Manual NEVI-12 Volumen N°3. (MTOP) Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2013). Sección 816 denominado “Subbase de Agregados”, establece que un agregado que sea calificado como subbase el porcentaje de C.B.R. deberá ser mayor ó igual al 30%, en este estudio el agregado para Subbase de la mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” oscila entre los rangos de 40% y 45%, por lo tanto, el material pétreo califica para SubBase.
- Al determinar la caracterización del material se encontró que para la mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)”se alcanza valores de desgaste del 30% el cual es admisible como lo establece la norma ASTM C-131 y la INEN 861-860, la cual permite hasta un 50% de desgaste.
- Al realizar un análisis comparativo entre los espesores de la estructura vial obtenidos a partir del C.B.R. de laboratorio, y por otro lado los espesores obtenidos mediante el ensayo de Geo Gauge se obtuvo los siguientes resultados como se indica en la tabla 7.1.

Tabla 7.1. Resultados finales de los espesores de la estructura vial mediante los dos métodos de la mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Estructura Vial	Espesor (cm)			
	C.B.R. Laboratorio (Módulo Resiliente)		Ensayo de GeoGauge (Módulo Resiliente)	
	Obtenido	Seleccionado	Obtenido	Seleccionado
Carpeta Asfáltica	14.02	10.00	16.80	10.00
Base	21.27	20.00	52.82	30.00
Subbase	10.18	20.00	18.60	20.00

Se concluye que los espesores obtenidos a partir del Ensayo de GeoGauge son mayores a los obtenidos con el Ensayo de C.B.R. de laboratorio, esto se debe a que el Ensayo realizado con el equipo de GeoGauge maneja valores más reales, ya que se lo ejecuta en campo, donde influyen elementos climáticos, flujo vehicular y peatonal, por tanto, el diseño de la estructura vial es el más óptimo.

- Así mismo, al realizar un análisis comparativo entre el Módulo Resiliente obtenido a partir del C.B.R. de laboratorio, y por otro lado el Módulo Resiliente determinado con el ensayo de GeoGauge se encontró los siguientes valores como se indica en la tabla 7.2.

Tabla 7.2. Resultados C.B.R. para Módulo Resiliente de Laboratorio y Ensayo de GeoGauge para Bases y Subbases de la mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)"

Tipo de Material	CBR (%)	Módulo Resiliente C.B.R. Laboratorio (Psi)	Módulo Resiliente (Ensayo GeoGauge) (Psi)
Base Clase 1	48.20	16521.04	14746.74
Base Clase 2	49.30	15688.98	14746.74
Base Clase 3	46.50	15735.21	14620.56
Base Clase 4	45.80	14680.43	13798.19
Sub Base Clase 1	40.10	15257.69	13745.25
Sub Base Clase 2	42.30	14762.42	13535.67
Sub Base Clase 3	45.00	14154.60	12690.83

Al respecto, se concluye que los valores obtenidos en el Módulo Resiliente a partir del C.B.R. (%) son mayores, ya que estos ensayos se los realiza en laboratorio,

permitiendo manejar las condiciones más óptimas. Por otro lado, los resultados del Módulo Resiliente obtenidos con el equipo GeaGauge son menores, toda vez que, este ensayo se lo realiza in situ, generando una disminución en los resultados, debido a las condiciones climáticas, atmosféricos, vehiculares, peatonales y más.

CAPÍTULO 8. RECOMENDACIONES

- El porcentaje de C.B.R. de la Base no cumple, al encontrarse inferior al establecido en el Manual NEVI-12 Volumen N°3. (MTOP) Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2013). Sección 814 denominado “Capa de Base de Material Granular”, lo que permite a la mina “Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)” recomendar mejorar la regularidad de las partículas del material de agregado fino, como también el triturado y cribado del material, que ayudará obtener una Base con un C.B.R. mayor o igual al 80%.
- Realizar una compactación adecuada de la estructura vial antes del ensayo de Geo Gauge en cada capa, este deberá ser comprobado con el ensayo del Densímetro Nuclear.

CAPÍTULO 9. BIBLIOGRAFÍA

- ASTM D6758. (2008). Measuring Stiffness and Apparent Modulus of Soil and Soil Aggregate. EEUU.: American Society of Testing Materials.

- Braja M. Das. (1998). Principles of Geotechnical Engineering.

- Rico, A., & Del Castillo, H. (1982). Prueba de compactación dinámica. Método de California. En A. Rico, & H. Del Castillo, La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres (pág. 222). México: Limusa.

- ASTM D 1883. (2016). Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils. EEUU.: American Socierty of Testing Materials.

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

- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2013). Norma Ecuatoriana Vial. Quito, Ecuador: Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

- Ministerio de Obras Públicas y Comunicación del Ecuador. (2002). Especificaciones Técnicas para la Construcción de Caminos y Puentes. Quito: MTOP.

- Yánez, G. (2018). Guía de Laboratorio de Pavimentos. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

- Salvador, P., & Salvador, J. (2001). Manual Visualizado de Ensayos para Pavimentos. Quito, Ecuador.

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

- ASTM C127. (2004). Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa (gravedad específica), y la absorción de agregados gruesos. EEUU.: American Society of Testing Materials.

- ASTM C128. (2004). Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa (gravedad específica), y la absorción de agregados finos. American Society of Testing Materials.

- ASTM D 4318. (1984). Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. American Society of Testing Materials.

- ASTM D2418. (2014). Metodo para determinar el Equivalente de Arena de Agregados y Suelos Finos. EEUU.: American Society of Testing Materials.

- ASTM C33. (2008). Especificación Normalizada para Agregados para Concreto. EEUU: American Socierty of Testing Materials.

- ASTM D2487. (2011). Método de Ensayo Estándar para la Clasificación de Suelos con Propósitos de Ingeniería. American Society of Terting Materials.

- ASTM D3282. (2015). Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes. EEUU.: American Society of Testing Materials.

- ASTM C142. (1997). Standard Test Method for Clay Lumps and Friable Particles in Aggregates. EEUU.: American Socierty of Testing Materials.

- ASTM C131. (2014). Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine. EEUU.: American Society of Testing Materials.

- ASTM INTERNATIONAL. (2006). ASTM C-40-99-Contenido orgánico de la arena.West Conshohocken, Estados Unidos.

- Montoya, M. I. (2005). Métodos No Destructivos para Evaluar los Módulos en Campo. En M. I. Montoya, Evaluación en Campo del Módulo de Young Equivalente y el Grado de Compactación para Geomateriales (págs. 44-45). Guayaquil: Escuela Politécnica del Litoral.

- Martínez, R., Tuya, L., Martínez, M., Pérez, A., & Cánovas, A. (2009). El Coeficiente de Correlación de los Rangos de Spearman Caracterización.

- Google Maps. (2019).

CAPÍTULO 10. ANEXO FOTOGRÁFICO



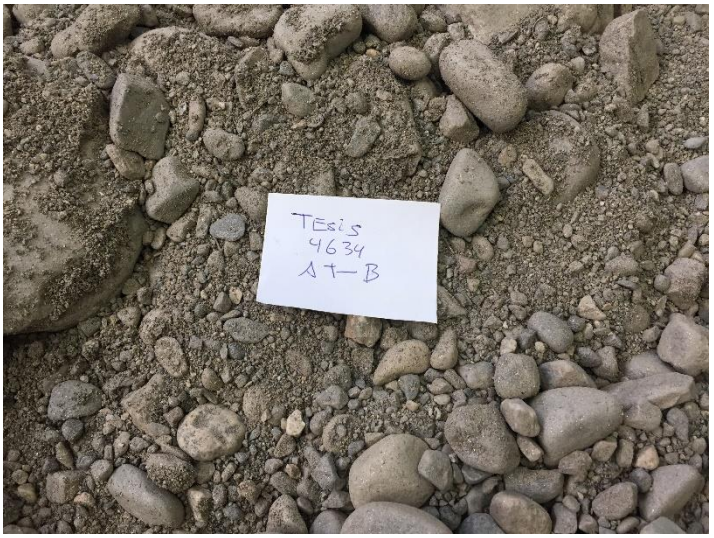
Fotografía. 10.1 Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)", Límite provincial de Imbabura y Carchi.



Fotografía. 10.2 Muestreo de los Agregados Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)", Límite provincial de Imbabura y Carchi.



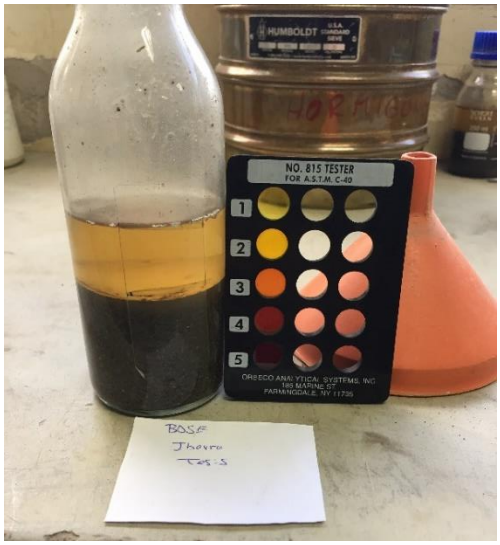
Fotografía. 10.3. Acopio del material Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)", Límite provincial de Imbabura y Carchi. En el Laboratorio de suelos de la Puce



Fotografía. 10.4 Proceso de secado del agregado Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)", Límite provincial de Imbabura y Carchi



Fotografía. 10.5 Ensayo de Contenido de Arena Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)", Límite provincial de Imbabura y Carchi.



Fotografía. 10.6 Ensayo de Contenido Orgánico Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)", Límite provincial de Imbabura y Carchi.



Fotografía. 10.7 Límites de Atterberg Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)", Límite provincial de Imbabura y Carchi.



Fotografía. 10.8 Ensayo de Proctor Modificado Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)", Límite provincial de Imbabura y Carchi.



Fotografía. 10.9 Construcción de las zanjas para ensayo de GeoGauge Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)", Límite provincial de Imbabura y Carchi.



Fotografía. 10.10 Compactación de las muestras para el ensayo de GeoGauge Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)", Límite provincial de Imbabura y Carchi



Fotografía. 10.11 Comprobación de la densidad optima del material compactado, con el uso del densímetro nuclear Mina "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)", Límite provincial de Imbabura y Carchi.



Fotografía. 10.12 Ensayo de GeoGuage "Materiales Pétreos R&R (Cantera Ramírez)", Límite provincial de Imbabura y Carchi.