

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

COMPARACIÓN TÉCNICA ENTRE LOS ENSAYOS DE

LABORATORIO MÓDULO DE YOUNG Y C.B.R. DE

LABORATORIO PARA BASE Y SUB-BASE DE LA MINA PICOAZÁ

(PORTOVIEJO – MANABÍ)

RÍOS BASANTES CHRISTIAN SANTIAGO

DIRECTOR: ING. GUSTAVO YÁNEZ

QUITO, NOVIEMBRE 2019

AGRADECIMIENTOS GENERALES

Inicialmente y de manera especial quiero agradecer a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, que me abrió las puertas en tiempos difíciles en el ámbito personal con el fin de brindarme sus conocimientos y valores en cada una de las aulas que tuve la oportunidad de atravesar.

Al que considero el mejor colegio no solo del país, sino del mundo el “Pensionado Universitario”, ya que me acogió 12 años de mi vida, dónde no solo aprendí a ser un buen ser humano, de igual manera conocí a personas excepcionales que me acompañan hasta el día de hoy. Una vez más repito que mi padre no se equivocó al escoger dicha institución.

A cada una de las personas de la PUCE, personal administrativo, trabajadores, pero de manera especial a cada uno de los docentes que me permitieron en algunas ocasiones contar con su amistad y de esta manera lograr un objetivo más en mi vida.

Al director de tesis, Ing. Gustavo Yáñez que con su guía y conocimiento en cada uno de los pasos en el desarrollo del trabajo de titulación estuvo presente, para de esta manera lograr el objetivo principal del mismo.

Al Ing. Wilson Cando, por su apoyo incondicional en momentos cruciales de la carrera, por la ayuda brindada dentro del tiempo que lo conozco y como mencionaba antes por la amistad, la cual tengo el honor de ser participe.

Al Ing. Mauricio Cely, por sus consejos y recomendaciones para que la presente tesis refleje los objetivos planteados y fuese desarrollada positivamente.

AGRADECIMIENTOS

Me queda agradecer en primera instancia a Dios por darme la oportunidad de vivir mi vida al máximo además de concederme salud y la familia que tengo. A mis padres por todo el esfuerzo y apoyo en todo ámbito, estoy seguro de que sin ustedes nada de esto hubiese sido posible.

A mi hermana que aunque estuvo gran parte de este camino ausente siempre con una palabra lograba confortarme y lo sigue siendo hasta el día de hoy, eres una parte muy especial de mi vida.

A a mi inolvidable Rosario Quiroz, quien representó una persona admirable por su lucha y forma de ser tan dulce como solo ella podía serlo, fue como mi madre durante mi infancia, y aún hoy me sigue enseñando desde el lugar donde se encuentre.

A mi abuelita materna que siento su presencia todo el tiempo y estoy seguro de que me cuida siempre, de eso no hay duda.

A la Familia Proaño Ríos por cada gesto sincero de amor brindado en una u otra etapa de mi vida, en especial a mi primo Diego que es como un hermano y sin importar el tiempo o sucesos seguimos compartiendo como que fuésemos un par de niños.

A toda mi familia materna sin excepción por cada palabra de apreciación, hermanos, tíos, primos, sobrinos, aunque no compartamos mucho los llevo siempre en mi corazón.

A mis amigos, la familia que uno escoge: Gaby, Dome, Majo, Caro, Pao, Felipe un hermano presente siempre en la buenas y aun más en la malas, Daya, Charles, Ángel, Luis, Daniel P, Flavio, Daniel M, Alex, Joseph, Guillermo, Sixto, Junior, por compartir conmigo momentos tristes, así como de alegría, por sus ocurrencias pero sobretodo por consejos y ánimo durante muchos momentos complicados para mí, siempre agradezco por encontrarme con personas increíbles en mi vida.

Finalmente a cada una de esas personas especiales en mi vida que por una u otra circunstancia nos hemos tenido que alejar, créanme que siempre las tengo presentes aunque no lo parezca.

DEDICATORIA

A Dios por no dejarme desfallecer, a mis padres Fernando y Mercedes que aunque el camino haya sido difícil siempre pensaron en mi bienestar y lo siguen haciendo, por ser un apoyo realmente incondicional y muchas veces en mi caso sin merecerlo. “Gracias por todo”

A mi hermana Fernanda y sobrinos Emi y David quienes son mi familia y reflejo de que no hay forma de darse por vencido y que siempre hay algo bueno que nos espera.

En general a toda mi familia que creyó en mi y siempre tuvieron fuerzas y ánimo para brindarme.

A las personas que independientemente de las circunstancias aportaron para que este objetivo se lleve a cabo, su compañía, palabras y vivencias los llevo siempre presente.

RESUMEN

Con la presente investigación se buscó establecer datos reales y puntuales para el material extraído de la Mina Picoazá (Portoviejo –Manabí) del ensayo C.B.R. de laboratorio además del Módulo de Young, este último por medio del GeoGauge.

Una vez obtenido el material por medio de un muestreo de la Mina con el fin de extraer muestras representativas de la misma, se desarrolló la caracterización por medio de los diferentes ensayos de laboratorio. Con dichos ensayos se definió y aplicando las normativas vigente se procedió a definir si es que la Mina Picoazá cumple con los parámetros necesarios para su explotación y sobretodo para ser caso de estudio para la presente investigación.

Posteriormente se aplicó el ensayo del Proctor Modificado para calcular parámetros de suma importancia como son Densidad Máxima y Humedad Óptima, para aplicarlos y obtener los valores del C.B.R. para las diferentes Bases y Sub-bases. Con la ayuda del GeoGauge y recreando un modelo de la estructura de pavimento flexible con los materiales más idóneos de Base y Sub-base, se determina valores del Módulo de Young para finalmente así calcular el Módulo Resiliente el cual será de suma importancia para el diseño de las capas dentro de la estructura del pavimento.

Para concluir y con la aplicación del programa AASHTO 93 podremos establecer un diseño para los dos métodos, y así poder comparar los resultados y observar cual de ellos es el más óptimo y cumple con los espesores mínimos, ya que con ello se tiene ahorro en material y en presupuesto dentro de un proyecto.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
OBJETIVOS.....	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos	4
CAPÍTULO I.....	5
MARCO TEÓRICO Y DEFINICIONES	5
1.1. Estructura del pavimento flexible.....	5
1.1.1. Base	5
1.1.1.1. Agregado fino	9
1.1.1.2. Origen Agregado Fino	9
1.1.1.3. Procedencia Agregado Fino	9
1.1.2. Sub-Base	10
1.1.2.1. Agregado Grueso	11
1.1.2.2. Origen Agregado Grueso.....	12
1.1.2.3. Procedencia Agregado Grueso.....	12
1.2. Ensayo de Laboratorio.....	13
1.2.1. Granulometría (ASTM C33)	13

1.2.2.	Gravedad Específica (ASTM C127- ASTM C128).....	16
1.2.3.	Contenido Orgánico (ASTM C40-99)	17
1.2.4.	Determinación de terrones de arcilla y partículas friables (desmenuzables) en los agregados (ASTM C142-97)	17
1.2.5.	Durabilidad de los agregados a la acción de los sulfatos (sulfato de sodio y magnesio) (ASTM C88).....	17
1.2.6.	Equivalente de arena (ASTM D2419).....	17
1.2.7.	Desgaste a la abrasión con la Máquina de los Ángeles (ASTM C131)	18
1.2.8.	Límites de Atterberg (ASTM 4318-84).....	18
1.2.9.	California Bearing Ratio (C.B.R.)	18
1.2.10.	Corrección Curva C.B.R.	20
1.2.11.	Módulo de Young.....	20
1.2.11.1.	Factores de incidencia en el Módulo de Young de un determinado suelo	21
1.2.11.2.	Determinación del Módulo de Young mediante GeoGauge	22
1.2.11.3.	Especificaciones del GeoGauge	22
1.2.11.4.	Procedimiento	23
1.2.11.5.	Módulo Resiliente a partir del Módulo de Young	23
CAPÍTULO II.....		24
RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO.....		24
2.1	Granulometría.....	24
2.1.1.	Granulometría Sub-base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo- Manabí)	24

2.1.2.	Granulometría Sub-base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	25
2.1.3.	Granulometría Sub-base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	26
2.1.4.	Granulometría Base Clase 1 Tipo A de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	27
2.1.5.	Granulometría Base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)..	29
2.1.6.	Granulometría Base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)..	30
2.1.7.	Granulometría Base Clase 4 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)..	31
2.2	Gravedad Específica	32
2.2.1.	Gravedad Específica del Agregado Fino	32
2.2.2.	Gravedad Específica del Agregado Grueso	32
2.3.	Contenido Orgánico	33
2.4.	Determinación de terrones de arcilla y partículas friables (desmenuzables) en el agregado de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)..	34
2.5	Durabilidad de los agregados a la acción de sulfatos (sulfato de sodio y sulfato de magnesio)	34
2.6.	Equivalente de Arena	35
2.7.	Desgaste a la Abrasión con la Máquina de los Ángeles	35
2.7.1.	Porcentaje de desgaste a la abrasión de la Sub-base de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	35
2.7.2.	Porcentaje de desgaste a la abrasión de la Base de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	36
2.8.	Límites de Atterberg	36

2.8.1.	Sub-base Clase 1	36
2.8.2.	Sub-base Clase 2.....	37
2.8.3.	Sub-base Clase 3.....	37
2.8.4.	Base Clase 1	38
2.8.5.	Base Clase 2.....	38
2.8.6.	Base Clase 3.....	39
2.8.7.	Base Clase 4.....	39
2.9.	California Bearing Ratio (C.B.R.).....	41
2.9.1.	Proctor Modificado Sub-base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	41
2.9.2.	Proctor Modificado Sub-base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	43
2.9.3.	Proctor Modificado Sub-base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	45
2.9.4.	Proctor Modificado Base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	47
2.9.5.	Proctor Modificado Base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	49
2.9.6.	Proctor Modificado Base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	51
2.9.7.	Proctor Modificado Base Clase 4 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	53
2.9.8.	C.B.R. Sub-base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)..	56
2.9.9.	C.B.R. Sub-base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)..	59
2.9.10.	C.B.R. Sub-base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	62
2.9.11.	C.B.R. Base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	65

2.9.12.	C.B.R. Base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	68
2.9.13.	C.B.R. Base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	71
2.9.14.	C.B.R. Base Clase 4 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	74
2.10.	Módulo de Young.....	77
CAPÍTULO III		78
RESUMEN DE RESULTADOS		78
CAPÍTULO IV		80
CORRELACIÓN DEL C.B.R. CON EL MÓDULO DE YOUNG		80
CAPÍTULO V		86
DISEÑO DE LA ESTRUCTURA VIAL		86
5.1.	Parámetros para el diseño de la Base y Sub-base del pavimento flexible aplicando C.B.R. y Módulo Resiliente.....	86
5.1.1.	TPDA (Tráfico Promedio Anual) desarrollado por conteo vehicular.....	86
5.1.2.	Nivel de Confianza.....	87
5.1.3.	Desviación Estándar para una vía	88
5.1.4.	Distribución del tráfico.....	88
5.1.5.	Período de diseño.....	88
5.1.6.	Tasa de Crecimiento.....	89
5.1.7.	Tipos de vehículo.....	89
5.1.8.	Cálculo de TPDA final.....	89
5.1.9.	Carga Equivalente	90
5.1.10.	Número de ejes equivalente al peso de 8.2 toneladas	90

5.1.11. Serviciabilidad de la vía	90
5.2. Coeficiente estructural para Bases y Sub-base de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	91
5.2.1. Empleando Ensayo del C.B.R.	91
5.2.1.1. Coeficiente estructural Sub-base Clase 1	91
5.2.1.2. Coeficiente estructural Sub-base Clase 2.....	92
5.2.1.3. Coeficiente estructural Sub-base Clase 3.....	93
5.2.1.4. Coeficiente estructural Base Clase 1	94
5.2.1.5. Coeficiente estructural Base Clase 2.....	95
5.2.1.6. Coeficiente estructural Base Clase 3.....	96
5.2.1.7. Coeficiente estructural Base Clase 4.....	97
5.2.2. Empleando Módulo Resiliente	98
5.2.2.1. Coeficiente estructural Sub-base Clase 1	98
5.2.2.2. Coeficiente estructural Sub-base Clase 2.....	99
5.2.2.3. Coeficiente estructural Sub-base Clase 3.....	100
5.2.2.4. Coeficiente estructural Base Clase 1	101
5.2.2.5. Coeficiente estructural Base Clase 2.....	102
5.2.2.6. Coeficiente estructural Base Clase 3.....	103
5.2.2.7. Coeficiente estructural Base Clase 4.....	104
5.3. Resumen Coeficientes estructurales.....	105
5.4. Diseño de la estructura Pavimento Flexible aplicando C.B.R.	106
5.4.1. Diseño de la Subrasante.....	107

5.4.2. Diseño de la Base.....	108
5.4.3. Diseño de la Sub-base.....	109
5.4.4. Diseño de la Carpeta Asfáltica.....	110
5.4.5. Espesores de la estructura del pavimento flexible.....	111
5.5. Diseño de la estructura Pavimento Flexible aplicando Módulo Resiliente.....	112
5.5.1. Diseño de la Subrasante.....	113
5.5.2. Diseño de la Base.....	113
5.5.3. Diseño de la Sub-base.....	114
5.5.4. Diseño de la Carpeta Asfáltica.....	115
5.5.5. Espesores de la estructura del pavimento flexible.....	116
CAPÍTULO VI	117
6.1. Conclusiones	118
6.2. Recomendaciones.....	119
BIBLIOGRAFÍA.....	121
ANEXOS.....	125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para Base Clase 1.....	6
Tabla 1.2. Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para Base Clase 2.....	7
Tabla 1.3. Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para Base Clase 3.....	8
Tabla 1.4. Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para Base Clase 4.....	8
Tabla 1.5. Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para: Subbase Clase 1, Subbase Clase 2 y Subbase Clase 3...	11
Tabla 1.6. Tamices utilizados en ensayos de granulometría.....	14
Tabla 1.7. Clasificación SUCS.....	15
Tabla 1.8. Clasificación AASHTO.....	16
Tabla 1.9. Penetraciones y Cargas Tipo para C.B.R.....	19
Tabla 1.10. Especificaciones del GeoGauge.....	22
Tabla 2.1. Granulometría Sub-base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	24
Tabla 2.2. Clasificación de Sub-base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	24
Tabla 2.3. Granulometría Sub-base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	25
Tabla 2.4. Clasificación de Sub-base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	26
Tabla 2.5. Granulometría Sub-base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	26
Tabla 2.6. Clasificación de Sub-base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	27
Tabla 2.7. Granulometría Base Clase 1 Tipo A de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	28
Tabla 2.8. Clasificación de Base Clase 1 Tipo A de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	28
Tabla 2.9. Granulometría Base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	29
Tabla 2.10. Clasificación de Base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	29
Tabla 2.11. Granulometría Base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	30
Tabla 2.12. Clasificación de Base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	30

Tabla 2.13. Granulometría Base Clase 4 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	31
Tabla 2.14. Clasificación de Base Clase 4 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	31
Tabla 2.15. Gravedad Específica y Absorción del Agregado Fino de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	32
Tabla 2.16. Gravedad Específica y Absorción del Agregado Grueso de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	32
Tabla 2.17. Contenido Orgánico del Agregado de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	33
Tabla 2.18. Porcentaje de terrones de arcilla y partículas friables (desmenuzables) en el agregado de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	34
Tabla 2.19. Porcentaje de desgaste del agregado grueso a la acción de sulfatos de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	34
Tabla 2.20. Porcentaje de desgaste del agregado fino a la acción de sulfatos de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	34
Tabla 2.21. Equivalente de Arena del agregado de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	35
Tabla 2.22. Desgaste a la abrasión de la Sub-base de la Mina Picoazá (Portoviejo Manabí).....	36
Tabla 2.23. Desgaste a la abrasión de la Base de la Mina Picoazá (Portoviejo Manabí).....	36
Tabla 2.24. Contenido de humedad de Sub-base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	36
Tabla 2.25. Límites de Atterberg de Sub-base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	37
Tabla 2.26. Contenido de humedad de Sub-base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	37
Tabla 2.27. Límites de Atterberg de Sub-base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	37
Tabla 2.28. Contenido de humedad de Sub-base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	37
Tabla 2.29. Límites de Atterberg de Sub-base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	38
Tabla 2.30. Contenido de humedad de Base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	38
Tabla 2.31. Límites de Atterberg de Base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	38
Tabla 2.32. Contenido de humedad de Base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	38
Tabla 2.33. Límites de Atterberg de Base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	38

Tabla 2.34. Contenido de humedad de Base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	39
Tabla 2.35. Límites de Atterberg de Base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	39
Tabla 2.36. Contenido de humedad de Base Clase 4 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	39
Tabla 2.37. Límites de Atterberg de Base Clase 4 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	40
Tabla 2.38. Proctor Modificado Sub-base Clase 1: Relación Densidad Seca – Humedad de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	41
Tabla 2.39. Proctor Modificado Sub-base Clase 1: Relación Densidad Máxima – Humedad Óptima de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	42
Tabla 2.40. Proctor Modificado Sub-base Clase 2: Relación Densidad Seca – Humedad de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	43
Tabla 2.41. Proctor Modificado Sub-base Clase 2: Relación Densidad	44
Tabla 2.42. Proctor Modificado Sub-base Clase 3: Relación Densidad Seca – Humedad de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	45
Tabla 2.43. Proctor Modificado Sub-base Clase 3: Relación Densidad Máxima – Humedad Óptima de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	46
Tabla 2.44. Proctor Modificado Base Clase 1: Relación Densidad Seca – Humedad de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	47
Tabla 2.45. Proctor Modificado Base Clase 1: Relación Densidad Máxima – Humedad Óptima de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	48
Tabla 2.46. Proctor Modificado Base Clase 2: Relación Densidad Seca – Humedad de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	49
Tabla 2.47. Proctor Modificado Base Clase 2: Relación Densidad Máxima – Humedad Óptima de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	50
Tabla 2.48. Proctor Modificado Base Clase 3: Relación Densidad Seca – Humedad de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	51
Tabla 2.49. Proctor Modificado Base Clase 3: Relación Densidad Máxima – Humedad Óptima de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	53
Tabla 2.50. Proctor Modificado Base Clase 4: Relación Densidad Seca – Humedad de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	53
Tabla 2.51. Proctor Modificado Base Clase 4: Relación Densidad Máxima – Humedad Óptima de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	55
Tabla 2.52. C.B.R. Sub-base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	56
Tabla 2.53. C.B.R. Sub-base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Datos de Penetración (Corrección)	58
Tabla 2.55. C.B.R. Sub-base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	59

Tabla 2.56. C.B.R. Sub-base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Datos de Penetración (Corrección)	61
Tabla 2.58. C.B.R. Sub-base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	62
Tabla 2.59. C.B.R. Sub-base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Datos de Penetración (Corrección)	64
Tabla 2.61. C.B.R. Base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	65
Tabla 2.62. C.B.R. Base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Datos de Penetración (Corrección).....	67
Tabla 2.64. C.B.R. Base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	68
Tabla 2.65. C.B.R. Base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Datos de Penetración (Corrección).....	70
Tabla 2.67. C.B.R. Base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	71
Tabla 2.68. C.B.R. Base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Datos de Penetración (Corrección).....	73
Tabla 2.70. C.B.R. Base Clase 4 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	74
Tabla 2.71. C.B.R. Base Clase 4 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Datos de Penetración (Corrección).....	76
Tabla 2.73. Valores de Módulo de Young y Módulo Resiliente para las Bases y Sub-bases de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	77
Tabla 3.1. Resumen de los resultados de Ensayos de Laboratorio de los agregados de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	78
Tabla 3.2. Resumen Parámetros C.B.R.	79
Tabla 3.3. Módulo de Young y Módulo Resiliente	79
Tabla 4.1. Resumen Densidad Seca Campo y Módulo Resiliente	80
Tabla 4.2. Resultados Módulo Resiliente Mina Picoazá (Portoviejo- Manabí)	84
Tabla 4.3. Módulo Resiliente vs. C.B.R. Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	84
Tabla 5.1. TPDA (Tráfico Promedio Anual)	86
Tabla 5.2. Nivel de confianza según la funcionalidad de la vía	87
Tabla 5.3. Valores recomendados para la desviación estándar S_o	88
Tabla 5.4. TPDA final	89
Tabla 5.5. Factor Carga Equivalente por eje	90
Tabla 5.6. Serviciabilidad de la vía	91
Tabla 5.7. Coeficientes Estructurales	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Estructura del pavimento flexible	5
Figura 1.2. Ubicación Mina Picoazá (Portoviejo- Manabí).....	9
Figura 1.3. Ubicación Mina Picoazá (Portoviejo- Manabí).....	12
Figura 2.1. Curva Granulométrica de Sub-base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	25
Figura 2.2. Curva Granulométrica de Sub-base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	26
Figura 2.3. Curva Granulométrica de Sub-base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	27
Figura 2.4. Curva Granulométrica de Base Clase 1 Tipo A de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	28
Figura 2.5. Curva Granulométrica de Base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	29
Figura 2.6. Curva Granulométrica de Base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	30
Figura 2.7. Curva Granulométrica de Base Clase 4 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	31
Figura 2.8. Proctor Modificado Sub-base Clase 1: Relación Densidad Seca – Humedad de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	42
Figura 2.9. Proctor Modificado Sub-base Clase 2: Relación Densidad Seca – Humedad de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	44
Figura 2.10. Proctor Modificado Sub-base Clase 3: Relación Densidad Seca – Humedad de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	46
Figura 2.11. Proctor Modificado Base Clase 1: Relación Densidad Seca – Humedad de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	48
Figura 2.12. Proctor Modificado Base Clase 2: Relación Densidad Seca – Humedad de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	50
Figura 2.13. Proctor Modificado Base Clase 3: Relación Densidad Seca – Humedad de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	52
Figura 2.14. Proctor Modificado Base Clase 4: Relación Densidad Seca – Humedad de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)	55
Figura 2.15. C.B.R. Sub-base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Presión vs. Penetración.....	57
Figura 2.16. C.B.R. Sub-base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Densidad Máxima vs. C.B.R.....	58
Figura 2.17. C.B.R. Sub-base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Presión vs. Penetración.....	60
Figura 2.18. C.B.R. Sub-base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Densidad Máxima vs. C.B.R.....	61

Figura 2.19. Sub-base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Presión vs. Penetración	63
Figura 2.20. Sub-base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Densidad Máxima vs. C.B.R.	64
Figura 2.21. C.B.R. Base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Presión vs. Penetración	66
Figura 2.22. Base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Densidad Máxima vs. C.B.R.	67
Figura 2.23. C.B.R. Base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Presión vs. Penetración	69
Figura 2.24. C.B.R. Base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Densidad Máxima vs. C.B.R.	70
Figura 2.25. C.B.R. Base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Presión vs. Penetración	72
Figura 2.26. Base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Densidad Máxima vs. C.B.R.	73
Figura 2.27. C.B.R. Base Clase 4 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Presión vs. Penetración	75
Figura 2.28. C.B.R. Base Clase 4 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Densidad Máxima vs. C.B.R.	76
Figura 4.1. Densidad seca vs. Módulo Resiliente Sub-base Clase 1 Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	80
Figura 4.2. Densidad seca vs. Módulo Resiliente Sub-base Clase 2 Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	81
Figura 4.3. Densidad seca vs. Módulo Resiliente Sub-base Clase 3 Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	81
Figura 4.4. Densidad seca vs. Módulo Resiliente Base Clase 1 Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	82
Figura 4.5. Densidad seca vs. Módulo Resiliente Base Clase 2 Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	82
Figura 4.6. Densidad seca vs. Módulo Resiliente Base Clase 3 Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	83
Figura 4.7. Densidad seca vs. Módulo Resiliente Base Clase 4 Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	83
Figura 4.8. C.B.R. vs. Módulo Resiliente de la Sub-base de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	85
Figura 4.9. C.B.R. vs. Módulo Resiliente de la Base de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).....	85
Figura 5.1. Tipos de vehículos motorizados, remolques y semirremolques	89
Figura 5.2. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de Sub-base Clase 1	92

Figura 5.3. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de Sub-base Clase 2	93
Figura 5.4. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de Sub-base Clase 3	94
Figura 5.5. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de Base Clase 1	95
Figura 5.6. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de Base Clase 2	96
Figura 5.7. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de Base Clase 3	97
Figura 5.8. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de Base Clase 4	98
Figura 5.9. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de Sub-base Clase 1	99
Figura 5.10. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de Sub-base Clase 2	100
Figura 5.11. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de Sub-base Clase 3	101
Figura 5.12. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de Base Clase 1	102
Figura 5.13. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de Base Clase 2	103
Figura 5.14. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de Base Clase 3	104
Figura 5.15. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de Base Clase 4	105
Figura 5.16. Número Estructural de la Subrasante empleando el programa AASHTO 93	108
Figura 5.17. Número Estructural de la Base empleando el programa AASHTO 93	109
Figura 5.18. Número Estructural de la Sub-base empleando el programa AASHTO 93	110
Figura 5.19. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de la carpeta asfáltica	111
Figura 5.20. Espesores de la estructura del pavimento.....	112
Figura 5.21. Número Estructural de la Subrasante empleando el programa AASHTO 93	113
Figura 5.22. Número Estructural de la Base empleando el programa AASHTO 93	114
Figura 5.23. Número Estructural de la Sub-base empleando el programa AASHTO 93	115

Figura 5.24. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de la carpeta asfáltica	116
Figura 5.25. Espesores de la estructura del pavimento.....	117

INTRODUCCIÓN

La siguiente investigación está desarrollada con el fin de encontrar una correlación entre el método convencional del ensayo de C.B.R. de laboratorio y el Módulo de Young con los agregados provenientes de la mina de Picoazá localizada en el cantón Portoviejo en la provincia de Manabí.

Tanto los agregados finos como gruesos son una parte vital para la ejecución de la estructura del pavimento, ya que constituyen los principales componentes para la elaboración de las capas base y sub-base, además que con la incorporación de la carpeta de rodadura conforman la estructura necesaria para tolerar las cargas originadas por el tránsito vehicular.

El C.B.R. (California Bearing Ratio) es un método conocido desde 1929 en California, desde ese entonces es uno de los más utilizados para obtener las características del suelo. Es importante destacar que en la presente investigación se empleó el C.B.R. de laboratorio ya que se toma en cuenta que las condiciones de la subrasante serán alteradas durante la construcción.

Con la ayuda del GeoGauge o medidor de rigidez podemos precisar el Módulo de Young con el fin de estimar la reacción de la subrasante y de la estructura del pavimento en general.

Para el diseño de la estructura del pavimento es necesario tener en cuenta varios factores que intervienen directamente como son: la cantidad de vehículos que transitarán por la vía, además de su tipología, condiciones de la subrasante, condiciones climatológicas, materiales a usarse en la estructura (base y sub-

base), método de diseño y deterioro.

Posteriormente y por medio de una comparación técnica entre el Módulo de Young con el C.B.R. de laboratorio tanto de la base como la sub-base de la mina en análisis, se puede proseguir con el diseño de la estructura del pavimento flexible (espesores) con los datos proporcionados por los dos métodos citados con anterioridad.

ANTECEDENTES

Según la normativa AASHTO 1993 y a través de los años un procedimiento necesario para el desarrollo de la estructura de una vía es el C.B.R. de laboratorio para cada uno de los agregados que conforman las capas de dicha estructura, de esta manera podemos obtener valores reales de la resistencia al corte que puede presentar el suelo, bajo ciertas condiciones y controlando la humedad y densidad.

Para el correcto uso del software AASHTO 1993 debemos conocer el valor del Módulo Resiliente, para lo cual en la presente investigación se partió de la obtención del Módulo de Young con la ayuda del GeoGauge (Medidor de rigidez de Humboldt), una vez desarrollados los respectivos ensayos en campo y para cada una de las capas de la estructura del pavimento flexible, calculamos el valor del número estructural.

Basándose en investigaciones anteriores, es importante mencionar que con un valor real del Módulo Resiliente de la base y sub-base se espera una reducción en el espesor de cada capa de la estructura del pavimento, y por ello en el

material empleado en la construcción de las mismas. De esta manera y una vez más, es importante señalar que en esta investigación se partió de la obtención del Módulo de Young para después conseguir el valor del Módulo Resiliente.

JUSTIFICACIÓN

Teniendo presente la normativa que se debe cumplir dentro del diseño del pavimento flexible, en este caso la normativa ASTM y que sirve de apoyo para las normativas nacionales, debemos en primer lugar comprobar que el material de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí) sea apto para su uso, para después y con el desarrollo de los distintos ensayos de laboratorio determinar los valores de C.B.R., así como del Módulo de Young para de esta manera lograr conseguir una correlación y finalmente establecer el valor del Módulo Resiliente para cada una de las capas para el subsiguiente diseño.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El objetivo primordial en la obtención del C.B.R. es realizar un óptimo diseño del pavimento flexible basándonos en el cálculo empírico del Módulo Resiliente, lo que nos lleva a un dimensionamiento erróneo y costoso además de otros inconvenientes en la elaboración de cada una de las capas.

Desde otro punto de vista el Módulo de Young es otra alternativa que nos sirve para determinar el valor del Módulo Resiliente aunque representa un costo muy alto para su obtención, es por ello que la presente investigación tiene como fin desarrollar ambos métodos y obtener el valor del Módulo Resiliente para cada uno de ellos, para posteriormente definir los dos diseños de pavimento flexible y compararlos, y así establecer si son óptimos y cumplen con los espesores mínimos.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Comparar técnicamente los ensayos de laboratorio Módulo de Young y C.B.R. de laboratorio para base y sub-base de la Mina Picoazá (Portoviejo – Manabí).

Objetivos Específicos

- Determinar los verdaderos valores del C.B.R. de laboratorio y Módulo de Young de los agregados tanto de base como de sub-base de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí).
- Desarrollar una correlación entre el Módulo de Young y C.B.R. de Laboratorio para que sea utilizada para proyectos que involucren los materiales procedentes de la Mina Picoazá (Portoviejo- Manabí).
- Efectuar y analizar el diseño de la estructura del pavimento flexible, utilizando el software AASHTO 1993 con los datos de laboratorio obtenidos en los dos principales ensayos dentro de la investigación.

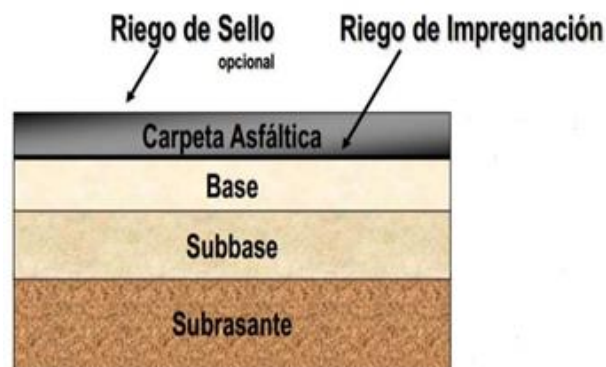
CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO Y DEFINICIONES

1.1. Estructura del pavimento flexible

La estructura del pavimento y en este caso en particular del pavimento flexible está conformada principalmente por cuatro capas. Desde la superficie y en primer lugar tenemos la carpeta asfáltica que es la que está expuesta a la carga vehicular y es visible a simple vista, por debajo de la misma tenemos a la base y subsiguiente a la sub-base para finalmente encontrarnos con la subrasante que en otras palabras es el suelo natural del sitio.

Figura 1.1. Estructura del pavimento flexible



Fuente: (Slideshare, 2012)

1.1.1. Base

La capa de la base como se indica en la Figura 1 se encuentra por debajo de la carpeta asfáltica y sobre la sub-base. Su principal objetivo o servicio es servir como transmisor de los esfuerzos ocasionados por los vehículos hacia la sub-base y subrasante. (Montejo Fonseca, 2002).

Debido a que está constituida principalmente por material granular sirve como

drenaje para las capas que se encuentran debajo de ella por efectos del fenómeno de capilaridad y así evitar problemas en la carpeta asfáltica y en la estructura como tal.

Por lo antes mencionado se constituye como la capa más importante dentro del desarrollo de la estructura vial por lo que debe cumplir con ciertos parámetros.

Según el Ministerio de Transporte y Obras Públicas existen 4 tipos:

- Base Clase 1: Compreendida principalmente por agregado grueso y agregado fino triturados en un 100%, graduados dentro de los límites granulométricos indicados para los tipos A y B, deben ser mezclados necesariamente en una planta central.

Tabla 1.1. Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para Base Clase 1

TAMIZ		BASE CLASE 1 TIPO A		BASE CLASE 1 TIPO B	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
2"	50 mm		100		100
1 ½"	37.5 mm	70	100	70	100
1"	25 mm	55	85	60	90
¾"	19 mm	50	80	45	75
3/8"	9.5 mm	35	60	30	60
Nº 4	4.75 mm	25	50	20	50
Nº 10	2 mm	20	40	10	25
Nº 40	0.425 mm	10	25	2	12
Nº 200	0.075 mm	2	12		

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

- Base Clase 2: Comprendida principalmente por fragmentos de roca o gravas trituradas en un 50% o más, graduados con la granulometría adecuada, deben ser mezclados necesariamente en una planta central.

Tabla 1.2. Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para Base Clase 2

TAMIZ		BASE CLASE 2	
		Mín.	Máx.
2 ^{''}	50 mm		100
1 ½ ^{''}	37.5 mm	70	100
1 ^{''}	25 mm	55	85
¾ ^{''}	19 mm	47	75
3/8 ^{''}	9.5 mm	35	65
Nº 4	4.75 mm	25	55
Nº 10	2 mm	15	45
Nº 40	0.425 mm	5	25
Nº 200	0.075 mm	0	10

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

- Base Clase 3: Comprendida principalmente por fragmentos de rocas o gravas trituradas por lo menos con el 25%, graduados con la granulometría adecuada, deben ser mezclados preferentemente en una planta central.

Tabla 1.3. Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para Base Clase 3

TAMIZ		BASE CLASE 3	
		Mín.	Máx.
2''	50 mm		100
1''	25 mm	70	100
¾''	19 mm	60	90
3/8''	9.5 mm	40	75
Nº 4	4.75 mm	30	60
Nº 10	2 mm	15	45
Nº 40	0.425 mm	10	30
Nº 200	0.075 mm	0	15

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

- Base Clase 4: Comprendida principalmente por agregados obtenidos por cribado de rocas fragmentadas naturalmente o de grava en su totalidad, graduados con la granulometría adecuada.

Tabla 1.4. Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para Base Clase 4

TAMIZ		BASE CLASE 4	
		Mín.	Máx.
2''	50 mm		100
1''	25 mm	60	90
Nº 4	4.75 mm	20	50
Nº 200	0.075 mm	0	15

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

1.1.1.1. Agregado fino

Material generalmente constituido por arena y trituración de la roca por partículas de diámetro menores a 5 mm o 0.2 pulg.(Portland Cement Association, 2004).

Para su correcto uso dentro de la integración de la base, el material debe cumplir con ciertos parámetros como que se encuentre limpio, sus partículas tengan una forma angular, que no contenga materia orgánica y terrones de arcilla, así como la resistencia y dureza. (Méndez Silva, 2012).

1.1.1.2. Origen Agregado Fino

Principalmente el agregado fino proviene de la trituración de la roca en las diferentes minas, en el caso de que exista material aluvial también existe presencia de arena natural, aunque también arena que se puede conseguir de manera artificial. (Méndez Silva, 2012).

1.1.1.3. Procedencia Agregado Fino

El agregado fino que formó parte del análisis en la presente investigación proviene de la Mina Picoazá (Portoviejo- Manabí).

Figura 1.2. Ubicación Mina Picoazá (Portoviejo- Manabí)



Fuente: (Google Maps, 2019)

1.1.2. Sub-Base

La capa de la sub-base como se indica en la figura 1 está por debajo de la base y sobre la subrasante, su principal función es absorber las cargas causadas por los vehículos, sin tener como consecuencia deformaciones permanentes y es importante que la capacidad de soporte de esta capa sea mayor a la de la subrasante.

Un correcto uso del material, además de un buen diseño nos proveerá de un elemento dentro de la estructura vial capaz de imposibilitar la infiltración de agua por la parte inferior y superior, lo que conllevaría a daños en la estructura o a sus características con las que fueron inicialmente planeadas y ejecutadas. Esto a largo plazo implicaría que no cumpla con una correcta transmisión de cargas hacia la subrasante y en el peor de los casos fallas en la estructura. (Montejo Fonseca, 2002).

Según el Ministerio de Transporte y Obras Públicas existen 3 tipos:

- Sub-base Clase 1: Compreendida principalmente por agregados provenientes de trituración de rocas o gravas. Por lo menos el 30% del agregado preparado debe obtenerse por trituración.
- Sub-base Clase 2: Compreendida principalmente por agregados provenientes del cribado o trituración de rocas o gravas que se fragmentan naturalmente. Por lo menos 25% de agregado obtenido por trituración y 75% por cribado.
- Sub-base Clase 3: Compreendida principalmente por material

proveniente de excavaciones para la plataforma o de fuentes de préstamo. El material que se utiliza es 100% cribado.

Tabla 1.5. Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para: Subbase Clase 1, Subbase Clase 2 y Subbase Clase 3.

TAMIZ		SUBBASE CLASE 1		SUBBASE CLASE 2		SUBBASE CLASE 3	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
3"	76.2 mm						100
2"	50.4 mm	-	-		100		-
1 ½"	38,1 mm		100	70	100		-
Nº 4	4.75 mm	30	70	30	70	30	70
Nº 40	0.425 mm	10	35	15	40		-
Nº 200	0.075 mm	0	15	0	20	0	20

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

1.1.2.1. Agregado Grueso

De origen pétreo es adquirido de manera superficial por mineral que se encuentran en la corteza terrestre, de manera específica gracias a la explotación en la minas alrededor del país.

En gran parte está constituido por grava y roca triturada cuya composición interna debe estar ordenada y definida.(Portland Cement Association, 2004).

Para su correcto uso dentro de la integración de la sub-base, el material debe cumplir con ciertos parámetros como que se encuentre limpio, características de resistencia y dureza, además no debe existir presencia de elementos químicos. (Méndez Silva, 2012).

1.1.2.2. Origen Agregado Grueso

Tomando en cuenta el origen y formación de las rocas, tenemos tres grandes grupos como son: ígneas, sedimentarias y metamórficas. En primer lugar tenemos a las rocas ígneas que su configuración es de roca fundida o magma procedente del centro del planeta. Las rocas de origen sedimentario están conformadas por restos de otras rocas disgregadas por procesos físicos que fueron transportadas por algún elemento de la naturaleza, ya sea el viento o el agua, y finalmente fueron formando las rocas sedimentarias. Por otra parte las rocas metamórficas son creadas por la presencia de presiones y temperaturas significativas que afectan de manera directa a los dos otros dos grupos de rocas. (Villalobos Orchard, 2016).

1.1.2.3. Procedencia Agregado Grueso

El agregado fino que formó parte del análisis en la presente investigación proviene de la Mina Picoazá (Portoviejo- Manabí).

Figura 1.3. Ubicación Mina Picoazá (Portoviejo- Manabí)



Fuente: (Google Maps, 2019)

1.2. Ensayo de Laboratorio

Con el fin de determinar si los agregados procedentes de la mina ya antes mencionada, son idóneos para el diseño y posterior construcción de una vía, además de estar dentro de las especificaciones requeridas, conociendo las características principales de los mismos para fijar los parámetros necesarios para la ejecución de un proyecto vial. Los siguientes ensayos son realizados bajo la normativa ASTM, que a su vez sirve como base para las normativas ecuatorianas NEVI-12-MTOP y normativas INEN.

1.2.1. Granulometría (ASTM C33)

El ensayo de la granulometría tiene como objetivos definir el tamaño de cada una de las partículas junto con la distribución que existe dentro de la muestra a ensayarse.

Utilizando la normativa del Ministerio de Transportes y Obras Públicas del año 2013 y tomando en cuenta los porcentajes que son retenidos en cada uno de los tamices es posible establecer el tipo de base o sub-base.

Los tamices a tomarse en cuenta para la granulometría tanto de agregado grueso como de fino son los que se muestran en la siguiente tabla.

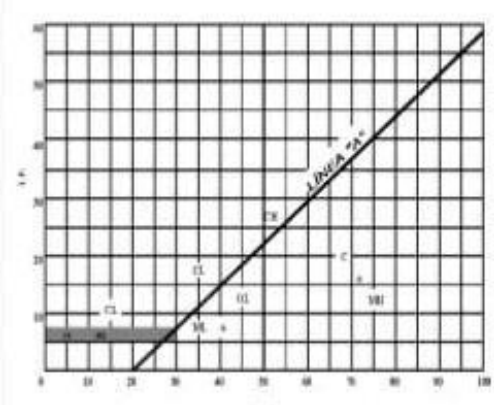
Tabla 1.6. Tamices utilizados en ensayos de granulometría.

Tamices (Pulg)	Agregado
2	GRUESO
1 1/2	
1	
3/4	
1/2	
3/8	
No.4	
No. 4	FINO
No. 8	
No. 16	
No. 30	
No. 50	
No. 100	

Fuente: (ASTM INTERNATIONAL. (2006). ASTM C-33. Granulometría de los agregados. West Conshohocken, Estados Unidos).

Una vez ya identificada la granulometría del material es necesario analizar la clasificación por medio de los métodos: SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) y AASHTO como se detalla en las tablas 7 y 8.

Tabla 1.7. Clasificación SUCS.

DIVISIÓN MAYOR			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 @ Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4 PARA CLASIFICACIÓN VISUAL, PUEDE USARSE 1/2 cm. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4	GRAVAS LIMPIAS Poco o nada de partículas finas	GW	Grava bien graduada, mezcla de grava y arena con poco o nada de finos	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD C_u : mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA C_c : entre 1 y 3. $C_u = D_{60} / D_{10}$ $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA G.W. LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4. LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7. $C_u = D_{60} / D_{10}$ mayor de 6 ; $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ entre 1 y 3. No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4. LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.		
		GRAVAS CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	* GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo			
		GRAVA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	GC	Grava arcillosa, mezcla de grava, arena y arcilla			
		ARENAS LIMPIAS Poco o nada de partículas finas	SW	Arena bien graduada, arena con gravas, con poca o nada de finos			
		ARENAS CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	SP	Arena mal graduada, arena con gravas, con poca o nada de finos			
		ARENA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	* SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo			
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4 PARA CLASIFICACIÓN VISUAL, PUEDE USARSE 1/2 cm. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4	GRAVAS LIMPIAS Poco o nada de partículas finas	GW		Grava bien graduada, mezcla de grava y arena con poco o nada de finos	
			GRAVAS CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	* GM		Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo	
			GRAVA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	GC		Grava arcillosa, mezcla de grava, arena y arcilla	
		ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4	ARENAS LIMPIAS Poco o nada de partículas finas		SW	Arena bien graduada, arena con gravas, con poca o nada de finos
				ARENAS CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas		SP	Arena mal graduada, arena con gravas, con poca o nada de finos
				ARENA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas		* SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo
SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 @ Las partículas de 0.075 mm de diámetro (la malla No. 200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor de 50	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor de 50	ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arcillosos o arcillosos ligeramente plásticos.	G - Grava, S - Arena, O - Suelo Orgánico, P - Turba, M - Limo C - Arcilla, W - Bien Graduado, P - Mal Graduado, L - Baja Compresibilidad, H - Alta Compresibilidad CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.) 		
			CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arcillosas, arcillas limosas, arcillas pobres			
			OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.			
	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50	MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diazómicáceos, más elásticos			
			CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas limosas			
			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 ÚNICAMENTE, LA SUB-DIVISIÓN ESTA BASADA EN LOS LÍMITES DE ATTERBERG EL SUFJO d SE USA CUANDO EL L.L. ES DE 28 O MENOS Y EL I.P. ES DE 6 O MENOS. EL SUFJO u ES USADO CUANDO EL L.L. ES MAYOR QUE 28.

Fuente: (ASTM INTERNATIONAL. (2006). ASTM D-2487-17-Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). West Conshohocken, Estados Unidos).

Tabla 1.8. Clasificación AASHTO.

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz #200)							Materiales limoarcillosos (más de 35% pasa el tamiz #200)			
	A-1		A-3 ^A	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Tamizado, % que pasa											
No. 10 (2.00mm)	50 máx.	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 40 (425µm)	30 máx.	50 máx.	51 mín.	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 200 (75µm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Consistencia											
Límite líquido	...		...	B				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		N.P.	B				10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín. ^B
Tipos de materiales característicos	Cantos, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limoarcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calificación	Excelente a bueno							Regular a malo			

^A La colocación de A3 antes de A2 en el proceso de eliminación de izquierda a derecha no necesariamente indica superioridad de A3 sobre A2.

^B El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor que LL-30. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL-30.

Fuente: (Braja M. Das. (1998). Principles of Geotechnical Engineering).

1.2.2. Gravedad Específica (ASTM C127- ASTM C128)

Llamada también como densidad relativa no es más que la relación que existe entre el peso unitario de un material en estudio con el peso unitario del agua.

Esta característica o parámetro de estudio nos permite analizar el volumen que ocupa el suelo cuando está constituyendo o formando parte de alguna mezcla o sustancia.

1.2.3. Contenido Orgánico (ASTM C40-99)

El contenido orgánico es importante para definir si existe o no presencia de materia o componentes orgánicos que puedan afectar al material en estudio.

1.2.4. Determinación de terrones de arcilla y partículas friables (desmenuzables) en los agregados (ASTM C142-97)

Con la ayuda de este ensayo podemos precisar la cantidad de sustancias perjudiciales presentes en los terrones de arcilla, que pueden afectar posteriormente a la resistencia del material debido a las reacciones químicas que se puedan manifestar.

1.2.5. Durabilidad de los agregados a la acción de los sulfatos (sulfato de sodio y magnesio) (ASTM C88)

El presente ensayo nos permite conocer el desgaste del material cuando se encuentra bajo los efectos de los sulfatos de sodio y magnesio, es importante recalcar la importancia de dicho ensayo ya que nos permite advertir la resistencia que tendrá a los agentes químicos antes mencionados cuando los agregados ya estén constituyendo una obra o proyecto en la realidad y estén expuestos a factores de la naturaleza como el agua, aire y suelo.

1.2.6. Equivalente de arena (ASTM D2419)

El equivalente de arena permite conocer la cantidad de polvo de roca y arcilla que se encuentra presente en los agregados en análisis, con el propósito de controlar su cantidad, ya que puede incidir en el comportamiento propio del material.

1.2.7. Desgaste a la abrasión con la Máquina de los Ángeles (ASTM C131)

El desgaste a la abrasión por medio de la Máquina de los Ángeles es necesario para establecer el desgaste que puede sufrir el material grueso y con ello su resistencia verse afectada por la fragmentación a la que podría estar sometido. Tomando en cuenta la normativa del Ministerio de Transportes y Obras Públicas del año 2013, establece que el porcentaje máximo de abrasión para la base es del 40% y para la sub-base es de 50%.

1.2.8. Límites de Atterberg (ASTM 4318-84)

Los límites nos permiten establecer en qué estado se encuentra el material por medio de la humedad del mismo.

Los ensayos se llevan a cabo con el material fino o dicho de otra manera con el material que pasa el tamiz N° 40 y con la ayuda del contenido de humedad como ya se mencionó anteriormente podemos determinar si cuenta con un límite líquido y un límite plástico.

1.2.9. California Bearing Ratio (C.B.R.)

C.B.R. (California Bearing Ratio) fue establecido por primera vez en 1929 por Stanton Y Porter, ingenieros del departamento de carreteras de California con el fin de determinar las características más importantes del suelo y que es muy utilizado hasta la actualidad. (Salvador & Salvador, 2001).

Este ensayo parte del control de la humedad y de la densidad en los diferentes agregados para proporcionar mayor resistencia al esfuerzo cortante y desarrollar un óptimo diseño de pavimento flexible. (Camacho, 2013).

Para acercarse a los valores más reales antes y después de ejecutado el

proyecto vial se procede al realizar el PROCTOR MODIFICADO, con el cual obtenemos el valor de la humedad óptima y así también la máxima densidad, finalmente el suelo será compactado al 95% de este valor. (Salvador & Salvador, 2001).

El proctor modificado establece tres muestras compactadas con 12, 25, 56 golpes para determinar los parámetros antes mencionados (humedad óptima y densidad máxima).

Con los valores obtenidos desarrollamos los ensayos del C.B.R. con tres muestras compactadas en 5 capas, la primera muestra compactada con 12 golpes, la segunda muestra compactada con 25 y finalmente la tercera compactada 56 golpes. Una vez compactada las sumergimos con el fin de conocer el hinchamiento.

Por último debemos cargar a las muestras junto con las correspondientes penetraciones como se muestra en la tabla 9.

Tabla 1.9. Penetraciones y Cargas Tipo para C.B.R.

Penetración (plg)	Carga unitaria (lb/plg ²)
0.1	1
0.2	1.5
0.3	1.9
0.4	2.3
0.5	2.6

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

1.2.10. Corrección Curva C.B.R.

Por lo general en la curva Carga vs. Penetración después del ensayo C.B.R. es lineal debido a valores bajos de penetración y por el contrario mientras los valores de penetración son mayores presenta una pequeña concavidad hacia abajo, aunque podría observarse una ligera concavidad hacia arriba en un aparte de la curva correspondientes a los valores iniciales de penetración, esto se debe en la mayoría de los casos a que el pistón no se encuentra en posición normal a la superficie de la muestra, es allí cuando se debe realizar una corrección en los resultados de la prueba. La corrección consta de mover hacia la izquierda la gráfica de tal forma que su parte recta prolongada sin tomar en cuenta la concavidad antes mencionada pase hacia el origen. Con esto los nuevos valores del C.B.R. obtenidos son catalogados como “C.B.R. corregido”. Cuando se dan estos casos el punto cero se corregirá trazando una recta tangente a la mayor pendiente presente en la curva y de esta manera desplazar el origen al punto en que la tangente corta con la abscisa del gráfico. (Badillo y Rodríguez, 2004)

1.2.11. Módulo de Young

También llamado módulo de elasticidad, es el factor que determina la firmeza de cualquier material elástico. Siendo el suelo un material que no es considerado elástico, aunque a veces su comportamiento puede ser elástico-lineal, en consecuencia podríamos definir un módulo de elasticidad para dicho suelo. Partiendo de que el comportamiento del suelo no es lineal, el desarrollo

del Módulo de Young deberá llevarse a cabo por medio de definir la tangente a la curva de las cargas a la que fue sometido el suelo en deformaciones pequeñas, en caso de existir deformaciones mayores se torna en un material plástico y no se puede determinar esta característica.

El principal objetivo de desarrollar el módulo de elasticidad es conocer cómo será el comportamiento del suelo al ser supeditado a cargas que en la realidad pueden ser dinámicas o estáticas.

1.2.11.1. Factores de incidencia en el Módulo de Young de un determinado suelo

Básicamente existen dos factores que inciden de manera directa al Módulo de Young, el contenido de agua y confinamiento al que ha estado sometido el suelo.

En el primer caso si existe una baja presencia de agua, las partículas se adherirán de mejor manera unas con las otras, aumentando la succión entre ellas y dando como resultado un alto módulo de elasticidad. Por otra parte si hubiese una alta presencia de humedad, las partículas se repelen por decirlo de una manera, existen más vacíos y el módulo de elasticidad en bajo.

Si hablamos del confinamiento previo del suelo, es fácil darse cuenta de que si existe un confinamiento mayor los esfuerzos que podría resistir serán mayores y el módulo de elasticidad será alto, no así si se presenta un suelo normalmente consolidado el cual tendrá un módulo bajo.

1.2.11.2. Determinación del Módulo de Young mediante GeoGauge

El GeoGauge o Medidor de rigidez de Humboldt es un medidor que se puede usar de manera portátil que puede determinar la rigidez que es un parámetro importante dentro de la compactación de suelos. También se puede estimar la reacción de la subrasante, C.B.R. y densidad del suelo.

El GeoGauge de manera sencilla envía una fuerza vibratoria a 25 frecuencias puntuales entre 100 y 296 Hz, las cuales conllevan desviaciones en el material. Después se establece el desplazamiento total o resultante el cual es definido como rigidez, dado como resultado la relación entre la fuerza y la deflexión.

Tiene un peso aproximado de 10kg, 25,4 cm de altura y un diámetro de 28 cm.

1.2.11.3. Especificaciones del GeoGauge

Teniendo en cuenta que el GeoGauge presenta un margen de error de aproximadamente 5%, la tabla 10 nos muestra los valores, máximos y mínimos de la rigidez, así como del Módulo de Young que se puede registrar en el ensayo de campo con el instrumento.

Tabla 1.10. Especificaciones del GeoGauge.

Parámetro	Valor mínimo registrado		Valor máximo registrado	
	MN/m	klbf/in	MN/m	klbf/in
Rigidez	3	17	70	399
Módulo de Young	MPa	Kpsi	MPa	Kpsi
	26.3	3.8	610	89
Profundidad de medición	cm		cm	
	22		31	

Fuente: (Laboratorio de Suelos y Materiales de Construcción PUCE).

1.2.11.4. Procedimiento

- El instrumento debe estar directamente sobre el suelo con muy poca preparación.
- Posteriormente se debe colocar una capa de arena húmeda y limpia.
- Se debe girar despacio para obtener un 60% de área de contacto entre el pie y el suelo, de manera sutil aplicar una ligera presión para que modifique los resultados.
- Presionamos el botón MEAS y se debe esperar un lapso de 70 segundos para registrar resultados.
- Las medidas posteriores se deben realizar al menos a 60 cm del anterior.

1.2.11.5. Módulo Resiliente a partir del Módulo de Young

El Módulo de Young que será obtenido en campo mediante el GeoGauge tendrá como unidad MPa, para definir el Módulo Resiliente y realizar la correlación debemos desarrollar un cambio de unidades tomando en cuenta que 1MPa es igual a 145,0377 Psi de manera aproximada.

CAPÍTULO II

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

2.1 Granulometría

2.1.1. Granulometría Sub-base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

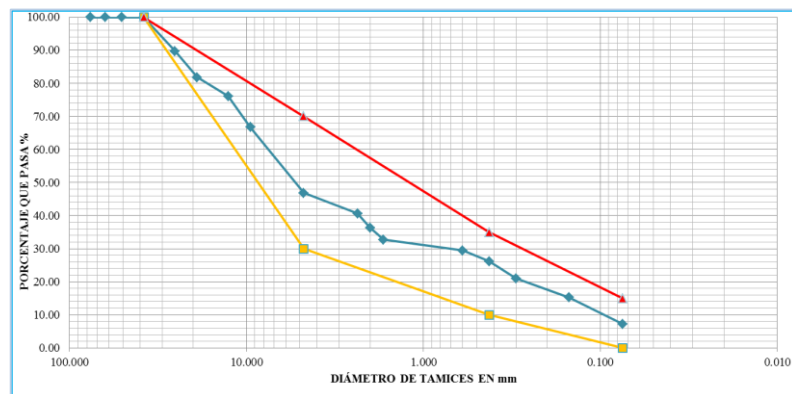
Tabla 2.1. Granulometría Sub-base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

TAMIZ		MASA RETENIDA (g)		%	%	% Que pasa
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado	Retenido	Que pasa	Especificado
76,00mm	3'	0	0	0.00	100.00	
63,00mm	2½'	0	0	0.00	100.00	
50,80mm	2'	0	0	0.00	100.00	
38,00mm	1½'	0	0	0.00	100.00	100
25,40mm	1'	1155	1155	10.25	89.75	
19,00mm	¾'	891	2046	18.17	81.83	
12,70mm	½'	649	2695	23.93	76.07	
9,50mm	⅜'	1056	3751	33.30	66.70	
4,75mm	No.4	2233	5984	53.13	46.87	30 - 70
Pasa 4,75mm		5279	5279	46.87		
Σ		11263			FINOS	
4,75mm	No.4	0	0.00	0.00	46.87	
2,36mm	No.8	133.65	133.65	6.26	40.61	
2,00mm	No.10	90.52	224.17	10.51	36.36	
1,68mm	No.16	77.74	301.91	14.15	32.72	
850 μm	No.20					
600 μm	No.30	70.33	372.24	17.45	29.42	
425 μm	No.40	68.41	440.65	20.65	26.22	10' - 35
300 μm	No.50	111.65	552.30	25.89	20.98	
250 μm	No.60					
150 μm	No.100	123.06	675.36	31.65	15.22	
75 μm	No.200	170.04	845.40	39.62	7.25	0' - 15
Pasa 75 μm		154.60	154.60	7.25		
Σ		1000.00				

Tabla 2.2. Clasificación de Sub-base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

SUCS	GP - GW
AASHTO	A-1-a
OBSERVACIONES	Caso de frontera; Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco o ningún fino. Amplio margen de variación del grano y cantidades importantes de todos los tamaños intermedios de los granos; Gravas pobremente graduadas, mezclas de grava y arena, poco o ningún fino. Predomina un tamaño o una serie de tamaños faltando algunos tamaños intermedios

Figura 2.1. Curva Granulométrica de Sub-base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)



2.1.2. Granulometría Sub-base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

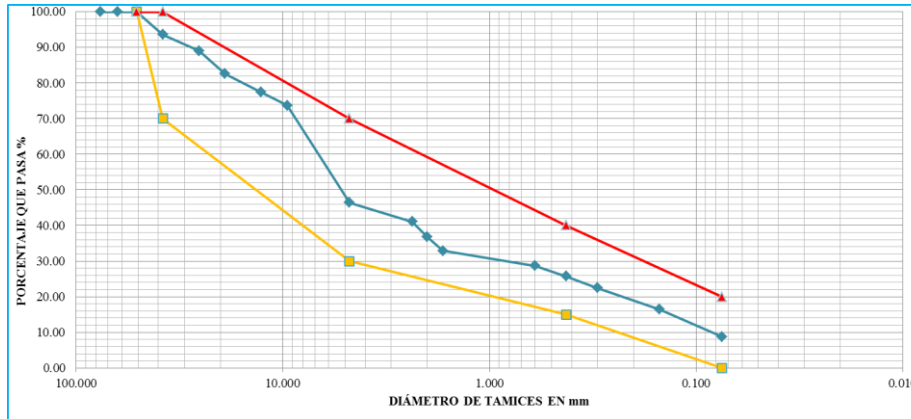
Tabla 11. Granulometría Sub-base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

TAMIZ		MASA RETENIDA (g)		%	%	% Que pasa
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado	Retenido	Que Pasa	Especificado
76,00mm	3'	0	0	0.00	100.00	
63,00mm	2½'	0	0	0.00	100.00	
50,80mm	2'	0	0	0.00	100.00	100
38,00mm	1½'	936	936	6.41	93.59	70 - 100
25,40mm	1'	672	1608	11.01	88.99	
19,00mm	¾'	934	2542	17.41	82.59	
12,70mm	½'	759	3301	22.61	77.39	
9,50mm	⅜'	535	3836	26.27	73.73	
4,75mm	No.4	3988	7824	53.59	46.41	30 - 70
Pasa 4,75mm		6776	6776	46.41		
Σ		14600			FINOS	
4,75mm	No.4	0	0.00	0.00	46.41	
2,36mm	No.8	115.47	115.47	5.36	41.05	
2,00mm	No.10	93.24	208.71	9.69	36.72	
1,68mm	No.16	81.89	290.60	13.49	32.92	
850 μm	No.20					
600 μm	No.30	90.76	381.36	17.70	28.71	
425 μm	No.40	63.43	444.79	20.64	25.77	15 - 40
300 μm	No.50	70.44	515.23	23.91	22.50	
250 μm	No.60					
150 μm	No.100	130.22	645.45	29.96	16.46	
75 μm	No.200	165.44	810.89	37.63	8.78	0' - 20
Pasa 75 μm		189.11	189.11	8.78		
Σ		1000.00				

Tabla 12. Clasificación de Sub-base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

SUCS	GP - GW
AASHTO	A-1-a
OBSERVACIONES	Caso de frontera; Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco o ningún fino. Amplio margen de variación del grano y cantidades importantes de todos los tamaños intermedios de los granos; Gravas pobremente graduadas, mezclas de grava y arena, poco o ningún fino. Predomina un tamaño o una serie de tamaños faltando algunos tamaños intermedios

Figura 2.2. Curva Granulométrica de Sub-base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)



2.1.3. Granulometría Sub-base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

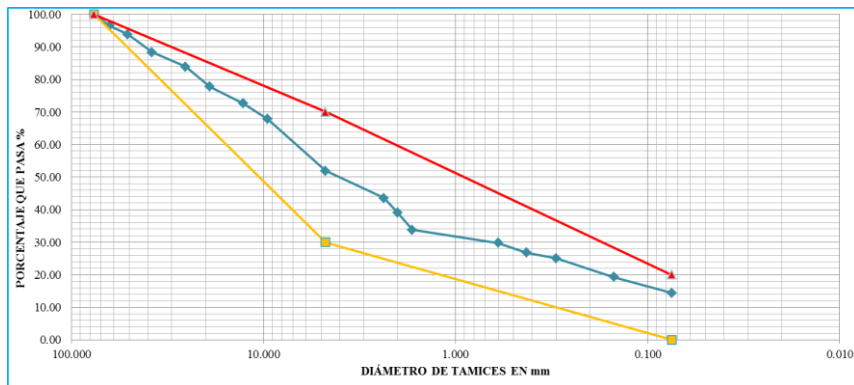
Tabla 13. Granulometría Sub-base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

TAMIZ		MASA RETENIDA (g)		%	%	% Que Pasa
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado	Retenido	Que Pasa	Especificado
76,00mm	3'	0	0	0.00	100.00	100
63,00mm	2½'	596	596	3.56	96.44	
50,80mm	2'	445	1041	6.21	93.79	
38,00mm	1½'	912	1953	11.65	88.35	
25,40mm	1'	746	2699	16.10	83.90	
19,00mm	¾'	1023	3722	22.21	77.79	
12,70mm	½'	876	4598	27.43	72.57	
9,50mm	⅜'	791	5389	32.15	67.85	
4,75mm	No.4	2677	8066	48.13	51.87	30 -70
Pasa 4,75mm		8694	8694	51.87		
Σ		16760			FINOS	
4,75mm	No.4	0	0.00	0.00	51.87	
2,36mm	No.8	112.31	112.31	8.32	43.55	
2,00mm	No.10	59.76	172.07	12.75	39.12	
1,68mm	No.16	72.31	244.38	18.11	33.76	
850 μm	No.20					
600 μm	No.30	53.44	297.82	22.07	29.80	
425 μm	No.40	40.76	338.58	25.09	26.78	
300 μm	No.50	23.31	361.89	26.82	25.06	
250 μm	No.60					
150 μm	No.100	78.12	440.01	32.61	19.27	
75 μm	No.200	65.42	505.43	37.45	14.42	0' - 20
Pasa 75 μm		194.57	194.57	14.42		
Σ		700.00				

Tabla 14. Clasificación de Sub-base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

SUCS	GP - GW
AASHTO	A-1-a
OBSERVACIONES	Caso de frontera; Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco o ningún fino. Amplio margen de variación del grano y cantidades importantes de todos los tamaños intermedios de los granos; Gravas pobremente graduadas, mezclas de grava y arena, poco o ningún fino. Predomina un tamaño o una serie de tamaños faltando algunos tamaños intermedios

Figura 2.3. Curva Granulométrica de Sub-base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)



2.1.4. Granulometría Base Clase 1 Tipo A de la Mina Picoazá (Portoviejo-

Manabí)

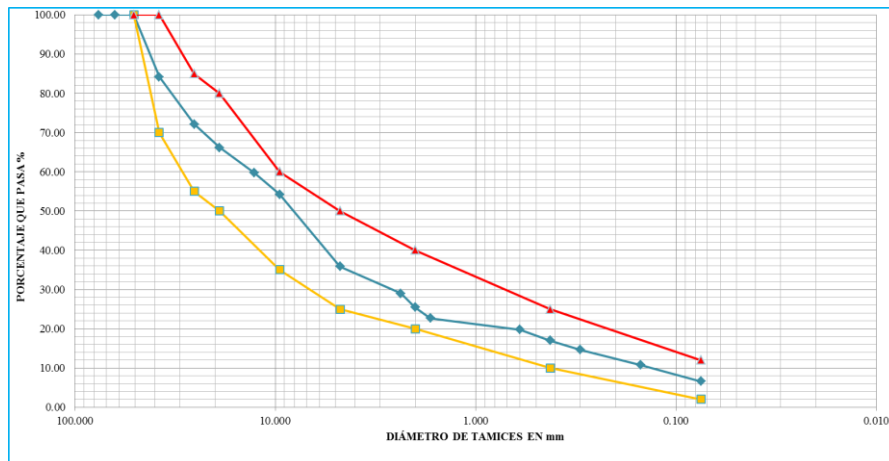
Tabla 15. Granulometría Base Clase 1 Tipo A de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

TAMIZ		MASA RETENIDA (g)		%	%	% Que Pasa
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado	Retenido	Que Pasa	Especificado
76,00mm	3'	0	0	0.00	100.00	
63,00mm	2½'	0	0	0.00	100.00	
50,80mm	2'	0	0	0.00	100.00	100
38,00mm	1½'	2345	2345	15.79	84.21	70 – 100
25,40mm	1'	1789	4134	27.83	72.17	55 – 85
19,00mm	¾'	896	5030	33.86	66.14	50 – 80
12,70mm	½'	954	5984	40.28	59.72	
9,50mm	⅜'	815	6799	45.77	54.23	35 – 60
4,75mm	No.4	2732	9531	64.16	35.84	25 – 50
Pasa 4,75mm		5324	5324	35.84		
Σ		14855			FINOS	
4,75mm	No.4	0	0.00	0.00	35.84	
2,36mm	No.8	191.31	191.31	6.86	28.98	
2,00mm	No.10	98.76	290.07	10.40	25.44	20 – 40
1,68mm	No.16	77.43	367.50	13.17	22.67	
850 μm	No.20					
600 μm	No.30	80.11	447.61	16.04	19.80	
425 μm	No.40	77.23	524.84	18.81	17.03	10' – 25
300 μm	No.50	67.08	591.92	21.21	14.63	
250 μm	No.60					
150 μm	No.100	108.46	700.38	25.10	10.74	
75 μm	No.200	115.42	815.80	29.24	6.60	2' – 12
Pasa 75 μm		184.20	184.20	6.60		
Σ		1000.00				

Tabla 16. Clasificación de Base Clase 1 Tipo A de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

SUCS	GP - GW
AASHTO	A-1-a
OBSERVACIONES	Caso de frontera; Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco o ningún fino. Amplio margen de variación del grano y cantidades importantes de todos los tamaños intermedios de los granos; Gravas pobremente graduadas, mezclas de grava y arena, poco o ningún fino. Predomina un tamaño o una serie de tamaños faltando algunos tamaños intermedios

Figura 2.4. Curva Granulométrica de Base Clase 1 Tipo A de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)



2.1.5. Granulometría Base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

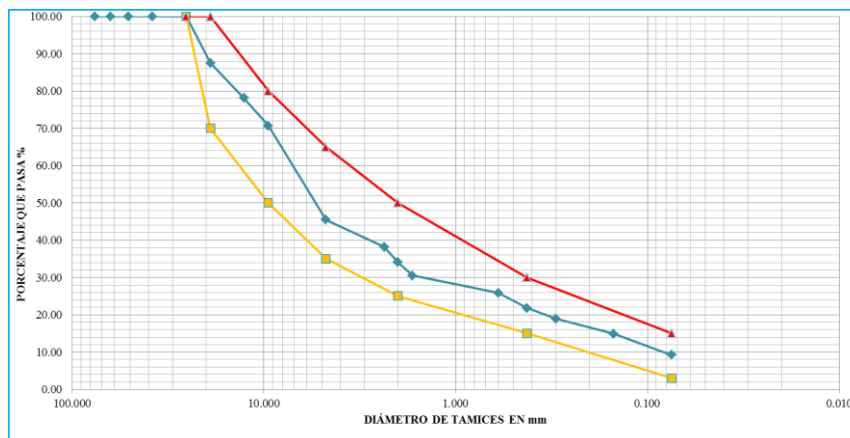
Tabla 17. Granulometría Base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

TAMIZ		MASA RETENIDA (g)		%	%	% Que Pasa
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado	Retenido	Que Pasa	Especificado
76,00mm	3'	0	0	0.00	100.00	
63,00mm	2½'	0	0	0.00	100.00	
50,80mm	2'	0	0	0.00	100.00	
38,00mm	1½'	0	0	0.00	100.00	
25,40mm	1'	0	0	0.00	100.00	100
19,00mm	¾'	1161	1161	12.47	87.53	70 - 100
12,70mm	½'	876	2037	21.88	78.12	
9,50mm	⅜'	693	2730	29.33	70.67	50 - 80
4,75mm	No.4	2344	5074	54.51	45.49	35 - 65
Pasa 4,75mm		4234	4234	45.49		
Σ		9308			FINOS	
4,75mm	No.4	0	0.00	0.00	45.49	
2,36mm	No.8	160.12	160.12	7.28	38.20	
2,00mm	No.10	90.55	250.67	11.40	34.09	25 - 50
1,68mm	No.16	78.32	328.99	14.97	30.52	
850 μm	No.20					
600 μm	No.30	102.33	431.32	19.62	25.87	
425 μm	No.40	88.76	520.08	23.66	21.83	15 - 30
300 μm	No.50	62.72	582.80	26.51	18.98	
250 μm	No.60					
150 μm	No.100	90.43	673.23	30.62	14.86	
75 μm	No.200	123.31	796.54	36.23	9.25	3' - 15
Pasa 75 μm		203.46	203.46	9.25		
Σ		1000.00				

Tabla 2.10. Clasificación de Base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

SUCS	GP - GW
AASHTO	A-1-a
OBSERVACIONES	Caso de frontera; Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco o ningún fino. Amplio margen de variación del grano y cantidades importantes de todos los tamaños intermedios de los granos; Gravas pobremente graduadas, mezclas de grava y arena, poco o ningún fino. Predomina un tamaño o una serie de tamaños faltando algunos tamaños intermedios

Figura 2.5. Curva Granulométrica de Base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)



2.1.6. Granulometría Base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

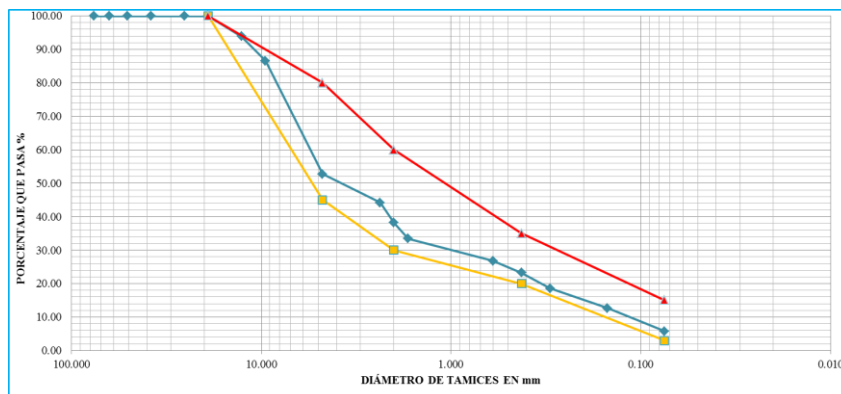
Tabla 18. Granulometría Base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

TAMIZ		MASA RETENIDA (g)		%	%	% Que Pasa
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado	Retenido	Que Pasa	Especificado
76,00mm	3'	0	0	0.00	100.00	
63,00mm	2½'	0	0	0.00	100.00	
50,80mm	2'	0	0	0.00	100.00	
38,00mm	1½'	0	0	0.00	100.00	
25,40mm	1'	0	0	0.00	100.00	
19,00mm	¾'	0	0	0.00	100.00	100.00
12,70mm	½'	792	792	6.15	93.85	
9,50mm	⅜'	935	1727	13.41	86.59	
4,75mm	No.4	4356	6083	47.22	52.78	45 - 80
Pasa 4,75mm		6798	6798	52.78		
Σ		12881			FINOS	
4,75mm	No.4	0	0.00	0.00	52.78	
2,36mm	No.8	163.33	163.33	8.62	44.16	
2,00mm	No.10	112.44	275.77	14.55	38.22	30 - 60
1,68mm	No.16	90.63	366.40	19.34	33.44	
850 μm	No.20					
600 μm	No.30	125.67	492.07	25.97	26.81	
425 μm	No.40	67.56	559.63	29.53	23.24	20 - 35
300 μm	No.50	88.12	647.75	34.19	18.59	
250 μm	No.60					
150 μm	No.100	112.43	760.18	40.12	12.66	
75 μm	No.200	130.36	890.54	47.00	5.78	3' - 15
Pasa 75 μm		109.46	109.46	5.78		
Σ		1000.00				

Tabla 19. Clasificación de Base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

SUCS	GP - GW
AASHTO	A-1-a
OBSERVACIONES	Caso de frontera; Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco o ningún fino. Amplio margen de variación del grano y cantidades importantes de todos los tamaños intermedios de los granos; Gravas pobremente graduadas, mezclas de grava y arena, poco o ningún fino. Predomina un tamaño o una serie de tamaños faltando algunos tamaños intermedios

Figura 2.6. Curva Granulométrica de Base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)



2.1.7. Granulometría Base Clase 4 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

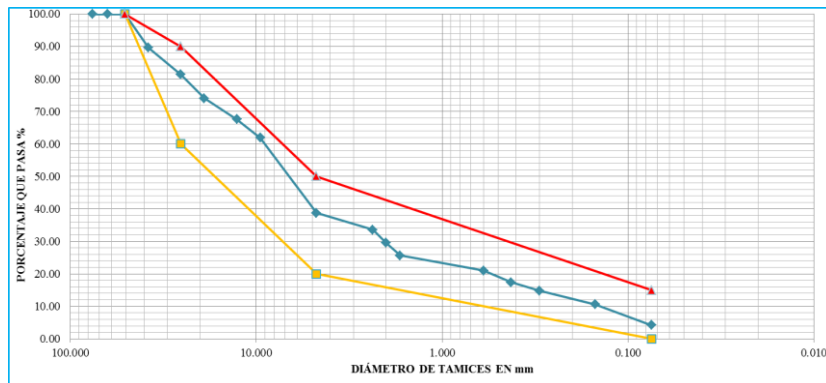
Tabla 20. Granulometría Base Clase 4 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

TAMIZ		MASA RETENIDA (g)		%	%	% Que Pasa
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado	Retenido	Que Pasa	Especificado
76,00mm	3'	0	0	0.00	100.00	
63,00mm	2½'	0	0	0.00	100.00	
50,80mm	2'	0	0	0.00	100.00	100
38,00mm	1½'	1543	1543	10.34	89.66	
25,40mm	1'	1233	2776	18.59	81.41	60 - 90
19,00mm	¾'	1097	3873	25.94	74.06	
12,70mm	½'	971	4844	32.45	67.55	
9,50mm	⅜'	842	5686	38.09	61.91	
4,75mm	No.4	3455	9141	61.23	38.77	20 - 50
Pasa 4,75mm		5788	5788	38.77		
Σ		14929			FINOS	
4,75mm	No.4	0	0.00	0.00	38.77	
2,36mm	No.8	134.31	134.31	5.21	33.56	
2,00mm	No.10	104.32	238.63	9.25	29.52	
1,68mm	No.16	98.56	337.19	13.07	25.70	
850 μm	No.20					
600 μm	No.30	121.09	458.28	17.77	21.00	
425 μm	No.40	92.34	550.62	21.35	17.42	
300 μm	No.50	67.44	618.06	23.96	14.81	
250 μm	No.60					
150 μm	No.100	109.42	727.48	28.20	10.57	
75 μm	No.200	163.28	890.76	34.53	4.24	0' - 15
Pasa 75 μm		109.24	109.24	4.24		
Σ		1000.00				

Tabla 21. Clasificación de Base Clase 4 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

SUCS	GP - GW
AASHTO	A-1-a
OBSERVACIONES	Caso de frontera; Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco o ningún fino. Amplio margen de variación del grano y cantidades importantes de todos los tamaños intermedios de los granos; Gravas pobremente graduadas, mezclas de grava y arena, poco o ningún fino. Predomina un tamaño o una serie de tamaños faltando algunos tamaños intermedios

Figura 2.7. Curva Granulométrica de Base Clase 4 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)



2.2 Gravedad Específica

2.2.1. Gravedad Específica del Agregado Fino

Tabla 22. Gravedad Específica y Absorción del Agregado Fino de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

PESO DEL RECIPIENTE	2689 gr				
VOLUMEN DEL RECIPIENTE	2867 dm ³				
PS1	6923	gr	PC1	8121	gr
PS2	6916	gr	PC2	8094	gr
PS3	6927	gr	PC3	8091	gr
MEDIA	6922	gr	MEDIA	8102	gr
P. U. S.	1.476	Kg/dm³	P. U. C.	1.888	Kg/dm³
MASA DE LA MUESTRA S.S.S [A]				500	gr
MASA PICN.+MUESTRA+AGUA [B]				970.7	gr
MASA DEL PICNOMETRO + AGUA [C]				661.2	gr
MASA DE LA MUESTRA SECA [D]				490.3	gr
DSSS = A / ((A-B)+C)				2.625	Kg/dm³
%ABS = (A-D) / D * 100				2.0	%

2.2.2. Gravedad Específica del Agregado Grueso

Tabla 23. Gravedad Específica y Absorción del Agregado Grueso de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

PESO DEL RECIPIENTE	5121 gr				
VOLUMEN DEL RECIPIENTE	7,933 dm ³				
PS1	16012	gr	PC1	18615	gr
PS2	16089	gr	PC2	18630	gr
PS3	16093	gr	PC3	18598	gr
MEDIA	16065	gr	MEDIA	18614	gr
P. U. S.	1.380	Kg/dm³	P. U. C.	1.701	Kg/dm³
MASA DE LA MUESTRA S.S.S [A]				5000	gr
MASA CANASTILLA SUMERGIDA [B]				369	gr
MASA CANAST+MUESTRA SUMERG.[C]				3497	gr
MASA DE LA MUESTRA SECA [D]				4949	gr
DSSS = A / (A-C+B)				2.671	Kg/dm³
%ABS = (A-D) / D * 100				1.020	%

2.3. Contenido Orgánico

Fotografía 2.1. Contenido Orgánico del Agregado de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

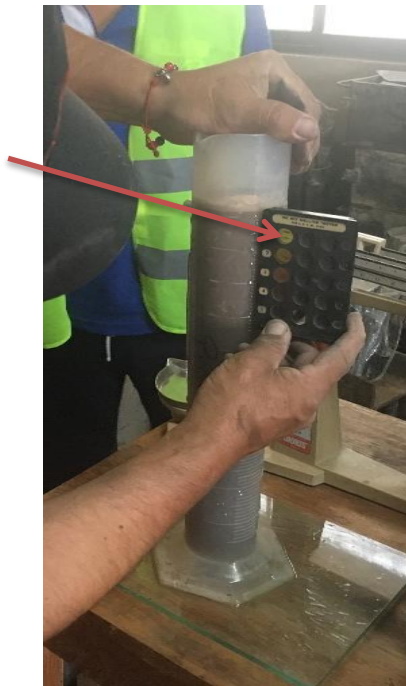


Tabla 24. Contenido Orgánico del Agregado de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

<p>Color en carta de colores impurezas orgánicas</p>	<p>Luego de preparar la solución de hidróxido de sodio reactivo al 3%; disolver 3 partes en masa de hidróxido de sodio grado reactivo (NaOH) en 97 partes de agua, se coloca 450 gr de arena para estudio, mezclando mediante agitación hasta ver que esté totalmente mezclado y dejando reposar 24H se puede observar que corresponde a la figura dos.</p>
<p>Observaciones</p>	<p>Se observa que esta el color N° 2 lo que debe interpretarse que la arena puede ser utilizada para concreto o morteros.</p>

2.4. Determinación de terrones de arcilla y partículas friables (desmenuzables) en el agregado de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

Tabla 25. Porcentaje de terrones de arcilla y partículas friables (desmenuzables) en el agregado de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

PORCENTAJE DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS FRIABLES		
W (g)	R(g)	P (%)
5000	4988	0,24
Observación	El máximo porcentaje de materiales deletéreos en los agregados es de 1% en peso según la norma ASTM C142. En este caso el agregado en estudio cumple con la especificación.	

2.5 Durabilidad de los agregados a la acción de sulfatos (sulfato de sodio y sulfato de magnesio)

Tabla 26. Porcentaje de desgaste del agregado grueso a la acción de sulfatos de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

PORCENTAJE DE DESGASTE TOTAL DEL AGREGADO GRUESO				
Fracción	Masa Inicial (g)	Masa Retenida Final (g)	% Pasa	% Desgaste
1	3000	2978	22.00	1%
2	1500	1487	13.00	1%
3	1000	994	6.00	1%
4	300	295	5.00	2%
Porcentaje Total de Desgaste del Agregado Grueso				5%

OBSERVACIONES :

En las especificaciones MOP 001-F-2002 Tabla 803-2.2. Indica que con sulfato de magnesio máximo debe existir un 18% de pérdida al desgaste en 5 ciclos de inmersión que en nuestro caso estamos dentro de lo especificado

Tabla 27. Porcentaje de desgaste del agregado fino a la acción de sulfatos de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

PORCENTAJE DE DESGASTE TOTAL DEL AGREGADO FINO
--

Fracción	Masa Inicial (g)	Masa Retenida Final (g)	% Pasa	% desgaste
1	100	99.4	0.60	1%
2	100	99.4	0.60	1%
3	100	99.0	1.00	1%
4	100	98.9	1.10	1%
5	100	98.4	1.60	2%
Porcentaje Total de Desgaste del Agregado Grueso				6%

OBSERVACIONES :

En las especificaciones MOP 001-F-2002 Tabla 803-2.2. Indica que con sulfato de magnesio máximo debe existir un 18% de pérdida al desgaste en 5 ciclos de inmersión que en nuestro caso estamos dentro de lo especificado

2.6. Equivalente de Arena

Tabla 28. Equivalente de Arena del agregado de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

EQUIVALENTE DE ARENA DE AGREGADO FINO				
MUESTRA	LECTURA ARCILLA	LECTURA ARENA	EQUIVALENTE DE ARENA	ESPECIFICACIÓN
1	3.3	2.5	76%	> 50%
2	3.9	3.0	77%	
3	3.4	2.6	76%	
		PROMEDIO	76%	

El porcentaje de equivalente de arena en la muestra es menor que el mínimo requerido en la especificado por lo que este material no puede ser utilizado para cualquier tipo de construcción.

2.7. Desgaste a la Abrasión con la Máquina de los Ángeles

2.7.1. Porcentaje de desgaste a la abrasión de la Sub-base de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

Tabla 29. Desgaste a la abrasión de la Sub-base de la Mina Picoazá (Portoviejo Manabí)

PORCENTAJE DE DESGASTE SUBBASE		
Masa inicial (g)	Masa final (g)	% de desgaste
5000	4252	14,96

El porcentaje de abrasión de la base de la mina en estudio es de 14.96 %, que evidentemente es menor al 50 % lo cual corresponde al máximo especificado en la norma ASTM C131.

2.7.2. Porcentaje de desgaste a la abrasión de la Base de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

Tabla 30. Desgaste a la abrasión de la Base de la Mina Picoazá (Portoviejo Manabí)

PORCENTAJE DE DESGASTE BASE		
Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	% Desgaste
5000	3525.60	29.49

El porcentaje de abrasión de la base de la mina en estudio es de 29.49 %, que evidentemente es menor al 50 % lo cual corresponde al máximo especificado en la norma ASTM C131.

2.8. Límites de Atterberg

2.8.1. Sub-base Clase 1

Tabla 31. Contenido de humedad de Sub-base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

TARA No.	MASA DEL SUELO+TARA (g)		MASA TARA (g)	MASA AGUA (g)	MASA SUELO SECO (g)	CONTENIDO DE AGUA w%
	Húmedo	Seco				
ML-7	88.66	72.44	18.80	16.22	53.64	30.24%
12	90.44	74.65	21.13	15.79	53.52	29.50%
					PROMEDIO	29.87%

Tabla 32. Límites de Atterberg de Sub-base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

LÍMITES DE ATTERBERG		
LI	Lp	Ip
-	-	-
OBSERVACIONES	Alta Presencia de Arena NP: No Plástico	

2.8.2. Sub-base Clase 2

Tabla 33. Contenido de humedad de Sub-base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

TARA No.	MASA DEL SUELO+TARA (g)		MASA TARA (g)	MASA AGUA (g)	MASA SUELO SECO (g)	CONTENIDO DE AGUA w%
	Húmedo	Seco				
ML-13	80.62	67.69	20.60	12.93	47.09	27.46%
L-23	84.44	70.79	20.12	13.65	50.67	26.94%
PROMEDIO						27.20%

Tabla 34. Límites de Atterberg de Sub-base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

LÍMITES DE ATTERBERG		
LI	Lp	Ip
-	-	-
OBSERVACIONES	Alta Presencia de Arena NP: No Plástico	

2.8.3. Sub-base Clase 3

Tabla 35. Contenido de humedad de Sub-base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

TARA No.	MASA DEL SUELO+TARA (g)		MASA TARA (g)	MASA AGUA (g)	MASA SUELO SECO (g)	CONTENIDO DE AGUA w%
	Húmedo	Seco				
J-9	114.65	96.32	22.12	18.33	74.20	24.70%
QT-9	97.56	82.12	18.76	15.44	63.36	24.37%
PROMEDIO						24.54%

Tabla 36. Límites de Atterberg de Sub-base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

LÍMITES DE ATTERBERG		
LI	Lp	Ip
-	-	-

OBSERVACIONES	Alta Presencia de Arena NP: No Plástico
---------------	--

2.8.4. Base Clase 1

Tabla 2.30. Contenido de humedad de Base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

TARA No.	MASA DEL SUELO+TARA (g)		MASA TARA (g)	MASA AGUA (g)	MASA SUELO SECO (g)	CONTENIDO DE AGUA w%
	Húmedo	Seco				
X-1	133.24	109.78	28.70	23.46	81.08	28.93%
W-5	115.08	94.00	20.14	21.08	73.86	28.54%
PROMEDIO						28.74%

Tabla 37. Límites de Atterberg de Base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

LÍMITES DE ATTERBERG		
LI	Lp	Ip
-	-	-
OBSERVACIONES	Alta Presencia de Arena NP: No Plástico	

2.8.5. Base Clase 2

Tabla 38. Contenido de humedad de Base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

TARA No.	MASA DEL SUELO+TARA (g)		MASA TARA (g)	MASA AGUA (g)	MASA SUELO SECO (g)	CONTENIDO DE AGUA w%
	Húmedo	Seco				
R-3	88.61	73.56	20.22	15.05	53.34	28.22%
ML-9	94.43	78.05	20.20	16.38	57.85	28.31%
PROMEDIO						28.26%

Tabla 39. Límites de Atterberg de Base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

LÍMITES DE ATTERBERG		
LI	Lp	Ip
-	-	-
OBSERVACIONES	Alta Presencia de Arena NP: No Plástico	

2.8.6. Base Clase 3

Tabla 40. Contenido de humedad de Base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

TARA No.	MASA DEL SUELO+TARA (g)		MASA TARA (g)	MASA AGUA (g)	MASA SUELO SECO (g)	CONTENIDO DE AGUA w%
	Húmedo	Seco				
ML-16	119.43	98.32	20.40	21.11	77.92	27.09%
23	106.54	87.97	20.12	18.57	67.85	27.37%
PROMEDIO						27.23%

Tabla 41. Límites de Atterberg de Base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

LÍMITES DE ATTERBERG		
LI	Lp	Ip
-	-	-
OBSERVACIONES	Alta Presencia de Arena NP: No Plástico	

2.8.7. Base Clase 4

Tabla 42. Contenido de humedad de Base Clase 4 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

TARA No.	MASA DEL SUELO+TARA (g)		MASA TARA (g)	MASA AGUA (g)	MASA SUELO SECO (g)	CONTENIDO DE AGUA w%
	Húmedo	Seco				
ML-122	77.54	64.93	19.40	12.61	45.53	27.70%
ML-16	83.39	69.78	20.20	13.61	49.58	27.45%
PROMEDIO						27.57%

Tabla 43. Límites de Atterberg de Base Clase 4 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

LÍMITES DE ATTERBERG		
LI	Lp	Ip
-	-	-



OBSERVACIONES	Alta Presencia de Arena NP: No Plástico
---------------	--

2.9. California Bearing Ratio (C.B.R.)

2.9.1. Proctor Modificado Sub-base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo- Manabí)

Tabla 44. Proctor Modificado Sub-base Clase 1: Relación Densidad Seca – Humedad de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD									
No. de Capas 5	Golpes por capa 56	Peso Martillo 10 lb		Altura caída 18 "		PESO INICIAL DE LA MUESTRA 6000 g			
MUESTRA		1		2		3		4	
Molde No.		A		A		A		A	
Agua aumentada	cc	0		360		720		1,080	
	%	0		6		12		18	
Peso suelo húmedo + molde	A	8,655		10,122		10,243		8,954	
Peso del molde	B	5,980		5,980		5,980		5,980	
Peso suelo húmedo	C=A-B	2,675		4,142		4,263		2,974	
Volumen del molde	D	2,041		2,041		2,041		2,041	
Densidad húmeda	E=C/D	1,311		2,029		2,089		1,457	
Tarro No.		ML-5	2	B-37	B-17	MC	OR-7	A	F
Tarro + suelo húmedo	F	102.33	101.76	77.54	89.23	99.78	96.73	105.22	101.96
Tarro + suelo seco	G	101.24	100.54	72.98	83.88	90.00	87.77	91.44	88.52
Peso de agua	H=F-G	1.09	1.22	4.56	5.35	9.78	8.96	13.78	13.44
Peso del tarro	I	20.40	20.87	12.13	16.48	20.09	20.09	21.40	18.41
Peso del suelo seco	J=G-I	80.84	79.67	60.85	67.40	69.91	67.68	70.04	70.11
Contenido de agua	K=H/J	1.35%	1.53%	7.49%	7.94%	13.99%	13.24%	19.67%	19.17%
Contenido de agua promedio	L	1.44%		7.72%		13.61%		19.42%	
Densidad seca g/cm3	M	1,292		1,884		1,838		1,220	

Figura 2.8. Proctor Modificado Sub-base Clase 1: Relación Densidad Seca – Humedad de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

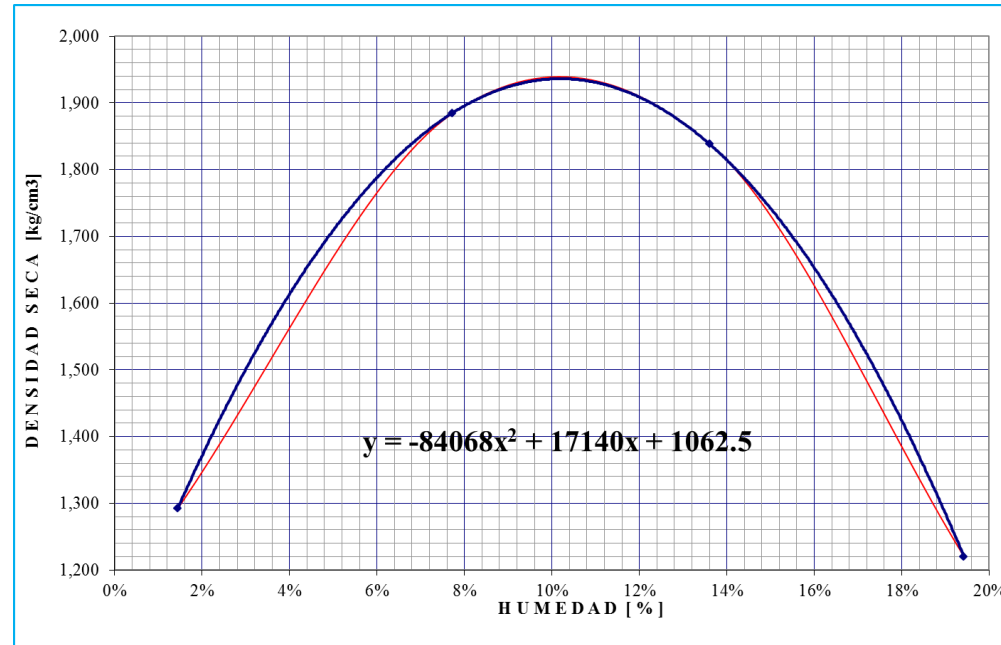


Tabla 45. Proctor Modificado Sub-base Clase 1: Relación Densidad Máxima – Humedad Óptima de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

HUMEDAD ÓPTIMA DE SUB-BASE CLASE 1	
Densidad Máxima (g/cm ³):	1936
Humedad Óptima (%):	10.19

2.9.2. Proctor Modificado Sub-base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo- Manabí)

Tabla 46. Proctor Modificado Sub-base Clase 2: Relación Densidad Seca – Humedad de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD									
No. de Capas 5	Golpes por capa 56	Peso Martillo 10 lb		Altura caída 18 "		PESO INICIAL DE LA MUESTRA 6000 g			
MUESTRA		1	2	3	4				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	300	600	900				
	%	0	5	10	15				
Peso suelo húmedo + molde	A	8,914	10,022	10,232	9,455				
Peso del molde	B	5,980	5,980	5,980	5,980				
Peso suelo húmedo	C=A-B	2,934	4,042	4,252	3,475				
Volumen del molde	D	2,041	2,041	2,041	2,041				
Densidad húmeda	E=C/D	1,438	1,980	2,083	1,703				
Tarro No.		P	OP-7	17	D-10	S	ML-7	B6-22	D-38
Tarro + suelo húmedo	F	80.71	94.05	99.11	134.56	102.36	99.44	90.25	85.63
Tarro + suelo seco	G	78.99	92.45	93.54	127.36	93.00	90.56	79.31	75.11
Peso de agua	H=F-G	1.72	1.60	5.57	7.20	9.36	8.88	10.94	10.52
Peso del taro	I	20.50	20.09	19.75	27.80	20.16	18.80	16.69	13.39
Peso del suelo seco	J=G-I	58.49	72.36	73.79	99.56	72.84	71.76	62.62	61.72
Contenido de agua	K=H/J	2.94%	2.21%	7.55%	7.23%	12.85%	12.37%	17.47%	17.04%
Contenido de agua promedio	L	2.58%	7.39%	12.61%	17.26%				
Densidad seca g/cm3	M	1,401	1,844	1,850	1,452				

Figura 4.9. Proctor Modificado Sub-base Clase 2: Relación Densidad Seca – Humedad de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

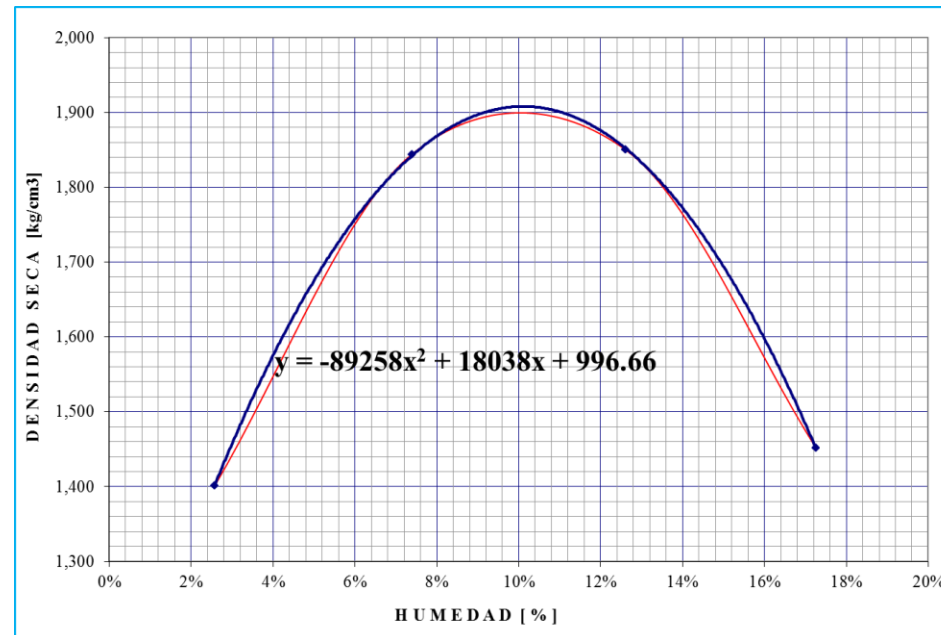


Tabla 47. Proctor Modificado Sub-base Clase 2: Relación Densidad

HUMEDAD ÓPTIMA DE SUB-BASE CLASE 2	
Densidad Máxima (g/cm3):	1908
Humedad Óptima (%):	10.10

2.9.3. Proctor Modificado Sub-base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo- Manabí)

Tabla 48. Proctor Modificado Sub-base Clase 3: Relación Densidad Seca – Humedad de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD									
No. de Capas 5	Golpes por capa 56	Peso Martillo 10 lb		Altura caída 18 "		PESO INICIAL DE LA MUESTRA 6000 g			
MUESTRA		1	2	3	4				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	180	360	540				
	%	0	3	6	9				
Peso suelo húmedo + molde	A	9,309	10,292	10,511	9,606				
Peso del molde	B	6,414	6,414	6,414	6,414				
Peso suelo húmedo	C=A-B	2,895	3,878	4,097	3,192				
Volumen del molde	D	2,050	2,050	2,050	2,050				
Densidad húmeda	E=C/D	1,412	1,892	1,999	1,557				
Tarro No.		B-26	B-7	D-12	D-26	B-13	D-1	B-8	BA-19
Tarro + suelo húmedo	F	90.15	86.75	79.75	78.92	93.15	95.69	80.74	77.87
Tarro + suelo seco	G	86.09	82.98	74.55	74.00	85.11	87.23	72.55	69.54
Peso de agua	H=F-G	4.06	3.77	5.20	4.92	8.04	8.46	8.19	8.33
Peso del taro	I	17.26	16.28	13.40	13.55	17.22	13.13	16.49	12.04
Peso del suelo seco	J=G-I	68.83	66.70	61.15	60.45	67.89	74.10	56.06	57.50
Contenido de agua	K=H/J	5.90%	5.65%	8.50%	8.14%	11.84%	11.42%	14.61%	14.49%
Contenido de agua promedio	L	5.78%	8.32%	11.63%	14.55%				
Densidad seca g/cm³	M	1,335	1,746	1,790	1,359				

Figura 2.10. Proctor Modificado Sub-base Clase 3: Relación Densidad Seca – Humedad de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

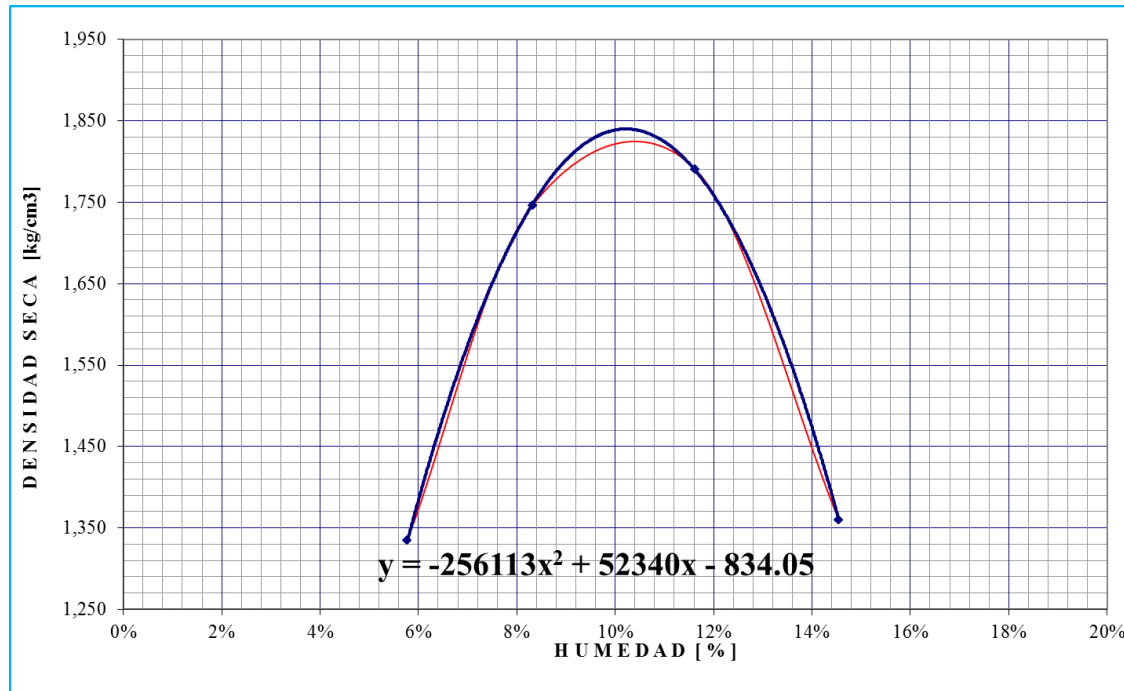


Tabla 49. Proctor Modificado Sub-base Clase 3: Relación Densidad Máxima – Humedad Óptima de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

HUMEDAD ÓPTIMA DE SUB-BASE CLASE 3	
Densidad Máxima (g/cm ³):	1840
Humedad Óptima (%):	10.22

2.9.4. Proctor Modificado Base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo- Manabí)

Tabla 50. Proctor Modificado Base Clase 1: Relación Densidad Seca – Humedad de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD									
No. de Capas 5	Golpes por capa 56	Peso Martillo 10 lb		Altura caída 18 "		PESO INICIAL DE LA MUESTRA 6000 g			
MUESTRA		1	2	3	4				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	180	360	540				
	%	0	3	6	9				
Peso suelo húmedo + molde	A	9,564	10,989	11,256	9,986				
Peso del molde	B	6,457	6,458	6,459	6,460				
Peso suelo húmedo	C=A-B	3,107	4,531	4,797	3,526				
Volumen del molde	D	2,133	2,134	2,135	2,136				
Densidad húmeda	E=C/D	1,457	2,123	2,247	1,651				
Tarro No.		AS-5	AS	45	M-2	DS-7	S	8	22
Tarro + suelo húmedo	F	93.20	94.80	87.80	98.20	88.50	90.30	99.40	89.30
Tarro + suelo seco	G	90.90	92.30	84.00	93.20	82.90	84.40	90.00	81.80
Peso de agua	H=F-G	2.30	2.50	3.80	5.00	5.60	5.90	9.40	7.50
Peso del taro	I	20.40	20.50	19.80	19.40	21.80	20.30	20.00	18.70
Peso del suelo seco	J=G-I	70.50	71.80	64.20	73.80	61.10	64.10	70.00	63.10
Contenido de agua	K=H/J	3.26%	3.48%	5.92%	6.78%	9.17%	9.20%	13.43%	11.89%
Contenido de agua promedio	L	3.37%		6.35%		9.18%		12.66%	
Densidad seca g/cm3	M	1,409		1,997		2,058		1,465	

Figura 2.11. Proctor Modificado Base Clase 1: Relación Densidad Seca – Humedad de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabi)

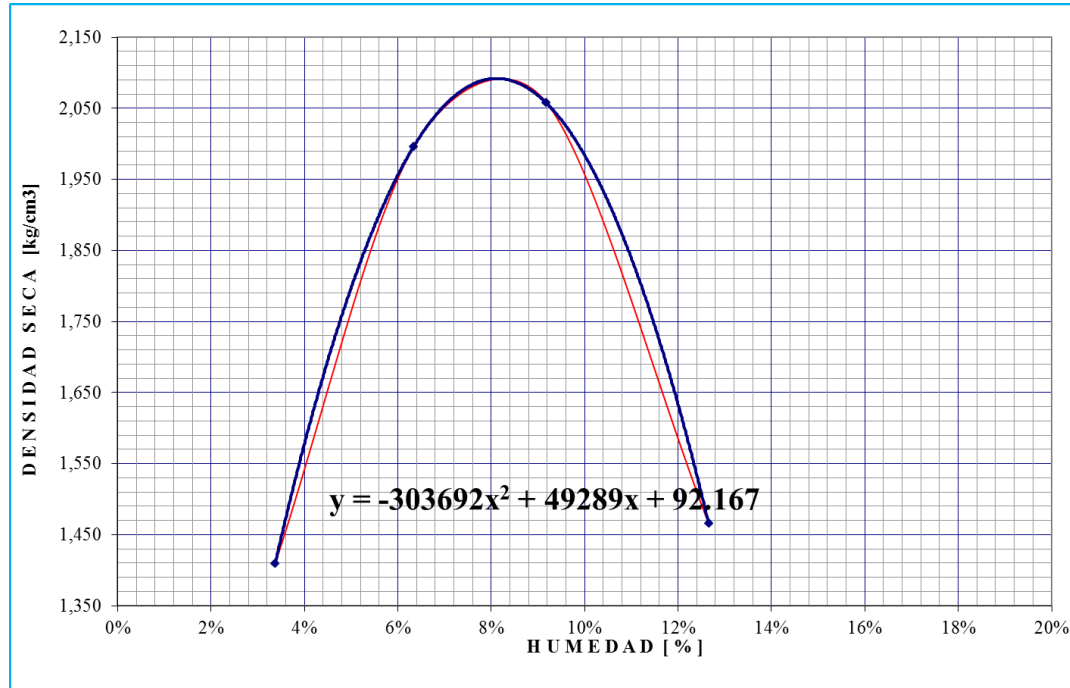


Tabla 51. Proctor Modificado Base Clase 1: Relación Densidad Máxima – Humedad Óptima de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabi)

HUMEDAD ÓPTIMA BASE CLASE 1	
Densidad Máxima (g/cm ³):	2092

Humedad óptima (%):	8.11
---------------------	------

2.9.5. Proctor Modificado Base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo- Manabí)

Tabla 52. Proctor Modificado Base Clase 2: Relación Densidad Seca – Humedad de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD									
No. de Capas 5	Golpes por capa 56	Peso Martillo 10 lb		Altura caída 18 "		PESO INICIAL DE LA MUESTRA 6000 g			
MUESTRA		1	2	3	4				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	300	600	900				
	%	0	5	10	15				
Peso suelo húmedo + molde	A	8,765	10,243	10,456	9,432				
Peso del molde	B	5,980	5,980	5,980	5,980				
Peso suelo húmedo	C=A-B	2,785	4,263	4,476	3,452				
Volumen del molde	D	2,041	2,041	2,041	2,041				
Densidad húmeda	E=C/D	1,365	2,089	2,193	1,691				
Tarro No.		ML-19	A-12	ML-9	QT	ML-1	ML-12	B-16	MJ-3
Tarro + suelo húmedo	F	93.65	97.81	99.54	89.71	78.95	93.44	90.82	110.06
Tarro + suelo seco	G	91.76	95.98	93.98	84.56	71.34	85.34	79.98	97.00
Peso de agua	H=F-G	1.89	1.83	5.56	5.15	7.61	8.10	10.84	13.06
Peso del taro	I	20.10	20.32	20.20	18.76	11.75	19.26	16.51	22.06
Peso del suelo seco	J=G-I	71.66	75.66	73.78	65.80	59.59	66.08	63.47	74.94
Contenido de agua	K=H/J	2.64%	2.42%	7.54%	7.83%	12.77%	12.26%	17.08%	17.43%
Contenido de agua promedio	L	2.53%		7.68%		12.51%		17.25%	



Densidad seca g/cm3	M	1,331	1,940	1,949	1,442
---------------------	---	-------	-------	-------	-------

Figura 2.12. Proctor Modificado Base Clase 2: Relación Densidad Seca – Humedad de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabi)

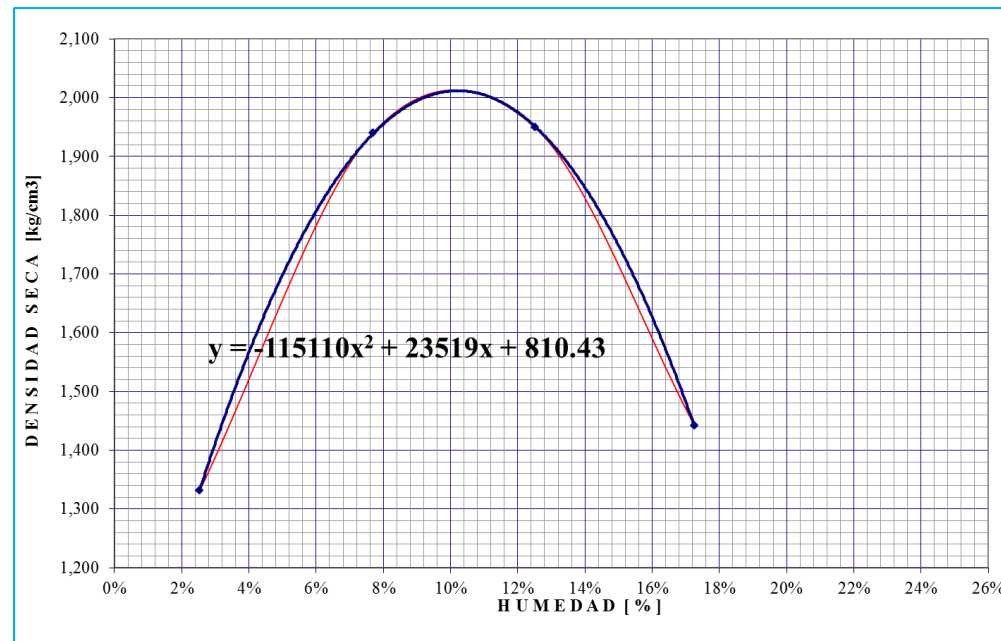


Tabla 53. Proctor Modificado Base Clase 2: Relación Densidad Máxima – Humedad Óptima de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabi)

HUMEDAD ÓPTIMA DE BASE CLASE 2

Densidad Máxima (g/cm ³):	2012
Humedad óptima (%):	10.22

2.9.6. Proctor Modificado Base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo- Manabí)

Tabla 54. Proctor Modificado Base Clase 3: Relación Densidad Seca – Humedad de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD									
No. de Capas 5	Golpes por capa 56	Peso Martillo 10 lb		Altura caída 18 "		PESO INICIAL DE LA MUESTRA 6000 g			
MUESTRA		1	2	3	4				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	120	240	360				
	%	0	2	4	6				
Peso suelo húmedo + molde	A	8,912	10,176	10,370	9,511				
Peso del molde	B	5,980	5,980	5,980	5,980				
Peso suelo húmedo	C=A-B	2,932	4,196	4,390	3,531				
Volumen del molde	D	2,041	2,041	2,041	2,041				
Densidad húmeda	E=C/D	1,437	2,056	2,151	1,730				
Tarro No.		ML-21	A-15	ML-23	M2	D-29	D-17	L-23	BA-11
Tarro + suelo húmedo	F	78.65	90.32	81.22	77.65	89.45	75.87	99.11	88.63
Tarro + suelo seco	G	75.43	86.88	76.79	72.87	82.88	70.65	91.09	80.65
Peso de agua	H=F-G	3.22	3.44	4.43	4.78	6.57	5.22	8.02	7.98

Peso del taro	I	14.90	19.85	13.80	12.00	13.34	13.41	20.12	12.04
Peso del suelo seco	J=G-I	60.53	67.03	62.99	60.87	69.54	57.24	70.97	68.61
Contenido de agua	K=H/J	5.32%	5.13%	7.03%	7.85%	9.45%	9.12%	11.30%	11.63%
Contenido de agua promedio	L	5.23%		7.44%		9.28%		11.47%	
Densidad seca g/cm3	M	1,365		1,913		1,968		1,552	

Figura 2.13. Proctor Modificado Base Clase 3: Relación Densidad Seca – Humedad de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabi)

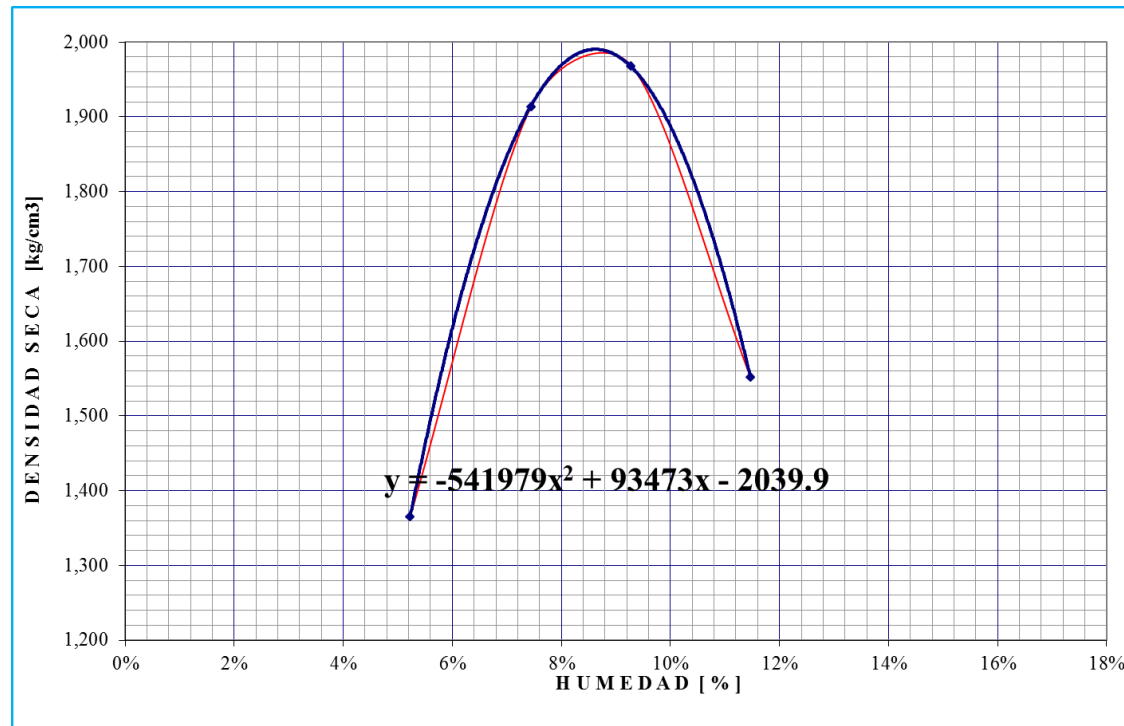


Tabla 55. Proctor Modificado Base Clase 3: Relación Densidad Máxima – Humedad Óptima de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

HUMEDAD ÓPTIMA DE BASE CLASE 3	
Densidad Máxima (g/cm ³):	1990
Humedad Óptima (%):	8.62

2.9.7. Proctor Modificado Base Clase 4 de la Mina Picoazá (Portoviejo- Manabí)

Tabla 56. Proctor Modificado Base Clase 4: Relación Densidad Seca – Humedad de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD									
No. de Capas 5	Golpes por capa 56	Peso Martillo 10 lb		Altura caída 18 "		PESO INICIAL DE LA MUESTRA 6000 g			
		1	2	3	4				
MUESTRA									
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	180	360	540				
	%	0	3	6	9				
Peso suelo húmedo + molde	A	8,944	10,034	10,311	9,452				
Peso del molde	B	5,980	5,980	5,980	5,980				
Peso suelo húmedo	C=A-B	2,964	4,054	4,331	3,472				
Volumen del molde	D	2,041	2,041	2,041	2,041				
Densidad húmeda	E=C/D	1,452	1,986	2,122	1,701				
Tarro No.		H	T-9	PO	T-11	28	D-29	ML-10	HC
Tarro + suelo húmedo	F	94.51	123.56	105.65	104.32	112.33	80.98	102.33	99.75



Tarro + suelo seco	G	91.09	119.78	99.56	98.87	103.56	74.66	92.56	90.00
Peso de agua	H=F-G	3.42	3.78	6.09	5.45	8.77	6.32	9.77	9.75
Peso del taro	I	19.35	31.66	20.80	21.08	21.28	13.34	21.30	19.45
Peso del suelo seco	J=G-I	71.74	88.12	78.76	77.79	82.28	61.32	71.26	70.55
Contenido de agua	K=H/J	4.77%	4.29%	7.73%	7.01%	10.66%	10.31%	13.71%	13.82%
Contenido de agua promedio	L	4.53%		7.37%		10.48%		13.77%	
Densidad seca g/cm3	M	1,389		1,850		1,921		1,495	

Figura 5. Proctor Modificado Base Clase 4: Relación Densidad Seca – Humedad de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

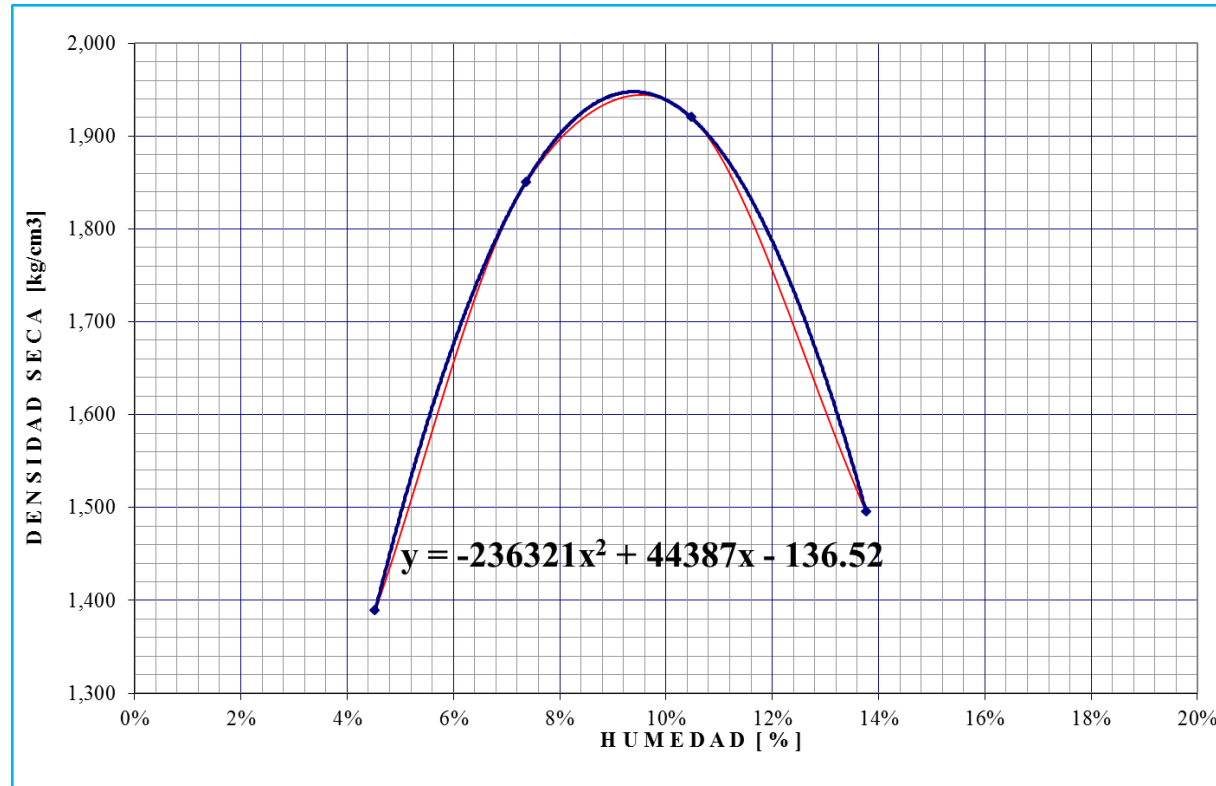


Tabla 57. Proctor Modificado Base Clase 4: Relación Densidad Máxima – Humedad Óptima de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

HUMEDAD ÓPTIMA DE BASE CLASE 4	
Densidad Máxima (g/cm ³):	1948
Humedad Óptima (%):	9.39

2.9.8. C.B.R. Sub-base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

Tabla 58. C.B.R. Sub-base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo											
Molde N°	SL-11			CM-14			D-9				
N° de Capas	5			5			5				
N° de golpes por capa	56			25			11				
Estado de la muestra	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar		
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	11798		12234	11276		11812	10512		11169		
Peso del molde (Kgs)	6996		6996	7111		7111	6998		6998		
Peso de muestra húmeda (Kgs)	4802		5238	4165		4701	3514		4171		
Volumen muestra (m³)	2226		2226	2288		2288	2280		2280		
Peso unit. Húmedo, Kgs/m³	2.157		2.353	1.820		2.055	1.541		1.829		
Cant. De humedad de muestra del tarro N°	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba		
Peso de muestra humedad + tarro (g)	B-26	D-12	J-9	M-29	ML-25	ML-13	R-3	ML-3	ML-112		
	70.03	75.42	80.16	79.45	89.42	96.78	99.02	90.65	93.39		
Peso de muestra seca + tarro (g)	65.04	69.45	70.98	73.76	82.55	82.66	91.56	83.77	77.11		
Peso del agua (g)	4.99	5.97	9.18	5.69	6.87	14.12	7.46	6.88	16.28		
Peso del tarro (g)	17.26	13.40	22.12	19.10	18.20	20.60	20.22	19.80	19.40		
Peso de la muestra seca (g)	47.78	56.05	48.86	54.66	64.35	62.06	71.34	63.97	57.71		
Contenido de humedad %	10.44%	10.65%	18.79%	10.41%	10.68%	22.75%	10.46%	10.76%	28.21%		
Contenido de humedad promedio, %	10.55%		18.79%	10.54%		22.75%	10.61%		28.21%		
Peso Unit. Seco Kgs/m³	1.951		1.981	1.647		1.674	1.393		1.427		
Datos del Esponjamiento (Hinchamiento)											
Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° SL11			Molde N° CM14			Molde N° D9		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulga.	%		Pulga.	%		Pulga.	%
2019-09-25	14h00	1	1	0.001	0.02199252	1	0.001	0.022	2	0.002	0.044
2019-09-26	14h00	2	1	0.001	0.02199252	1	0.001	0.022	2	0.002	0.044
2019-09-27	14h00	3	1	0.001	0.02199252	2	0.002	0.044	3	0.003	0.066
2019-09-28	14h00	4	2	0.002	0.04398505	2	0.002	0.044	3	0.003	0.066
2019-09-29	14h00	5	2	0.002	0.04398505	2	0.002	0.04398505	3	0.003	0.066

Datos del CBR										
Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg ²	Molde N° SL11		Molde N° CM14			Molde N° D9			
		Carga del Ensayo		Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	
0.000		0	0		0		0			0
0.025		123	127		109	112		93	96	
0.050		337	347		234	241		176	181	
0.075		577	594		382	393		211	217	
0.100	1000	794	818	81.80	491	506	50.60	267	275	27.50
0.150		1070	1102		664	684		360	371	
0.200	1500	1235	1272	84.80	780	803	53.53	506	521	34.73
0.250		1362	1403		887	914		588	606	
0.300		1492	1537		925	953		692	713	
0.400		1615	1663		1039	1070		744	766	
0.500		1671	1721		1115	1148		791	815	
0.600		1639	1688		1146	1180		812	836	

Figura 2.15. C.B.R. Sub-base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Presión vs. Penetración

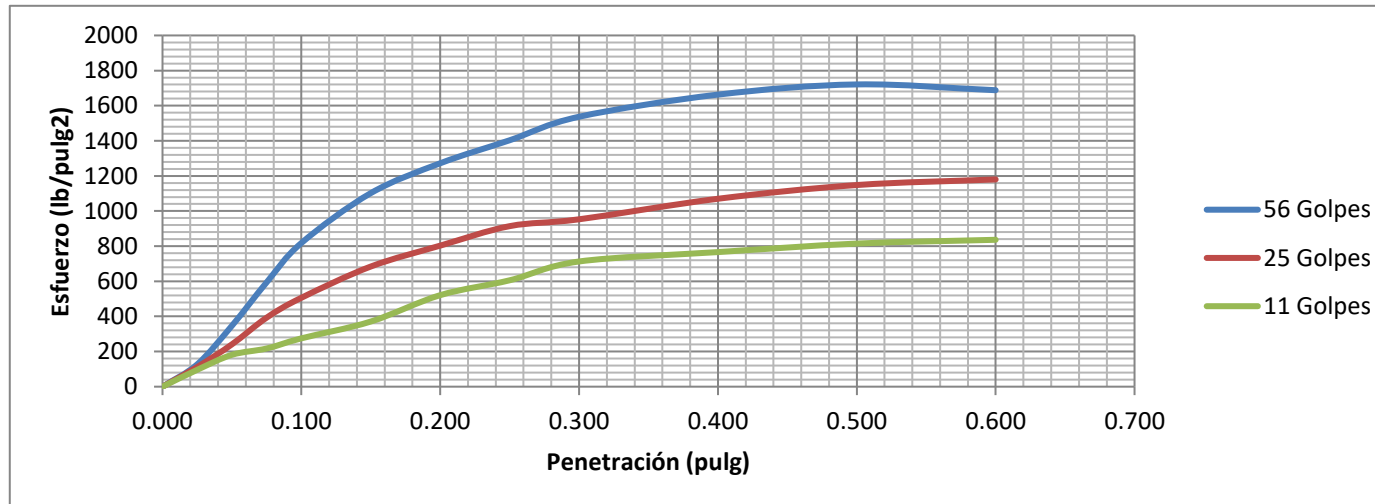


Tabla 59. C.B.R. Sub-base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Datos de Penetración (Corrección)

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg ²	Molde N° SL11		Molde N° CM14		Molde N° D9				
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.			
0.100	1000	794	818	81.80	491	506	50.60	267	275	27.50
0.200	1500	1235	1272	84.80	780	803	53.53	506	521	34.73

Figura 2.16. C.B.R. Sub-base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Densidad Máxima vs. C.B.R.

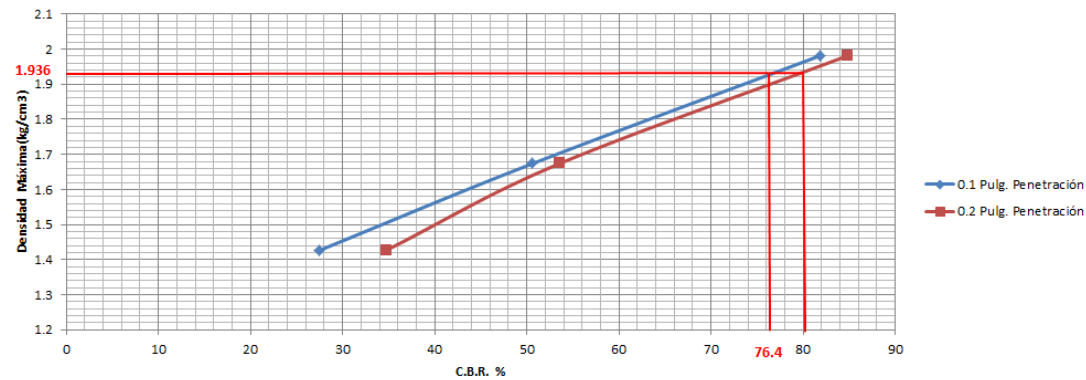


Tabla 2.54. Penetración Sub-base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Densidad Máxima vs. C.B.R.

Penetración (Pulg)	Densidad Máxima (kg/cm³)	C.B.R. (%)
0.1	1.936	76.4
0.2	1.936	80
	Promedio	78.2

2.9.9. C.B.R. Sub-base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

Tabla 2.55. C.B.R. Sub-base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo											
Molde N°		SL-12			D-2			B-6			
N° de Capas		5			5			5			
N° de golpes por capa		56			25			11			
Estado de la muestra		Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar	
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)		11911		12279	10545		11034	10134		10698	
Peso del molde (Kgs)		7110		7110	6518		6518	6895		6895	
Peso de muestra húmeda (Kgs)		4801		5169	4027		4516	3239		3803	
Volumen muestra (m³)		2270		2270	2366		2366	2317		2317	
Peso unit. Húmedo, Kgs/m³		2.115		2.277	1.702		1.909	1.398		1.641	
Cant. De humedad de muestra del tarro N°		Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba	
Tarro N°		AL-12	ML-21	JL-2	B-19	QT-9	ML-8	B-9	B-22	ML-17	
Peso de muestra humedad + tarro (g)		80.12	84.56	93.66	80.59	77.42	79.95	69.89	74.44	85.47	
Peso de muestra seca + tarro (g)		74.78	78.88	83.44	74.78	72.12	69.54	65.13	69.21	71.43	
Peso del agua (g)		5.34	5.68	10.22	5.81	5.30	10.41	4.76	5.23	14.04	
Peso del tarro (g)		20.32	21.93	19.56	16.06	18.76	20.49	16.93	16.69	19.50	
Peso de la muestra seca (g)		54.46	56.95	63.88	58.72	53.36	49.05	48.20	52.52	51.93	
Contenido de humedad %		9.81%	9.97%	16.00%	9.89%	9.93%	21.22%	9.88%	9.96%	27.04%	
Contenido de humedad promedio, %		9.89%		16.00%	9.91%		21.22%	9.92%		27.04%	
Peso Unit. Seco Kgs/m³		1.925		1.963	1.549		1.575	1.272		1.292	
Datos del Esponjamiento (Hinchamiento)											
Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° MK-1			Molde N° ML-24			Molde N° ML3		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulga.	%		Pulga.	%		Pulga.	%
2019-09-25	14h00	1	1	0.001	0.02199252	2	0.002	0.044	2	0.002	0.044
2019-09-26	14h00	2	1	0.001	0.02199252	2	0.002	0.044	2	0.002	0.044
2019-09-27	14h00	3	1	0.001	0.02199252	2	0.002	0.044	2	0.002	0.044
2019-09-28	14h00	4	2	0.002	0.04398505	3	0.003	0.066	3	0.003	0.066
2019-09-29	14h00	5	2	0.002	0.04398505	3	0.003	0.06597757	3	0.003	0.066

Datos del CBR										
Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg ²	Molde N° MK-1		Molde N° ML-24			Molde N° ML3			
		Carga del Ensayo		Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	
0.000		0	0	0	0			0		0
0.025		175	180	167	172		98	101		
0.050		408	420	323	333		154	159		
0.075		614	632	408	420		183	188		
0.100	1000	742	764	76.40	495	510	51.00	214	220	22.0
0.150		993	1023		689	710		277	285	
0.200	1500	1215	1251	83.40	842	867	57.82	312	321	21.42
0.250		1350	1390		961	990		369	380	
0.300		1447	1490		1032	1063		431	444	
0.400		1477	1521		1098	1131		488	503	
0.500		1509	1554		1145	1179		512	527	
0.600		1534	1580		1214	1250		564	581	

Figura 2.17. C.B.R. Sub-base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Presión vs. Penetración

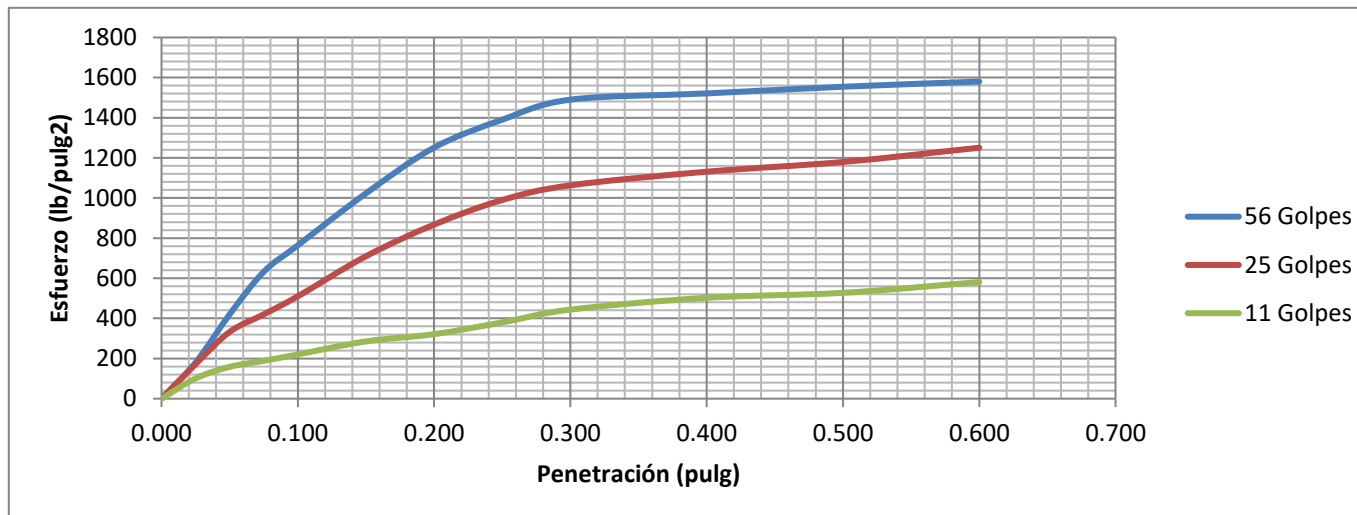


Tabla 2.56. C.B.R. Sub-base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Datos de Penetración (Corrección)

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg ²	Molde N° MK-1		Molde N° ML-24		Molde N° ML3				
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.			
0.100	1000	742	764	76.40	495	510	51.00	214	220	22.00
0.200	1500	1215	1251	83.40	842	867	57.82	312	321	21.42

Figura 2.18. C.B.R. Sub-base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Densidad Máxima vs. C.B.R.

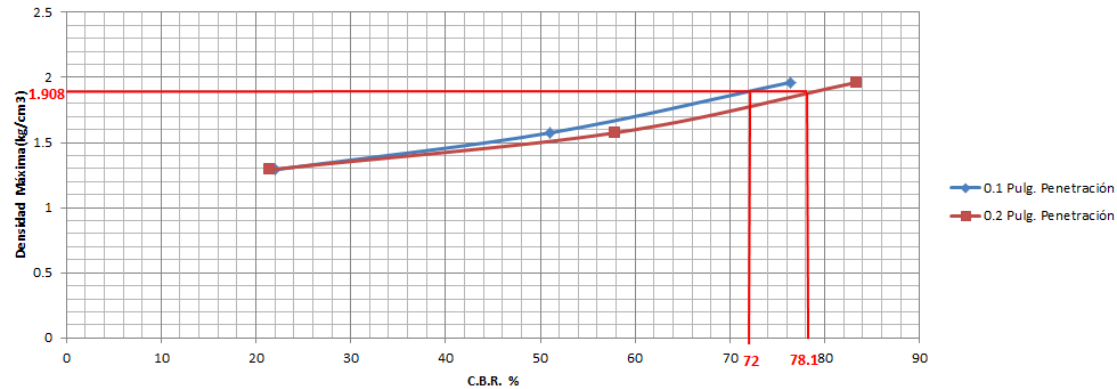


Tabla 2.57. Penetración Sub-base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Densidad Máxima vs. C.B.R.

Penetración (Pulg)	Densidad Máxima (kg/cm ³)	C.B.R. (%)
0.1	1.908	72
0.2	1.908	78.1
	Promedio	75.05

2.9.10. C.B.R. Sub-base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

Tabla 2.58. C.B.R. Sub-base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo											
Molde N°		MK-1			CM-3			G-6			
N° de Capas		5			5			5			
N° de golpes por capa		56			25			11			
Estado de la muestra		Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar	
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)		12345		12670	10979		11656	9967		10512	
Peso del molde (Kgs)		7670		7670	7120		7120	6896		6896	
Peso de muestra húmeda (Kgs)		4675		5000	3859		4536	3071		3616	
Volumen muestra (m³)		2323		2323	2285		2285	2205		2205	
Peso unit. Húmedo, Kgs/m³		2.012		2.152	1.689		1.985	1.393		1.640	
Cant. De humedad de muestra del tarro N°		Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba	
Peso de muestra humedad + tarro (g)		OP-12	BA-37	ML-12	B-26	P-11	MJ-3	ML-10	T-11	MJ-7	
		133.43	130.89	90.45	84.12	98.38	94.42	96.76	94.32	95.59	
Peso de muestra seca + tarro (g)		124.09	121.67	80.00	78.03	91.27	79.98	89.92	87.63	79.56	
Peso del agua (g)		9.34	9.22	10.45	6.09	7.11	14.44	6.84	6.69	16.03	
Peso del tarro (g)		28.70	27.90	19.26	17.26	21.08	22.06	21.30	21.08	22.06	
Peso de la muestra seca (g)		95.39	93.77	60.74	60.77	70.19	57.92	68.62	66.55	57.50	
Contenido de humedad %		9.79%	9.83%	17.20%	10.02%	10.13%	24.93%	9.97%	10.05%	27.88%	
Contenido de humedad promedio, %		9.81%		17.20%	10.08%		24.93%	10.01%		27.88%	
Peso Unit. Seco Kgs/m³		1.833		1.836	1.534		1.589	1.266		1.282	
Datos del Esponjamiento (Hinchamiento)											
Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° MK-1			Molde N° CM-3			Molde N° G-6		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulga.	%		Pulga.	%		Pulga.	%
2019-09-25	14h00	1	1	0.001	0.02199252	1	0.001	0.022	2	0.002	0.044
2019-09-26	14h00	2	2	0.002	0.04398505	3	0.003	0.066	4	0.004	0.088
2019-09-27	14h00	3	2	0.002	0.04398505	4	0.004	0.088	4	0.004	0.088
2019-09-28	14h00	4	2	0.002	0.04398505	4	0.004	0.088	4	0.004	0.088
2019-09-29	14h00	5	2	0.002	0.04398505	4	0.004	0.08797009	4	0.004	0.088

Datos del CBR										
Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg ²	Molde N° MK-1		Molde N° CM-3			Molde N° G-6			
		Carga del Ensayo		Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	
0.000		0	0		0	0		0	0	
0.025		146	150		131	135		44	45	
0.050		291	300		244	251		92	95	
0.075		443	456		312	321		119	123	
0.100	1000	594	612	61.20	396	408	40.80	168	173	17.3
0.150		965	994		452	466		214	220	
0.200	1500	1175	1210	80.67	579	596	39.76	258	266	17.72
0.250		1337	1377		642	661		323	333	
0.300		1498	1543		787	811		386	398	
0.400		1523	1569		856	882		459	473	
0.500		1567	1614		898	925		481	495	
0.600		1598	1646		909	936		511	526	

Figura 2.19. Sub-base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Presión vs. Penetración

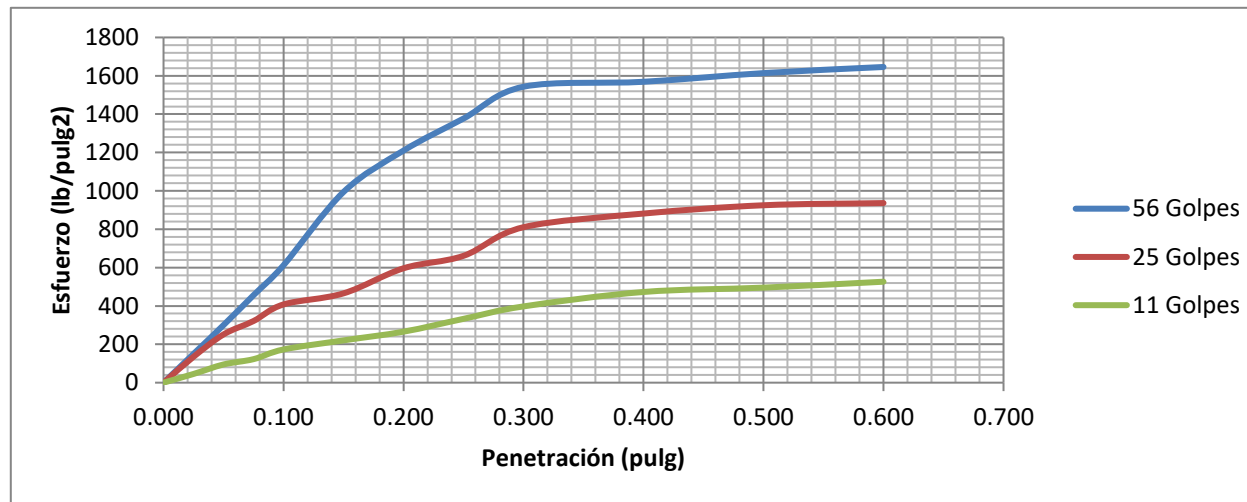


Tabla 2.59. C.B.R. Sub-base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Datos de Penetración (Corrección)

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg ²	Molde N° MK-1		Molde N° CM-3		Molde N° G-6				
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.			
0.100	1000	594	612	61.20	396	408	40.80	168	173	17.30
0.200	1500	1175	1210	80.67	579	596	39.76	258	266	17.72

Figura 2.20. Sub-base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Densidad Máxima vs. C.B.R.

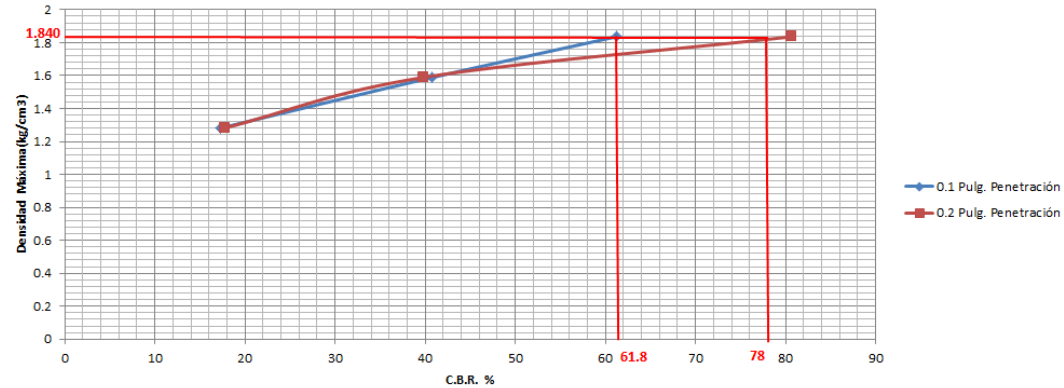


Tabla 2.60. Penetración Sub-base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Densidad Máxima vs. C.B.R.

Penetración (Pulg)	Densidad Máxima (kg/cm ³)	C.B.R. (%)
0.1	1.840	61.8
0.2	1.840	78
	Promedio	69.9

2.9.11. C.B.R. Base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

Tabla 2.61. C.B.R. Base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo											
Molde N°			3			M-4			2		
N° de Capas			5			5			5		
N° de golpes por capa			56			25			11		
Estado de la muestra			Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)			10992		11456	11744		12434	9745		10598
Peso del molde (Kgs)			6049		6049	6987		6987	6004		6004
Peso de muestra húmeda (Kgs)			4943		5407	4757		5447	3741		4594
Volumen muestra (m ³)			2177		2177	2403		2403	2156		2156
Peso unit. Húmedo, Kgs/m ³			2.271		2.484	1.980		2.267	1.735		2.131
Cant. De humedad de muestra del tarro N°			Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba
Peso de muestra humedad + tarro (g)			B-17	TP-23	X-1	B-35	23	M-43	8	33	QY-12
			66.69	90.94	145.34	80.15	94.49	96.32	75.57	68.68	77.98
Peso de muestra seca + tarro (g)			63.00	85.67	127.78	75.56	89.00	82.98	71.54	65.01	65.09
Peso del agua (g)			3.69	5.27	17.56	4.59	5.49	13.34	4.03	3.67	12.89
Peso del tarro (g)			16.48	20.12	28.70	17.36	20.12	20.14	20.00	18.95	19.94
Peso de la muestra seca (g)			46.52	65.55	99.08	58.20	68.88	62.84	51.54	46.06	45.15
Contenido de humedad %			7.93%	8.04%	17.72%	7.89%	7.97%	21.23%	7.82%	7.97%	28.55%
Contenido de humedad promedio, %			7.99%		17.72%	7.93%		21.23%	7.89%		28.55%
Peso Unit. Seco Kgs/m ³			2.103		2.110	1.834		1.870	1.608		1.658
Datos del Esponjamiento (Hinchamiento)											
Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° SL12			Molde N° SL11			Molde N° LL22		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulga.	%		Pulga.	%		Pulga.	%
2019-09-27	14h00	1	1	0.001	0.021993	2	0.002	0.044	2	0.002	0.044
2019-09-28	14h00	2	2	0.002	0.04398505	2	0.002	0.044	2	0.002	0.044
2019-09-29	14h00	3	2	0.002	0.04398505	3	0.003	0.066	4	0.004	0.088
2019-09-30	14h00	4	2	0.002	0.04398505	3	0.003	0.066	4	0.004	0.088
2019-10-01	14h00	5	2	0.002	0.04398505	3	0.003	0.066	4	0.004	0.088

Datos del CBR										
Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg ²	Molde N° SL12		Molde N° SL11			Molde N° LL22			
		Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.
0.000		0	0		0	0		0	0	
0.025		226	233		136	140		80	82	
0.050		414	426		317	326		119	123	
0.075		677	697		448	461		197	203	
0.100	1000	798	822	82.20	596	614	61.40	353	364	36.4
0.150		1064	1096		800	824		475	489	
0.200	1500	1248	1285	85.67	953	982	65.47	545	561	37.40
0.250		1369	1410		1036	1067		630	649	
0.300		1401	1443		1101	1134		692	713	
0.400		1447	1490		1148	1182		836	861	
0.500		1492	1537		1201	1237		899	926	
0.600		1500	1545		1235	1272		986	1016	

Figura 2.21. C.B.R. Base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Presión vs. Penetración

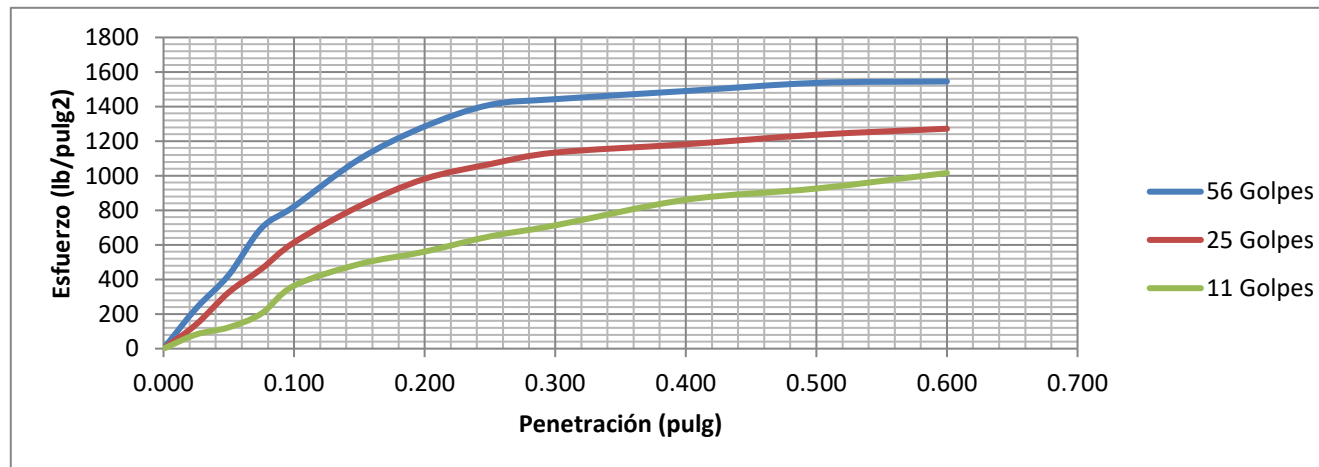


Tabla 2.62. C.B.R. Base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Datos de Penetración (Corrección)

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg ²	Molde N° SL12		Molde N° SL11		Molde N° LL22				
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.			
0.100	1000	798	822	82.20	596	614	61.40	353	364	36.40
0.200	1500	1248	1285	85.67	953	982	65.47	545	561	37.40

Figura 2.22. Base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Densidad Máxima vs. C.B.R.

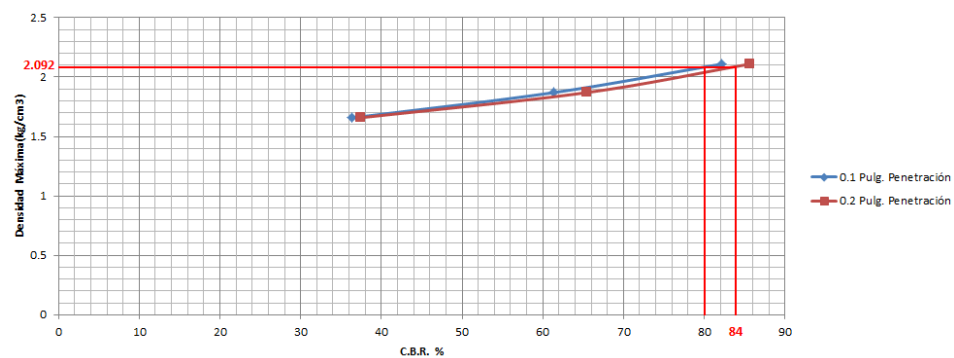


Tabla 2.63. Penetración Base Clase 1 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Densidad Máxima vs. C.B.R.

Penetración (Pulg)	Densidad Máxima (kg/cm ³)	C.B.R. (%)
0.1	2.092	80
0.2	2.092	84
	Promedio	82

2.9.12. C.B.R. Base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

Tabla 2.64. C.B.R. Base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo											
Molde N°	1			G-8			ML-24				
N° de Capas	5			5			5				
N° de golpes por capa	56			25			11				
Estado de la muestra	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar		
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	10865		11165	11487		11924	10566		11233		
Peso del molde (Kgs)	6045		6045	7028		7028	6998		6998		
Peso de muestra húmeda (Kgs)	4820		5120	4459		4896	3568		4235		
Volumen muestra (m³)	2116		2116	2391		2391	2278		2278		
Peso unit. Húmedo, Kgs/m³	2.278		2.420	1.865		2.048	1.566		1.859		
Cant. De humedad de muestra del tarro N°	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba		
Peso de muestra humedad + tarro (g)	25	A-15	V-5	ML-14	28	C-14	WW-5	L-23	ML-9		
	94.33	95.62	89.88	93.45	77.92	80.17	84.59	93.93	97.91		
Peso de muestra seca + tarro (g)	87.32	88.23	79.09	86.41	72.24	69.94	78.49	86.70	80.45		
Peso del agua (g)	7.01	7.39	10.79	7.04	5.68	10.23	6.10	7.23	17.46		
Peso del tarro (g)	20.09	19.85	11.70	19.40	20.00	19.20	20.14	20.12	20.20		
Peso de la muestra seca (g)	67.23	68.38	67.39	67.01	52.24	50.74	58.35	66.58	60.25		
Contenido de humedad %	10.43%	10.81%	16.01%	10.51%	10.87%	20.16%	10.45%	10.86%	28.98%		
Contenido de humedad promedio, %	10.62%		16.01%	10.69%		20.16%	10.66%		28.98%		
Peso Unit. Seco Kgs/m³	2.059		2.086	1.685		1.704	1.415		1.441		
Datos del Esponjamiento (Hinchamiento)											
Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° 1			Molde N° G-8			Molde N° ML-24		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulga.	%		Pulga.	%		Pulga.	%
2019-09-27	14h00	1	1	0.001	0.021993	1	0.001	0.022	2	0.002	0.044
2019-09-28	14h00	2	1	0.001	0.02199252	2	0.002	0.044	3	0.003	0.066
2019-09-29	14h00	3	1	0.001	0.02199252	2	0.002	0.044	3	0.003	0.066
2019-09-30	14h00	4	1	0.001	0.02199252	2	0.002	0.044	3	0.003	0.066
2019-10-01	14h00	5	1	0.001	0.02199252	2	0.002	0.044	3	0.003	0.066

Datos del CBR										
Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg ²	Molde N° 1		Molde N° G-8			Molde N° ML-24			
		Carga del Ensayo		Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	
0.000		0	0		0		0			0
0.025		334	344		212	218		78	80	
0.050		512	527		356	367		239	246	
0.075		656	676		476	490		281	289	
0.100	1000	798	822	82.20	565	582	58.2	357	368	36.8
0.150		944	972		723	745		394	406	
0.200	1500	1198	1234	82.26	856	882	58.78	512	527	35.13
0.250		1344	1384		997	1027		661	681	
0.300		1398	1440		1034	1065		708	729	
0.400		1455	1499		1112	1145		821	846	
0.500		1511	1556		1156	1191		867	893	
0.600		1546	1592		1198	1234		900	927	

Figura 2.23. C.B.R. Base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Presión vs. Penetración

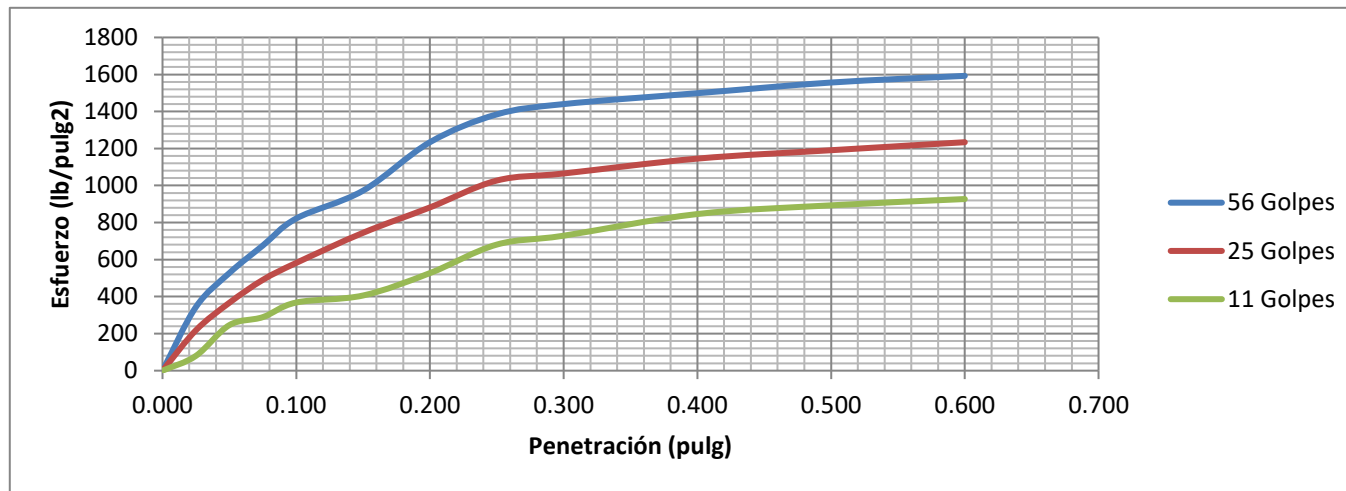


Tabla 2.65. C.B.R. Base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Datos de Penetración (Corrección)

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg ²	Molde N° 1		Molde N° G-8		Molde N° ML-24				
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.			
0.100	1000	998	822	82.20	798	582	58.20	565	368	36.80
0.200	1500	1489	1234	82.26	1198	882	58.78	856	527	35.13

Figura 2.24. C.B.R. Base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Densidad Máxima vs. C.B.R.

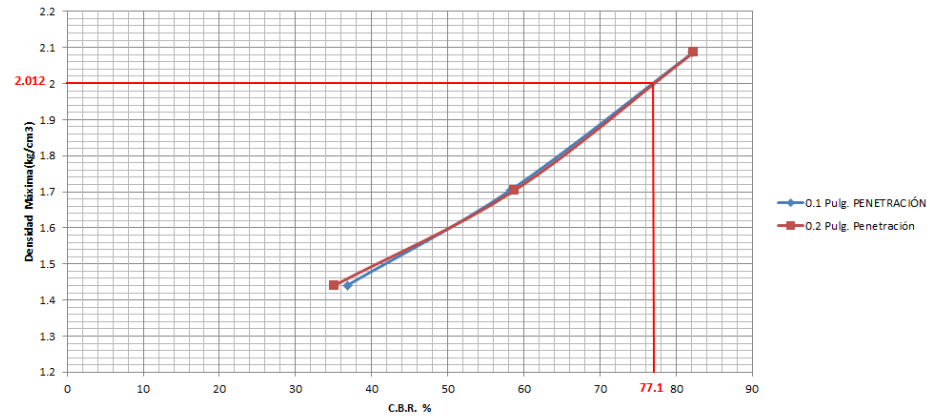


Tabla 2.66. Penetración Base Clase 2 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Densidad Máxima vs. C.B.R.

Penetración (Pulg)	Densidad Máxima (kg/cm ³)	C.B.R. (%)
0.1	2.012	77.1
0.2	2.012	77.1
	Promedio	77.1

2.9.13. C.B.R. Base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

Tabla 2.67. C.B.R. Base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo												
Molde N°		M-11			D-12			ML-23				
N° de Capas		5			5			5				
N° de golpes por capa		56			25			11				
Estado de la muestra		Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar		
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)		13415		13545	10786		11323	10323		10900		
Peso del molde (Kgs)		8299		8299	6518		6518	7005		7005		
Peso de muestra húmeda (Kgs)		5116		5246	4268		4805	3318		3895		
Volumen muestra (m ³)		2353		2353	2366		2366	2205		2205		
Peso unit. Húmedo, Kgs/m ³		2.174		2.229	1.804		2.031	1.505		1.766		
Cant. De humedad de muestra del tarro N°		Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba		
Peso de muestra humedad + tarro (g)		B-31	B-9	B-13	JL-5	ML-16	C-15	P-11	M-3	SD-2		
		90.44	95.65	98.32	89.56	79.32	90.44	93.12	88.64	95.95		
Peso de muestra seca + tarro (g)		84.49	89.19	90.00	83.98	74.50	78.56	87.34	82.96	80.00		
Peso del agua (g)		5.95	6.46	8.32	5.58	4.82	11.88	5.78	5.68	15.95		
Peso del tarro (g)		16.92	16.93	17.22	20.14	20.40	18.15	21.08	19.05	20.04		
Peso de la muestra seca (g)		67.57	72.26	72.78	63.84	54.10	60.41	66.26	63.91	59.96		
Contenido de humedad %		8.81%	8.94%	11.43%	8.74%	8.91%	19.67%	8.72%	8.89%	26.60%		
Contenido de humedad promedio, %		8.87%		11.43%	8.83%		19.67%	8.81%		26.60%		
Peso Unit. Seco Kgs/m ³		1.997		2.001	1.658		1.697	1.383		1.395		
Datos del Esponjamiento (Hinchamiento)												
Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° M11			Molde N° D-12			Molde N° ML-23			
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		
				Pulga.	%		Pulga.	%		Pulga.	%	
2019-09-27	14h00	1	1	0.001	0.021993	2	0.002	0.044	3	0.003	0.066	
2019-09-28	14h00	2	1	0.001	0.02199252	2	0.002	0.044	3	0.003	0.066	
2019-09-29	14h00	3	1	0.001	0.02199252	2	0.002	0.044	3	0.003	0.066	
2019-09-30	14h00	4	2	0.002	0.04398505	2	0.002	0.044	4	0.004	0.088	
2019-10-01	14h00	5	2	0.002	0.04398505	3	0.003	0.066	4	0.004	0.088	

Datos del CBR									
Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg ²	Molde N° M11		Molde N° D-12			Molde N° ML-23		
		Carga del Ensayo		Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.
0.000		0	0	0	0		0	0	
0.025		265	273	188	194		73	75	
0.050		441	454	243	250		163	168	
0.075		593	611	355	366		211	217	
0.100	1000	722	744	474	488	48.8	251	259	25.9
0.150		945	973	624	643		362	373	
0.200	1500	1096	1129	703	724	48.27	466	480	32.0
0.250		1188	1224	789	813		509	524	
0.300		1265	1303	865	891		552	569	
0.400		1379	1420	912	939		656	676	
0.500		1434	1477	967	996		758	781	
0.600		1497	1542	998	1028		790	814	

Figura 2.25. C.B.R. Base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Presión vs. Penetración

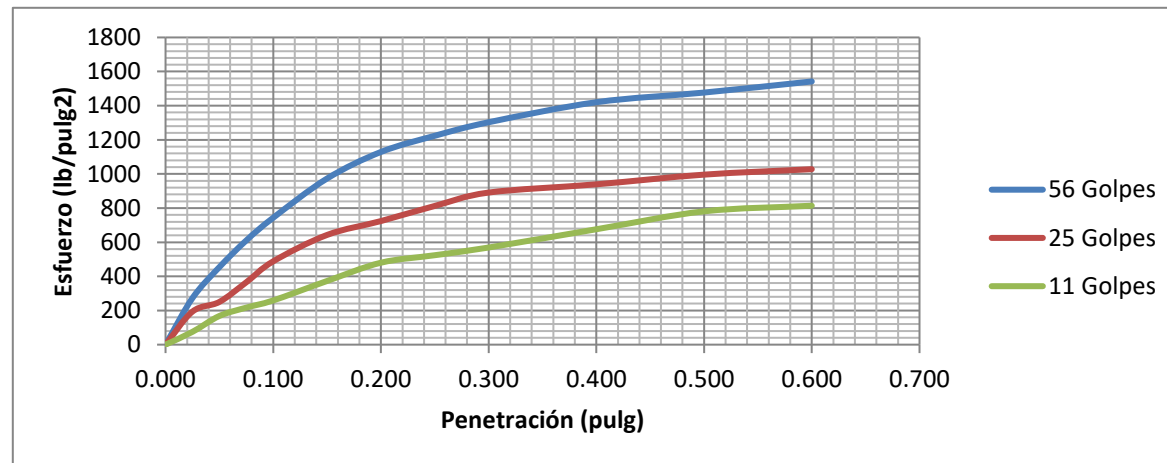


Tabla 2.68. C.B.R. Base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Datos de Penetración (Corrección)

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg ²	Molde N° M11			Molde N° D-12			Molde N° ML-23		
		Carga del Ensayo	CBR Corr.		Carga del Ensayo	CBR Corr.		Carga del Ensayo	CBR Corr.	
0.100	1000	989	744	74.40	722	488	48.80	474	259	25.90
0.200	1500	1489	1129	75.26	1096	724	48.27	703	480	32.00

Figura 2.26. Base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Densidad Máxima vs. C.B.R.

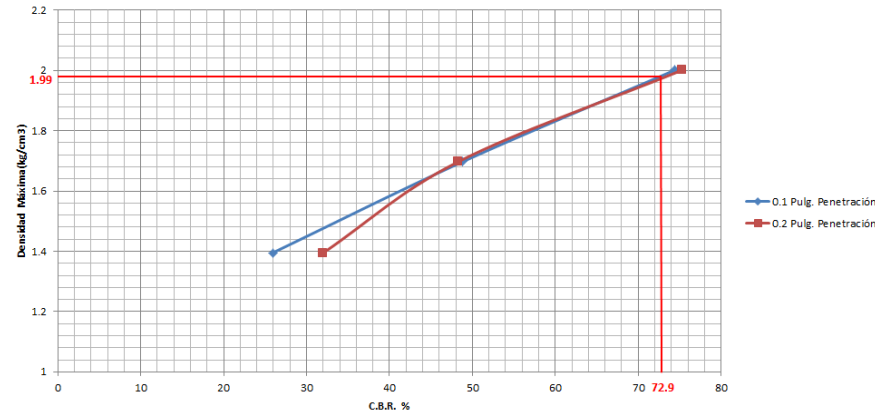


Tabla 2.69. Penetración Base Clase 3 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Densidad Máxima vs. C.B.R.

Penetración (Pulg)	Densidad Máxima (kg/cm ³)	C.B.R. (%)
0.1	1.99	72.9
0.2	1.99	72.9
	Promedio	72.9

2.9.14. C.B.R. Base Clase 4 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

Tabla 2.70. C.B.R. Base Clase 4 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo											
Molde N°	LL-22			D-11			M-6				
N° de Capas	5			5			5				
N° de golpes por capa	56			25			11				
Estado de la muestra	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar		
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	11976		12356	11789		12359	11098		11798		
Peso del molde (Kgs)	7088		7088	7670		7670	7504		7504		
Peso de muestra húmeda (Kgs)	4888		5268	4119		4689	3594		4294		
Volumen muestra (m³)	2286		2286	2323		2323	2403		2403		
Peso unit. Húmedo, Kgs/m³	2.138		2.304	1.773		2.019	1.496		1.787		
Cant. De humedad de muestra del tarro N°	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba		
Peso de muestra humedad + tarro (g)	JL-4	W-5	QR-9	BC-22	ML-27	B-10	ML-7	B-21	ML-16		
	64.33	66.06	79.16	74.54	80.44	90.33	94.23	78.89	82.43		
Peso de muestra seca + tarro (g)	60.45	62.03	70.44	69.56	74.77	76.98	87.71	73.33	68.87		
Peso del agua (g)	3.88	4.03	8.72	4.98	5.67	13.35	6.52	5.56	13.56		
Peso del tarro (g)	19.88	20.14	18.65	16.69	16.06	16.70	18.80	16.35	20.20		
Peso de la muestra seca (g)	40.57	41.89	51.79	52.87	58.71	60.28	68.91	56.98	48.67		
Contenido de humedad %	9.56%	9.62%	16.84%	9.42%	9.66%	22.15%	9.46%	9.76%	27.86%		
Contenido de humedad promedio, %	9.59%		16.84%	9.54%		22.15%	9.61%		27.86%		
Peso Unit. Seco Kgs/m³	1.951		1.972	1.619		1.653	1.365		1.398		
Datos del Esponjamiento (Hinchamiento)											
Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° L22			Molde N° D11			Molde N° M6		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulga.	%		Pulga.	%		Pulga.	%
2019-09-27	14h00	1	1	0.001	0.021993	1	0.001	0.022	2	0.002	0.044
2019-09-28	14h00	2	1	0.001	0.02199252	1	0.001	0.022	2	0.002	0.044
2019-09-29	14h00	3	1	0.001	0.02199252	2	0.002	0.044	2	0.002	0.044
2019-09-30	14h00	4	2	0.002	0.04398505	2	0.002	0.044	3	0.003	0.066
2019-10-01	14h00	5	2	0.002	0.04398505	2	0.002	0.044	3	0.003	0.066

Datos del CBR										
Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg ²	Molde N° L22		Molde N° D11			Molde N° M6			
		Carga del Ensayo		Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	
0.000		0	0		0	0		0	0	
0.025		354	365		278	286		109	112	
0.050		561	578		411	423		165	170	
0.075		797	821		545	561		278	286	
0.100	1000	925	953	95.30	609	627	62.7	343	353	35.3
0.150		1199	1235		794	818		476	490	
0.200	1500	1388	1430	95.31	909	936	62.42	511	526	35.09
0.250		1468	1512		988	1018		632	651	
0.300		1549	1595		1076	1108		696	717	
0.400		1632	1681		1121	1155		754	777	
0.500		1698	1749		1189	1225		789	813	
0.600		1724	1776		1234	1271		912	939	

Figura 2.27. C.B.R. Base Clase 4 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Presión vs. Penetración

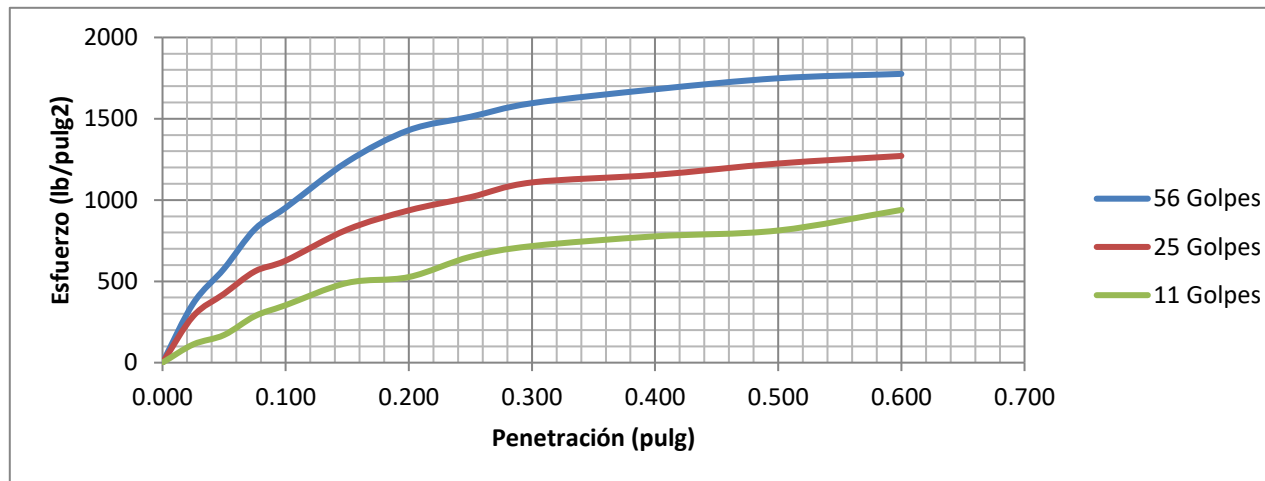


Tabla 2.71. C.B.R. Base Clase 4 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Datos de Penetración (Corrección)

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg ²	Molde N° L22			Molde N° D11			Molde N° M6		
		Carga del Ensayo	CBR Corr.		Carga del Ensayo	CBR Corr.		Carga del Ensayo	CBR Corr.	
0.100	1000	925	953	95.30	609	627	62.70	343	353	35.30
0.200	1500	1388	1430	95.31	909	936	62.42	511	526	35.09

Figura 2.28. C.B.R. Base Clase 4 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Densidad Máxima vs. C.B.R.

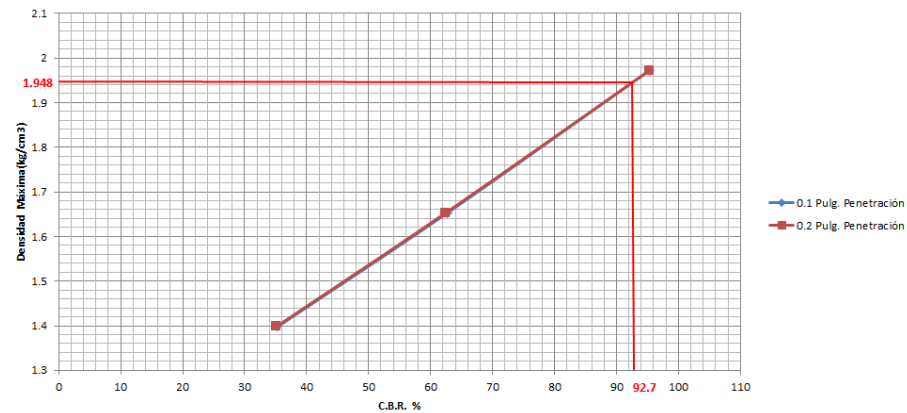


Tabla 2.72. Penetración Base Clase 4 de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí); Densidad Máxima vs. C.B.R.

Penetración (Pulg)	Densidad Máxima (kg/cm ³)	C.B.R. (%)
0.1	1.948	92.7
0.2	1.948	92.7
	Promedio	92.7

2.10. Módulo de Young

Tabla 2.73. Valores de Módulo de Young y Módulo Resiliente para las Bases y Sub-bases de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

TIPO MATERIAL	MÓDULO DE YOUNG (Mpa)			MÓDULO DE YOUNG PROMEDIO (Mpa)	MÓDULO RESILIENTE (Psi)			MÓDULO RESILIENTE PROMEDIO (Psi)
	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3		MR 1	MR 2	MR 3	
SUB-BASE CLASE 1	92.01	96.96	100.12	96.36	13344.92	14062.86	14521.17	13976.32
SUB-BASE CLASE 2	93.18	97.69	103.87	98.25	13514.61	14168.73	15065.07	14249.47
SUB-BASE CLASE 3	94.44	99.45	105.18	99.69	13697.36	14424.00	15255.07	14458.81
BASE CLASE 1	105.7	113.57	118.72	112.66	15330.48	16471.93	17218.88	16340.43
BASE CLASE 2	112.35	114.84	118.83	115.34	16294.99	16656.13	17234.83	16728.65
BASE CLASE 3	112.54	118.15	124.45	118.38	16322.54	17136.20	18049.94	17169.56
BASE CLASE 4	125.83	126.01	126.43	126.09	18250.09	18276.20	18337.12	18287.80

CAPÍTULO III

RESUMEN DE RESULTADOS

Tabla 3.1. Resumen de los resultados de Ensayos de Laboratorio de los agregados de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO											
ENSAYO	TIPO	TAMIZ #	%PASA	CLASIFICACIÓN		VALOR	UNIDAD	ESPECIF.	OBSERVACIÓN	NORMA	
				SUCS	AASHTO						
GRANULOMETRÍA	SUB-BASE CLASE 1	1 1/2	100	GP-GW	A-1-a			100	CUMPLE	ASTM C 33; NEVI-12-MTOP	
		N° 4	46.87					30-70			
		N°40	26.22					10-35			
		N°200	7.25					0-15			
	SUB-BASE CLASE 2	2	100	GP-GW	A-1-a			100	CUMPLE		
		1 1/2	93.59					70-100			
		N° 4	46.41					30-70			
		N°40	25.77					15-40			
	SUB-BASE CLASE 3	N°200	8.78	GP-GW	A-1-a			0-20	CUMPLE		
		3	100					100			
		N° 4	51.87					30-70			
		N°200	14.42					0-20			
	BASE CLASE 1 TIPO A	2	100	GP-GW	A-1-a			100	CUMPLE		
		1 1/2	84.21					70-100			
		1	72.17					55-85			
		3/4	66.14					50-80			
		3/8	54.23					35-70			
		N°4	35.84					25-50			
		N°10	25.44					20-40			
		N°40	17.03					10-25			
	BASE CLASE 2	N°200	6.6	GP-GW	A-1-a			2-12	CUMPLE		
		1	100					100			
		3/4	87.53					70-100			
		3/8	70.67					50-80			
		N°4	45.49					35-65			
	BASE CLASE 3	N°10	34.09	GP-GW	A-1-a			25-50	CUMPLE		
		N°40	21.63					15-30			
		N°200	9.25					3-15			
		3/4	100					100			
	BASE CLASE 4	N°4	52.78	GP-GW	A-1-a			45-80	CUMPLE		
		N°10	38.22					30-60			
		N°40	23.24					20-35			
		N°200	5.78					3-15			
	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN	AGREGADO FINO (GE) AGREGADO FINO (ABS) AGREGADO GRUESO (GE) AGREGADO GRUESO (ABS)	2	100			2.625	SIN UNIDAD			ASTM C128; NEVI-12-MTOP
			1	81.41			2	%			
			N°4	38.77			2.671	SIN UNIDAD			ASTM C127; NEVI-12-MTOP
N°200			4.24			1.02	%				
CONTENIDO ÓRGANICO	AGREGADO FINO					COLOR 2	SIN UNIDAD	MAX COLOR 3	CUMPLE	ASTM C40-99; NEVI-12-MTOP	
TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS FRIABLES	AGREGADO FINO					0.24	%	MAX 1%	CUMPLE	ASTM C142-97; NEVI-12-MTOP	
DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS A SULFATOS	AGREGADO FINO					6	%	MAX 18%	CUMPLE	ASTM C 88; NEVI-12-MTOP	
	AGREGADO GRUESO					5	%				
EQUIVALENTE DE ARENA	AGREGADO FINO					76	%	> 50%	CUMPLE	ASTM D 2419; NEVI-12-MTOP	
DURABILIDAD DEL AGREGADO A LA ABRASIÓN	SUB-BASE					14.96	%	< 50%	CUMPLE	ASTM C 131; NEVI-12-MTOP	
	BASE					29.49	%	< 40%	CUMPLE		
CONTENIDO DE HUMEDAD	SUB-BASE CLASE 1					29.87	%		CUMPLE	ASTM D 4318-84; NEVI-12-MTOP	
	SUB-BASE CLASE 2					27.2	%				
	SUB-BASE CLASE 3					24.54	%				
	BASE CLASE 1 TIPO A					28.74	%				
	BASE CLASE 2					28.26	%				
	BASE CLASE 3					27.23	%				
BASE CLASE 4					27.57	%					
LÍMITES DE ATTERBERG	AGREGADO FINO					NP			ALTO CONTENIDO DE ARENA	ASTM D 4318-84; NEVI-12-MTOP	

Tabla 3.2. Resumen Parámetros C.B.R.

TIPO MATERIAL	HUMEDAD ÓPTIMA (%)	DENSIDAD MÁXIMA (g/cm ³)	C.B.R. (%)
SUB-BASE CLASE 1	10.19	1936	78.2
SUB-BASE CLASE 2	10.1	1908	75.05
SUB-BASE CLASE 3	10.22	1840	69.9
BASE CLASE 1	8.11	2092	82
BASE CLASE 2	10.22	2012	77.1
BASE CLASE 3	8.62	1990	72.9
BASE CLASE 4	9.39	1948	92.7

Tabla 3.3. Módulo de Young y Módulo Resiliente

TIPO MATERIAL	MÓDULO DE YOUNG PROMEDIO (Mpa)	MÓDULO RESILIENTE PROMEDIO (Psi)
SUB-BASE CLASE 1	96.36	13976.32
SUB-BASE CLASE 2	98.25	14249.47
SUB-BASE CLASE 3	99.69	14458.81
BASE CLASE 1	112.66	16340.43
BASE CLASE 2	115.34	16728.65
BASE CLASE 3	118.38	17169.56
BASE CLASE 4	126.09	18287.80

CAPÍTULO IV

CORRELACIÓN DEL C.B.R. CON EL MÓDULO DE YOUNG

Tabla 4.1. Resumen Densidad Seca Campo y Módulo Resiliente

TIPO MATERIAL	DENSIDAD SECA CAMPO (g/cm ³)			MÓDULO RESILIENTE (Psi)		
	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	MR 1	MR 2	MR 3
SUB-BASE CLASE 1	1.836	1.789	1.96	13344.92	14062.86	14521.17
SUB-BASE CLASE 2	1.737	1.798	1.875	13514.61	14168.73	15065.07
SUB-BASE CLASE 3	1.795	1.815	1.822	13697.36	14424.00	15255.07
BASE CLASE 1	1.791	1.982	1.908	15330.48	16471.93	17218.88
BASE CLASE 2	1.745	1.826	1.883	16294.99	16656.13	17234.83
BASE CLASE 3	1.815	1.889	1.832	16322.54	17136.20	18049.94
BASE CLASE 4	1.832	1.975	1.995	18250.09	18276.20	18337.12

Figura 4.1. Densidad seca vs. Módulo Resiliente Sub-base Clase 1 Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

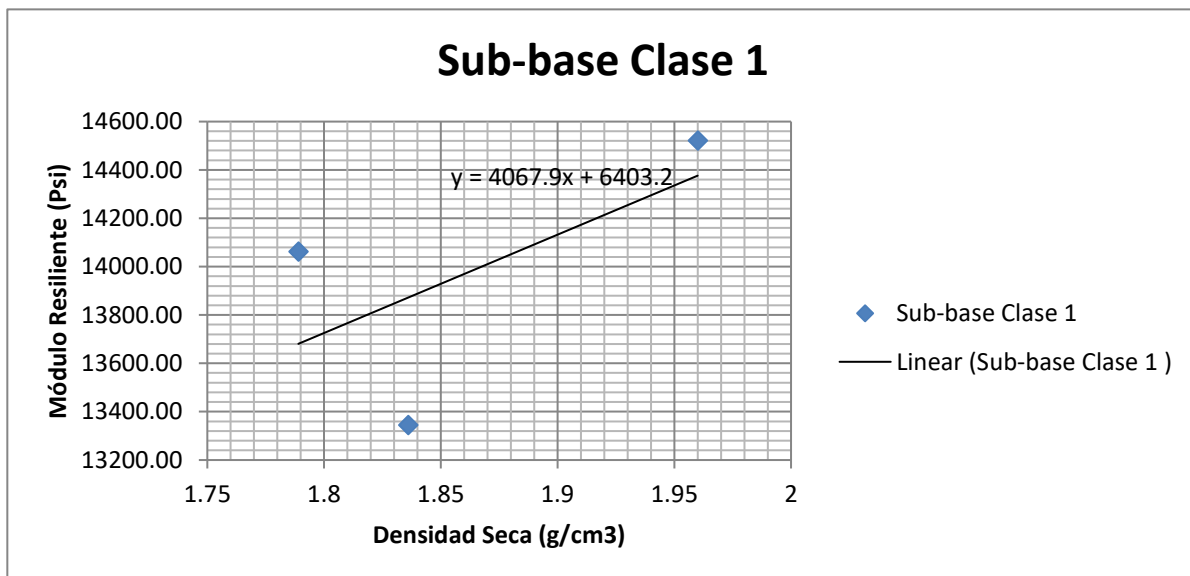


Figura 4.2. Densidad seca vs. Módulo Resiliente Sub-base Clase 2 Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

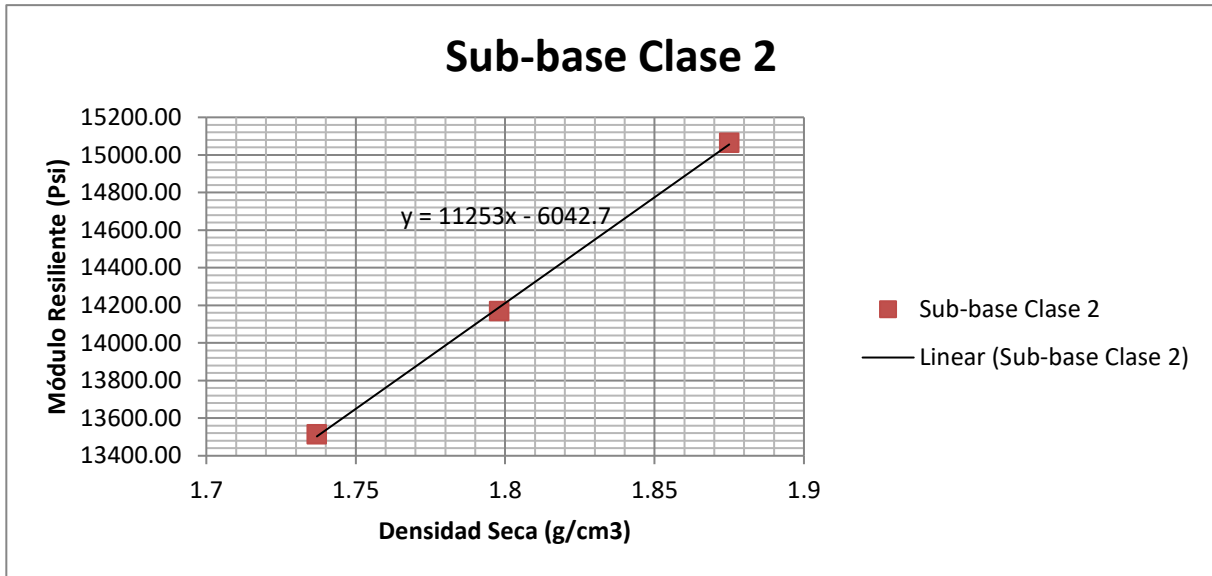


Figura 4.3. Densidad seca vs. Módulo Resiliente Sub-base Clase 3 Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

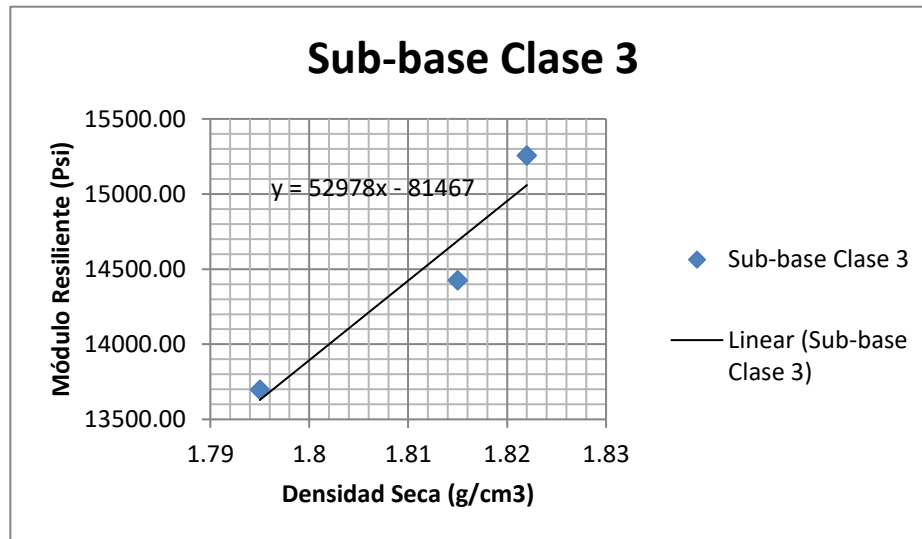


Figura 4.4. Densidad seca vs. Módulo Resiliente Base Clase 1 Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

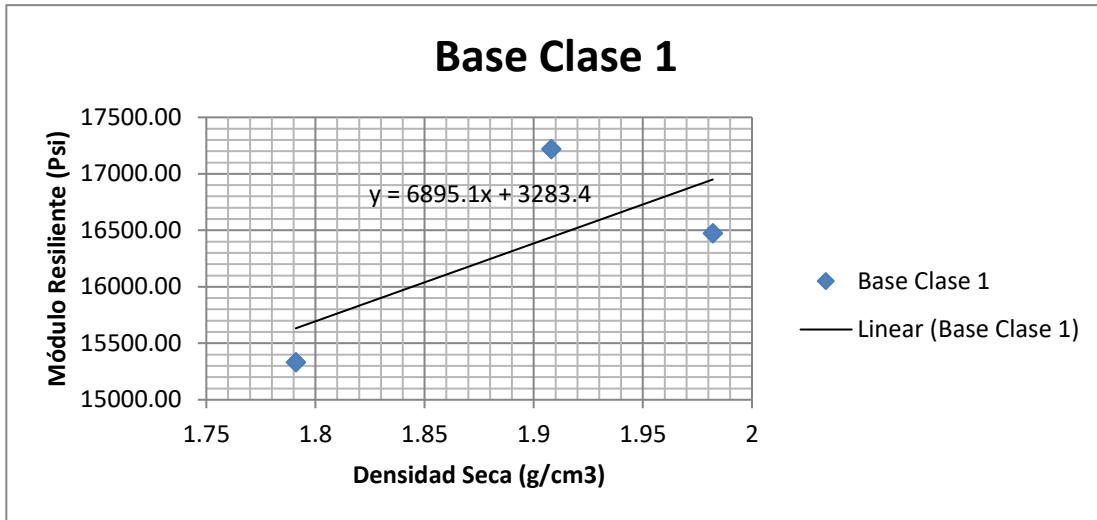


Figura 4.5. Densidad seca vs. Módulo Resiliente Base Clase 2 Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

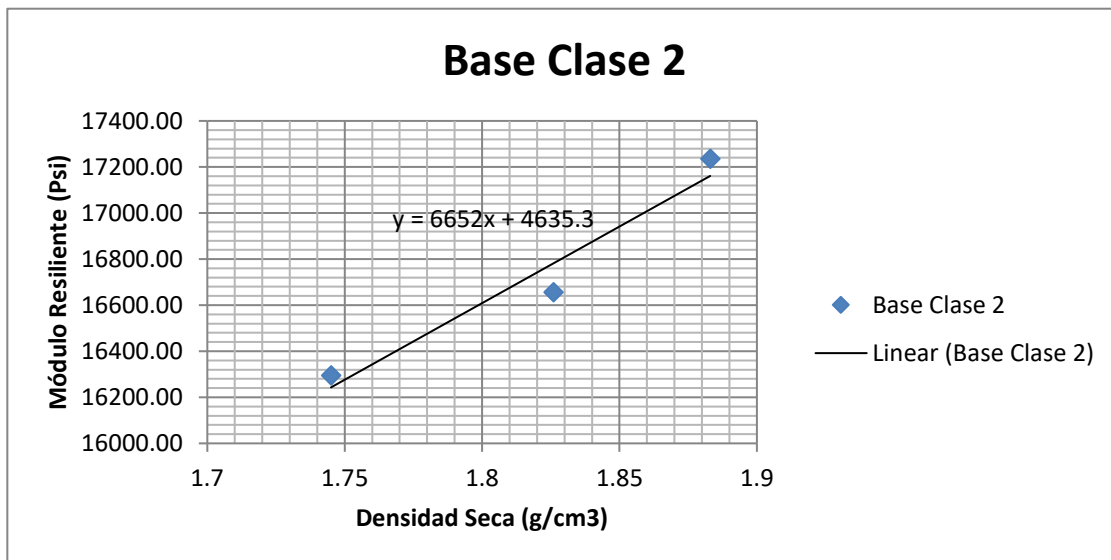


Figura 4.6. Densidad seca vs. Módulo Resiliente Base Clase 3 Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

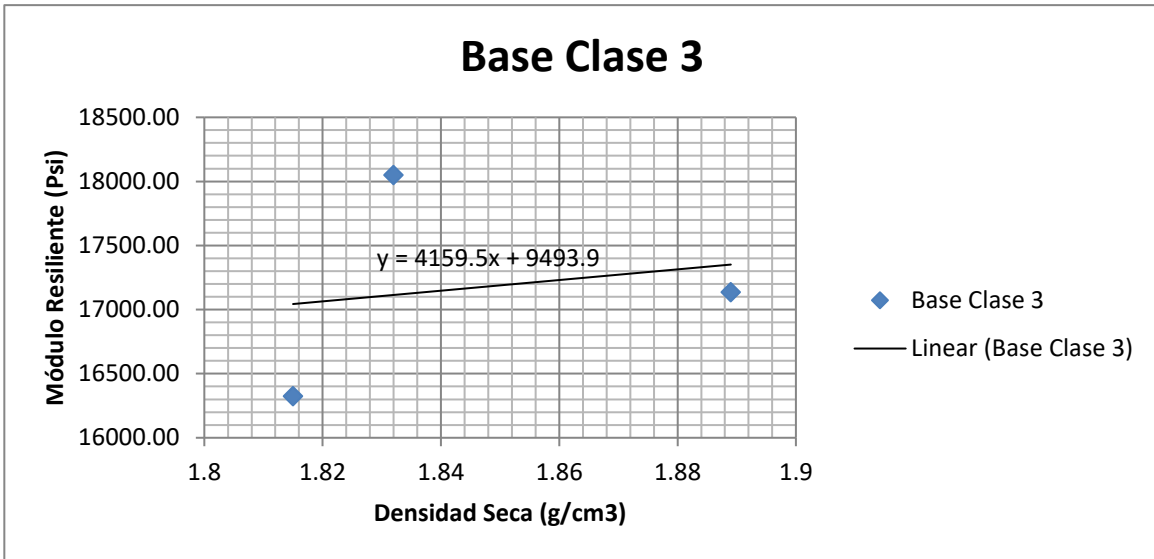


Figura 4.7. Densidad seca vs. Módulo Resiliente Base Clase 4 Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

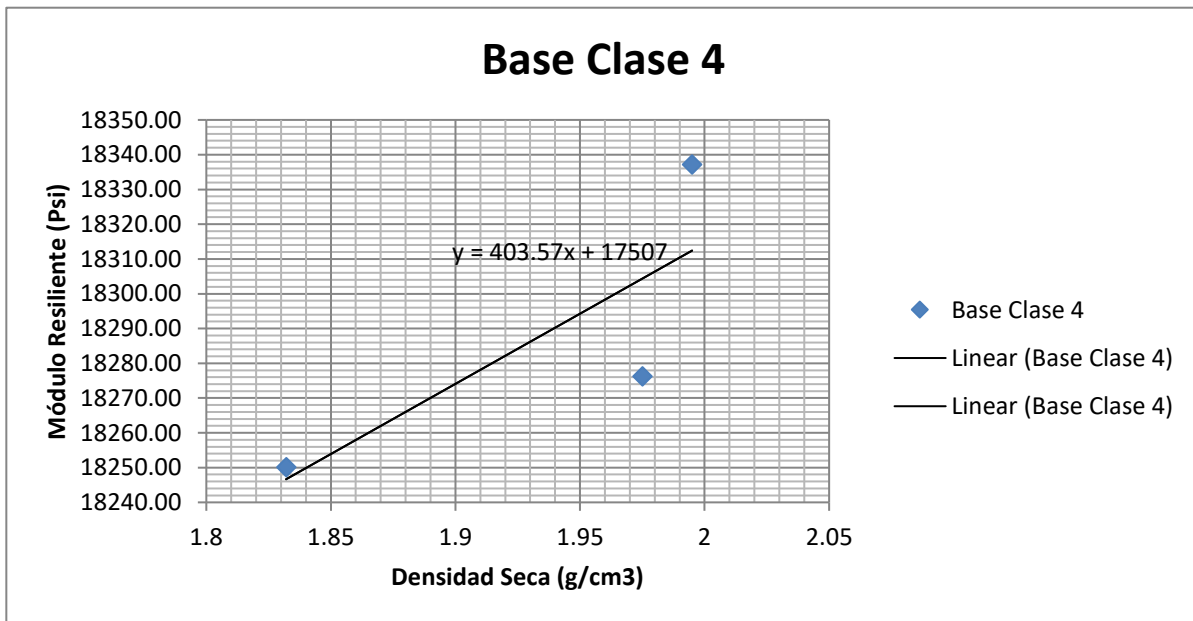


Tabla 4.2. Resultados Módulo Resiliente Mina Picoazá (Portoviejo- Manabí)

TIPO MATERIAL	DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm ³)	ECUACIÓN TENDENCIA	MÓDULO RESILIENTE PROMEDIO (Psi)
SUB-BASE CLASE 1	1.936	$y = 4067.9x + 6403.2$	14388.49
SUB-BASE CLASE 2	1.908	$y = 11253x - 6042.7$	15428.02
SUB-BASE CLASE 3	1.84	$y = 52978x - 81467$	16012.52
BASE CLASE 1	2.092	$y = 6895.1x + 3283.4$	17707.95
BASE CLASE 2	2.012	$y = 6652x + 4635.3$	18019.12
BASE CLASE 3	1.99	$y = 4159.5x + 9493.9$	17771.31
BASE CLASE 4	1.948	$y = 403.57x + 17507$	18293.15

Tabla 4.3. Módulo Resiliente vs. C.B.R. Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

TIPO MATERIAL	DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm ³)	MÓDULO RESILIENTE PROMEDIO (Psi)	C.B.R. (%)
SUB-BASE CLASE 1	1.936	14388.49	78.2
SUB-BASE CLASE 2	1.908	15428.02	75.05
SUB-BASE CLASE 3	1.84	16012.52	69.9
BASE CLASE 1	2.092	17707.95	82
BASE CLASE 2	2.012	18019.12	77.1
BASE CLASE 3	1.99	17771.31	72.9
BASE CLASE 4	1.948	18293.15	92.7

Figura 4.8. C.B.R. vs. Módulo Resiliente de la Sub-base de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

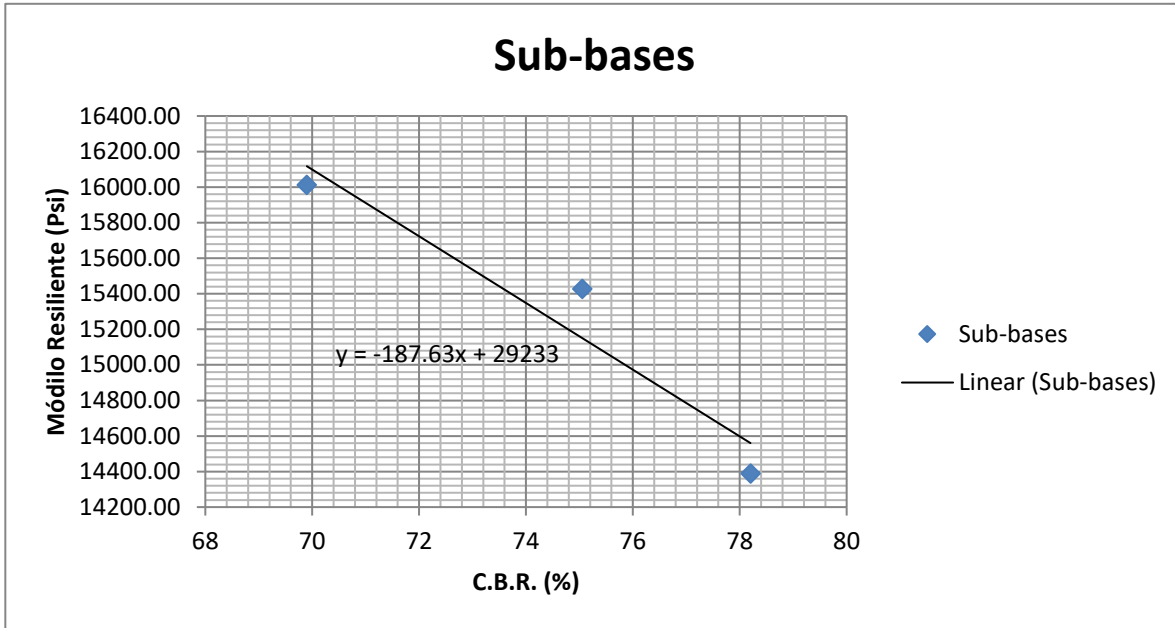
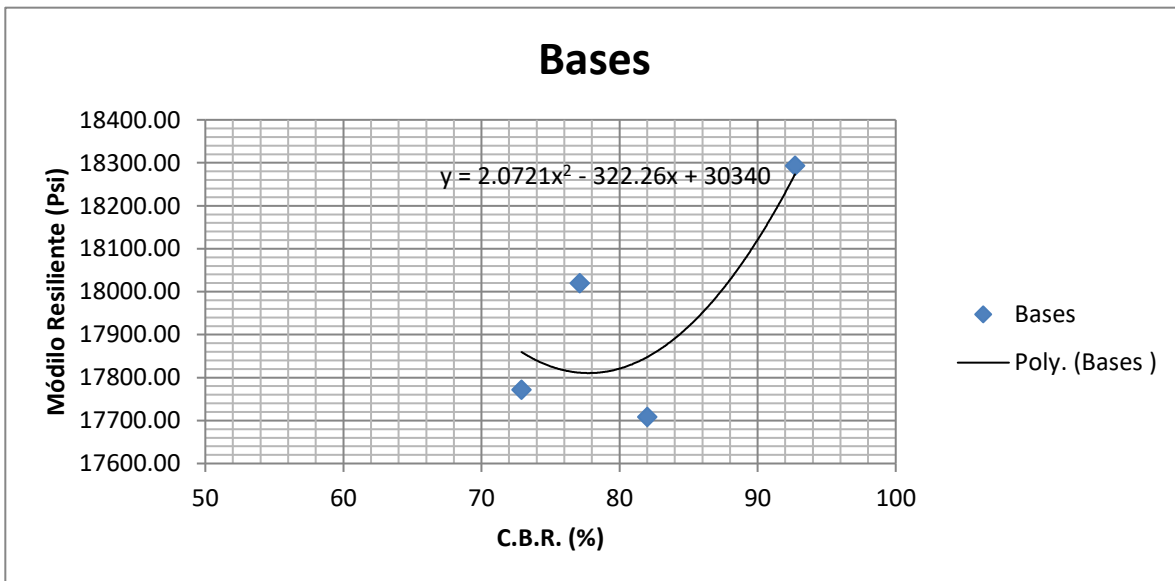


Figura 4.9. C.B.R. vs. Módulo Resiliente de la Base de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)



CAPÍTULO V

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA VIAL

5.1. Parámetros para el diseño de la Base y Sub-base del pavimento flexible aplicando C.B.R. y Módulo Resiliente.

Para desarrollar el diseño de la estructura vial es necesario basarse en datos de tráfico obtenidos previamente, es importante también destacar que para el diseño se utiliza el método AASHTO 1993 y los valores antes mencionados están determinados en “Veloz Aguirre, M. A. (2014). Evaluación y diseño de pavimentos por el método no destructivo – georadar (gpr) y deflectómetro de la antigua vía a Conocoto. Quito, Ecuador”.

5.1.1. TPDA (Tráfico Promedio Anual) desarrollado por conteo vehicular.

Tabla 5.1. TPDA (Tráfico Promedio Anual)

Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

CATEGORÍA	TPDA
Livianos	9229
Buses	577
Camiones 2 Ejes	560
Camiones 3 Ejes	57
Camiones 4 Ejes	13
TPDA	10436

Fuente: Veloz Aguirre, M. A. (2014). Evaluación y diseño de pavimentos por el método no destructivo – georadar (gpr) y deflectómetro de la antigua vía a Conocoto. Quito, Ecuador.

5.1.2. Nivel de Confianza

El nivel de confianza viene dado por si la vía en estudio compone una arteria principal, además que si se encuentra en un sector urbano, como es el caso del presente diseño, por ello el nivel de confianza será $C=90\%$.

Tabla 5.2. Nivel de confianza según la funcionalidad de la vía

Nivel de confianza		
Clasificación Funcional	Recomendados	
	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.

5.1.3. Desviación Estándar para una vía

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

Tabla 5.3. Valores recomendados para la desviación estándar S_o

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

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

5.1.4. Distribución del tráfico

Este parámetro se basa en el valor del TPDA y también determinar el número de contadores, en el caso de que exista un solo contador en ambos sentidos se establece un valor del 50% del TPDA, por otra parte si es que si existen dos contadores uno en cada sentido será el 100% del TPDA del mayor valor del TPDA en ambos sentidos. (Villafuerte Bermúdez & Ortega Calle, 2015).

Distribución del tráfico (D_t)= 100%

$D_t = 1$

5.1.5. Período de diseño

El período de diseño se establece en 10 años.

n= 10 años.

5.1.6. Tasa de Crecimiento





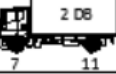





Se toma como tasa de crecimiento el 3%.

i=3%

5.1.7. Tipos de vehículo

Respecto a la categoría de vehículos que presentamos en la tabla del TPDA, establecemos los tipos de vehículos en la figura 5.1.

Figura 5.1. Tipos de vehículos motorizados, remolques y semirremolques

CUADRO DEMOSTRATIVO DEL 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			7	5,00	2,60	3,00		
2DA			10	7,50	2,60	3,50		
2DB			18	12,20	2,60	4,10		
3-A			27	12,20	2,60	4,10		
4-C			31	12,20	2,60	4,10		

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

5.1.8. Cálculo de TPDA final

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

Tabla 5.4. TPDA final

Tipo	TPDA _o	%	TPDA final
2D	560	89	753

3A	57	9	77
4C	13	2	17
Total	630	100	847

5.1.9. Carga Equivalente

Por medio de las ecuaciones detalladas a continuación procedemos a determinar los factores de carga equivalente tomando en cuenta el tipo de eje, el cual puede ser simple, doble o tándem.

$$\text{Eje simple: } F_{ss} = \left(\frac{L_{ss}}{6,6}\right)^4$$

$$\text{Eje doble: } F_{sd} = \left(\frac{L_{sd}}{8,2}\right)^4$$

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

Tabla 5.5. Factor Carga Equivalente por eje

Tipo	Carga Total (Ton)	Carga por eje (Ton)	%	Fce por eje
2D	7	3	89	0.038
		4		0.120
3A	27	7	9	0.114
		20		0.284
4C	31	7	2	0.025
		24		0.023
			FCE	0.604

5.1.10. Número de ejes equivalente al peso de 8.2 toneladas

Para determinar el número de ejes equivalente se usa la siguiente fórmula:

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

$$N(8,2 T) = 1,63 \times 10^6$$

5.1.11. Serviciabilidad de la vía

Tabla 5.6. Serviciabilidad de la vía

Pérdida 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)

$$PSI = P_o - P_T$$

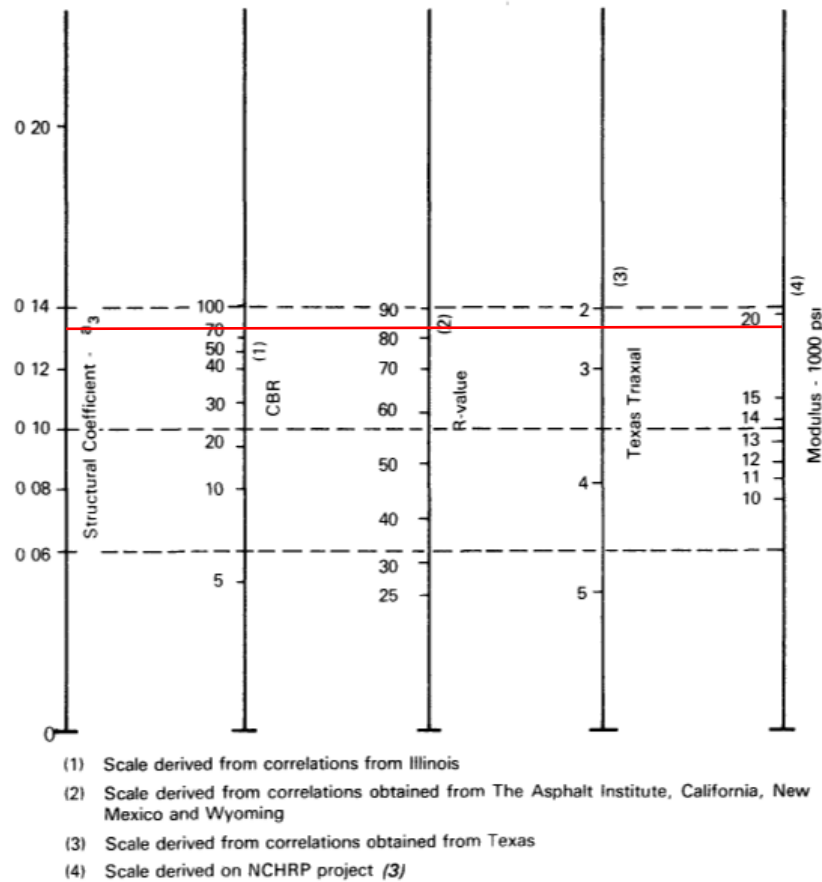
$$PSI = 4,2 - 2,2 = 2,0$$

5.2. Coeficiente estructural para Bases y Sub-base de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

5.2.1. Empleando Ensayo del C.B.R.

5.2.1.1. Coeficiente estructural Sub-base Clase 1

Figura 6. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de Sub-base Clase 1



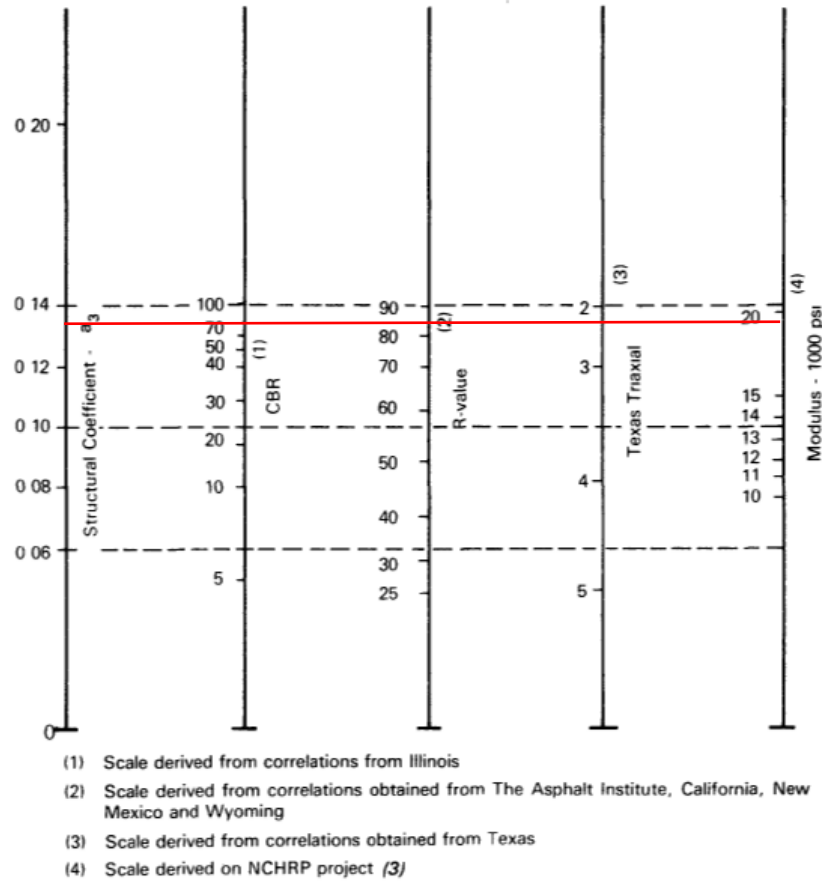
Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

$CBR\ Sub\ base\ 1 = 78,2\% ; a_3 = 0,132 ; MR = 19000\ psi$

$$a_3 = \frac{0,132\ pulg}{2,54\ cm} = 0,0519\ cm$$

5.2.1.2. Coeficiente estructural Sub-base Clase 2

Figura 7. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de Sub-base Clase 2



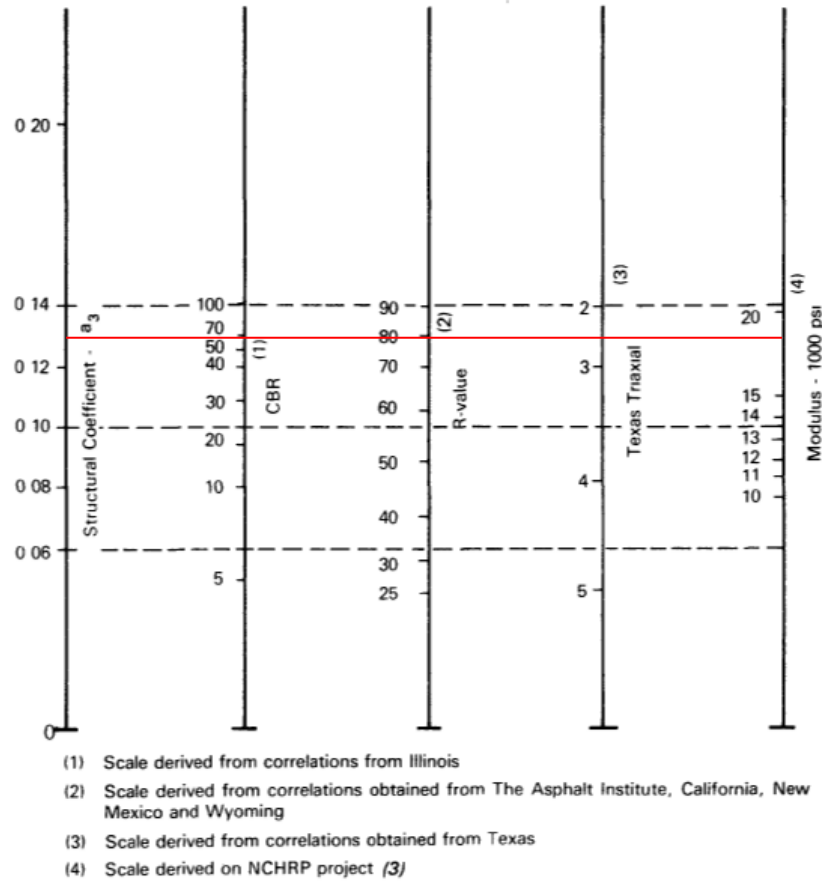
Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

$CBR \text{ Sub base } 2 = 75.5 \%$; $a_3 = 0,129$; $MR = 18500 \text{ psi}$

$$a_3 = \frac{0,129 \text{ pulg}}{2,54 \text{ cm}} = 0,0510 \text{ cm}$$

5.2.1.3. Coeficiente estructural Sub-base Clase 3

Figura 8. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de Sub-base Clase 3



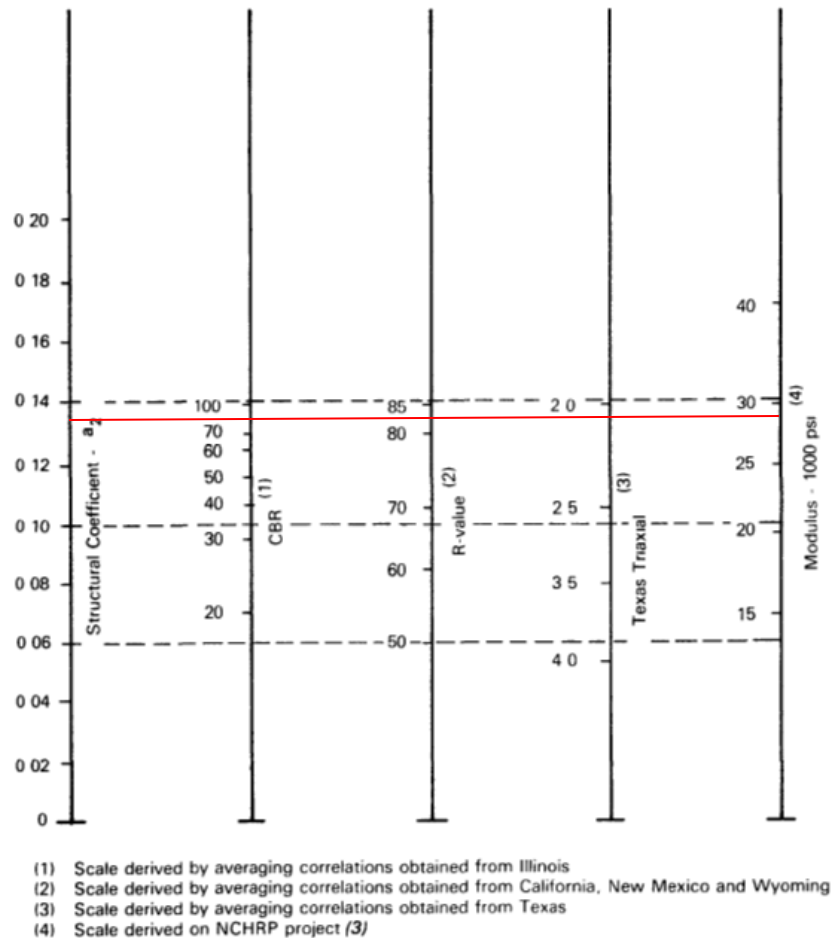
Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

$CBR \text{ sub base } 3 = 69.9 \% ; a_3 = 0,127 ; MR = 18000 \text{ psi}$

$$a_3 = \frac{0,127 \text{ pulg}}{2,54 \text{ cm}} = 0,0500 \text{ cm}$$

5.2.1.4. Coeficiente estructural Base Clase 1

Figura 9. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de Base Clase 1



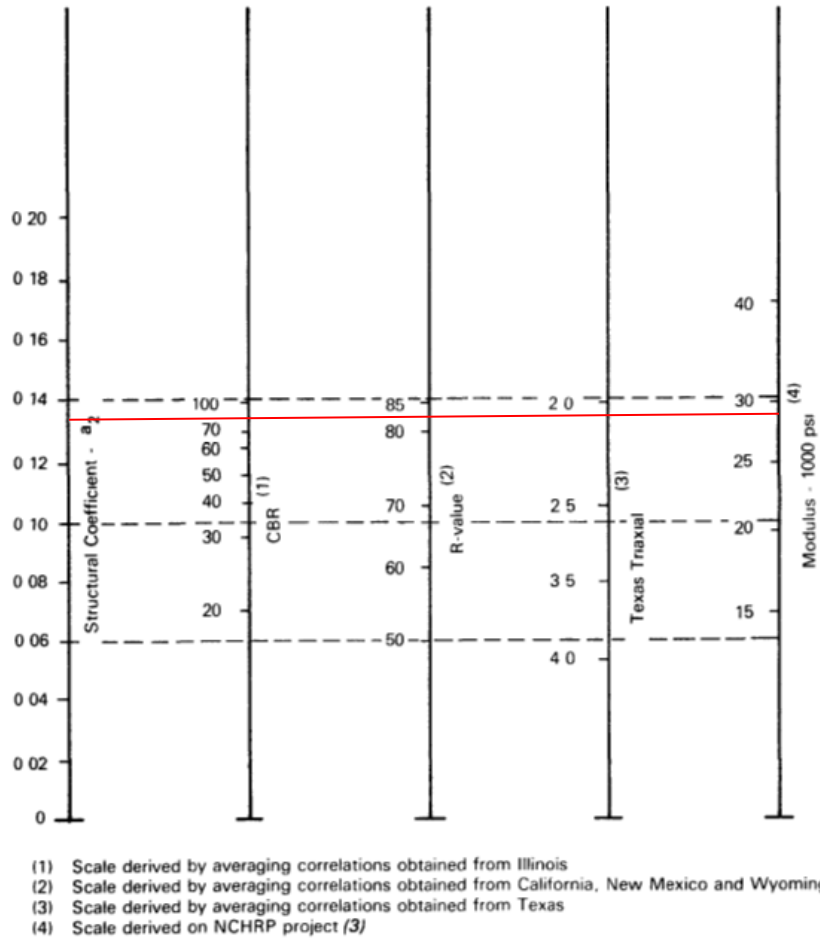
Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

$$CBR \text{ Base } 1 = 82 \% ; a_2 = 0,131 ; MR = 28000 \text{ psi}$$

$$a_2 = \frac{0,131 \text{ pulg}}{2,54 \text{ cm}} = 0,0515 \text{ cm}$$

5.2.1.5. Coeficiente estructural Base Clase 2

Figura 10. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de Base Clase 2



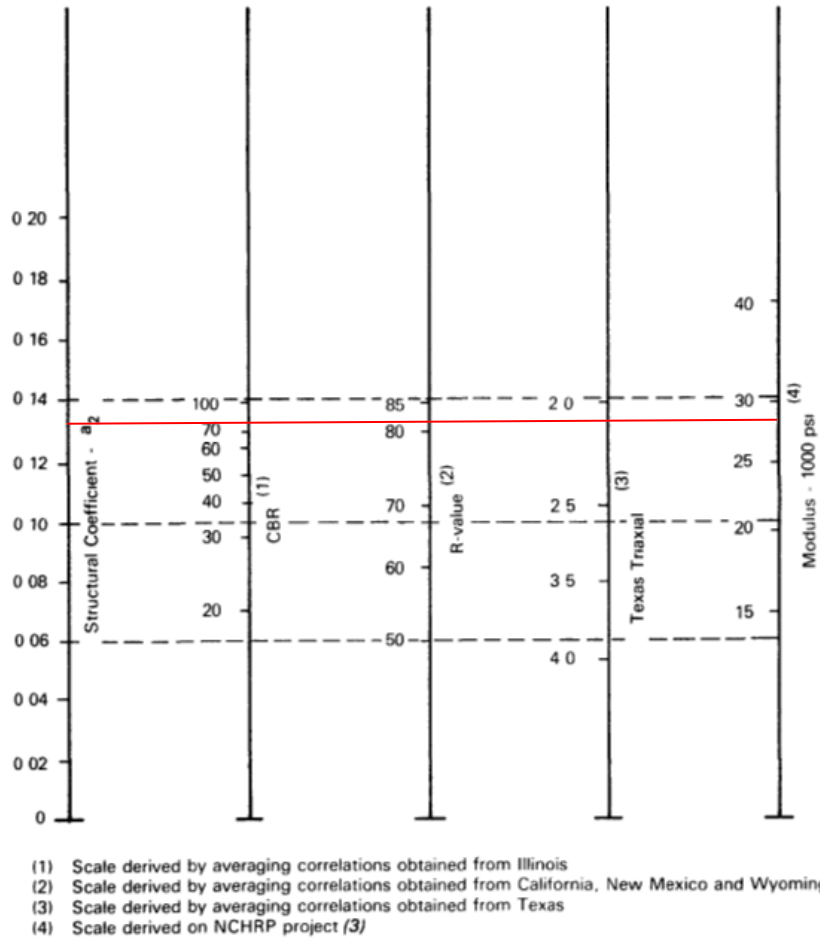
Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

$$CBR \text{ Base } 2 = 77.1 \% ; a_2 = 0,132 ; MR = 29000 \text{ psi}$$

$$a_2 = \frac{0,132 \text{ pulg}}{2,54 \text{ cm}} = 0,0519 \text{ cm}$$

5.2.1.6. Coeficiente estructural Base Clase 3

Figura 11. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de Base Clase 3



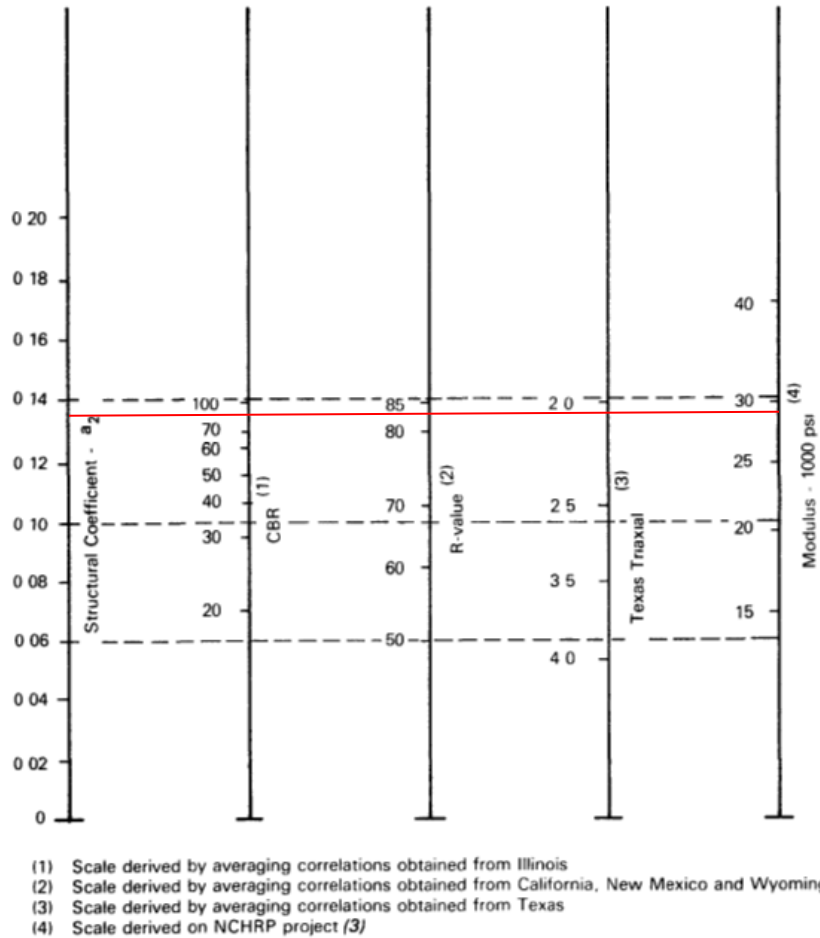
Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

$$CBR \text{ Base } 3 = 72.9 \% ; a_2 = 0,130 ; MR = 27500 \text{ psi}$$

$$a_2 = \frac{0,130 \text{ pulg}}{2,54 \text{ cm}} = 0,0512 \text{ cm}$$

5.2.1.7. Coeficiente estructural Base Clase 4

Figura 12. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de Base Clase 4



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

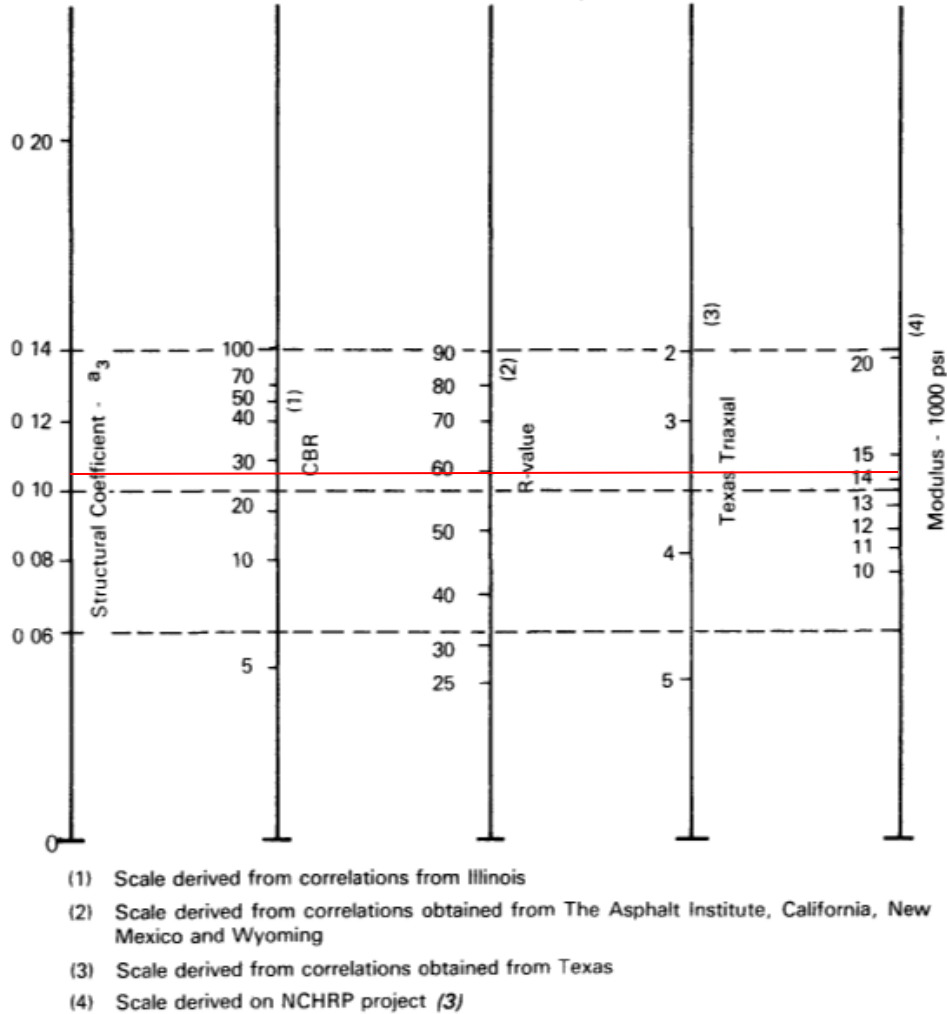
$$CBR \text{ Base } 4 = 92.7 \% ; a_2 = 0,138 ; MR = 29500 \text{ psi}$$

$$a_2 = \frac{0,138 \text{ pulg}}{2,54 \text{ cm}} = 0,0543 \text{ cm}$$

5.2.2. Empleando Módulo Resiliente

5.2.2.1. Coeficiente estructural Sub-base Clase 1

Figura 13. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de Sub-base Clase 1



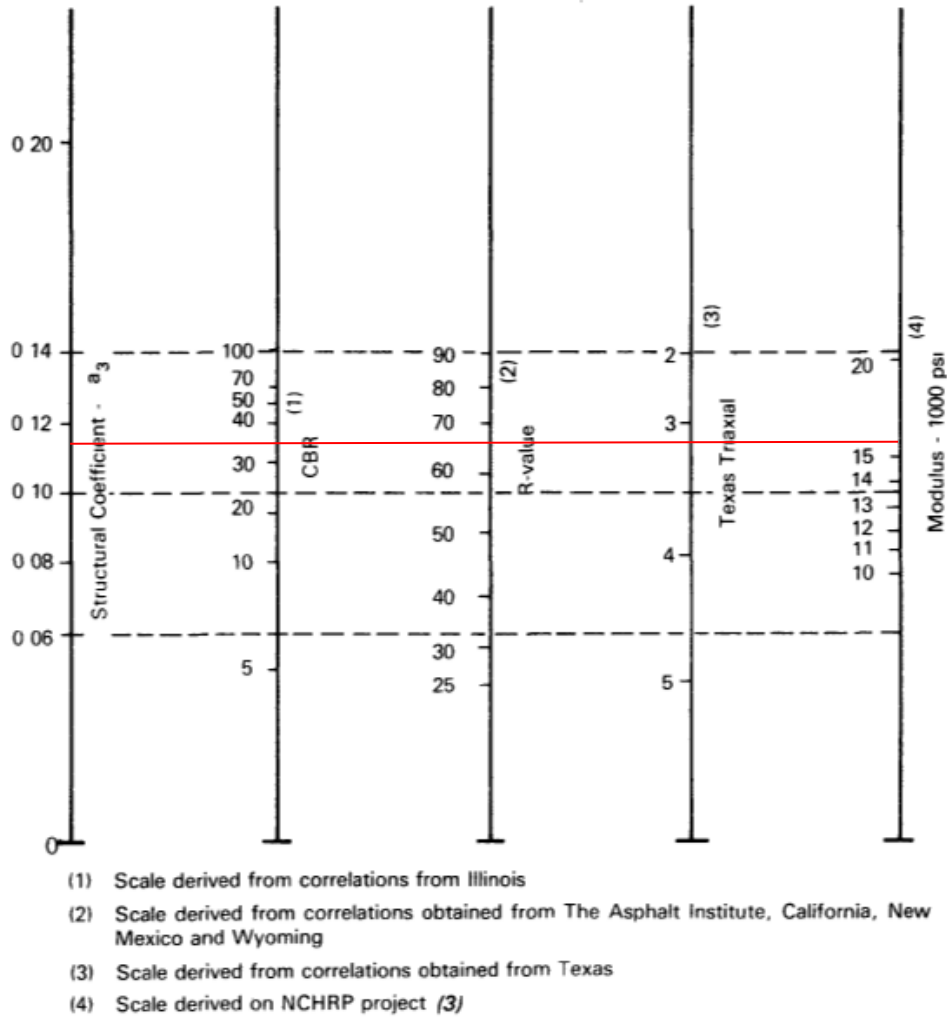
Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition).
Estados Unidos.

$$MR \text{ Sub base } 1 = 14388.49 ; a_3 = 0,104$$

$$a_3 = \frac{0,104 \text{ pulg}}{2,54 \text{ cm}} = 0,0409 \text{ cm}$$

5.2.2.2. Coeficiente estructural Sub-base Clase 2

Figura 14. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de Sub-base Clase 2



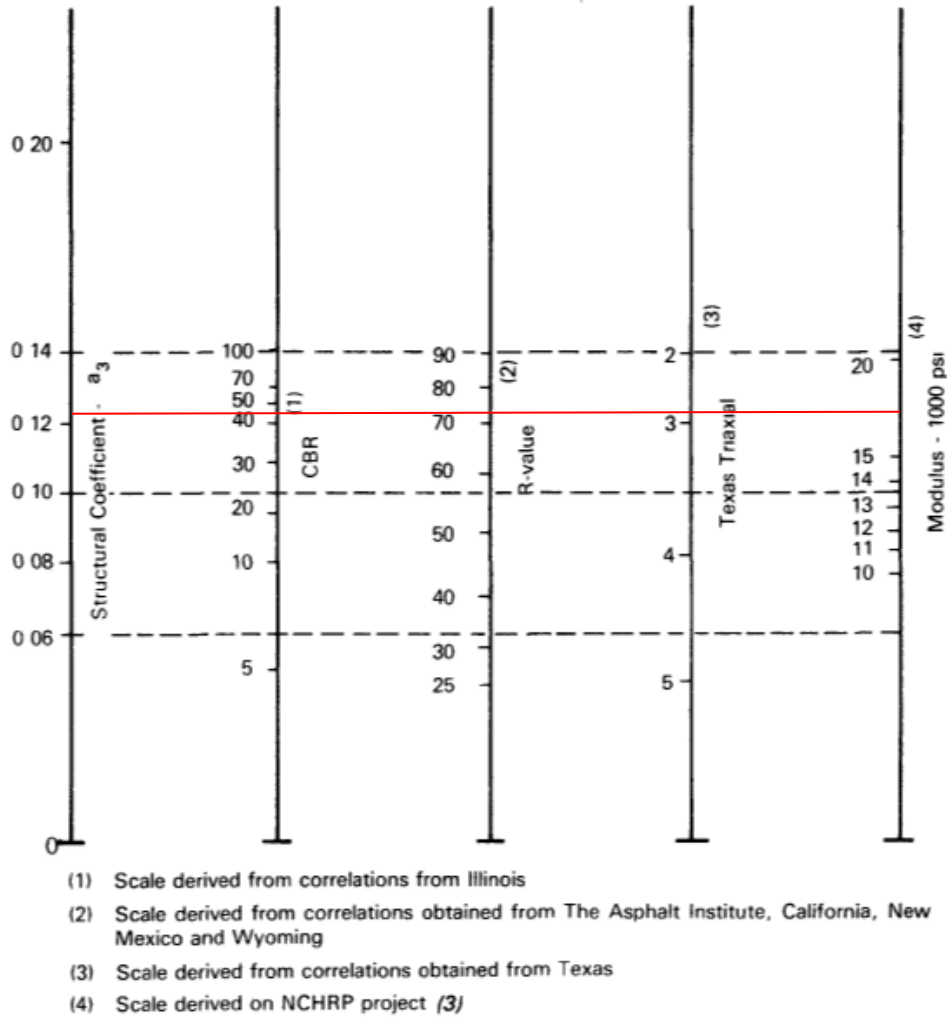
Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition).
Estados Unidos.

$$MR \text{ Sub base } 2 = 15428.02 ; a_3 = 0,115$$

$$a_3 = \frac{0,115 \text{ pulg}}{2,54 \text{ cm}} = 0,0453 \text{ cm}$$

5.2.2.3. Coeficiente estructural Sub-base Clase 3

Figura 15. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de Sub-base Clase 3



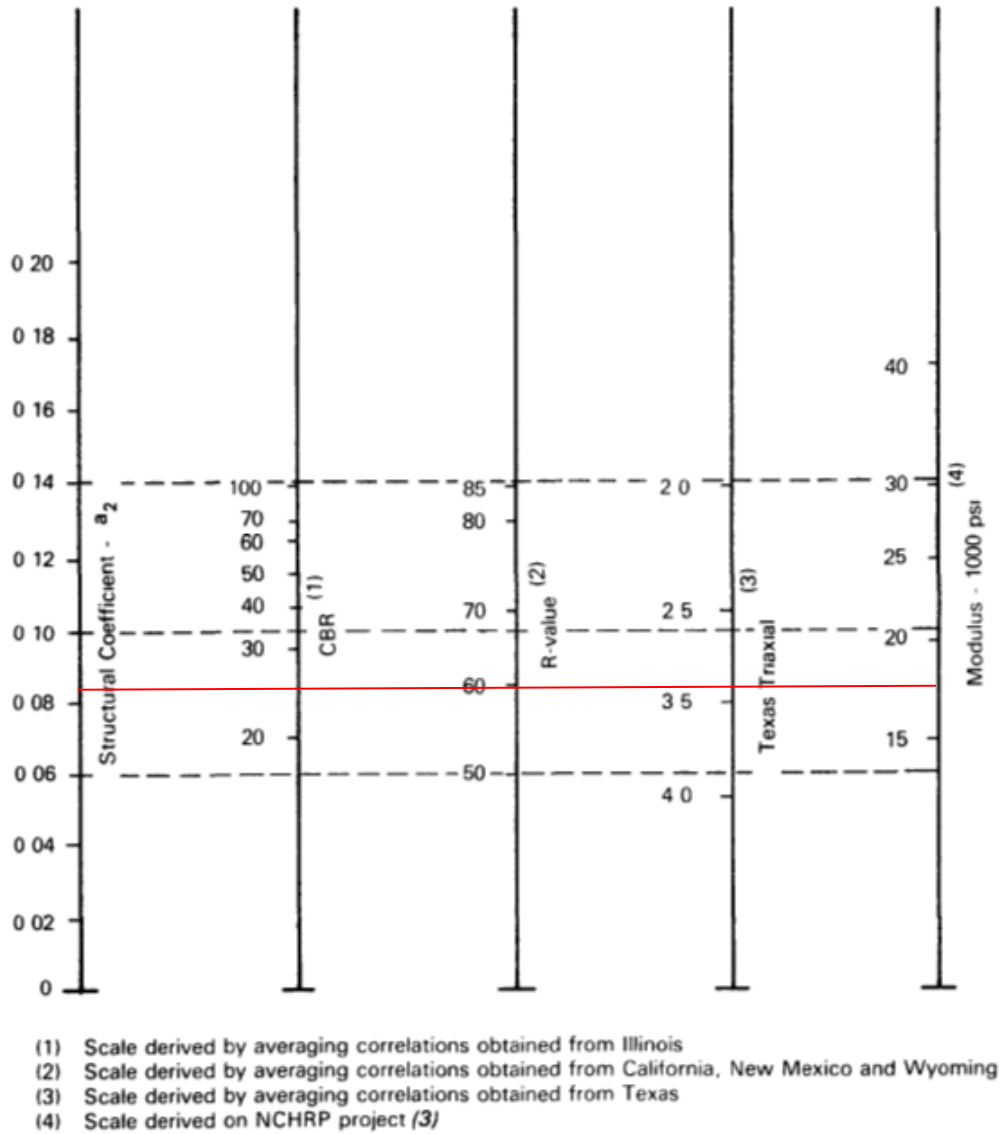
Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition).
Estados Unidos.

$$MR \text{ Sub base } 3 = 16012.52 ; a_3 = 0,122$$

$$a_3 = \frac{0,122 \text{ pulg}}{2,54 \text{ cm}} = 0,0480 \text{ cm}$$

5.2.2.4. Coeficiente estructural Base Clase 1

Figura 16. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de Base Clase 1



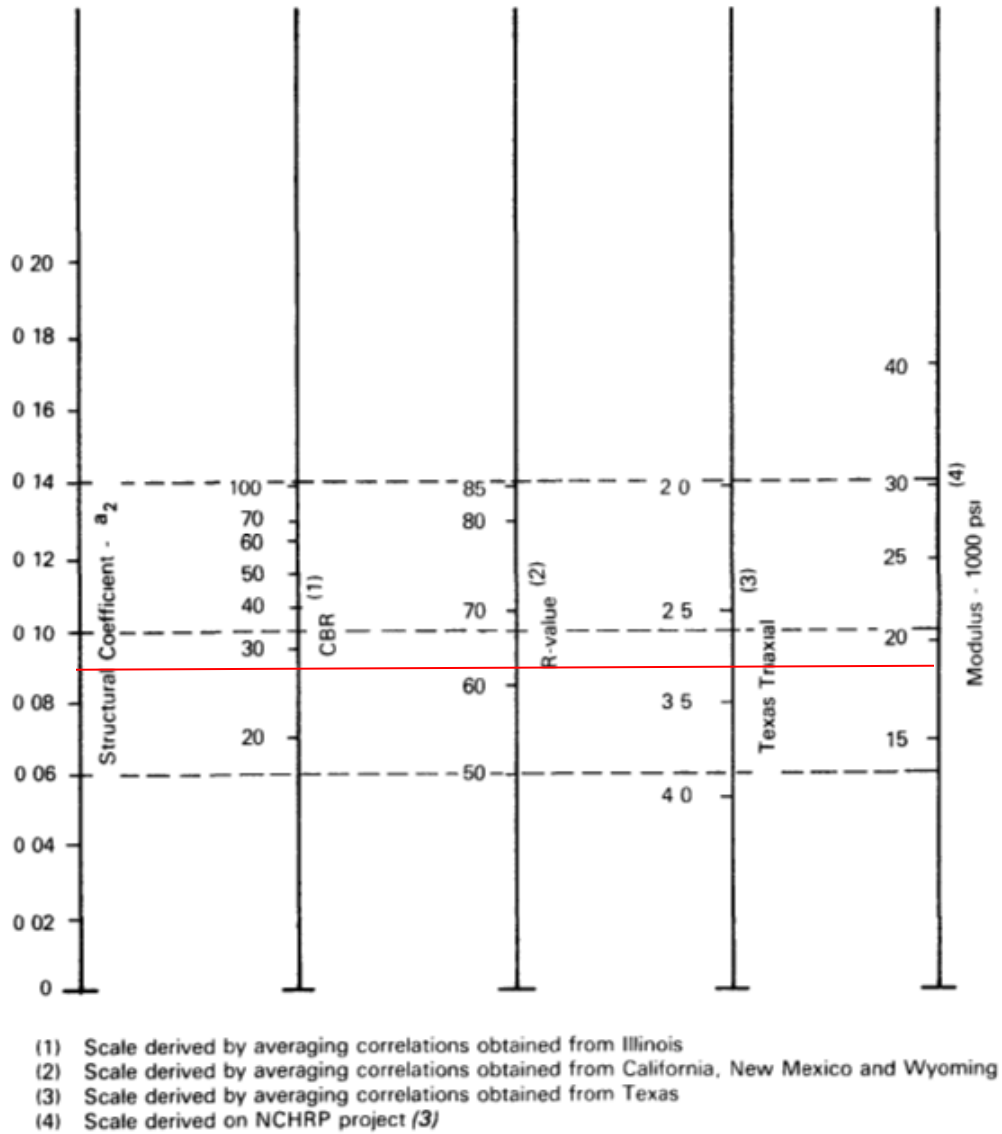
Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

$$MR \text{ Base } 1 = 17707.95 ; a_2 = 0,085$$

$$a_2 = \frac{0,085 \text{ pulg}}{2,54 \text{ cm}} = 0,0334 \text{ cm}$$

5.2.2.5. Coeficiente estructural Base Clase 2

Figura 17. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de Base Clase 2



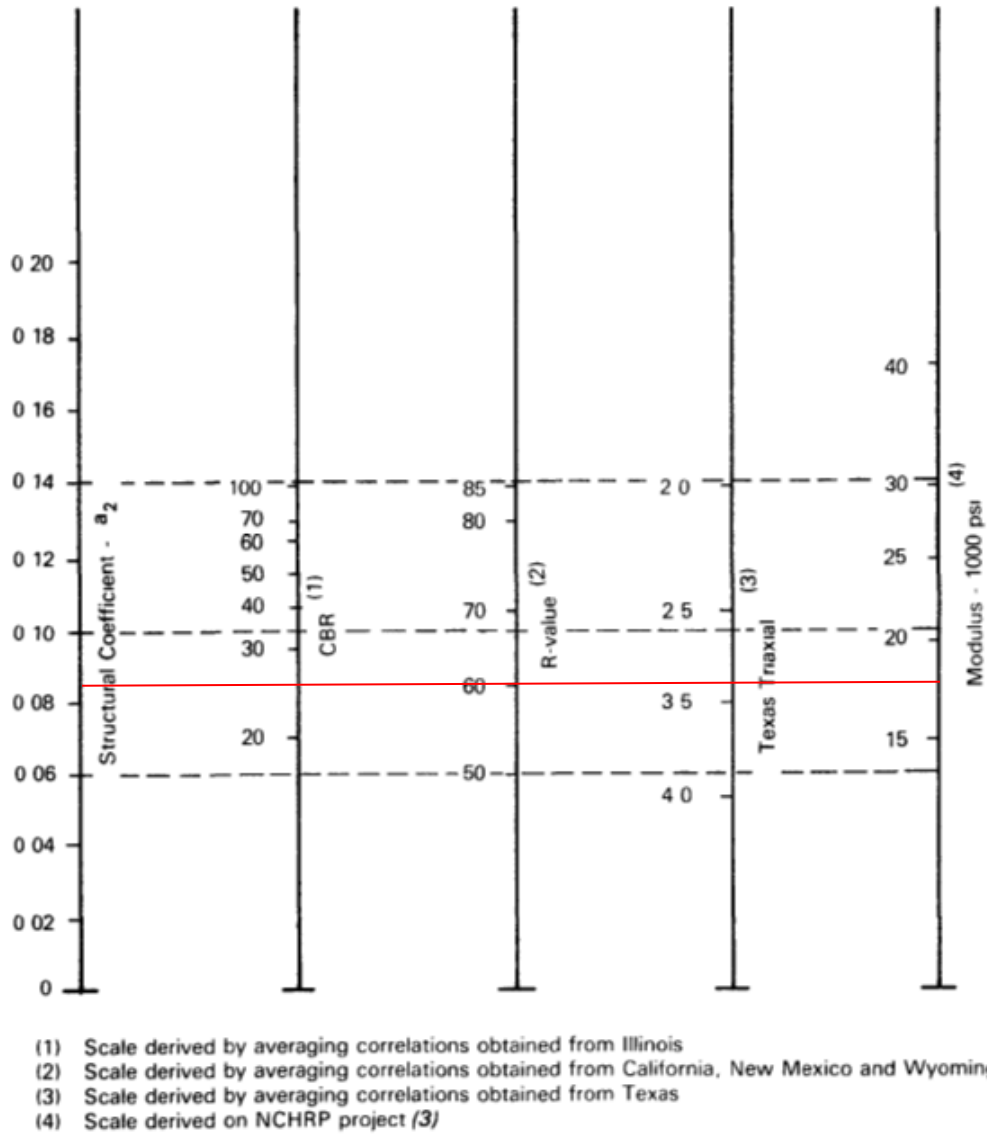
Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

$$MR \text{ Base } 2 = 18019.12 ; a_2 = 0,090$$

$$a_2 = \frac{0,09 \text{ pulg}}{2,54 \text{ cm}} = 0,0354 \text{ cm}$$

5.2.2.6. Coeficiente estructural Base Clase 3

Figura 18. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de Base Clase 3



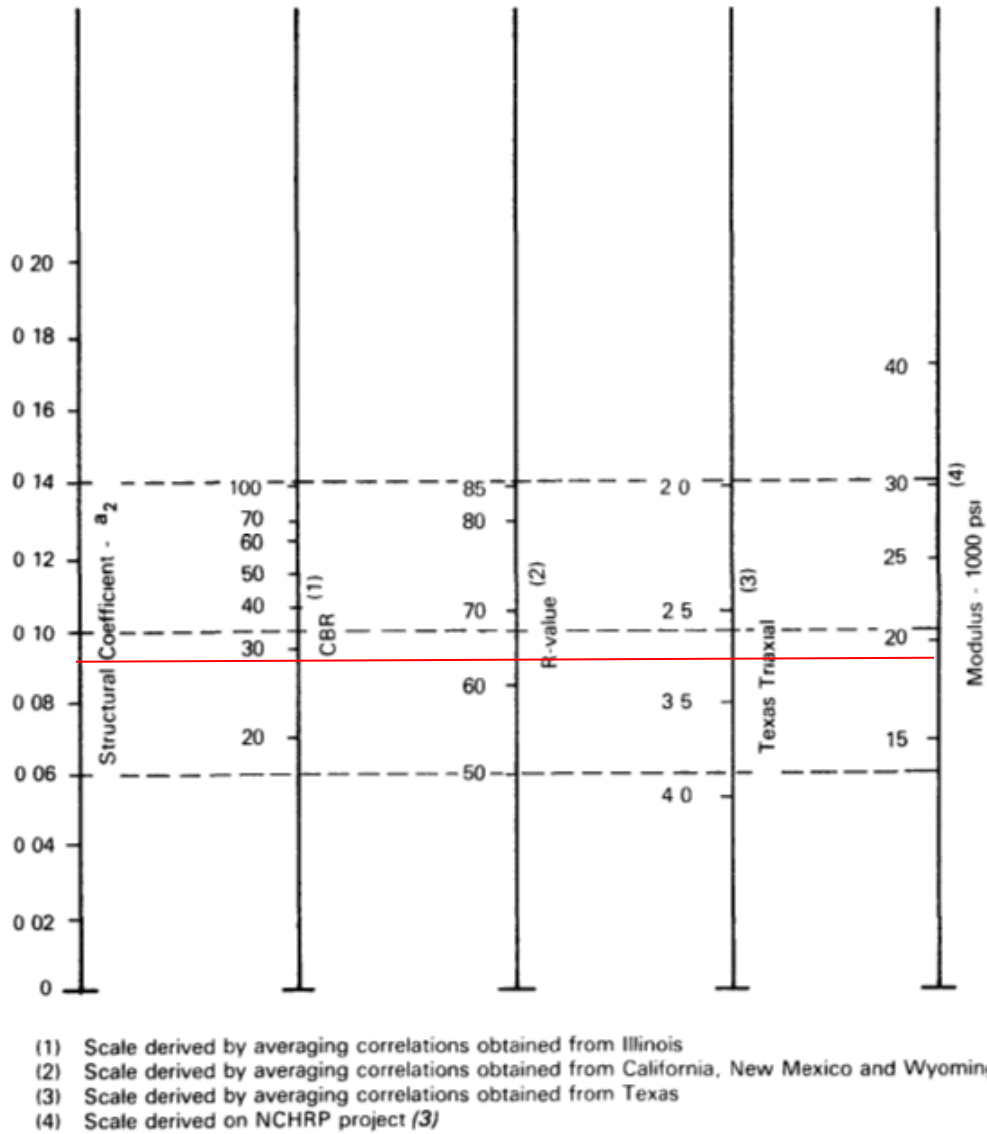
Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

$$MR \text{ Base } 3 = 17771.31 ; a_2 = 0,087$$

$$a_2 = \frac{0,087 \text{ pulg}}{2,54 \text{ cm}} = 0,0343 \text{ cm}$$

5.2.2.7. Coeficiente estructural Base Clase 4

Figura 19. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de Base Clase 4



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

$$MR \text{ Base } 4 = 18293.15 ; a_2 = 0,092$$

$$a_2 = \frac{0,092 \text{ pulg}}{2,54 \text{ cm}} = 0,0362 \text{ cm}$$

5.3. Resumen Coeficientes estructurales

Tabla 5.7. Coeficientes Estructurales

Coeficientes Estructurales					
Material	CE mediante CBR (pulg)	CE mediante Módulo Resiliente (pulg)	CE mediante CBR (cm)	CE mediante Módulo Resiliente (cm)	Coeficiente AASHTO (cm)
Sub base 1	0.132	0.104	0.0519	0.0409	0.032 - 0.043
Sub base 2	0.129	0.115	0.0510	0.0453	0.032 - 0.043
Sub base 3	0.127	0.122	0.0500	0.048	0.032 - 0.043
Base 1	0.131	0.085	0.0515	0.0334	0.047 - 0.056
Base 2	0.132	0.09	0.0519	0.0354	0.047 - 0.056
Base 3	0.13	0.087	0.0512	0.0343	0.028 - 0.051
Base 4	0.138	0.092	0.0543	0.0362	0.047 - 0.056

5.4. Diseño de la estructura Pavimento Flexible aplicando C.B.R.

Con el fin de desarrollar el diseño de la estructura del pavimento flexible tomaremos en cuenta un valor del C.B.R. de la subrasante del 4% por estudios previos en la zona de Portoviejo Provincia de Manabí, basándonos en una memoria técnica del diseño de

pavimento flexible proporcionada por el GAD municipal del cantón Portoviejo, además de la Base y Sub-base más representativos de la Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí) y que además cumplan con las especificaciones del C.B.R., en el caso de estudio se escogerán la Base Clase 4 y Sub-base Clase 3.

5.4.1. Diseño de la Subrasante

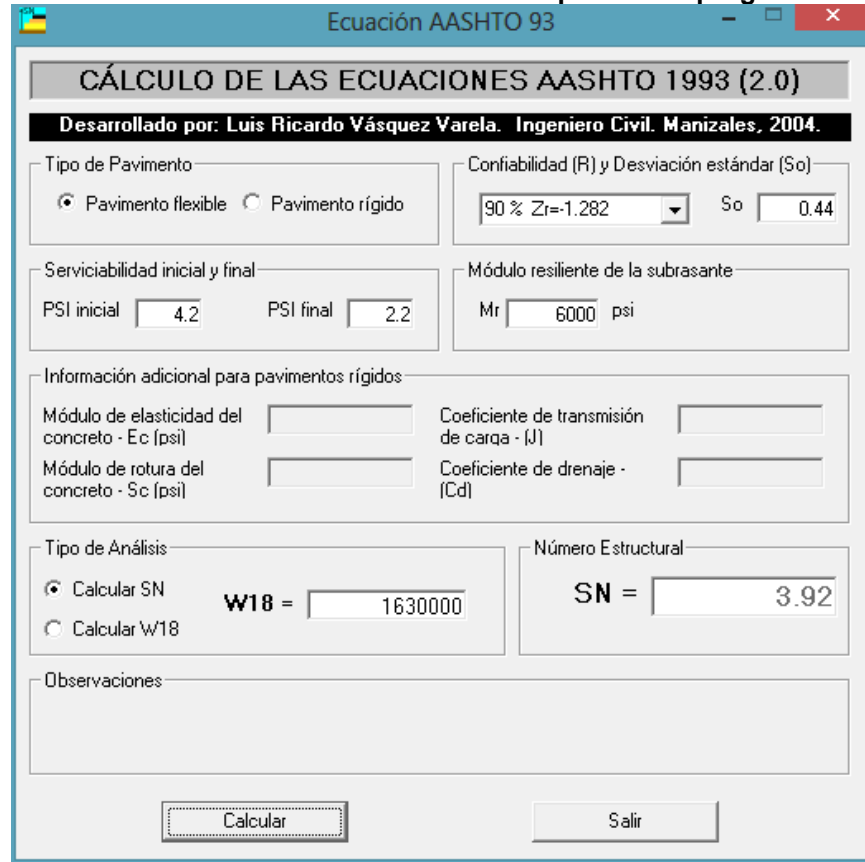
Con la ayuda de la ecuación mostrada a continuación se establece el Módulo Resiliente de la subrasante para poder utilizarla posteriormente en el programa AASHTO 93.

$$MR = 1500 * CBR \quad (CBR < 10\%)$$

$$MR = 1500 * 4.0 = 6000 \text{ Psi}$$

$$MR = 6000 \text{ Psi}$$

Figura 20. Número Estructural de la Subrasante empleando el programa AASHTO 93



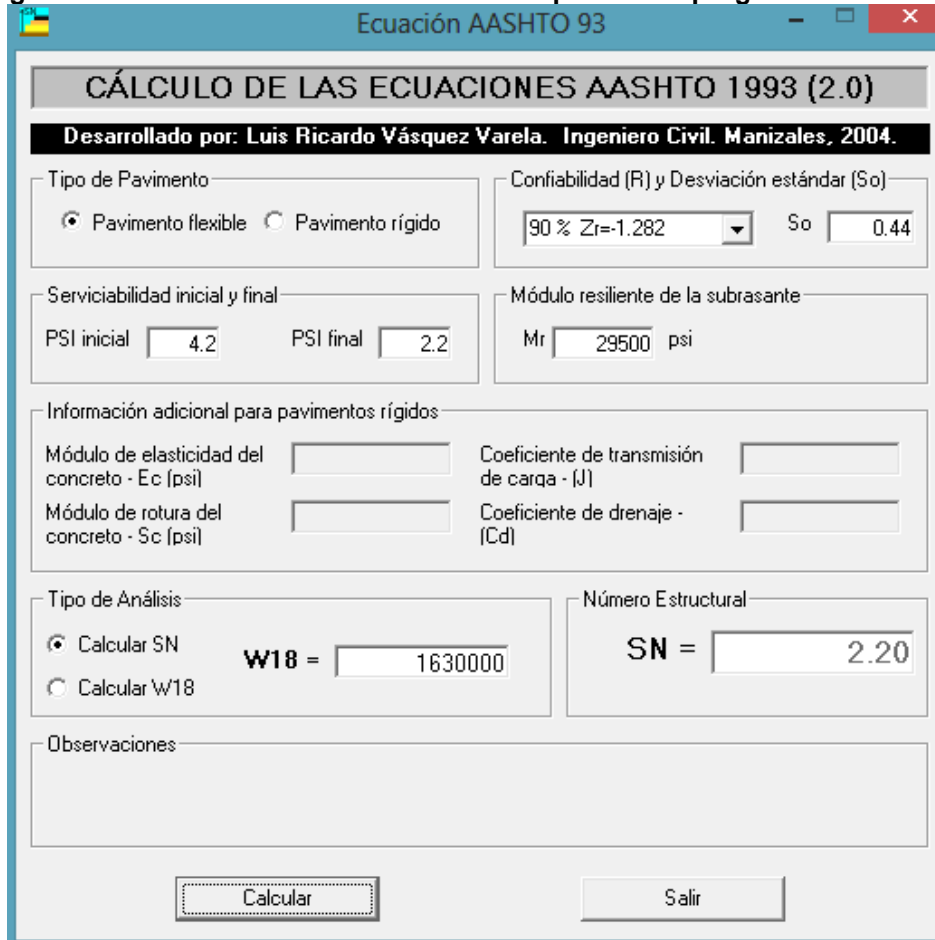
Fuente: AASHTO. (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition)*. Estados Unidos.

SN Subrasante= 3.92

5.4.2. Diseño de la Base

Para utilizar el programa debemos tomar en cuenta el valor del Módulo Resiliente obtenido mediante el ábaco, así como del número estructural establecido y aplicado con el C.B.R.

Figura 21. Número Estructural de la Base empleando el programa AASHTO 93



Ecuación AASHTO 93

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)

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

Tipo de Pavimento:
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):
 90 % $Z_r = -1.282$ So = 0.44

Serviciabilidad inicial y final:
 PSI inicial = 4.2 PSI final = 2.2

Módulo resiliente de la subrasante:
 Mr = 29500 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)	<input type="text"/>	Coefficiente de transmisión de carga - (J)	<input type="text"/>
Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)	<input type="text"/>	Coefficiente de drenaje - (Cd)	<input type="text"/>

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

Número Estructural:
SN =

Observaciones:

Calcular Salir

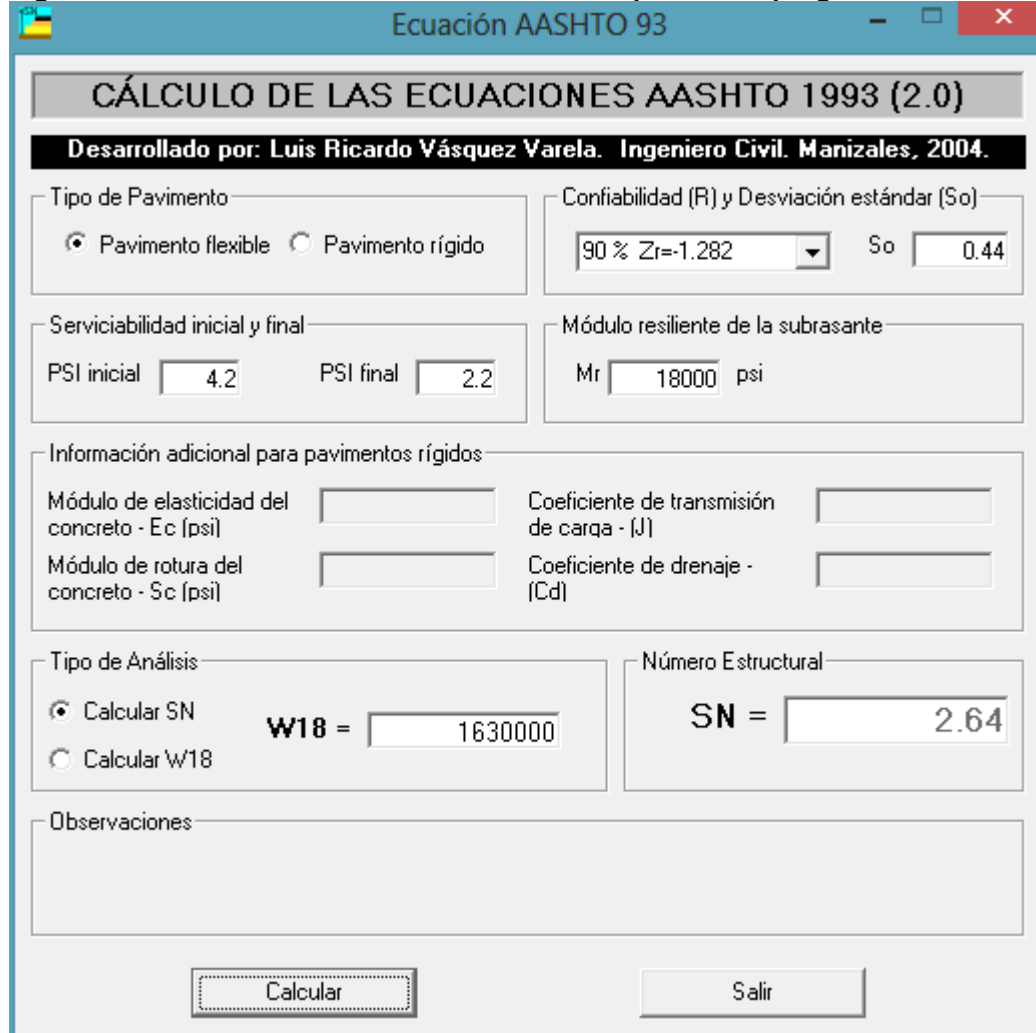
Fuente: AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.

SN Base = 2.20

5.4.3. Diseño de la Sub-base

Para utilizar el programa debemos tomar en cuenta el valor del Módulo Resiliente obtenido mediante el ábaco, así como del número estructural establecido y aplicado con el C.B.R.

Figura 22. Número Estructural de la Sub-base empleando el programa AASHTO 93



CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)
Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 90 % Zr=-1.282 So 0.44

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial 4.2 PSI final 2.2

Módulo resiliente de la subrasante
 Mr 18000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos
 Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18 = 1630000**
 Calcular W18

Número Estructural
SN = 2.64

Observaciones

Calcular Salir

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

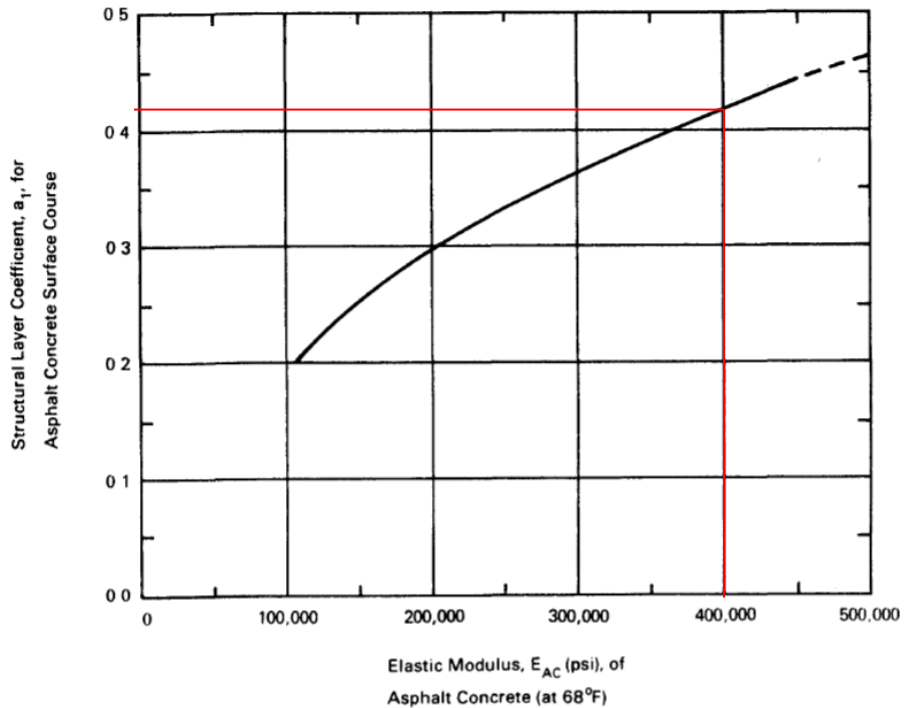
SN Sub-base= 2.64

5.4.4. Diseño de la Carpeta Asfáltica

Para un correcto cálculo y diseño de la carpeta de rodadura o asfáltica se debe asumir un valor correspondiente del Módulo Resiliente de la misma, el

cual sea utilizado en el medio en que nos desenvolvemos. El valor correspondiente es de 400000 Psi y de esta manera y con la aplicación del nomograma obtener el coeficiente estructural de la carpeta asfáltica.

Figura 23. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de la carpeta asfáltica



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

$$a_1 = \frac{0,43 \text{ pulg}}{2,54 \text{ cm}}$$

$$a_1 = 0,1693 \text{ cm}$$

5.4.5. Espesores de la estructura del pavimento flexible

CARPETA ASFÁLTICA:

$$D_1 = \frac{2,20}{0,1693 * 1} = 12.99 \text{ cm}$$

$$D_1 \approx 12,5 \text{ cm}$$

$$SN_{real} = 12,5 * 0,1693 * 1 = 2,17$$

BASE:

$$D2 = \frac{2.64 - 2,17}{0,0543 * 1} = 8,65 \text{ cm}$$

$$D2 \approx 15 \text{ cm}$$

$$SN_{real} = 15 * 0,0543 * 1 = 0,8145$$

SUB-BASE:

$$D3 = \frac{3.92 - 0,8145 - 2,17}{0,05 * 1} = 18,71 \text{ cm}$$

$$D3 \approx 20 \text{ cm}$$

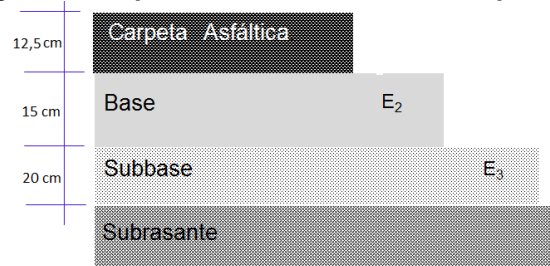
$$SN_{real} = 20 * 0.05 * 1 = 1,0$$

COMPROBACIÓN:

$$2,17 + 0.8145 + 1,0 = 3,98$$

$$3,98 > 3.92 \quad \text{CUMPLE !}$$

Figura 24. Espesores de la estructura del pavimento

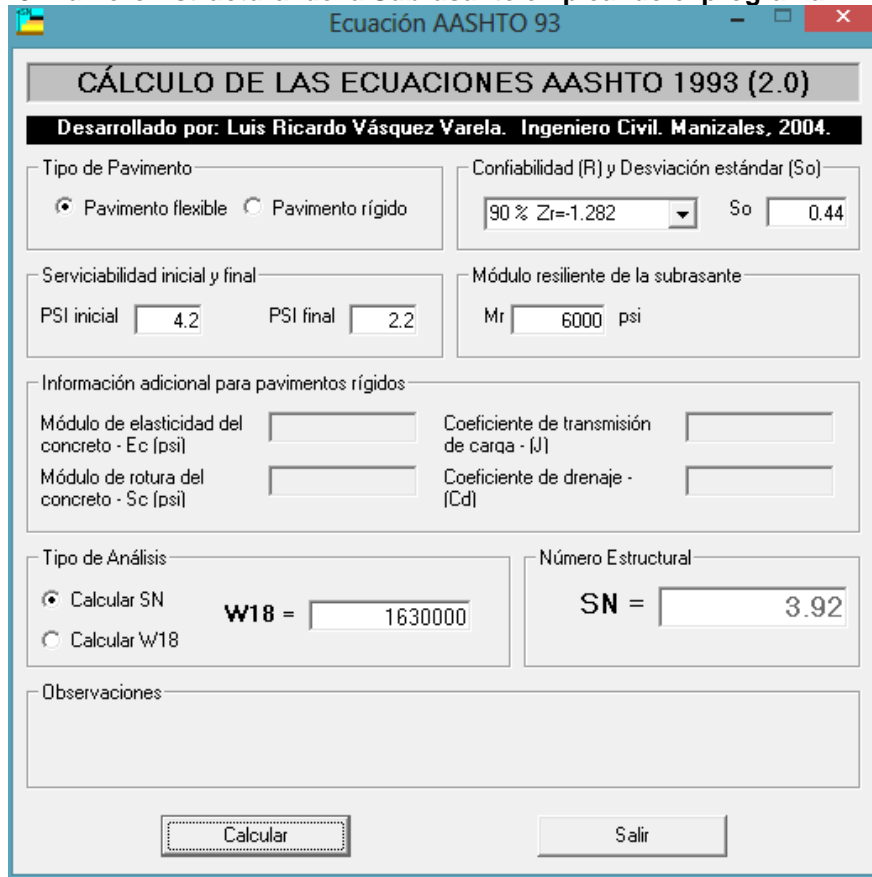


5.5. Diseño de la estructura Pavimento Flexible aplicando Módulo Resiliente.

Para el presente diseño debemos tomar los valores establecidos por el ensayo realizado por el instrumento GeoGauge, así como los valores y parámetros obtenidos a partir del mismo.

5.5.1. Diseño de la Subrasante

Figura 25. Número Estructural de la Subrasante empleando el programa AASHTO 93



Ecuación AASHTO 93

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)

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

Tipo de Pavimento:
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):
 90 % $Z_r = -1.282$ So = 0.44

Serviciabilidad inicial y final:
 PSI inicial = 4.2 PSI final = 2.2

Módulo resiliente de la subrasante:
 Mr = 6000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:
 Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Módulo de rotura del concreto - S_c (psi) Coeficiente de drenaje - (C_d)

Tipo de Análisis:
 Calcular SN **W18 = 1630000**
 Calcular W18

Número Estructural:
SN = 3.92

Observaciones:

Calcular Salir

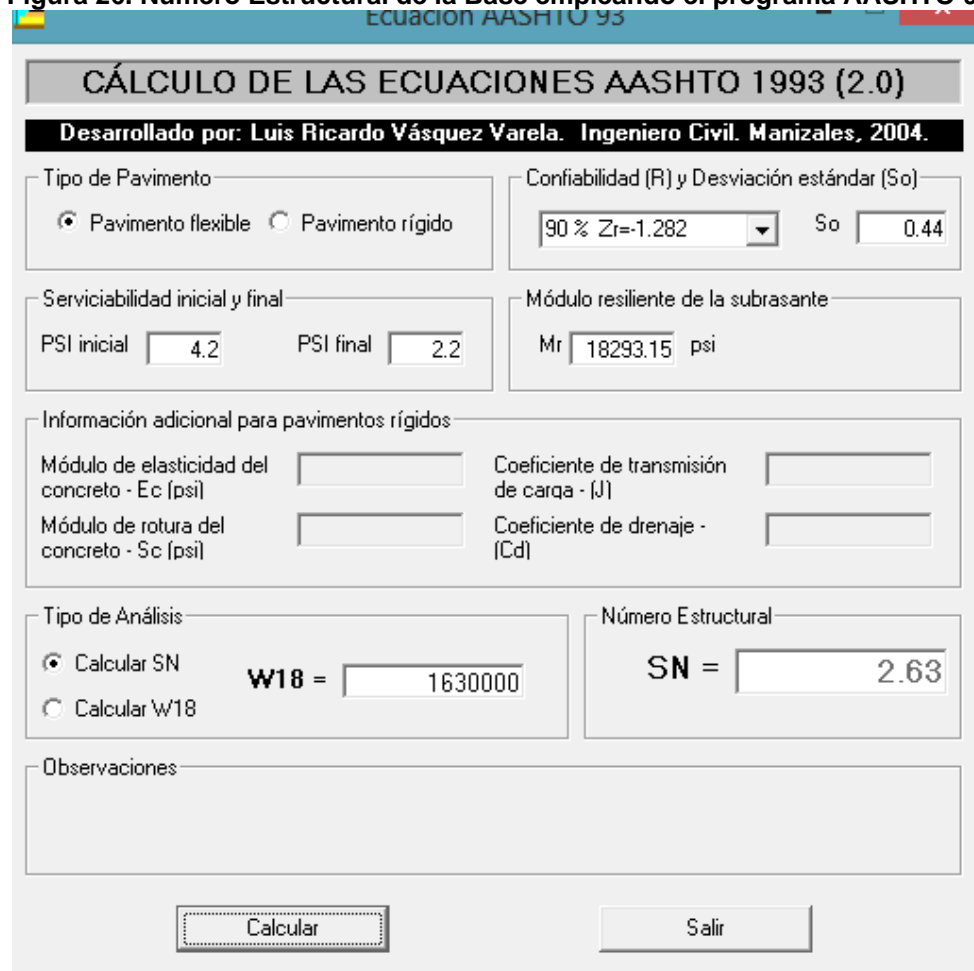
Fuente: AASHTO. (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition)*. Estados Unidos.

SN Subrasante= 3.92

5.5.2. Diseño de la Base

Mediante el ensayo del módulo de Young y sus posteriores cálculos se pudo obtener el valor de 18293.15 Psi para la Base Clase 4 de la Mina Picoazá, dicho valor servirá para la aplicación del programa AASHTO 93 y el establecer su número estructural.

Figura 26. Número Estructural de la Base empleando el programa AASHTO 93



CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)
 Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento:
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):
 90 % $Z_r = -1.282$ So = 0.44

Serviciabilidad inicial y final:
 PSI inicial = 4.2 PSI final = 2.2

Módulo resiliente de la subrasante:
 Mr = 18293.15 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:
 Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)
 Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)
 Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis:
 Calcular SN Calcular W18

Número Estructural:
 SN = 2.63

Observaciones:

Calculado: **W18 = 1630000**

Botones:

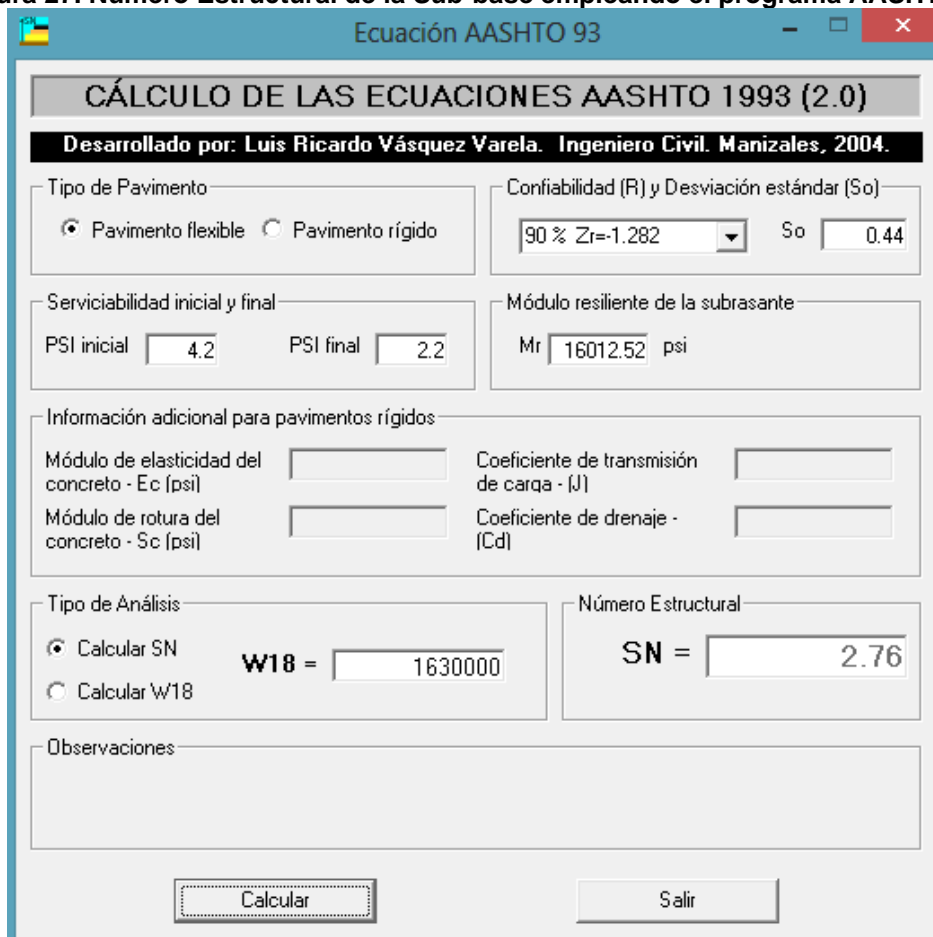
Fuente: AASHTO. (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition)*. Estados Unidos.

$$\text{SN Base} = 2.63$$

5.5.3. Diseño de la Sub-base

Mediante el ensayo del módulo de Young y sus posteriores cálculos se pudo obtener el valor de 16012.52 Psi para la Sub-base Clase 3 de la Mina Picoazá, dicho valor servirá para la aplicación del programa AASHTO 93 y el establecer su número estructural.

Figura 27. Número Estructural de la Sub-base empleando el programa AASHTO 93



Ecuación AASHTO 93

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)

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

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 90 % Zr=-1.282 So 0.44

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial 4.2 PSI final 2.2

Módulo resiliente de la subrasante
 Mr 16012.52 psi

Información adicional para pavimentos rígidos
 Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)
 Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)
 Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18 = 1630000**
 Calcular W18

Número Estructural
SN = 2.76

Observaciones

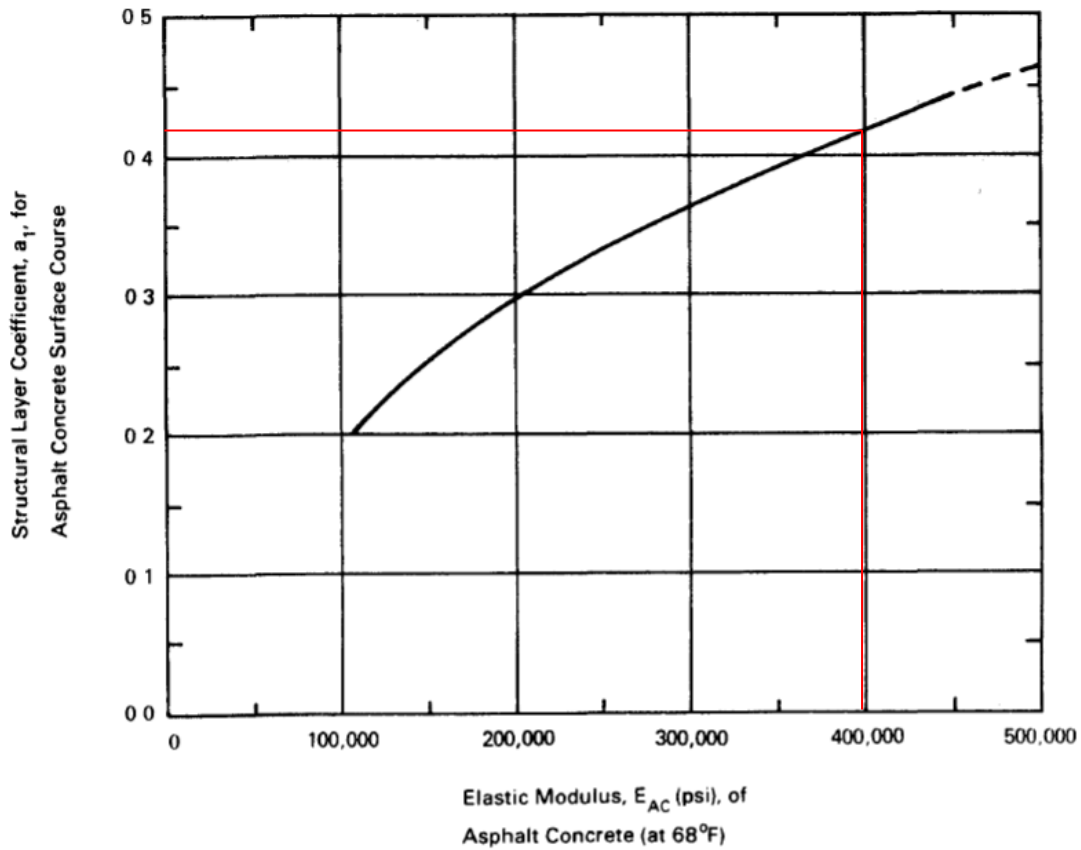
Calcular Salir

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

$$\text{SN Sub-base} = 2.76$$

5.5.4. Diseño de la Carpeta Asfáltica

Figura 28. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de la carpeta asfáltica



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

$$a_1 = \frac{0,43 \text{ pulg}}{2,54 \text{ cm}}$$

$$a_1 = 0,1693 \text{ cm}$$

5.5.5. Espesores de la estructura del pavimento flexible

CARPETA ASFÁLTICA:

$$D1 = \frac{2,63}{0,1693 * 1} = 15,53 \text{ cm}$$

$$D1 \approx 15 \text{ cm}$$

$$SN \text{ real} = 15 * 0,1693 * 1 = 2,54$$

BASE:

$$D2 = \frac{2,76 - 2,54}{0,0362 * 1} = 6,077 \text{ cm}$$

$$D2 \approx 15 \text{ cm}$$

$$SN \text{ real} = 15 * 0,0362 * 1 = 0,543$$

SUB-BASE:

$$D3 = \frac{3,92 - 0,543 - 2,54}{0,048 * 1} = 17,44 \text{ cm}$$

$$D3 \approx 20 \text{ cm}$$

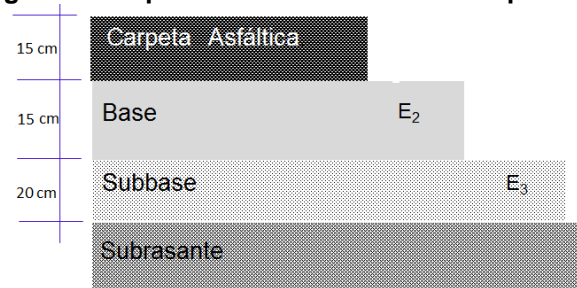
$$SN \text{ real} = 20 * 0,048 * 1 = 0,96$$

COMPROBACIÓN:

$$2,54 + 0,543 + 0,96 = 4,04$$

$$4,04 > 3,92 \quad \text{CUMPLE !}$$

Figura 29. Espesores de la estructura del pavimento



6.1. Conclusiones

- En primer lugar es importante destacar que en la calificación o caracterización de la Mina Picoazá, mediante los ensayos de laboratorio y de manera puntual en la granulometría cumplen con las especificaciones y rangos que se detalla en la Tabla 3.1. correspondiente al resumen de resultados, aunque debido a ello no se puede establecer de manera definitiva que los valores del C.B.R. cumplan con los mínimos valores para un correcto diseño de la estructura vial.
- Para los valores del C.B.R. y con el objetivo de calificar si el material es apto para su utilización dentro de un proyecto de diseño de la estructura de una vía, debemos definir que las Sub-bases deben superar el 30% y las Bases el 80%, con ello es necesario concluir que dentro del material de la Mina Picoazá todas las Sub-bases cumplieron con dicho requerimiento, aunque por otro lado la Base Clase 2 y Base Clase 3 no llegaron al valor antes mencionado, por lo que quedan fuera del análisis posterior.
- En el caso de la curva carga o presión vs. penetración es de importante señalar que en el caso de que exista una concavidad en la curva coorespondiente a los valores iniciales de penetración, se debe realizar una corrección de la misma, en el caso del presente estudio de la Mina Picoazá no es necesario, ya que como se puede observar en la curvas la tendencia es uniforme y no se debe realizar la corrección.
- El Módulo Resiliente obtenido mediante el ensayo en campo del GeoGauge

es menor al calculado por medio del ensayo del C.B.R. de laboratorio debido a varios factores como que la implantación del modelo de la estructura del pavimento flexible se llevó a cabo en un lugar que tiene diferentes parámetros de temperatura y compactación, a diferencia del C.B.R. en laboratorio que cumple con una densidad máxima y humedad óptima.

- Basados en los espesores mínimos y una vez realizado el diseño de la estructura del pavimento flexible, se puede concluir que aplicando los datos obtenidos por el ensayo de C.B.R. obtenemos un diseño donde la carpeta ásfaltica tiene un valor de 12,5 cm a diferencia del obtenido por el GeoGauge que es de 15 cm, lo que nos permite analizar que aunque el último es más conservador tendremos una amplia diferencia en los costos y presupuestos del proyecto, lo que finalmente nos permite concluir que esto se debe a que el Módulo Resiliente es mayor en el caso del C.B.R. , por ello el coeficiente estructural será mayor, y ya que la relación entre el espesor de la capa y el coeficiente estructural es inversa tenemos una diferencia de una pulgada entre ellos.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda un uso óptimo del material, es decir que no exista desperdicio del mismo, con el fin de garantizar la presencia del agregado dentro de toda la etapa de desarrollo de los ensayos de laboratorio.
- Para los diferentes ensayos de laboratorio y en especial los ensayos de proctor modificado, es recomendable hacerlo apoyándose lo más posible en

la normativa o en su defecto con la supervisión de personal calificado con el fin de determinar valores garantizados de densidad máxima y humedad óptima, debido a que de ellos dependerá nuestro diseño final.

- Con el fin de preservar las características naturales del material se recomienda utilizarlo de manera inmediata a su extracción o en su defecto almacenarlo en un lugar donde pueda mantener la condición natural un lapso de tiempo acorde con el inicio de los ensayos.
- Es necesario y una vez en la mina extraer el material de varios puntos, con la finalidad de que el material a ensayarse sea representativo de toda la mina y no simplemente de un punto en particular dentro de la misma.
- Dentro del ensayo del GeoGauge se debe usar equipo y maquinaria especializada, como un compactador mecánico, para así llegar a los valores más cercanos a la realidad de densidad máxima y un densímetro nuclear para su posterior medición.

BIBLIOGRAFÍA

AASHTO. (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition)*.

Estados Unidos.

ASTM INTERNATIONAL. (2005). *ASTM D4318-05-Los métodos de estándar de ensayo para Límite Líquido, Límite Plástico, Índice de Plasticidad de los suelos*. West Conshohocken, Estados Unidos.

ASTM INTERNATIONAL. (2006). *ASTM C127-Gravedad específica y absorción del agregado grueso*. West Conshohocken, Estados Unidos.

ASTM INTERNATIONAL. (2006). *ASTM C128-Gravedad específica y absorción del agregado fino*. West Conshohocken, Estados Unidos.

ASTM INTERNATIONAL. (2006). *ASTM C131-Determinación de la resistencia al desgaste, del agregado grueso de tamaño hasta de 37.5 mm (1 1/2 pulg), por abrasión e impacto en la Máquina de los Ángeles*. West Conshohocken, Estados Unidos.

ASTM INTERNATIONAL. (2006). *ASTM C142-97 Determinación de terrones de arcilla y de partículas friables (desmenuzables) en los agregados*. West Conshohocken, Estados Unidos.

ASTM INTERNATIONAL. (2006). *ASTM C33-Granulometría de agregados*. West Conshohocken, Estados Unidos.

ASTM INTERNATIONAL. (2006). *ASTM C40-99-Contenido orgánico de la arena*. West Conshohocken, Estados Unidos.

ASTM INTERNATIONAL. (2006). *ASTM C88-Durabilidad de los agregados a la acción del sulfato de sodio o sulfato de magnesio*. West Conshohocken, Estados Unidos.

ASTM INTERNATIONAL. (2006). *ASTM D1883-Standard Test Method for California Bearing Ratio (C.B.R.) of Laboratory-Compacted Soils*. West Conshohocken, Estados Unidos.

ASTM INTERNATIONAL. (2006). *ASTM D2419-Equivalente de arena en suelos y agregado fino*. West Conshohocken, Estados Unidos.

ASTM INTERNATIONAL. (2006). *ASTM D-2487-17-Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*. West Conshohocken, Estados Unidos.

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

Camacho, J. (2013). *Determinación de la capacidad de soporte C.B.R. del suelo*. Valparaiso, Chile: Pontificia Universidad Católica de Valparaiso

Google Maps. (2019).

Badillo, J., & Rodríguez, R. (2004). *Mecánica de Suelos Tomo 2: TEORÍA Y APLICACIÓN DE LA MECÁNICA DE SUELOS*. MÉXICO: LIMUSA.

Méndez Silva, E. A. (2012). *Propuesta para sustitución de agregados pétreos por agregados pet.* Veracruz, México: Universidad Veracruzana.

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

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

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

Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras Tomo I*. Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia.

Portland Cement Association, P. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Illinois, Estados Unidos: Skokie.

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.

Villalobos Orchard, J. (2016). *Departamento de Geología Universidad de Chile.*

de Las rocas y su proceso de formación:

<http://www.geologia.uchile.cl/las-rocas-y-sus-procesos-de-formacion>

Aguirre, A. M. (2014). *EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PAVIMENTOS POR EL MÉTODO NO DESTRUCTIVO - GEORADAR (GPR) Y DEFLECTÓMETRO DE LA ANTIGUA VÍA A CONOCOTO.* Quito, Ecuador.

Herrera, P. (2015). *Memoria Descriptiva del cálculo de pavimento flexible.* Portoviejo, Ecuador

Yáñez C, G. (2018). *Guía Laboratorio de Pavimentos 2018.* Quito, Ecuador.

ANEXOS

Anexo 1. Fotos Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)



Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)



Agregados Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)

Anexo 2. Fotos Ensayos de Laboratorio Mina Picoazá (Portoviejo-Manabí)



Ensayo de Granulometría Agregado Grueso y Fino.



Ensayo de Durabilidad a los Sulfatos.



Ensayo Contenido Órgánico



Ensayo Desgaste a la Abrasión



Ensayo de C.B.R. de Laboratorio



Preparación del modelo de la estructura del pavimento flexible y uso del Geogauge



Uso y Medición con el Densímetro Nuclear