



UNIVERSIDAD TÉCNICA AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

TEMA:

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CBR DE LABORATORIO
SATURADO Y SIN SATURAR PARA SUELOS GRANULARES DEL
CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

AUTOR: Yessenia Lizbeth Villacrés Salazar

TUTOR: Ing. Mg. Favio Paúl Portilla Yandún

AMBATO - ECUADOR

Septiembre – 2021

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del título de Ingeniera Civil, con el tema: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CBR DE LABORATORIO SATURADO Y SIN SATURAR PARA SUELOS GRANULARES DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por la Srta. Yessenia Lizbeth Villacrés Salazar, portadora de la cédula de ciudadanía: C.I. 1804485421, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

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

Ambato, Septiembre 2021

Ing. Mg. Favio Paúl Portilla Yandún
TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Yessenia Lizbeth Villacrés Salazar**, con C.I. 1804485421 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente trabajo experimental con el tema **“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CBR DE LABORATORIO SATURADO Y SIN SATURAR PARA SUELOS GRANULARES DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA ”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Septiembre 2021



Yessenia Lizbeth Villacrés Salazar

C.I: 1804485421

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

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

Ambato, Septiembre 2021



Yessenia Lizbeth Villacrés Salazar

C.I: 1804485421

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por la estudiante Yessenia Lizbeth Villacrés Salazar, de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CBR DE LABORATORIO SATURADO Y SIN SATURAR PARA SUELOS GRANULARES DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”**.

Ambato, Septiembre 2021

Para constancia firman:

Ing. Mg. Byron Genaro Cañizares Proaño
Miembro Calificador

Ing. Mg. Myriam Marisol Bayas Altamirano
Miembro Calificador

DEDICATORIA

El presente trabajo experimental se lo dedico a Dios quien me ha brindado la vida y me ha permitido tomar una de las mejores decisiones, sin ti nada de esto hubiese sido posible, gracias por tu amor incondicional, por bendecirme, escucharme y darme fortaleza en los momentos difíciles.

Lizbeth Villacrés

AGRADECIMIENTO

A mis padres, Wilson y Narciza, quienes han sido el pilar fundamental durante mi vida, con sus consejos y sabiduría han sabido guiarme por el camino correcto, gracias por todo el sacrificio que han hecho por mí. A mis hermanas Cristina y Jamie que siempre me brindan su confianza y apoyo incondicional, les amo profundamente.

A mis abuelitos, tíos y primos por estar siempre pendientes de mí, y brindarme el impulso para concluir mi carrera.

A mis amigos Xavier, Gabriela, Evelin Y Karen con quienes he compartido momentos felices, y me han sabido apoyar cuando más he necesitado.

De manera especial al Ingeniero Favio Portilla por su apoyo, paciencia y preocupación en el desarrollo del proyecto, motivándome a ser cada día mejor.

Al Gad Municipalidad de Ambato por haberme brindado la facilidad para la ejecución de los ensayos de laboratorio.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvii
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT.....	xxi

B. CONTENIDO

CAPITULO 1	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Antecedentes Investigativos:	1
1.1.1 Antecedentes	1
1.1.2 Justificación.....	2
1.1.3 Fundamentación Teórica.....	3
1.1.4 Hipótesis.....	34
1.2 Objetivos.....	34
1.2.1 Objetivo General	34
1.2.2 Objetivos Específicos.....	34
CAPITULO II	35

METODOLOGÍA	35
2.1 Materiales y Equipos	36
2.2 Métodos	38
2.2.1 Plan de Recolección de Datos	38
2.2.2 Plan de Procesamiento y Análisis de Información.....	39
CAPITULO III	40
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
3.1 Análisis y discusión de resultados	40
3.1.1 Análisis de Propiedades Índice	40
3.1.2 Análisis de Clasificación de los suelos:	41
3.1.3 Representación de las muestras en las cartas de plasticidad	42
3.1.4 Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles según AASHTO 93	88
3.2 Verificación de Hipótesis	114
CAPITULO IV	116
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	116
4.1 Conclusiones.....	116
4.2 Recomendaciones	118
MATERIALES DE REFERENCIA	119
Referencia Bibliográfica	119
ANEXOS	121
A. Marco Teórico.....	121
B. Tablas de ensayos -Gravedad Específica	125
C. Tablas de ensayos -Granulometría	132
D. Tablas de ensayos -Límite Líquido y Límite Plástico.....	139
E. Tablas de ensayos -Cono y Arena.....	146
F. Tablas de ensayos -Ensayo Próctor modificado Tipo B	153
G. Tablas de ensayos -CBR Constantino Fernández	160

H.	Tablas de ensayos -CBR Izamba.....	169
I.	Tablas de ensayos -CBR Juan Benigno Vela.....	178
J.	Tablas de ensayos -CBR Montalvo.....	187
K.	Tablas de ensayos -CBR Quisapincha	195
L.	Tablas de ensayos -CBR Unamuncho.....	204
M.	Registro Fotográfico.....	213

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de Suelos Según SUCS	5
Tabla 2. Clasificación de Suelos Según AASHTO	6
Tabla 3. Denominación del suelo para partículas menores 76.20 mm o 3”	10
Tabla 4. Tamaño de las partículas según varios Sistemas	11
Tabla 5. Valores típicos de la gravedad específica de varios suelos.....	15
Tabla 6. Periodo de diseño en función del tipo de carretera	28
Tabla 7. Factor de distribución por carril.....	28
Tabla 8. Valores del nivel de confianza R de acuerdo al tipo de camino	29
Tabla 9. Factores de Desviación Normal	29
Tabla 10. Espesores mínimos en pulgadas en función de los ejes equivalentes.	31
Tabla 11. Capacidad del drenaje	32
Tabla 12. Valores m_i para modificar los coeficiente estructurales o de capa de bases y sub –bases sin tratamiento, en pavimentos flexibles.....	33
Tabla 13. Ubicación de las Calicatas	36
Tabla 14. Materiales y Equipos.....	37
Tabla 15. Propiedades Índice del suelo.....	40
Tabla 16 Clasificación del Suelo.....	41
Tabla 17. Valores de CBR mayor Vs Saturación.....	46
Tabla 18. Valores de CBR para 0.1" de Penetración Vs Saturación.....	47
Tabla 19. Valores de CBR para 0.2" de Penetración Vs Saturación.....	48
Tabla 20. Valores de Esponjamiento Vs Saturación.....	49
Tabla 21. Valores de humedad después del remojo Vs Saturación	50
Tabla 22. Valores de Densidad Seca Vs Saturación	51
Tabla 23. Valores de Densidad Húmeda después de saturación Vs Tiempo	52
Tabla 24. Valores de CBR mayor Vs Saturación.....	53
Tabla 25. Valores de CBR para 0.1" de Penetración Vs Saturación.....	54
Tabla 26. Valores de CBR para 0.2" de Penetración Vs Saturación.....	55
Tabla 27. CBR para 0.2" de penetración Vs Saturación	56
Tabla 28. Valores de humedad después del remojo Vs Saturación	57
Tabla 29. Valores de Densidad Seca Vs Saturación	58

Tabla 30. Valores de Densidad Húmeda después de saturación Vs Tiempo	59
Tabla 31. Valores de CBR mayor Vs Saturación.....	60
Tabla 32. Valores de CBR para 0.1" de Penetración Vs Saturación.....	61
Tabla 33. Valores de CBR para 0.2" de Penetración Vs Saturación.....	62
Tabla 34. CBR para 0.2" de penetración Vs Saturación	63
Tabla 35. Valores de humedad después del remojo Vs Saturación	64
Tabla 36. Valores de Densidad Seca Vs Saturación	65
Tabla 37. Valores de Densidad Húmeda después de saturación Vs Tiempo	66
Tabla 38. Valores de CBR mayor Vs Saturación.....	67
Tabla 39. Valores de CBR para 0.1" de Penetración Vs Saturación.....	68
Tabla 40. Valores de CBR para 0.2" de Penetración Vs Saturación.....	69
Tabla 41. CBR para 0.2" de penetración Vs Saturación	70
Tabla 42. Valores de humedad después del remojo Vs Saturación	71
Tabla 43. Valores de Densidad Seca Vs Saturación	72
Tabla 44. Valores de Densidad Húmeda después de saturación Vs Tiempo	73
Tabla 45. Valores de CBR mayor Vs Saturación.....	74
Tabla 46. Valores de CBR para 0.1" de Penetración Vs Saturación.....	75
Tabla 47. Valores de CBR para 0.2" de Penetración Vs Saturación.....	76
Tabla 48. CBR para 0.2" de penetración Vs Saturación	77
Tabla 49. Valores de humedad después del remojo Vs Saturación	78
Tabla 50. Valores de Densidad Seca Vs Saturación	79
Tabla 51. Valores de Densidad Húmeda después de saturación Vs Tiempo	80
Tabla 52. Valores de CBR mayor Vs Saturación.....	81
Tabla 53. Valores de CBR para 0.1" de Penetración Vs Saturación.....	82
Tabla 54. Valores de CBR para 0.2" de Penetración Vs Saturación.....	83
Tabla 55. CBR para 0.2" de penetración Vs Saturación	84
Tabla 56. Valores de humedad después del remojo Vs Saturación	85
Tabla 57. Valores de Densidad Seca Vs Saturación	86
Tabla 58. Valores de Densidad Húmeda después de saturación Vs Tiempo	87
Tabla 59. Propiedades Mecánicas del Suelo	43
Tabla 60. Determinación de Hora Pico	88
Tabla 61. Valores de TPDA total de la vía en estudio	92
Tabla 62. Periodo de diseño según el tipo de carretera.....	92

Tabla 63. Índice de crecimiento vehicular	92
Tabla 64. Cálculo del Tráfico Futuro	93
Tabla 65. Clasificación de la vía en estudio.....	94
Tabla 66. Factor de daño según el tipo de vehículo	94
Tabla 67. Factor de distribución por carril.....	94
Tabla 68. Cálculo del número de ejes equivalente por carril de diseño.....	96
Tabla 69. Valores mínimos de espesores D1, D2	97
Tabla 70. Niveles de confiabilidad recomendados	97
Tabla 71. Desviación estándar normal “Zr”	98
Tabla 72. Desviación estándar global (So)	98
Tabla 73. Índice de Serviciabilidad.....	99
Tabla 74. Tiempo de Drenaje Recomendado	100
Tabla 75. Coeficientes de Drenaje para Pavimentos Flexibles	100
Tabla 76. Criterios de Diseño para Mezclas Marshall	102
Tabla 77. Valores del coeficiente estructural a2	103
Tabla 78. Valores del Coeficiente Estructural a3.....	104
Tabla 79. Datos generales para el Diseño del Pavimento N°1.....	105
Tabla 80. Datos generales para el Diseño del Pavimento N°2.....	107
Tabla 81. Datos generales para el Diseño del Pavimento N°3.....	109
Tabla 82. Datos generales para el Diseño del Pavimento N°3.....	111
Tabla 83. Estructura del Pavimento vs Tiempo de Saturación -Izamba	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Copa de Casagrande	12
Figura 2. Ensayo para determinar el Límite Plástico	13
Figura 3. Ensayo de Cono y Arena	14
Figura 4. Curva Humedad- Densidad Seca	17
Figura 5. Influencia de la energía de compactación.....	17
Figura 6. Determinación del índice CBR.....	20
Figura 7. Espesores de las capas del pavimento flexible	31
Figura 8. Espesores mínimos en función del SN	33
Figura 9. Georreferenciación de las Calicatas.....	36
Figura 10. Representación de las muestras en la Carta de Plasticidad SUCS.....	42
Figura 11. Representación de las muestras en la Carta de Plasticidad AASHTO	42
Figura 12. CBR vs Saturación (Todas las muestras).....	44
Figura 13. Esponjamiento vs Saturación (Todas las muestras).....	45
Figura 14. CBR de diseño Vs Tiempo de Saturación	46
Figura 15. CBR para 0.1" de penetración Vs Saturación.....	47
Figura 16. CBR para 0.2" de penetración Vs Saturación.....	48
Figura 17. Esponjamiento Vs Tiempo de Saturación -Constantino Fernández	49
Figura 18. Humedad después de la saturación Vs Tiempo de Saturación	50
Figura 19. Densidad Seca Vs Tiempo de Saturación.....	51
Figura 20. Densidad Húmeda después de saturación Vs Tiempo	52
Figura 21. CBR de diseño Vs Tiempo de Saturación	53
Figura 22. CBR para 0.1" de penetración Vs Saturación.....	54
Figura 23. CBR para 0.2" de penetración Vs Saturación.....	55
Figura 24. Esponjamiento Vs Tiempo de Saturación	56
Figura 25. Humedad después de la saturación Vs Tiempo de Saturación	57
Figura 26. Densidad Seca Vs Tiempo de Saturación.....	58
Figura 27. Densidad Húmeda después de saturación Vs Tiempo	59
Figura 28. CBR de diseño Vs Tiempo de Saturación	60
Figura 29. CBR para 0.1" de penetración Vs Saturación.....	61
Figura 30. CBR para 0.2" de penetración Vs Saturación.....	62

Figura 31. Esponjamiento Vs Tiempo de Saturación	63
Figura 32. Humedad después de la saturación Vs Tiempo de Saturación	64
Figura 33. Densidad Seca Vs Tiempo de Saturación	65
Figura 34. Densidad Húmeda después de saturación Vs Tiempo	66
Figura 35. CBR de diseño Vs Tiempo de Saturación	67
Figura 36. CBR para 0.1" de penetración Vs Saturación.....	68
Figura 37. CBR para 0.2" de penetración Vs Saturación.....	69
Figura 38. Esponjamiento Vs Tiempo de Saturación	70
Figura 39. Humedad después de la saturación Vs Tiempo de Saturación	71
Figura 40. Densidad Seca Vs Tiempo de Saturación.....	72
Figura 41. Densidad Húmeda después de saturación Vs Tiempo.....	73
Figura 42. CBR de diseño Vs Tiempo de Saturación	74
Figura 43. CBR para 0.1" de penetración Vs Saturación.....	75
Figura 44. CBR para 0.2" de penetración Vs Saturación.....	76
Figura 45. Esponjamiento Vs Tiempo de Saturación	77
Figura 46. Humedad después de la saturación Vs Tiempo de Saturación	78
Figura 47. Densidad Seca Vs Tiempo de Saturación.....	79
Figura 48. Densidad Húmeda después de saturación Vs Tiempo.....	80
Figura 49. CBR de diseño Vs Tiempo de Saturación	81
Figura 50. CBR para 0.1" de penetración Vs Saturación.....	82
Figura 51. CBR para 0.2" de penetración Vs Saturación.....	83
Figura 52. Esponjamiento Vs Tiempo de Saturación	84
Figura 53. Humedad después de la saturación Vs Tiempo de Saturación	85
Figura 54. Densidad Seca Vs Tiempo de Saturación.....	86
Figura 55. Densidad Húmeda después de saturación Vs Tiempo.....	87
Figura 56. Nomograma del coeficiente estructural de la carpeta asfáltica (a1)	102
Figura 57. Nomograma del coeficiente estructural de la Base granular a2	103
Figura 58. Nomograma del coeficiente estructural de la Sub-base granular a3.....	104
.....Figura 59. Diseño 1- Cálculo del Numero estructural SN, programa DISAASHTO 93.....	105
Figura 60. Diseño 1 - Cálculo de espesores de la estructura del pavimento	106
Figura 61. Diseño Final - Estructura 1	106

Figura 62. Diseño 2- Cálculo del Numero estructural SN, programa DISAASHTO 93	107
Figura 63. Diseño 2 - Cálculo de espesores de la estructura del pavimento	108
Figura 64. Diseño Final - Estructura 2	108
Figura 65. Diseño 3- Cálculo del Numero estructural SN, programa DISAASHTO 93	109
Figura 66. Diseño 3 - Cálculo de espesores de la estructura del pavimento	110
Figura 67. Diseño Final - Estructura 3	110
Figura 68. Diseño 4- Cálculo del Numero estructural SN, programa DISAASHTO 93	111
Figura 69. Diseño 4 - Cálculo de espesores de la estructura del pavimento. Programa DISAASHTO	112
Figura 70. Diseño Final - Estructura 4	112
Figura 71. Estructura del Pavimento vs Tiempo de Saturación	113

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Coeficiente Estructural de la Carpeta Asfáltica (a1)	122
Anexo 2. Ábaco para estimar el número estructural de la base granular a_2	123
Anexo 3. Ábaco para estimar el número estructural de la subbase granular a_3	124
Anexo 4. Gravedad Específica - Constantino Fernández.....	126
Anexo 5. Gravedad Específica - Izamba.....	127
Anexo 6. Gravedad Específica – Juan Benigno Vela	128
Anexo 7. Gravedad Específica - Montalvo	129
Anexo 8. Gravedad Específica - Quisapincha.....	130
Anexo 9. Gravedad Específica - Unamuncho	131
Anexo 10. Granulometría-Constantino Fernández	133
Anexo 11. Granulometría Izamba	134
Anexo 12. Granulometría Juan Benigno Vela	135
Anexo 13. Granulometría Montalvo	136
Anexo 14. Granulometría Quisapincha.....	137
Anexo 15. Granulometría Unamuncho	138
Anexo 16. Límites de Atterberg-Constantino Fernández	140
Anexo 17. Límites de Atterberg- Izamba.....	141
Anexo 18. Límites de Atterberg-Montalvo.....	142
Anexo 19. Límites de Atterberg-Juan Benigno Vela.....	143
Anexo 20. Límites de Atterberg-Quisapincha	144
Anexo 21. Límites de Atterberg-Unamuncho	145
Anexo 22. Densidad de Campo - Constantino Fernández	147
Anexo 23. Densidad de Campo - Izamba.....	148
Anexo 24. Densidad de Campo - Juan Benigno Vela.....	149
Anexo 25. Densidad de Campo - Montalvo.....	150
Anexo 26. Densidad de Campo - Quisapincha	151
Anexo 27. Densidad de Campo - Unamuncho.....	152
Anexo 28. Ensayo Próctor -Constantino Fernández	154
Anexo 29. Ensayo Próctor - Izamba	155
Anexo 30. Ensayo Próctor - Juan Benigno Vela.....	156
Anexo 31. Ensayo Próctor - Montalvo.....	157

Anexo 32. Ensayo Próctor -Quisapincha	158
Anexo 33. Ensayo Próctor - Unamuncho.....	159
Anexo 34. CBR sin Saturar – C. Fernández	161
Anexo 35. CBR - Saturación 24 horas - C. Fernández	163
Anexo 36. CBR - Saturación 72 Horas - C. Fernández	165
Anexo 37. CBR - Saturación 96 Horas - C. Fernández	167
Anexo 38. CBR - Sin Saturar- Izamba.....	170
Anexo 39. CBR - Saturación: 24 Horas - Izamba.....	172
Anexo 40. CBR - Saturación: 72 Horas - Izamba.....	174
Anexo 41. CBR - Saturación 96 Horas - Izamba.....	176
Anexo 42. CBR - Sin Saturar- Juan Benigno Vela	179
Anexo 43. CBR - Saturación 24 Horas- Juan Benigno Vela	181
Anexo 44. CBR - Saturación 72 Horas- Juan Benigno Vela	183
Anexo 45. CBR - Saturación 96 Horas- Juan Benigno Vela	185
Anexo 46. CBR - Sin Saturar- Montalvo.....	188
Anexo 47. CBR - Saturación 12 Horas- Montalvo	190
Anexo 48. CBR - Saturación 72 Horas- Montalvo	192
Anexo 49. CBR - Saturación 96 Horas- Montalvo	193
Anexo 50. CBR - Sin Saturar - Quisapincha	196
Anexo 51. CBR - Saturación: 24 Horas - Quisapincha.....	198
Anexo 52. CBR - Saturación:72 Horas - Quisapincha.....	200
Anexo 53. CBR - Saturación:96 Horas - Quisapincha.....	202
Anexo 54. CBR - Sin Saturar - Unamuncho	205
Anexo 55. CBR - Saturación:24 Horas - Unamuncho	207
Anexo 56. CBR - Saturación:72 Horas - Unamuncho	209
Anexo 57. CBR - Saturación:96 Horas - Unamuncho	211
Anexo 58. Excavación de Pozo a Cielo Abierto	214
Anexo 59. Ensayo de Cono y Arena	214
Anexo 60. Ensayo de Límites de Atterberg	215
Anexo 61. Ensayo Próctor Modificado Tipo B.....	215
Anexo 62. Preparación del Molde para realizar el ensayo CBR.....	216
Anexo 63. Preparación de muestras Sin Saturar	216
Anexo 64. Laboratorio de Suelos del GAD Municipalidad de Ambato	217

Anexo 65. Máquina manual para ejecutar el Ensayo CBR.....	217
Anexo 66. Muestras en Saturación.....	218
Anexo 67. Medición del Esponjamiento.....	218

RESUMEN

El presente proyecto experimental tiene como finalidad realizar el análisis comparativo de CBR de laboratorio saturado y sin saturar en suelos granulares del cantón Ambato, provincia de Tungurahua.

Para llevar a cabo el proyecto se tomaron muestras representativas que nos permitieron determinar las propiedades físico mecánicas a través de la investigación de campo (densidad de campo, pozo a cielo abierto) y laboratorio (Contenido de humedad natural, índice plástico, granulometría, límite líquido, límite plástico, Proctor modificado, y California Bearing Ratio (CBR) que se lo ejecutó saturado por 24,72 ,96 horas y sin saturar), comprobando así que para todas las muestras el valor de hinchamiento del suelo aumenta conforme avanza el tiempo de saturación mientras que el valor de CBR disminuye, sin embargo 3 muestras presentaron pequeñas variaciones en las últimas 24 horas de saturación.

Se realizó cuatro diseños de pavimentos de la Calle La Paz perteneciente a la Parroquia Izamba para analizar cómo influye el CBR en el diseño de la estructura del pavimento flexible donde se pudo comprobar la disminución de la capacidad de soporte del suelo, debido a la saturación, lo cual conllevó a incrementos de la sub-base en 0.3, 1.1 y 1.3 pulgadas, para 24, 72 y 96 horas de saturación respectivamente. Los espesores de la base y la carpeta asfáltica se mantuvieron constantes, este diseño nos permitió tener una idea de cómo van a variar los espesores de las demás muestras en función del valor CBR.

Palabras clave: Saturación, CBR, estructura del pavimento, capacidad del suelo, sub-base.

ABSTRACT

The purpose of this experimental project is to carry out a comparative analysis of saturated and unsaturated laboratory CBR of granular soils in the Ambato canton, province of Tungurahua.

To carry out the project, representative samples were taken that allowed us to determine the physical-mechanical properties through field research (field density, open pit) and laboratory (natural moisture content, plastic index, granulometry, liquid limit, plastic limit, modified Proctor, and California Bearing Ratio (CBR), and California Bearing Ratio (CBR) which was executed saturated for 24, 72, 96 hours and unsaturated), thus proving that for all the samples the soil swelling value increases as the saturation time progresses while the CBR value decreases, however 3 samples presented small variations in the last 24 hours of saturation.

Four pavement designs of La Paz Street belonging to Izamba Parish were carried out to analyze how the CBR influences the design of the flexible pavement structure where it was possible to verify the decrease in the bearing capacity of the soil, due to saturation, which led to increases in the sub-base by 0.3, 1.1 and 1.3 inches, for 24, 72 and 96 hours of saturation respectively. The thicknesses of the base and the asphalt binder were kept constant; this design allowed us to have an idea of how the thicknesses of the other samples will vary according to the CBR value.

Key words: Saturation, CBR, pavement structure, soil capacity, subbase.

CAPITULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos:

1.1.1 Antecedentes

La red de carreteras permite satisfacer las necesidades básicas de educación, trabajo, alimentación, salud y comercio; estas necesidades son las principales actividades de un país. Por ello, es estratégico desarrollar su sistema vial porque es el único modo con el que logra satisfacer no solo la obligación de viajar, sino también las necesidades esenciales de la población.

Durante los últimos 10 años, el gobierno ecuatoriano ha destinado más de 900 millones de dólares anuales de inversión para puentes, carreteras y terminales terrestres, convirtiendo a la red vial en un importante referente público con una extensión total de más de 9,997.90 km. pavimentados.

Es por ello que para el ingeniero Civil el comportamiento mecánico del suelo, es sin duda el factor más importante en la construcción de carreteras, teniendo así una gran cantidad de investigaciones enfocadas a mejorar la caracterización geotécnica y determinación de la resistencia de suelos de una forma económica y rápida basándose principalmente en la obtención del valor de CBR, para lo cual se presenta a continuación algunas investigaciones basadas en el ensayo antes mencionado.

William Bustillos presenta un estudio exploratorio del efecto de la saturación en el ensayo de California Bearing Ratio (CBR) tomando en cuenta el lugar en el que se va a diseñar la carretera podría nunca llegar a comportarse en tan malas condiciones como las que se reproducen en laboratorio (saturado por 4 días), siendo un factor que determina el diseño de la estructura.

Estudios tan remotos como Turburn y Foster (1956), Seed (1960), Mendoza (1982), entre otros, y tan recientes como Sánchez-Leal (2002b), coinciden en que la relación entre la densidad, la humedad y la resistencia es compleja y requiere un estudio

minucioso. La ausencia de un estudio detallado en los criterios actuales y tradicionales para el diseño y control de compactación puede acarrear fallas en los pavimentos.

Según Sánchez 2012 una de las limitaciones del ensayo CBR es la condición de inmersión a 4 días en laboratorio puesto que no es posible controlar el grado de saturación del suelo y cuando se deja escurrir el agua 15 minutos antes del ensayo, esto incrementa la succión de forma descontrolada lo que da lugar a resultados sesgados.

Rajesh Chauman (2010) en su estudio de laboratorio sobre el efecto de las condiciones de prueba en la resistencia de la subrasante, analiza la fuerza en términos de valores de CBR sometidos a diferentes días de saturación y la variación correspondiente en el contenido de humedad, obteniendo pequeñas variaciones en el valor de CBR a partir del segundo día de saturación.

1.1.2 Justificación

En el diseño de un pavimento flexible o rígido, el valor de CBR (California Bearing Ratio) es uno de los parámetros más importantes [1]. El CBR permite determinar la resistencia al corte de los diferentes tipos de suelos utilizados como subrasante, subbase y base. Las partículas gruesas de suelo juegan un papel importante en los problemas geotécnicos. Por lo tanto, es necesario predecir el valor CBR a partir de algunas propiedades del suelo [2].

El Indian Road Congress (IRC) codifica las estrategias de diseño exactas de las capas del pavimento en función de la resistencia de la subrasante, que depende principalmente del valor de CBR para una muestra de laboratorio o de campo empapada durante cuatro días, sin embargo, el subsuelo siempre está sujeto a cambios en su contenido de humedad debido a la lluvia, la acción capilar, el desbordamiento o el aumento de la capa freática.

Para un ingeniero, es importante comprender el cambio de resistencia del suelo debido a la variación del contenido de humedad [3].

El Ensayo CBR generalmente empapado se realiza para todo tipo de carreteras teniendo en cuenta las condiciones climáticas adversas: lluvias pesadas/inundaciones, pero en las zonas donde las precipitaciones anuales son muy inferiores o el nivel freático es muy bajo, el espesor requerido de diferentes capas se podría reducir en base al análisis del valor de CBR obtenido para un tiempo de saturación menor, pudiendo así optimizar recursos [4].

En el Ecuador las entidades públicas que son las encargadas de ejecutar proyectos viales, realizan por lo general ensayos a los suelos siempre basándose en normativas vigentes en el país, sin embargo, realizar el ensayo CBR in situ aunque es preferido porque se evalúa el suelo sin alterar su estructura o esfuerzos de confinamiento, resulta costoso y requiere el uso de vehículos pesados como sistema de reacción [5], debido a esto, se recurre a métodos indirectos, tales como el CBR de laboratorio, ensayando la muestra en condiciones desfavorables, que en muchos casos no logra representar con absoluta fidelidad las condiciones reales de trabajo [6].

Con estos antecedentes el fin de la presente investigación es obtener y analizar los valores de CBR sometidos a diferentes días de saturación y estudiar la influencia del contenido de humedad desarrollado en las muestras bajo saturación variable. Además, se complementará con el estudio de propiedades físicas de los suelos del cantón Ambato, y que de esta manera el diseño de pavimentos pueda considerar valores de CBR con estados de saturación menores a los 4 días.

1.1.3 Fundamentación Teórica

1.1.3.1 El Suelo

El suelo es un conjunto de partículas minerales sólidas, sueltas o poco consolidadas, con líquidos y gases incluidos que pueden ser disgregados con facilidad, fruto de la alteración de las rocas, o suelos transportados por el agua, hielo o viento con contribución de la gravedad.

El suelo es el material de construcción más abundante del mundo y en varias zonas es el único material disponible localmente, la tierra desde el periodo neolítico se ha

utilizado en la construcción de tumbas, viviendas, monumentos, vías de comunicación y estructuras para retención de agua. [6]

1.1.3.2 Clasificación de los suelos

Consiste en el ordenamiento de los diferentes suelos en grupos que tienen propiedades mecánicas básicas similares, por ser estas las que interesa para las aplicaciones ingenieriles, lo cual ayuda a predecir de forma rápida el comportamiento y su correcta utilización en obras como: rellenos, presas cimentaciones, vías, excavaciones subterráneas, etc.

Sistema unificado de clasificación de suelos SUCS

Está basado en el sistema de clasificación de aeropuertos, desarrollado por Arthur Casagrande, esta clasificación cubre los suelos gruesos y finos, distinguiéndose ambos por el tamiz N° 200 (0,074mm). Las partículas gruesas son mayores que dicho diámetro y las finas, menores.

Se considera a un suelo grueso cuando más del 50% de sus partículas son gruesas y fino si más de la mitad de sus partículas, en peso, son finas.

Suelos Gruesos:

A este grupo pertenecen las gravas (G) y arenas (S).

Las gravas y arenas se separan con el tamiz N° 4(4,76mm), por lo tanto, un suelo pertenece al grupo genérico G, si más del 50% de su fracción gruesa (retenida en el tamiz N° 200) no pasa el tamiz N° 4(4,76mm), caso contrario es del grupo S.

Suelos Finos:

Comprenden las siguientes divisiones:

- Limos orgánicos M
- Arcillas inorgánicas C
- Limo y arcillas orgánicas O

Cada uno de estos tres se subdivide, según su límite líquido en dos grupos

- Suelos de baja o mediana compresibilidad (L), cuando el límite líquido es menor que 50%, y;
- Suelos de alta compresibilidad (H), cuando el límite líquido es mayor que 50% [7]

Tabla 1. Clasificación de Suelos Según SUCS

DIVISIONES PRINCIPALES		SÍMBOLOS DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	GW Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5%->GW,GP,SW,SP. >12%->GM,GC,SM,SC. 5 al 12%->casos límite que requieren usar doble símbolo.	$Cu = D_{60}/D_{10} > 4$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3	
			GP Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.	
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GM Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$.	Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos
			GC Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$.	límite que requieren doble símbolo.
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	SW Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		$Cu = D_{60}/D_{10} > 6$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times$ entre 1 y 3	
			SP Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.	
		Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	SM Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$.	Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos
			SC Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$.	intermedios que precisan de símbolo doble.
SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50	ML Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plásticidad.				
		CL Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.				
		OL Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.				
	Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50	MH Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.				
		CH Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.				
		OH Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.				
Suelos muy orgánicos		PT Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.				

Clasificación según La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transporte –AASHTO

Basándose en la composición granulométrica, en el límite y el índice de plasticidad de un suelo, estos se clasifican en siete grupos. La evaluación de cada grupo se hace por medio de su “Índice de grupo”.

Esta clasificación divide al suelo en dos clases: suelos granulares y suelos de granulometría fina, limo-arcillosos. [8]

Tabla 2. Clasificación de Suelos Según AASHTO

Clasificación	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz Nº 200)							Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz Nº 200)			
	A-1		A-3	A-2-4				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Grupo:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Porcentaje que pasa:											
Nº 10 (2mm)	50 máx	-	-	-				-			
Nº 40 (0,425mm)	30 máx	50 máx	51 mín	-				-			
Nº 200 (0,075mm)	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx				36 mín			
Características de la fracción que pasa por el tamiz Nº 40											
Límite líquido	-	-	-	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín (2)
Índice de plasticidad	6 máx		NP (1)	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Constituyentes principales	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrado	Excelente a bueno							Pobre a malo			

(1): No plástico

(2): El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30

El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30

1.1.3.3 Relaciones Fundamentales:

Entre los parámetros esenciales para poder comprender en sentido físico las características de los suelos, podemos citar:

Contenido de humedad w%

Es la relación del peso del agua contenida y el peso de su fase sólida, y se lo expresa como un porcentaje.

Su límite superior no es el 100%, ya que se han encontrado suelos que superan con facilidad dicho valor, por ejemplo los suelos del Oriente Ecuatoriano tienen contenidos de humedad de hasta 250%.

Los suelos limosos de la costa, también tienen altos contenidos de humedad, ya que en algunos casos alcanzan hasta 200 %; y los suelos arcillosos, altamente compresibles

pueden alcanzar valores considerables, tal es el caso de la ciudad de México con contenidos de humedad de alrededor de 1000%, así como en los campos arroceros de la China, cuyos contenidos de humedad superan el 1200%.

$$\omega = W_{\omega} / W_s ; \omega\% = W_{\omega} / W_s \times 100$$

Donde:

ω : contenido de humedad

W_{ω} : peso del agua

W_s : peso de los sólidos

Relación de Vacíos “e”

Es la relación del volumen de los vacíos con respecto al volumen de los sólidos.

La relación de vacíos tiene valores que van desde 0 hasta infinito, los valores bajos, por ej. 0.25, significan que el suelo está muy compactado y lo contrario, valores altos, por ej. 15, significan que el suelo está muy suelto y que puede ser altamente compresible como es el caso de las arcillas.

$$e = V_v / V_s$$

Donde:

e: relación de vacíos

V_v : volumen de aire y agua

V_s : volumen de los sólidos

Porosidad “n”

Es la relación entre el volumen de vacíos y el volumen de su masa, se lo expresa como un porcentaje y su límite va desde 0 a 100%.

El menor porcentaje de porosidad significa que el suelo está altamente densificado o consolidado, mientras que un alto porcentaje de porosidad, significará que el suelo tiene gran cantidad de vacíos y por lo tanto es altamente compresible.

$$n = \frac{V_v}{V_m}; \quad n\% = \frac{V_v}{V_m} * 100$$

Donde:

n: Porosidad

V_v: volumen de aire y agua

V_m: volumen de aire, agua y sólidos.

Grado de saturación del agua G_w%

Es la relación existente entre el volumen de agua y el volumen de los vacíos, sus límites van de 0 a 100%.

Físicamente significa que el 0% es de un suelo totalmente seco, mientras que el 100% será un suelo totalmente saturado.

$$G_w = \frac{V_w}{V_v};$$

Donde:

G_w: grado de saturación del agua

V_w: volumen del agua

V_v: volumen de aire y agua.

Grado de saturación del aire G_a

Es la relación entre el volumen del aire con respecto al volumen de los vacíos, se lo expresa en porcentaje, y su utilización está limitada a los factores de consolidación de los suelos.

$$G_a = \frac{V_a}{V_v};$$

Donde:

Ga: grado de saturación del aire

Va: volumen del aire

Vv: volumen de aire y agua.

Peso volumétrico seco y saturado

Peso Volumétrico seco

El peso volumétrico seco es el parámetro de mayor utilización especialmente cuando se analiza la masa del suelo densificada por efectos de la Compactación, físicamente representa la relación existente entre el peso de los sólidos o suelo seco, con relación al volumen de la masa.

$$gd = \frac{Ws}{Vm} \text{ ó } \frac{Wm - Ww}{Vm}$$

Donde:

γ_d : peso volumétrico seco

Ws: peso de los sólidos

Wm: peso del aire agua y sólidos.

Ww: peso agua

Vm: volumen del aire agua y sólidos.

Peso volumétrico saturado

Cuando la masa del suelo tiene a todos sus vacíos llenos con agua, entonces está saturada

$$gsat = gd + \frac{Ww}{Vw}$$

1.1.3.4 Propiedades Índice

Propiedades índices de los suelos

Son propiedades que ayudan en la identificación y clasificación de un suelo. Estas son: distribución del tamaño de partícula, límites de consistencia, contenido de humedad, gravedad específica, densidad in situ y la densidad relativa. Todas estas propiedades son generalmente determinadas en laboratorio y sus ensayos son los siguientes: análisis granulométrico, límites de Atterberg, equivalente de arena, contenido de humedad y gravedad específica.

Distribución del tamaño de partícula-Granulometría

Es la determinación de las proporciones de los diferentes tamaños de grano, debido que existen en la naturaleza suelos de diferente tamaño, forma y apariencia. Su ensayo es el análisis granulométrico y se emplea una serie normalizada de tamices. Con el porcentaje de suelo retenido en cada tamiz se construye una gráfica semi logarítmica, en las ordenadas se coloca el porcentaje en peso de la muestra retenida en los tamices y en las abscisas se coloca la abertura de cada tamiz.

Con el ensayo granulométrico se puede obtener el contenido de grava (%G), el contenido de arena (%S) y la cantidad de finos: limos y arcillas que pasan el tamiz 200 (%F).

En la siguiente tabla se puede observar una división, considerada a partir de las partículas del material menor que 76,20mm correspondiente al tamiz de 3", las partículas que tienen diámetro mayor que 76,20mm se consideran fragmentos de roca.

Tabla 3. Denominación del suelo para partículas menores 76.20 mm o 3"

Divisiones	Denominación	Símbolo	Grupo	Dimensiones de las partículas(mm)
Granulares	Grava	G	Grandes	76,20 - 38,10
			Medias	38,10 - 9,52
			Pequeñas	9,52 - 2,00
	Arena	S	Gruesas	2,00 - 0,84
			Medias	0,84 - 0,295
			Finas	0,295 - 0,02

Finos	Limo	M	-	0,02 - 0,002
	Arcilla	C	-	< 0,002
	-		Coloides	< 0,001

Fuente: Mecánica de Suelos de Barbery Ramón

El tamaño de las partículas en un depósito de suelo tiene influencia fundamental en las propiedades y comportamiento ingenieril del depósito, por tanto las partículas de un suelo se describen en función de su tamaño, mediante términos tales como grava, arena, limo o arcilla, sin embargo no existe una definición del tamaño de las partículas que sea reconocida universalmente como estándar, pero diferentes organismos tienen normas que son comúnmente usadas, siendo mínimas las diferencias entre cada una . A continuación, se presenta el sistema británico y tres de los sistemas usados en Estados Unidos.

Tabla 4. Tamaño de las partículas según varios Sistemas

<u>Tamaño de las partículas en (mm)</u>				
Descripción de las partículas	Normas Británicas	AASHTO	ASTM	Unificado ⁺
Grava	60-2	75-2	> 2	75-4,75
Arena	2-0,06	2-0,05	2-0,075	4,5-0,075
Limo	0,06-0,002	0,05 - 0,002	0,075-0,005	< 0,075 finos
Arcilla	< 0,002	<0,002	<0,005	

El porcentaje de grava influirá en el valor del CBR dependiendo de la forma de las partículas del agregado lo cual no se registra. Mientras más angulosa sea la partícula, mayor conexión tendrá, mayor su resistencia al corte y mayor será el valor de CBR siempre y cuando no haya otro factor de influya. El origen mineralógico de la grava influya en el valor del CBR por su dureza.

El porcentaje de arena influiría en algo en el valor del CBR. Los suelos con mayor contenido de arena presentan un comportamiento más rígido y probablemente mayor resistencia. No obstante, una mayor cantidad de arena implica menor contenido de grava y de finos, lo que daría como resultado menor CBR. Ya desde aquí se puede decir que el contenido de arena analizado de manera individual no será determinante para predecir el CBR.

El porcentaje de finos dará mayor resistencia y estabilidad al suelo. Estos parámetros se verán reflejados en los límites de consistencia mismos que a su vez, se ven reflejados en el contenido de humedad, relación de vacíos o presión intersticial de un suelo que influye en su resistencia al corte y en consecuencia al valor del CBR.

Límites de consistencia:

La consistencia de un suelo es la relativa facilidad con la que un suelo se puede deformar. Atterberg observó cuatro estados de consistencia: estado líquido, plástico, sólido y semisólido. Los límites de consistencia son útiles en ingeniería para poder clasificar un suelo debido a que el comportamiento de un suelo se ve influenciado por la presencia de agua y esto se acentúa cuanto menor es el tamaño de las partículas que componen dicho suelo.

Límite líquido (LL)

Contenido de humedad con el cuál el suelo deja de ser líquido y pasa a plástico. Se determina mediante el método de la cuchara de Casagrande, el cual consiste en dejar caer una copa metálica sobre una superficie dura de características específicas.



Figura 1. Copa de Casagrande

Fuente: Lizbeth Villacrés

Se puede decir también que es el contenido de humedad requerido para que la muestra, en el aparato de Casagrande cierre una ranura de $\frac{1}{2}$ '' de amplitud, a los 25 golpes generados a la cápsula de bronce, con un ritmo de dos golpes por minuto. Los valores corrientes son: para arcillas 40 a 60%, para limos 25 a 50%; en arenas no se obtienen resultados.

Límite plástico (LP)

Contenido de humedad con el cual el suelo deja de ser plástico y se convierte en semi plástico.

Es el menor contenido de humedad para el cual el suelo se deja moldear.

Esto se dice cuándo, tomando bolas de suelo húmedo, se pueden formar rollitos de 1/8'' sobre una superficie plana, lisa y no absorbente. Sin agrietarse el suelo, no hay LP, y con muchas tampoco se tiene el LP. Los valores típicos entre arenas y arcillas se encuentran entre 5 y 30%. En arenas la prueba no es posible.



Figura 2. Ensayo para determinar el Límite Plástico

Fuente: Lizbeth Villacrés

Índice de plasticidad (IP)

Es el intervalo de humedad en el estado plástico. Se determina por la diferencia entre LL y LP. [9]

Densidad de campo

Método del cono y arena

El ensayo de densidad in situ por el método del cono de arena permite obtener la densidad de terreno al cual sea aplicado el mismo, y así verificar los resultados obtenidos en trabajos de compactación de suelos, y compararlos con las

especificaciones técnicas en cuanto a la humedad, la densidad y el grado de compactación del suelo evaluado, y así poder determinar la calidad del suelo donde se vayan o se están ejecutando proyectos de ingeniería.

La aplicación del método está dirigido a materiales que contengan agregados inferiores a 38 mm. [10]



Figura 3. Ensayo de Cono y Arena

Fuente: Lizbeth Villacrés

Gravedad específica:

Nos permite calcular la relación de vacíos de un suelo, se utiliza también en el análisis de hidrómetro y es útil para predecir el peso unitario del suelo.

La gravedad específica de cualquier sustancia se define como el peso específico del material dividido por el peso específico del agua.

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

Donde:

γ_s = peso específico de los sólidos (gr/cm³)

γ_m = peso específico del agua (gr/cm³)

En el país, la Gravedad Específica G_s varía de 2,5 a 2,8 las canteras locales del sector de Aguaján tienen materiales con G_s 2,6 y en tal caso es mayor a la del material de la Península (2,5).

Tabla 5. Valores típicos de la gravedad específica de varios suelos.

Tipo de Suelo		Gravedad Específica
Inorgánico	Grava	2,65
	Arena Gruesa a media	2,65
	Arena fina (limosa)	2,65
	Loess, polvo de piedra y limo arenoso	2,67
	Arena algo arenosa	2,65
	Limo arenoso	2,66
	Limo	2,67-2,70
	Arena arcillosa	2,67
	Limo arcillo arenoso	2,67
	Arcilla arenosa	2,7
	arcilla limosa	2,75
	Arcilla	2,72-2,80
Orgánico	Limos con trazos de materia orgánica	2,3
	Lodos aluviales orgánicos	2,13-2,60
	Turba	1,50-2,15

Fuente: Mecánica de suelos Ing. Lorena Pérez Maldonado.

Contenido de humedad natural:

El contenido de humedad (w) es la relación en porcentaje, del peso de agua entre el peso de sólidos en un volumen dado de suelo.

$$w = \frac{W_w}{W_s}$$

$$w = \frac{W_w}{W_s} * 100\%$$

Donde:

W_w = peso del agua

W_s = peso de sólidos (gr/cm^3)

Compactación:

La compactación de suelos es el método más barato de estabilización disponible. La estabilización de suelos consiste en el mejoramiento de las propiedades físicas indeseables del suelo para obtener una estructura, resistencia al corte, y relación de vacíos, deseables. Existen muchos métodos para estabilizar suelos utilizando materia química como cal, mezclas de cal y cenizas, cemento, y compuestos de ácido fosfórico, pero estos métodos son más costosos.

Generalmente el esfuerzo de compactación imparte al suelo:

- Un incremento en la resistencia al corte pues ella es función de la densidad
- Un incremento en el potencial de expansión.
- Un incremento en la densidad
- Una disminución de la contracción
- Una disminución en la permeabilidad
- Una disminución en la compresibilidad

Propiedades de la compactación y su relación con el CBR

La compactación de un suelo es una propiedad importante, al estar directamente relacionada con la resistencia, capacidad de deformación y estabilidad. En pavimentos, un suelo debe quedar lo más consolidado posible para evitar asentamientos causantes de variaciones en la rasante y alabeo de la capa de rodadura durante el uso de la vía. Cuanto más compacto esté un suelo, más difícil será volverlo a compactar.

La humedad juega un papel decisivo. Mientras que un suelo seco necesita una determinada energía de compactación para vencer los rozamientos internos entre sus partículas, el mismo suelo ligeramente húmedo precisará un menor esfuerzo, ya que el agua se comporta como un agente lubricante formando una película alrededor de los granos y disminuyendo la fricción entre ellos.

Si se sigue añadiendo agua al suelo, llegará un punto en el que ésta haya ocupado la totalidad de los huecos del mismo. Esto acarrearán un aumento de volumen dado la

incompresibilidad del líquido y una mayor dificultad para evacuarlo del suelo, por lo que su compacidad disminuirá. Entonces existe una humedad óptima con la que se obtenga una compacidad máxima, para una misma energía de compactación . [11]

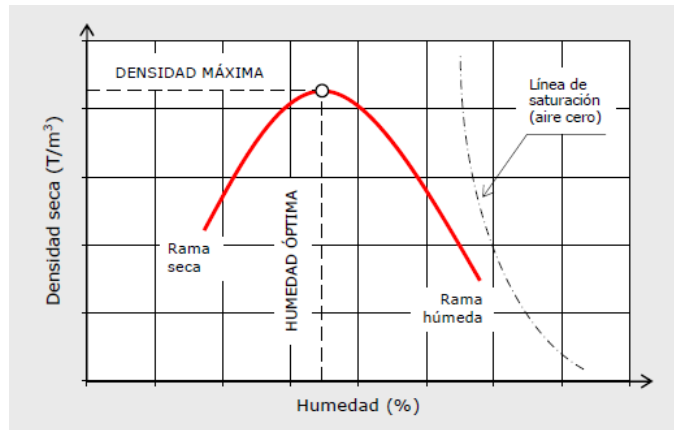


Figura 4. Curva Humedad- Densidad Seca

Fuente: Manual de Carreteras de Luis Bañón Blázquez

Para un mismo suelo, pero con distintas energías de compactación, el punto de humedad óptima varía en función de la energía que se haya aplicado y la humedad óptima es menor, mientras menor sea la energía de compactación. Para humedades mayores que la óptima, el aumento de la densidad conseguido con un apisonado más enérgico es mucho menor que el obtenido con humedades bajas. Por lo tanto, en terrenos secos, una consolidación enérgica puede ser más eficaz.

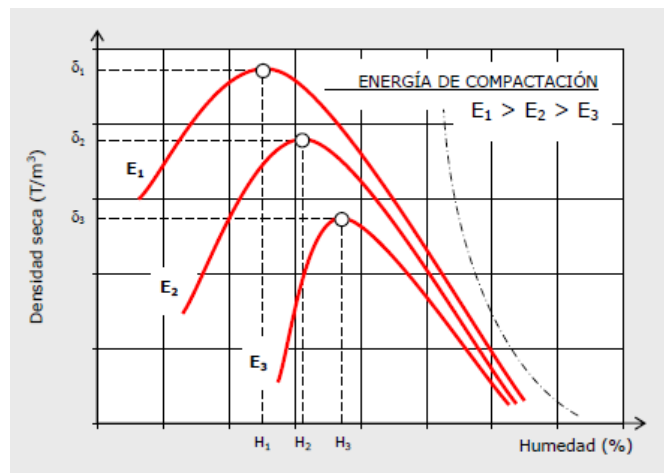


Figura 5. Influencia de la energía de compactación

Fuente: Manual de Carreteras de Luis Bañón Blázquez

Ensayos de Compactación

El ensayo de Proctor toma su nombre en honor al ingeniero estadounidense Ralph Proctor y tiene como fin la determinación de la humedad óptima de compactación de una muestra de suelo. La diferencia única entre usar el Proctor normal y el Proctor modificado, con energía de compactación 4.5 veces mayor el modificado que el normal, es la necesidad de utilizar en campo maquinaria más pesada durante la construcción dado el aumento de la carga por eje experimentado por los vehículos.

Óptimo Contenido de Humedad (OMC):

Es el contenido de humedad con el que se obtiene la máxima densidad seca para una determinada energía de compactación. (Whitlow, 1989)

La influencia de este valor con el CBR, se debe a que el grado de saturación hará cambiar la resistencia del suelo produciendo diferentes valores de CBR para un mismo suelo. Depende del grado de succión que éste tenga. Un suelo seco tendrá mayor resistencia que el mismo con un mayor contenido de humedad. Según la norma ASTM D 1883 07 cuando el ensayo se hace con inmersión (saturado 4 días) se debe sacar el espécimen del agua dejándolo escurrir por 15 minutos antes del ensayo. Durante esa fase el grado de saturación del suelo puede cambiar, la succión del suelo aumentar, generándose diferentes valores de CBR para un mismo suelo. [12]

1.1.3.5 California Bearing Ratio CBR

El ensayo de CBR mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, la ASTM denomina a este ensayo, simplemente como “Relación de soporte” y está normado con el número ASTM D 1883-73. Este método fue propuesto en 1929 por los ingenieros Stanton y Porter del departamento de carreteras de California. Desde esa fecha tanto en Europa como en América, el método CBR se ha generalizado y es una forma de clasificación de un suelo para ser utilizado como subrasante o material de base en la construcción de carreteras. Se aplica para la evaluación de la calidad relativa de suelos de subrasante, o materiales de sub bases y bases granulares. [13]

El método CBR en laboratorio requiere de 3 ensayos: determinación de la densidad y humedad, determinación de las propiedades expansivas del material y determinación de la resistencia a la penetración (AASHTO, 2003). El suelo al cual se aplica el ensayo debe contener una pequeña cantidad de material que pase por el tamiz de 50 mm y quede retenido en el tamiz de 20 mm. Se recomienda que esta fracción no exceda del 20%.

El CBR se obtiene de la relación de la carga unitaria (lbs/pulg²) necesaria para lograr una cierta profundidad de entrada del pistón de penetración (19,4 cm²) dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón (lb/pulg²) requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado. [12]

Los ensayos de CBR se hacen usualmente sobre muestras compactadas al contenido de humedad óptimo para un suelo específico, utilizando el ensayo de compactación estándar o modificado del experimento.

Índice CBR

Es la relación entre la presión requerida para que el pistón penetre en el suelo una profundidad determinada y la necesaria para conseguir esa misma penetración en una muestra de grava triturada o chancada, cuyo CBR es el 100%, por lo tanto obtenemos el CBR de cualquier material mediante una regla de tres simple directa:

$$\% \text{ CBR} = \frac{\text{presión en muestra problema}}{\text{presión en muestra patrón}} * 100\%$$

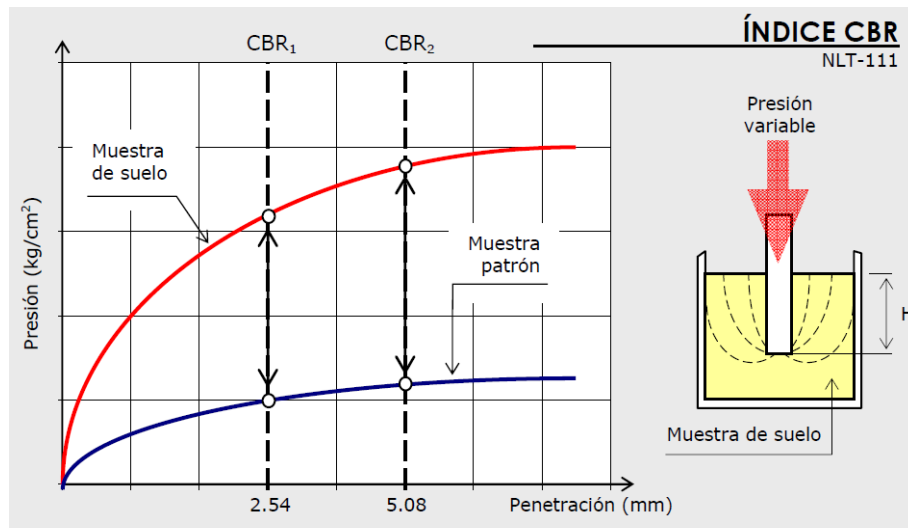


Figura 6. Determinación del índice CBR

Fuente: Manual de Carreteras de Luis Bañón Blázquez

Usualmente el número CBR, se basa en la relación de carga para una penetración de 2,5 mm. (0,10"), sin embargo, si el valor de C.B.R. a una penetración de 5 mm. (0,20") es mayor, se toma ese valor.

Los valores de CBR cercanos a 0% representan, los suelos de pobre calidad (es decir que no poseen una buena resistencia a esfuerzos cortantes), mientras que los más cercanos a 100% son indicativos de la mejor calidad. En la práctica se utiliza el número de CBR omitiendo el porcentaje (%) y se presenta como un número entero.

El ensayo de C.B.R. se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente utilizados como bases y subrasantes bajo el pavimento de carreteras y aeropistas. En la siguiente tabla se muestra una clasificación general para el uso de los suelos en función del CBR. [14]

Tabla 1. Clasificación y uso del suelo según el valor de CBR.

CBR	Calificación	Uso	SUCS	AASHTO
0-3	Muy Pobre	Subrasante	CH,MH	A5,A6,A7
3-7	Pobre-Regular	Subrasante	CH,MH	A4,A5,A6,A7
7-20	Regular	Subrasante	CL,ML,SC,SM,SP	A2,A4,A6,A7
20-50	Bueno	Base-Subbase	GM,GC,SW,SM,SP,GP	A1b,A2-5,A3,A2-6
>50	Base	Base	GW,GM	A1a,A2-4,A3

Fuente: Manual de laboratorio de suelos para Ingeniería Civil, Bowles J (1980)

El valor del CBR de laboratorio, en condición saturada, tiene serias limitaciones como es la condición de inmersión a 4 días en laboratorio, puesto que no es posible controlar el grado de saturación del suelo y cuando se deja escurrir el agua 15 minutos antes del ensayo, esto incrementa la succión de forma descontrolada lo que da lugar a resultados sesgados. Para empezar no se mide o verifica que el ensayo se realiza con el 100% de saturación y al aumentar descontroladamente la succión del material la curva obtenida no sería formalmente una curva de diseño. [12]

Estudios del efecto de la saturación en el CBR

Según el “Estudio exploratorio del efecto de la saturación en el ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de campo y laboratorio en el diseño de estructura de pavimentos se investiga una carretera en la provincia de Cartago, para determinar el efecto de la saturación del suelo, debido a la precipitación que presenta el lugar, en la relación de soporte de California (CBR), haciendo pruebas de laboratorio y de campo. Además, por medio de modelos se determinaron las humedades para cada mes del año para un escenario lluvioso, se diseña la estructura de la carretera para un CBR de laboratorio, el cual es comparado por el diseño probabilístico asociado a las condiciones climáticas particulares del lugar.

Se determinó que el efecto climático para el diseño de la estructura de pavimento para el camino en particular tiene efecto en el diseño convencional, y se estableció que esa estructura está sobre diseñada, donde la repercusión del diseño es económica. [15]

El estándar ASTM D 1883, que rige el ensayo CBR, tiene varias opciones abiertas a la decisión del ejecutante o las condiciones de la agencia o institución que requiere la prueba, cuya selección haría que el ensayo fuera diferente para un mismo suelo.

En el literal 1.5 de la referida norma menciona que “La agencia (institución que requiere el ensayo) especificará el contenido de agua o rango del contenido de agua y el peso unitario seco para el cual se desea el CBR”.

El literal 1.6 establece “A menos que sea especificado de otra manera por la agencia que requiere el ensayo, o a menos que se haya demostrado que no tiene efecto en el material ensayado, todos los especímenes deberán ser sujetos a inmersión antes de la penetración”. Aquí se dice implícitamente entonces que se pueden tener dos condiciones de hidratación, la sumergida o la no sumergida, por lo cual inferimos que un mismo suelo podría producir al menos dos valores de CBR. [16]

Condiciones del ensayo (relación entre la densidad y el índice C.B.R.)

La densidad deberá ser la que se espere obtener con el medio de construcción empleado (método de compactación), es decir por ejemplo cuando se trata de un terraplén en el cual vamos a exigir el 95% de máxima densidad Proctor, la muestra habrá de compactarse con la humedad óptima correspondiente.

La densidad del suelo se alterará si cambia la proporción de humedad y se habrá de prever las peores condiciones de resistencia en el suelo que podrá encontrarse en el transcurso del tiempo.

Tipos de ensayos

El método CBR comprende los 3 ensayos siguientes:

- Determinación de la densidad y humedad.
- Determinación de las propiedades expansivas del material.
- Determinación de la resistencia a la penetración.

Tipos de suelos

Aplicando el método de diseño C.B.R. Todas las capas como, sub rasantes, sub bases y bases se las agrupa en tres clases

- Suelos sin cohesión (de ninguna plasticidad).
- Suelo cohesivo (suelo expansivo de alta plasticidad)
- Suelo altamente plástico.

Suelos no cohesivos (arenas y gravas)

A estos suelos se les compacta fácilmente mediante rodillos lisos vibratorios (o por medio del tránsito) y por eso, sus pesos volumétricos máximos alcanzados en la obra corresponden a los de ensayo Proctor – Modificado.

Muestras sin cohesión alguna, una vez compactadas al contenido óptimo de humedad modificado, serán ensayadas al índice C.B.R. (prueba de penetración) sin otro tratamiento.

Suelos con cohesión

Tales como las arenas limosas, limos orgánicos y limos arcillosos serán tratadas de manera diferente que se obtengan datos que mostrarán el comportamiento sobre un rango completo de contenido de humedad anticipados para muestras representativas.

Se compactarán tres muestras a diferentes densidades al contenido óptimo de humedad (Proctor modificado) ósea debe averiguarse primero este mismo contenido de humedad óptimo y luego se compactará una muestra con 12 golpes, la segunda con 25 golpes y la tercera con 56 golpes por capa respectivamente, después las muestras serán sumergidas al agua y se las deja hincharse durante un plazo de cuatro días y luego se realiza la penetración con el fin de obtener una serie de curvas que muestran la relación entre el peso volumétrico, contenido de agua y el índice C.B.R. determinado por el 95% de la máxima densidad seca.

Suelos altamente plásticos.

Los que comprenden las arcillas grasosas y limos inorgánicos, los procedimientos de prueba son los mismos que para suelos cohesivos.

No obstante, las pruebas que se realizan con estos suelos tienen una finalidad que es la determinación de humedades y densidades apropiadas y estas no son necesariamente

los valores óptimos obtenidos a través de la prueba “Próctor modificada”. Por lo general, la expansión mínima y el máximo C.B.R. Ocurren para un contenido de humedad ligeramente mayor que el óptimo.

Ensayo de expansión

La expansión es el crecimiento porcentual en altura referido a la altura inicial que experimenta una probeta de suelo cuando la humedad de la misma aumenta, debido a la inmersión, desde la humedad inicial de compactación hasta la alcanzada por la probeta al finalizar el periodo de inmersión

Se calcula la expansión de la muestra como porcentaje de la altura inicial (%E), mediante la siguiente expresión:

$$\%E = \frac{E}{h} * 100\%$$

Donde:

E = expansión en mm (diferencia de lecturas del dial (Lf - Li)).

h = altura de la probeta en mm.

1.1.3.6 Pavimento

Es toda estructura que descansa sobre el terreno de fundación o subrasante, a fin de permitir el movimiento de los vehículos.

Según el libro de especificaciones generales del MTOP lo define como:

“Nombre genérico para toda la estructura de un pavimento (firme). No obstante, se lo utiliza también para designar solo la capa de rodadura, especialmente cuando ella está constituida por una carpeta”. [17]

La estructura del pavimento está destinada a cumplir con varios objetivos entre ellos ser resistente a la acción de cargas impuesta por el tránsito y absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos, proporcionar comunicación vehicular entre dos puntos en todo tiempo, siendo esta segura, lisa y confortable, sin excesivo desgaste, a velocidades deseables y en cualquier condición climática. Debe presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje, satisfacer los requerimientos ambientales y estéticos y brindar una razonable economía, sin dejar de lado su durabilidad. [18]

Fases del Diseño de un pavimento:

De manera general, comprende de tres etapas:

- Diseño geométrico
- Diseño de la capacidad de la vía
- Diseño estructural del pavimento

El diseño de la estructura del pavimento abarca tres etapas

- Selección del tipo de pavimento
- Determinación de los espesores de las capas
- Dosificación de materiales.

1.1.3.7 Tipos de pavimentos:

Pavimentos Flexibles

Están formados por una capa bituminosa generalmente apoyada sobre dos capas no rígidas, la base y subbase, sin embargo se puede prescindir de cualquiera de estas capas dependiendo la necesidad de cada obra. Este tipo de pavimentos se adaptan a las deformaciones del suelo sin que parezcan tensiones adicionales.

Pavimentos Semi Rígidos

Tienen una similitud al pavimento flexible, con la diferencia que una de sus capas granulares, esta rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos.

Pavimentos Rígidos

Constituidos fundamentalmente por una losa de concreto hidráulico que alivia las tensiones en las capas subyacentes debido a su elevada resistencia a la flexión, además

de transmitir los esfuerzos al suelo de forma minimizada. La losa es apoyada sobre la subrasante o sobre una capa, denominada subbase del pavimento rígido.

Pavimentos articulados

Están compuestos por una capa de rodadura de bloques de concreto prefabricado, conocido como adoquines y también empedrados. [18]

1.1.3.8 Sección transversal típica de un pavimento:

Capas que conforman la estructura de un pavimento.

Subrasante

Su función es soportar las cargas que transmite el pavimento, además de considerarse cimentación del pavimento después de haber terminado el movimiento de tierras, la compactación y las pendientes especificadas. Si la calidad de esta capa es mejor, el espesor del pavimento será más reducido y habrá un ahorro en costos sin mermar la calidad.

Subbase

Capa de espesor definido, se coloca sobre la subrasante, para soportar la capa de base. Sirve de capa de drenaje del pavimento, además controla y elimina en lo posible los cambios de volumen, elasticidad y disminuye la plasticidad que perjudican el material de la subrasante o terreno de fundación.

Base

Su función es absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos repartiendo uniformemente estos esfuerzos a la capa de subbase y al terreno de fundación. las bases pueden ser granulares o estar formadas por mezclas bituminosas.

Capa de rodadura

Tiene como función principal proteger la capa de base impermeabilizando su superficie para evitar filtraciones del agua de lluvia. Evita el desgaste de la base debido al tráfico de vehículos y en algunos casos ayuda a aumentar la capacidad de soporte.

Rasante

Corresponde a la superficie de rodadura e indica la línea de gradiente a nivel de la superficie de rodadura del camino.

1.1.3.9 Método AASHTO 93 para diseño de pavimentos flexibles

El método establece que la superficie de rodadura se resuelve solamente con concreto asfáltico y tratamientos superficiales, pues asume que tales estructuras soportan niveles significativos de tránsito (mayores de 50000 ejes equivalentes acumulados de 82 ton durante el periodo de diseño), dejando fuera pavimentos ligeros para tránsitos menores al citado, como son los caminos revestidos o de terrecería .

Ecuación de diseño método AASHTO 93

La ecuación propuesta por la AASHTO 93 se basada en encontrar el número estructural “SN” que pueda soportar el nivel de carga exigido por el proyecto. Para lo cual, el método proporciona la siguiente ecuación general:

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

Donde:

W_{18} : ejes equivalentes

Z_r : desviación estándar normal

S_0 : desviación estándar global

SN : número estructural

ΔPSI : cambio de la serviciabilidad

M_r : módulo de resiliencia

Tránsito en ejes equivalentes acumulados para el periodo de diseño seleccionado (W18)

Para el cálculo del tránsito, el método actual contempla los ejes equivalentes sencillos de 18,000 lb(8.2ton) acumulados durante el periodo de diseño.

Tabla 6. Periodo de diseño en función del tipo de carretera

Tipo de Carretera	Periodo de diseño(años)
Urbana de alto volumen	30 a 50
Rural de alto volumen	20 a 50
Pavimentada de bajo volumen	15 a 25
Tratada superficialmente de bajo volumen	10 a 20

Fuente: AASHTO, Guide for design of Pavement Structures 1993

Tabla 7. Factor de distribución por carril

Número de carriles en una dirección	Porcentaje de ejes simples equivalentes de 18 kips en el carril de diseño
1	100
2	80 a 100
3	60 a 80
4 o más	50 a 75

Fuente: AASHTO, Guide for design of Pavement Structures 1993

Confiabilidad “R”

La confiabilidad en el diseño puede ser definida como la probabilidad de que la estructura tenga un comportamiento real igualo mejor que el previsto durante la vida de diseño adoptada.

Cada valor de R está asociado estadísticamente a un valor del coeficiente Z_r (desviación estándar normal). A su vez, Z_r determina en conjunto con el factor S_o (desviación estándar global), un factor de confiabilidad.

Los niveles sugeridos de acuerdo a la clasificación funcional de la vía son:

Tabla 8. Valores del nivel de confianza R de acuerdo al tipo de camino

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad, recomendado	
	Urbana	Rural
Interestatales y vías rápidas	85-99,9	80-99,9
Carreteras de primer orden	80-99	75-95
Carreteras secundarias	80-95	75-95
Caminos vecinales	50-80	50-80

Fuente: AASHTO, Guide for design of Pavement Structures 1993

Valores de la desviación estándar normal, Zr, correspondiente a los niveles de confiabilidad R

Tabla 9. Factores de Desviación Normal

Confiabilidad R %	Desviación estándar normal Zr	Confiabilidad R %	Desviación estándar normal Zr
50	0,000	93	-1,476
60	-0,253	94	-1,555
70	-0,524	95	-1,645
75	-0,674	96	-1,751
80	-0,841	97	-1,881
85	-1,037	98	-2,054
90	-1,282	99	-2,327
91	-1,340	99,9	-3,090
92	-1,405	99,99	-3,75

Fuente: Guía para el Diseño y la construcción de Pavimentos Rígidos Ing. Aurelio Salazar Rodríguez, 1998.

Desviación estándar global “So”

Este parámetro está ligado con la confiabilidad (R), descrita anteriormente; en este paso deberá seleccionarse un valor So “Desviación estándar global”, representativo de condiciones locales particulares, que considera posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y en la predicción del tránsito.

Para pavimentos flexibles :0,40 < So <0,50

Se recomienda usar 0,45

Módulo de resiliencia “Mr” (Características de la subrasante)

Es la base para la caracterización de los materiales de subrasante, representa lo que sucede bajo un pavimento en lo que respecta a tensiones y deformaciones. Este módulo se lo obtiene con un equipo especial, la AASTHO reconoce que países como el nuestro no posee estos equipos y propone el uso de la correlación con el CBR:

Mr (psi) = 1500x CBR para CBR < 10% (sugerido por AASTHO)

Mr (psi) = 3000x CBR^{0,65} para CBR de 7.2% a 20% (ecuación desarrollada en Sudáfrica)

Mr (psi) = 4326xln CBR +241 (utilizada para suelos granulares por la propia guía AASTHO)

La guía establece un nuevo procedimiento para determinar el Mr en función de las variaciones climáticas particulares de cada proyecto, para lo cual se debe analizar las condiciones del suelo durante el año (saturado, húmedo y seco). [18]

Índice de serviciabilidad (psi)

La serviciabilidad es la condición de un pavimento para proveer un manejo seguro y confortable a los usuarios en un determinado momento.

$$\Delta PSI = PSI \text{ inicial} - PSI \text{ final}$$

Donde:

ΔPSI = diferencia entre los índices de servicio inicial u original y el final o terminal deseado.

PSI inicial = índice de servicio inicial (4,5 para pavimentos rígidos y 4,2 para flexibles)

PSI final = índice de servicio terminal, para el cual AASTHO maneja en su versión 193 valores de 3.0, 2.5 y 2.0 recomendando 2.5 o 3.0 para caminos principales y 2.0 para secundarios.

Determinación de espesores por capa

Una vez obtenido el número estructural SN para la sección estructural del pavimento, se requiere determinar una sección multicapa que en conjunto provea de suficiente capacidad de soporte equivalente al número estructural de diseño original. La siguiente ecuación puede utilizarse para obtener los espesores de cada capa, para la superficie

de rodamiento o carpeta, base y subbase, notándose que el método AASHTO, versión 1993, ya involucra coeficientes de drenaje particulares para la base y subbase.

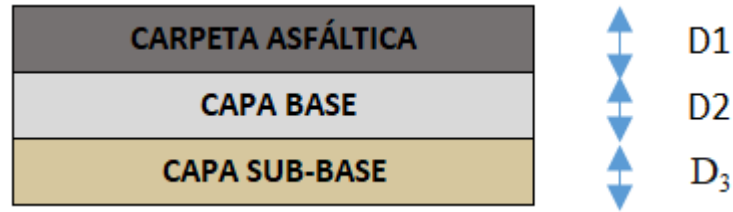


Figura 7. Espesores de las capas del pavimento flexible

Fuente: Lizbeth Villacrés

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

Donde

a₁, a₂, a₃ = coeficientes estructurales de la carpeta, base y subbase respectivamente

D₁, D₂, D₃ = espesor de la carpeta, base y subbase respectivamente.

m₂ y m₃ = coeficientes de drenaje para base y subbase respectivamente.

Para el cálculo de los espesores D₁ y D₂ (en pulgadas), el método sugiere respetar los valores mínimos, en función del tránsito en ejes equivalentes sencillos acumulados.

Tabla 10. Espesores mínimos en pulgadas en función de los ejes equivalentes.

Tráfico, W18	Concreto Asfáltico, D1	Capa Base, D2
<50000	1,0(o Tratamiento superficial.)	4
50001 a 150000	2,0	4
150001 a 500000	2,5	4
500001 a 2000000	3,0	6
2000001 a 7000000	3,5	6
7000000	4,0	6

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Coefficientes estructurales (a_1 , a_2 , a_3)

Los materiales usados en cada una de las capas de la estructura de un pavimento flexible, tiene un coeficiente estructural, " a_i ", el cual representa la capacidad estructural del material para resistir las cargas solicitantes.

Estos coeficientes están basados en correlaciones obtenidas a partir de la prueba AASHTO de 1958-60 y ensayos posteriores que se han extendido a otros materiales y otras condiciones para generalizar la aplicación del método.

Coefficiente estructural de la carpeta asfáltica (a_1)

Si conocemos la estabilidad Marshall en libras o el módulo de elasticidad de la mezcla asfáltica en psi, determinamos el coeficiente estructural a_1 . (Ver Anexo1).

Coefficiente estructural de la base granular (a_2) (Ver Anexo2).

Coefficiente estructural de la sub base granular (a_3) (Ver Anexo3).

Coefficientes de drenaje (m_2 y m_3)

La calidad del drenaje se define en términos del tiempo en que el agua tarda en ser eliminada de las capas granulares (capa base y subbase), la AASHTO define cinco capacidades de drenaje, que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 11. Capacidad del drenaje

Calidad del drenaje	Agua eliminada en
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Deficiente	agua no drenada

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

En la siguiente tabla se presentan los valores recomendados para m_2 y m_3 (bases y subbase granulares sin estabilizar) en función de la calidad del drenaje y el porcentaje

del tiempo a lo largo de un año, en el cual la estructura del pavimento puede estar expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación.

Tabla 12. Valores m_i para modificar los coeficiente estructurales o de capa de bases y sub –bases sin tratamiento, en pavimentos flexibles

Calidad del Drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	menos del 1%	1-5 %	5-25%	Más del 25%
Excelente	1,40 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1,2
Buena	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1,00	1,0
Regular	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,00 - 0,80	0,8
Pobre	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0,6
Deficiente	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0,4

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Análisis del Diseño final con sistema multicapa

Deberá reconocerse que, para pavimentos flexibles, la estructura es un sistema de varias capas, por tal deberá diseñarse de acuerdo a ello.

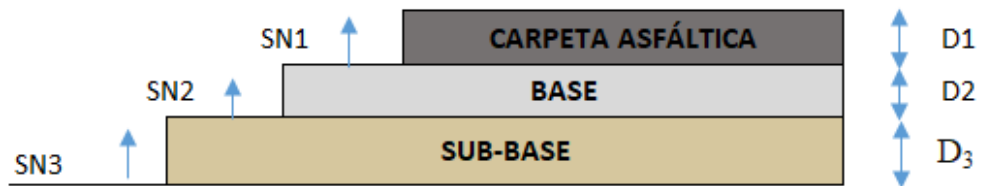


Figura 8. Espesores mínimos en función del SN

$$D_{.1} \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN_{.1} = a_1 * D_1 \geq SN_1$$

$$D_{.2} \geq \frac{SN_2 * SN_{.1}}{a_1 m_2}$$

$$SN_{.1} + SN_{.2} \geq SN_{.2}$$

$$D_{.3} \geq \frac{SN_3 - (SN_{.1} + SN_{.2})}{a_3 m_3}$$

1.1.4 Hipótesis

- El valor CBR disminuye a medida que incrementa el tiempo de saturación de las muestras desde 0, 24, 72 y 96 horas.
- El hinchamiento o esponjamiento de las muestras saturadas aumenta a medida que incrementa el tiempo de saturación de las muestras desde 0, 24, 72 y 96 horas.
- La variación de los valores CBR de subrasante para los tiempos de saturación influye en los espesores de carpeta asfáltica, base y subbase de la estructura de un pavimento flexible.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Realizar el análisis comparativo del CBR de laboratorio saturado y sin saturar en suelos granulares del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar un muestreo representativo de suelos granulares de las parroquias rurales: Quisapincha, Juan Benigno Vela, Izamba, Montalvo, Constantino Fernández, y Unamuncho.
- Analizar las propiedades físico-mecánicas de los suelos granulares del cantón Ambato, a través de la investigación de campo (densidad de campo, pozo a cielo abierto) y laboratorio (Contenido de humedad natural, índice plástico, granulometría, límite líquido, límite plástico, Proctor modificado, California Bearing Ratio (CBR)).
- Obtener los valores de CBR para suelos saturados durante 24, 72 y 96 horas; y sin saturar.
- Establecer la diferencia que existe entre los valores de CBR para cada estado de saturación
- Aplicar los valores de CBR obtenidos para el diseño de un pavimento flexible.

CAPITULO II

METODOLOGÍA

La metodología empleada para el desarrollo de la presente investigación es experimental, a continuación, se expone los tipos de investigación empleados.

Exploratoria:

Se realiza en primer punto una investigación de carácter exploratoria pues es indispensable tener muy claro los puntos en los cuales se va a tomar las muestras necesarias para el análisis, siendo estos los sectores de: Unamuncho, Juan Benigno Vela, Martínez, Montalvo, Constantino Fernández e Izamba.

Descriptivo:

Una vez realizados los ensayos correspondientes tanto en campo como en laboratorio se procede a interpretar y describir los resultados.

Explicativo:

El estudio busca realizar una comparación entre los valores de CBR para suelos en distinto estado de saturación, por lo cual se procede a explicar que sucedió con el suelo en cada ensayo realizado.

Población y Muestra:

La población con la que se realizó la investigación son los suelos granulares correspondientes a 6 parroquias rurales del cantón Ambato.

La muestra es el suelo extraído en campo de las calicatas realizadas en las parroquias rurales: Quisapincha, Juan Benigno Vela, Izamba, Montalvo, Constantino Fernández, y Unamuncho, para su posterior análisis en el laboratorio.

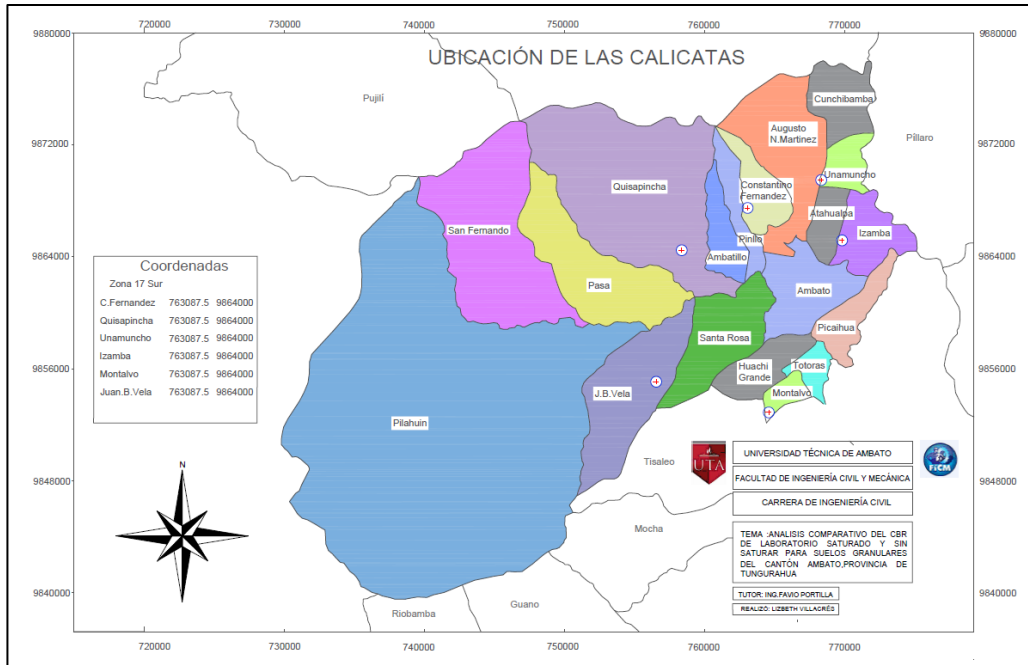


Figura 9. Georreferenciación de las Calicatas

Tabla 13. Ubicación de las Calicatas

Ubicación -Parroquia	Coordenadas	
	Norte	Este
Constantino Fernández	763087,5	9867489,8
Quisapincha	758383,7	9864470
Unamuncho	768341,59	9869485,04
Izamba	769831,83	9865176,40
Montalvo	764599,33	9852890,74
Juan Benigno Vela	756560,48	9855080,42

2.1 Materiales y Equipos

Los materiales y equipos necesarios para el desarrollo de la presente investigación se los presenta en la siguiente tabla:

Tabla 14. Materiales y Equipos

ENSAYOS	MATERIALES	EQUIPOS	NORMAS	FOTOGRAFÍA
Pozo a Cielo Abierto	Muestras in situ	Barra Pala Pico Flexómetro	AASHTO T 87-70	
Densidad de Campo (Método cono y arena)	Muestras in situ	Cono Placa base Cinzel Brocha cuchareta martillo	AASHTO T 191-2014	
Gravedad Especifica de solidos	50 gr de suelo que pasa el tamiz numero 40	Tamiz Mortero Pistilo Picnómetro Embudo Termómetro Pipeta Baño María	AASHTO T 100-2015	
Granulometría	Muestra Cuarteada	Tamizadora Juego tamices Brocha Recipiente	AASHTO T 88-2013	
Límite Líquido	150 gr de suelo que pasa el tamiz número 40	Copa Casagrande Mortero Espátula Acanalador Recipientes de aluminio Calibrador pie de rey	AASHTO T 89-2013	

Límite Plástico	150 gr de suelo que pasa el tamiz número 40	Placa de vidrio Fuente de mezclado	AASHTO T 90-2016	
Proctor modificado Tipo B	18 kg de suelo que pasa el tamiz número 4	Bandeja Metálica Martillo de compactación Molde ø6" con extensión y base Probeta Palustre Regleta	AASHTO T 180-2018	
California Bearing Ratio CBR	18 kg de suelo que pasa el tamiz número 4	Multispeed V1172 Moldes metálicos, pesas	AASHTO T 193-2012	

Autor: Lizbeth Villacrés

2.2 Métodos

2.2.1 Plan de Recolección de Datos

En primer lugar, se realiza el ensayo de densidad de campo por el método de cono y arena, posteriormente se procede a obtener las muestras, aproximadamente 100 kg, además se debe tomar una pequeña muestra inalterada la cual se coloca en fundas herméticas para poder determinar el contenido de humedad, este proceso se lo realiza en los 6 lugares mencionados anteriormente.

Una vez obtenidas las muestras se procede a realizar los ensayos en el Laboratorio

Para el análisis granulométrico se toma 700 gr de suelo completamente seco, se vierte en el juego de tamices ubicados en forma descendente como establece la norma AASHTO T88 2013, y se lo coloca en la tamizadora eléctrica.

Para realizar los ensayos de Límites de Atterberg y gravedad específica se tamiza una muestra de suelo que pase por el tamiz número 40 y se procede a realizar los ensayos siguiendo las normas expuestas anteriormente.

El ensayo Próctor modificado nos permitirá determinar la máxima densidad a través del contenido de humedad óptimo, para lo cual se coloca el suelo con humedad controlada, en capas dentro del molde, cada capa se compacta con el martillo de peso y altura estandarizada, se repite el procedimiento con distintos contenidos de humedad siendo necesario mínimo cuatro puntos.

El contenido de humedad óptima nos permitirá realizar el ensayo CBR, cuyas muestras pasaran por distintos estados de saturación antes de ser ensayadas.

Para el diseño del pavimento se procede a realizar el conteo vehicular en la Parroquia Izamba Calle La Paz, mismo que nos permite determinar los factores necesarios para llevar a cabo el diseño.

2.2.2 Plan de Procesamiento y Análisis de Información

Para el procesamiento de la información primero se identificará las zonas en las cuales se extraerá las muestras, seguido se procede a realizar los ensayos tanto en campo como en laboratorio cuyo análisis se llevará a cabo mediante el software Excel, se diseñará las plantillas necesarias para el ingreso de datos de cada prueba realizada, así como también las fórmulas que nos permitan obtener resultados veraces.

El diseño del pavimento se lo realizó con ayuda del software DISAASHTO-93 desarrollado por el Ingeniero Andrés García, dicho programa nos permite calcular el Número Estructural y también los diferentes espesores de las capas estructurales del pavimento, en base a un previo análisis del tráfico.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en los ensayos de campo y laboratorio pertenecientes a las seis parroquias rurales del cantón Ambato (Constantino Fernández, Izamba, Juan benigno Vela, Montalvo, Quisapincha y Unamuncho).

A partir de los resultados obtenidos se diseña tres estructuras de pavimento con los valores de CBR sin saturar y saturado durante 72 y 96 horas.

3.1.1 Análisis de Propiedades Índice

Tabla 15. Propiedades Índice del suelo

Ubicación	Humedad Natural (%)	Gravedad Específica (Gs)	Relación de Vacíos (e)	Porosidad n (%)	Grado de saturación del agua Gw(%)	Grado de Saturación del aire Ga(%)
Constantino Fernández	21,6	2,621	0,9	47,48	66,66	33,34
Izamba	4,41	2,506	1,14	53,33	10,41	89,59
Juan Benigno Vela	27,08	2,503	0,99	49,86	72,19	27,81
Montalvo	3,66	2,578	0,99	49,71	9,72	90,28
Quisapincha	16,11	2,541	0,44	30,66	97,15	2,85
Unamuncho	14,23	2,608	0,63	38,53	59,91	40,09

Fuente: Lizbeth Villacrés

En la tabla anterior se puede observar ciertas características de los suelos analizados, importantes para su clasificación, así los suelos de Juan Benigno Vela, Constantino Fernández y Quisapincha son los que presentan mayor contenido de humedad mismos que al obtener las muestras in situ presentaban una tonalidad café oscuro a diferencia de los demás suelos cuya tonalidad era más clara debido a su bajo contenido de humedad, además se puede apreciar que el contenido de humedad está relacionado con

el grado de saturación del agua así a mayor contenido de humedad mayor grado de saturación del agua y menor grado de saturación de aire.

La gravedad específica de las muestras varía desde 2,503 hasta 2,621 lo cual corresponde según Bowles a suelos granulares con material orgánico.

3.1.2 Análisis de Clasificación de los suelos:

Tabla 16. Clasificación del Suelo

Ubicación	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)	Clasificación		Granulometría		
						Grava	Arena	Limo
						G%	S%	F%
Constantino Fernández	23,43	22,5	0,93	SUCS	SM	0,31	74,76	24,93
				AASHTO	A 2-4	3,44	71,63	24,93
Izamba	23,43	22,5	0,93	SUCS	SM	0,43	86,69	12,89
				AASHTO	A 2-4	4,51	82,6	12,89
Juan Benigno Vela	23,72	22,05	1,68	SUCS	SM	1,87	75,33	22,8
				AASHTO	A 2-4	5,59	71,61	22,8
Montalvo	23,03	21,2	1,84	SUCS	SM	0,03	86,11	13,86
				AASHTO	A 2-4	0,26	85,89	13,86
Quisapincha	29,38	27,37	2,01	SUCS	SM	0,46	78,67	20,87
				AASHTO	A 2-4	6,39	72,74	20,87
Unamuncho	22,22	20,66	1,56	SUCS	SM	0	70,63	29,37
				AASHTO	A 2-4	0,14	70,49	29,37

Fuente: Lizbeth Villacrés

De acuerdo al sistema de clasificación SUCS las seis muestras son suelos con partículas gruesas ya que más de la mitad del material es retenido en el tamiz número 200, otro aspecto a tomar en cuenta es que más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla número 4 lo cual corresponde a la clasificación SM: arenas limosas, mezcla de arena y limo, las mismas que presentan una cantidad apreciable de partículas finas.

La clasificación de suelos según AASHTO los clasifica en primer lugar como materiales granulares ya que 35% o menos pasa el tamiz 200, seguido de eso los subclasifica en suelos A 2-4 ya que máximo el 35% pasa el tamiz número 200 y cumple con las condiciones para límite líquido un valor máximo de 40 e índice plástico como máximo 10, estos suelos corresponden a suelos granulados arcillosos o barrosos, arenas y gravas con alto contenido de finos. La AASHTO lo denomina como un suelo que va de excelente a bueno para la subrasante.

3.1.3 Representación de las muestras en las cartas de plasticidad

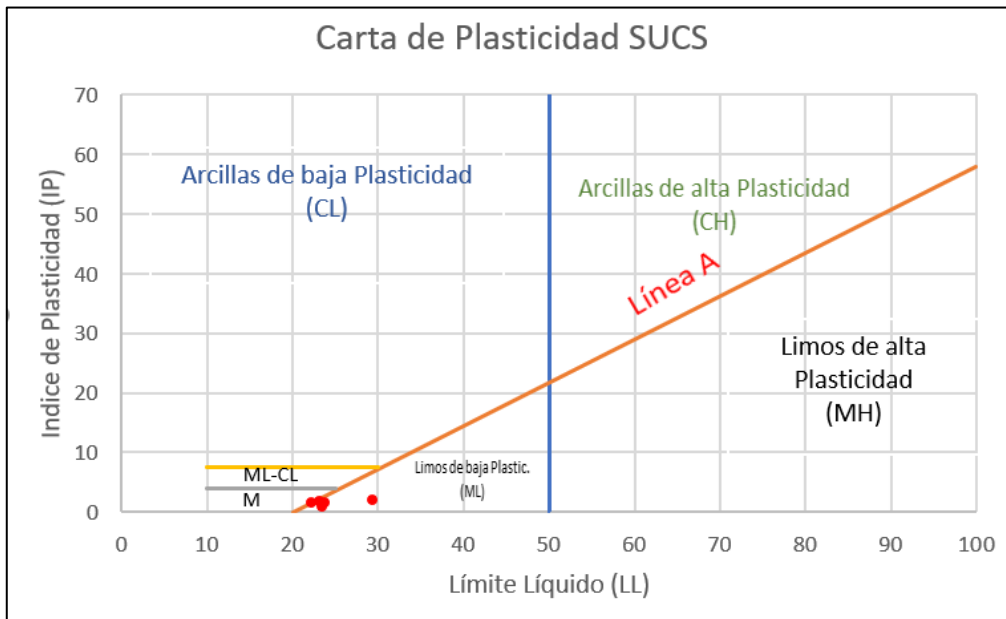


Figura 10. Representación de las muestras en la Carta de Plasticidad SUCS

Autor: Lizbeth Villacrés

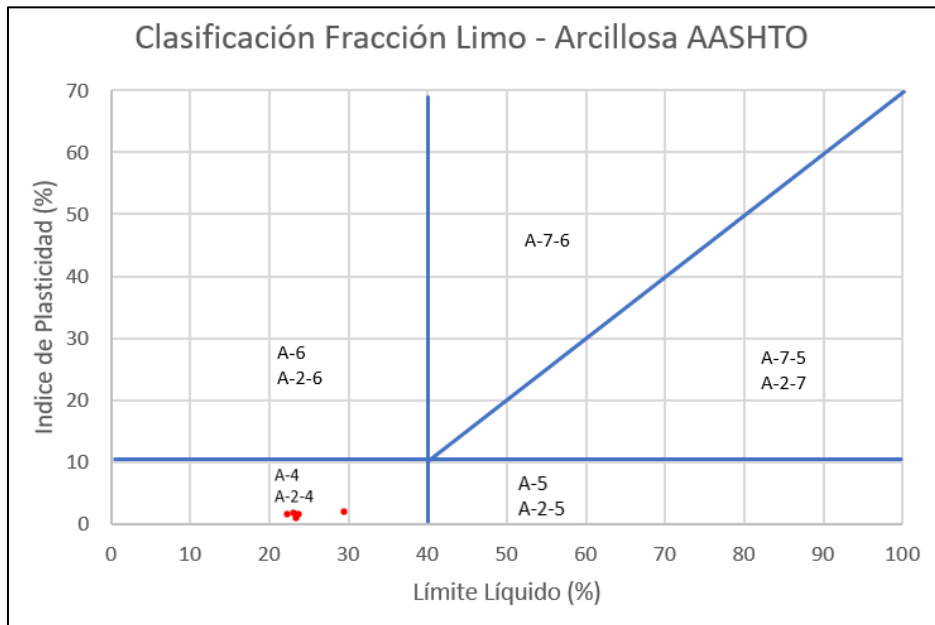


Figura 11. Representación de las muestras en la Carta de Plasticidad AASHTO

Autor: Lizbeth Villacrés

Tabla 17. Propiedades Mecánicas del Suelo

Ubicación	Ensayo de Compactación Proctor			Ensayo CBR							
	Densidad Seca Máxima (gr/cm ³)	Óptimo Contenido de Humedad ω%	Grado de Compactación (%)	Saturación (H)	CBR	CBR 0,1"	CBR 0,2"	Esponjamiento	Humedad después del remojo	Densidad Seca	Densidad Húmeda
					(mayor)	95%DSM	95%DSM	Media (0,01plg)	Media (%)	Media (gr/cm ³)	Media (gr/cm ³)
Constantino Fernández	1,63	18,5	86,18	0	45,50	40,50	45,50	0,00	0,00	1,52	0,00
				24	41,00	32,50	41,00	0,93	0,23	1,56	1,92
				72	27,80	24,80	27,80	1,07	0,23	1,58	1,94
				96	22,50	18,50	22,50	1,55	0,24	1,58	1,95
Izamba	1,68	12,7	73,68	0	45,40	34,00	45,40	0,00	0,00	1,51	0,00
				24	35,70	30,50	35,70	5,55	0,23	1,52	1,87
				72	27,70	26,00	27,70	7,28	0,23	1,53	1,89
				96	26,00	22,00	26,00	8,40	0,23	1,55	1,91
Juan Benigno Vela	1,648	19,2	80,63	0	22,70	21,60	22,70	0,00	0,00	1,53	0,00
				24	20,40	16,00	20,40	2,99	0,24	1,54	1,93
				72	8,60	7,00	8,60	3,19	0,22	1,58	1,95
				96	5,20	3,10	5,20	4,52	0,27	1,56	1,94
Montalvo	1,57	13	84,84	0	52,00	38,00	52,00	0,00	0,00	1,46	0,00
				24	39,00	34,00	39,00	0,08	0,25	1,47	1,83
				72	37,50	37,50	35,50	0,98	0,27	1,44	1,81
				96	36,00	36,00	36,00	1,78	0,27	1,43	1,76
Quisapincha	1,655	16,8	111,12	0	39,40	37,60	39,40	0,00	0,00	1,43	0,00
				24	36,10	32,80	36,10	0,43	0,22	1,55	1,89
				72	32,50	28,30	32,50	4,64	0,24	1,48	1,88
				96	31,80	28,50	31,80	7,07	0,25	1,51	1,88
Unamuncho	1,656	15,7	98,31	0	48,00	48,00	46,50	0,00	0,00	1,52	0,00
				24	37,00	31,50	37,00	0,40	0,19	1,57	1,89
				72	35,50	33,00	35,50	1,30	0,24	1,54	1,88
				96	14,80	14,80	13,80	3,13	0,26	1,67	1,88

En la tabla anterior se presenta el resumen de las propiedades mecánicas de la subrasante para las distintas parroquias rurales del Cantón Ambato, dentro de las cuales se realizó los ensayos de CBR para distintos estados de saturación, representando en las siguientes gráficas una comparación que permite analizar cómo influye el tiempo de saturación con los valores de CBR Obtenidos.

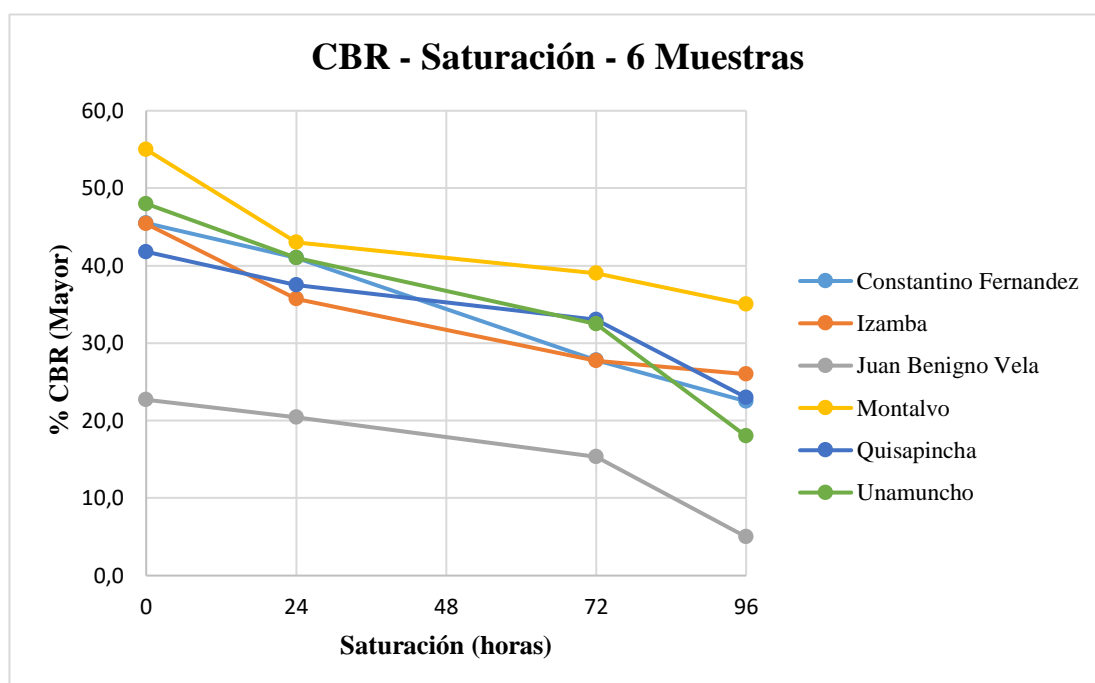


Figura 12. CBR vs Saturación (Todas las muestras)

Fuente: Lizbeth Villacrés

Se puede observar que las muestras de Izamba, Constantino Fernández, Quisapincha y Unamuncho se mantienen dentro de un rango similar en los valores de CBR. Estos van de 41,8 a 48% para las muestras sin saturar y de 18 a 26% para las muestras saturadas por 96 horas. Mientras que la muestra de Juan Benigno Vela presenta valores más bajos de CBR llegando a 5% a las 96 horas de saturación, y Montalvo valores más altos llegando a 35% a las 96 horas de saturación.

Así, se tienen diferencias en el valor de CBR de 5,3%, 1,7%, 10,3%, 4% 10% y 14,5% en las últimas 24 horas de saturación y diferencias de CBR de 23; 19,4; 17,7; 20; 18,8; y 30% transcurridas las 96 horas, valores dados en el orden establecido a la derecha de la imagen.

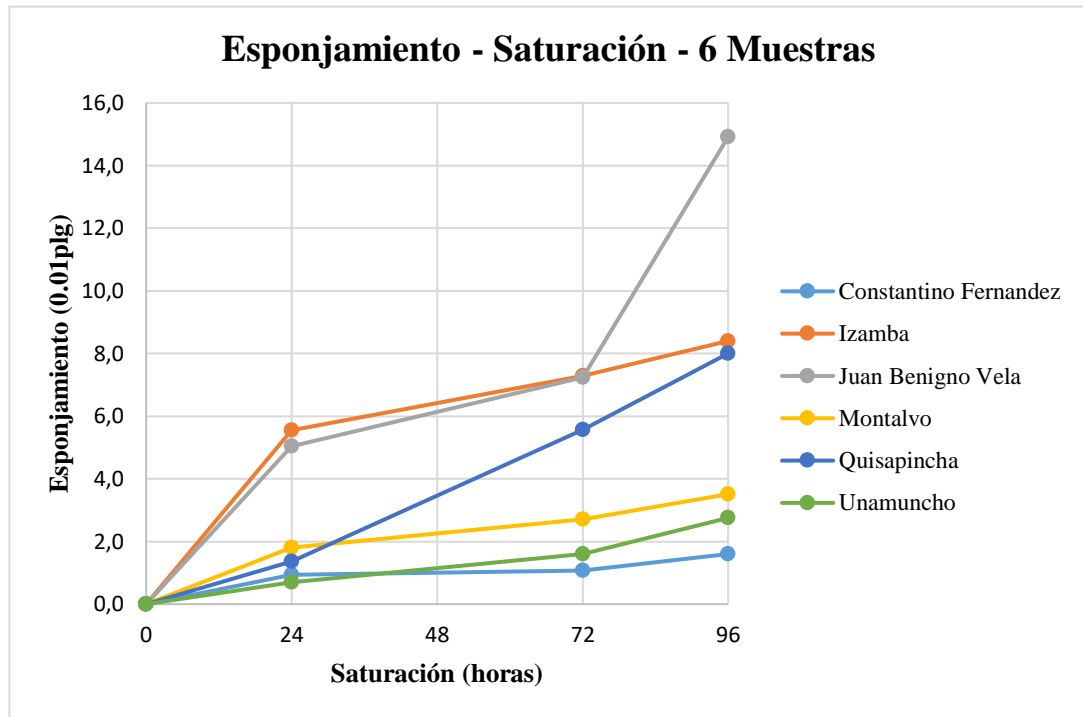


Figura 13. Esponjamiento vs Saturación (Todas las muestras)

Luis Chang [19], presenta los siguientes valores de hinchamiento y sus respectivos valores de CBR.

- Suelos con Hinchamiento de 3% o más, generalmente tienen CBR < 9%
- Suelos con Hinchamiento de 2% como máximo tienen CBR ≥ 15 %
- Suelos con Hinchamiento < a 1% tienen generalmente CBR > 30%

Analizando los resultados obtenidos Juan Benigno Vela presenta un hinchamiento máximo de 3% ($14,91 \times 10^{-2}$ plg), siendo el suelo que mayor esponjamiento presentó: En el caso de Izamba y Quisapincha se obtuvieron hinchamientos que no superan el 2% teniendo valores de 1.68% (8.40×10^{-2} plg), y 1.60% (8×10^{-2} plg) respectivamente. Mientras que, para Constantino Fernández, Montalvo y Unamuncho los valores de hinchamiento fueron menores a 1%, 0.31% (1.55×10^{-2} plg), 0.70% (3.51×10^{-2} plg) y 0.55% (2.75×10^{-2} plg) respectivamente. Sin embargo, los valores de CBR para Montalvo y Unamuncho no superan el 30% a las 96 horas de saturación.

3.1.3.1 Análisis de CBR en distintos estados de saturación, correspondiente a la Parroquia Constantino Fernández:

Tabla 18. Valores de CBR mayor Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	CBR (mayor)
0	45,5
24	41,0
72	27,8
96	22,5

Fuente: Lizbeth Villacrés

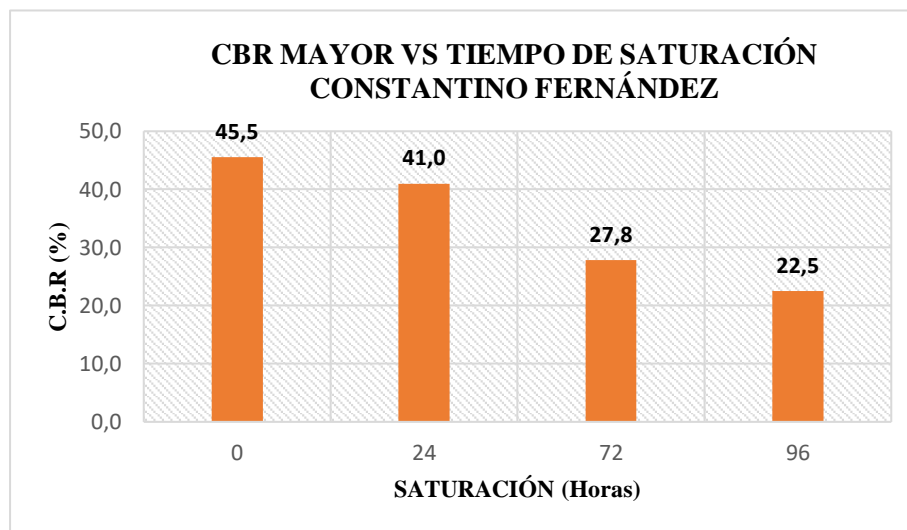


Figura 14. CBR de diseño Vs Tiempo de Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

En la gráfica anterior se puede observar que a medida que se incrementa la saturación los valores de CBR van disminuyendo, teniendo en cuenta que en las primeras 24 horas el valor de CBR se reduce en 4.5%, seguido de una diferencia considerable de 13.2% en 48 horas y una diferencia mínima de 1.7% en las últimas 24 horas de saturación, obteniendo 22.5% de CBR como el valor más bajo.

Se aceptan como valores finales de CBR los valores obtenidos para 0.2” de penetración al ser estos superiores a los obtenidos para 0.1”.

Tabla 19. Valores de CBR para 0.1" de Penetración Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	CBR 0,1"			
	56	27	11	95%DSM
0	43,20	40,20	25,23	40,50
24	35,31	32,37	13,11	32,50
72	33,44	31,03	12,84	24,80
96	31,83	24,34	7,76	18,50

Fuente: Lizbeth Villacrés

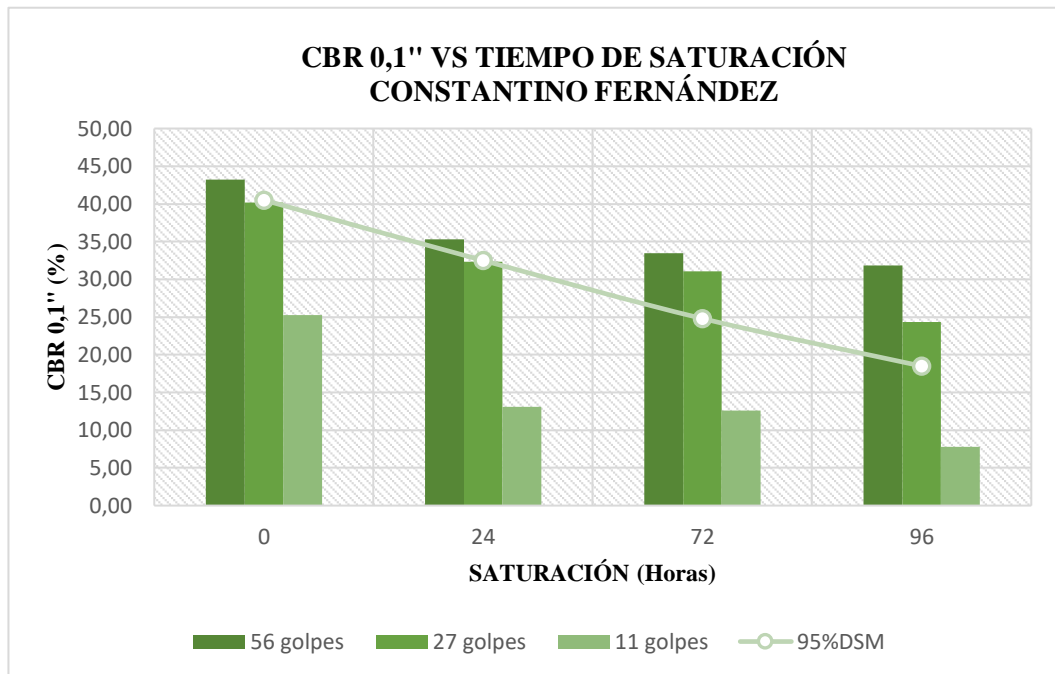


Figura 15. CBR para 0.1" de penetración Vs Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

Se puede presenciar que partiendo de un estado sin saturar para los moldes compactados con 56 golpes el valor de CBR disminuye en 7.89 % durante las primeras 24 horas, seguido de 1.87% en las siguientes 48 horas y finalmente 1.61% en las últimas 24 horas de saturación, mientras que para los moldes de 27 y 11 golpes los valores de CBR se reducen en 7.83%, 1.34%, 6.69% y 12.12%; 0.27% y 5.08%, respectivamente.

La línea que muestra los valores de CBR para el 95% de la máxima densidad seca empieza a decaer conforme incrementan las horas de saturación llegando a un valor mínimo de 18.5% a los 4 días de saturación.

Tabla 20. Valores de CBR para 0.2" de Penetración Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	CBR 0,2"			
	56	27	11	95%DSM
0	59,02	44,20	23,95	45,50
24	46,19	40,12	12,84	41,00
72	43,87	35,22	12,48	27,80
96	36,56	30,14	7,04	22,50

Fuente: Lizbeth Villacrés

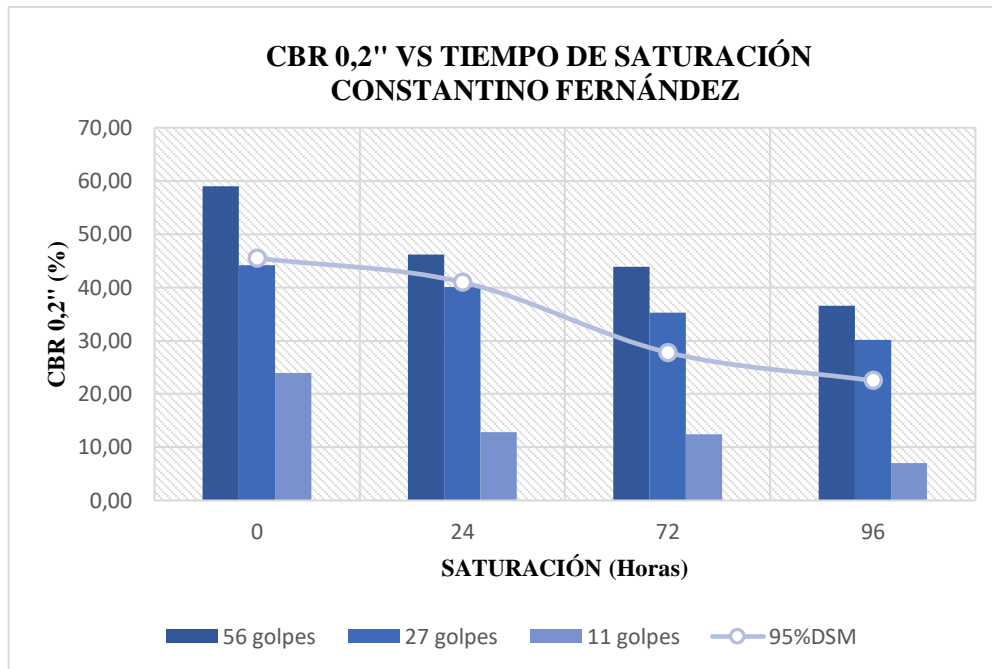


Figura 16. CBR para 0.2" de penetración Vs Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

A medida que se aumenta el número de golpes de compactación el valor de CBR incrementa, pero este valor disminuye de acuerdo al tiempo de saturación, presentando en las últimas 24 horas, diferencias de 7.34%, 5.08% y 5.8%, en los moldes de 56, 27 y 11 golpes respectivamente.

En los moldes ensayados de 56 y 27 golpes por capa los valores de CBR para 0.2" de penetración superan a los valores de CBR para 0.1", al igual que todos los valores de CBR para el 95% de la Máxima Densidad Seca, por lo tanto, esos valores serán aceptados como valores finales de CBR.

Tabla 21. Valores de Esponjamiento Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	ESPONJAMIENTO (0,01 plg)			
	56	27	11	MEDIA
0	0	0	0	0,00
24	0,87	0,88	1,04	0,93
72	0,96	0,96	1,28	1,07
96	1,42	1,46	1,92	1,60

Fuente: Lizbeth Villacrés

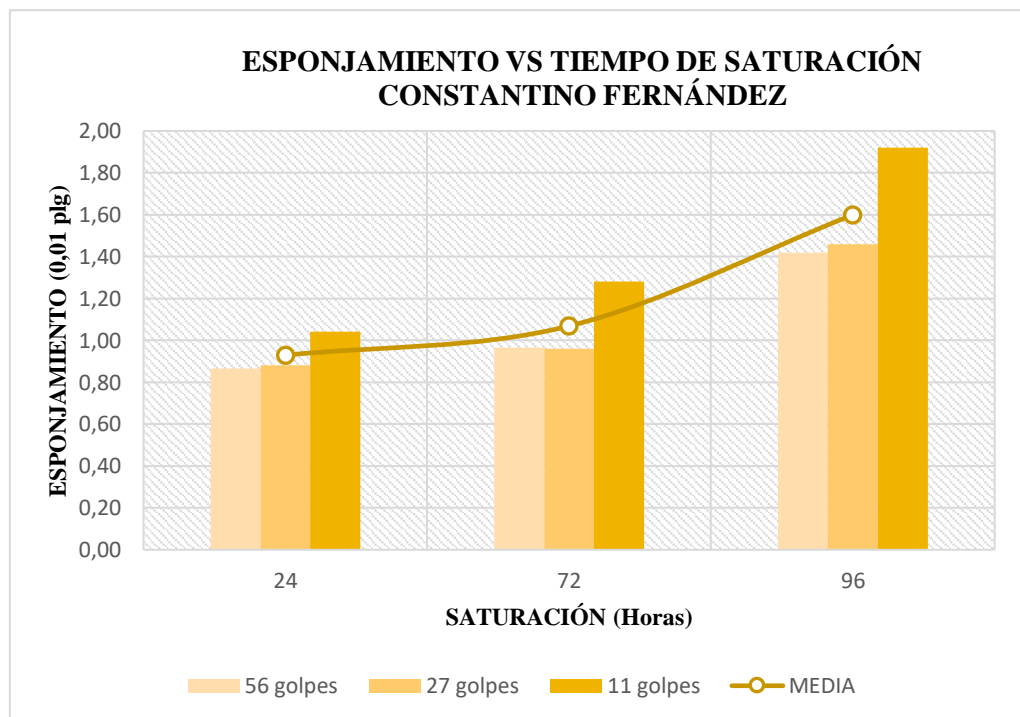


Figura 17. Esponjamiento Vs Tiempo de Saturación -Constantino Fernández

Fuente: Lizbeth Villacrés

A medida que disminuye el número de golpes, el valor del esponjamiento aumenta, a excepción de los moldes con 56 y 27 golpes saturados por 72 horas, cuyo esponjamiento se mantiene constante. Otro factor que influye en el incremento de este valor son los días de saturación, sin embargo, dichos valores no sobrepasan el 1.05% de hinchamiento. Según L. Chang [19], los suelos con hinchamiento hasta el 2% tienen CBRs mayores o iguales a 15%, dándonos como resultado un valor mínimo de CBR de 22.5%.

Tabla 22. Valores de humedad después del remojo Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	HUMEDAD DESPUÉS DEL REMOJO			
	56	27	11	MEDIA
0	0	0	0	0
24	19,85%	23,79%	24,43%	22,69%
72	20,10%	24,10%	24,66%	22,95%
96	20,76%	24,88%	25,28%	23,64%

Fuente: Lizbeth Villacrés

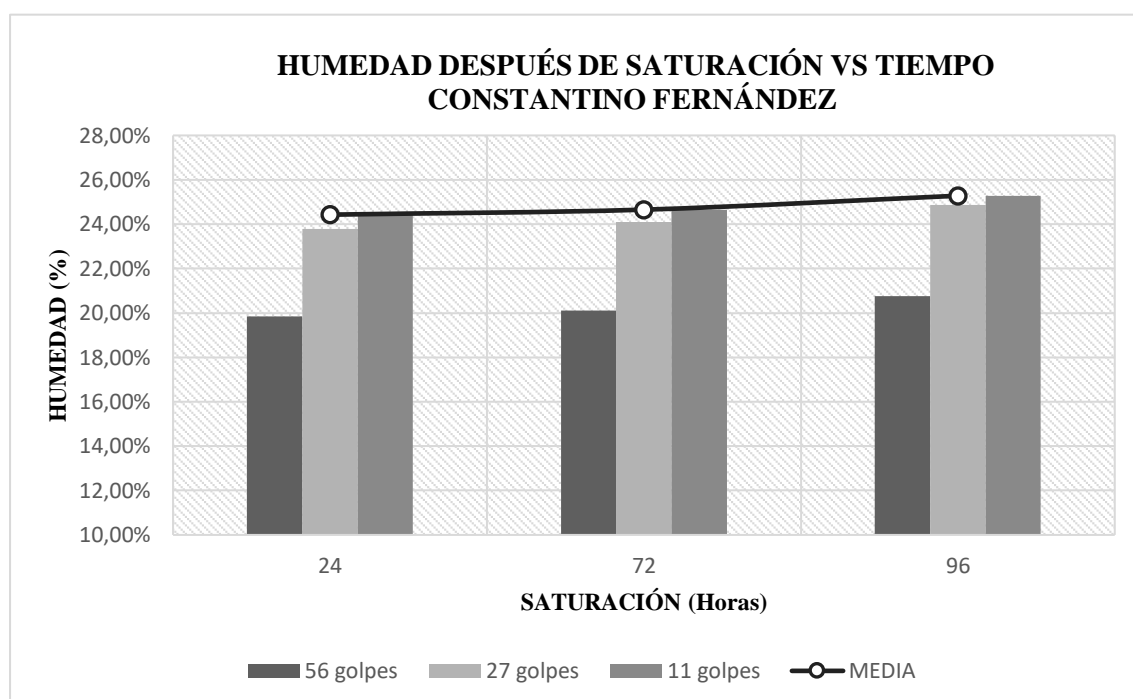


Figura 18. Humedad después de la saturación Vs Tiempo de Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

En el molde compactado con 56 golpes la humedad incrementa paulatinamente en 0.25% en 48 horas y 0.66% en las últimas 24 horas, mientras que para el molde de 27 golpes incrementa en 0.31% y 0.78%, finalmente el molde con 11 golpes presenta incrementos de 0.23% y 0.62%. Dándonos como resultado una media con un 5.34% de incremento de humedad en las 96 horas de saturación, tomando en cuenta que se parte de un contenido óptimo de humedad de 18.3%.

Tabla 23. Valores de Densidad Seca Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)			
	56	27	11	MEDIA
0	1,592	1,542	1,428	1,521
24	1,627	1,530	1,515	1,557
72	1,666	1,576	1,485	1,576
96	1,680	1,577	1,486	1,581

Fuente: Lizbeth Villacrés

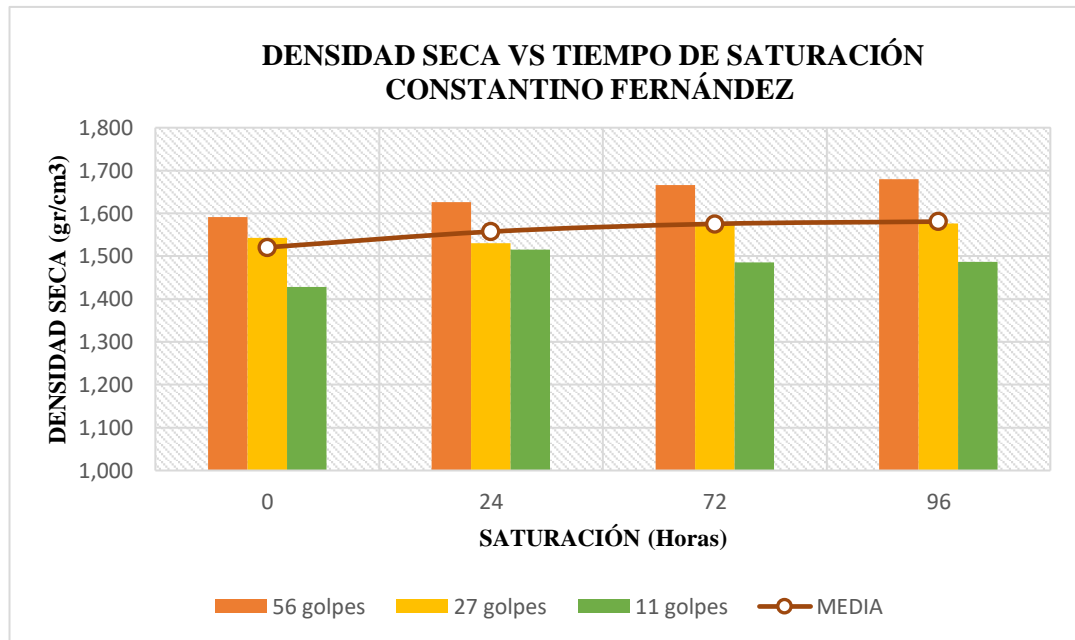


Figura 19. Densidad Seca Vs Tiempo de Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

En la gráfica anterior la densidad seca incrementa su valor a medida que incrementa el tiempo de saturación, así como también se observa un incremento conforme el número de golpes por capa, obteniendo así diferencias de 0.091gr/cm³ entre los moldes de 11 y 27 golpes; y 0.103 gr/cm³ entre los moldes de 27 y 56 golpes, saturados por 96 horas, mientras que el mayor valor obtenido de acuerdo al tiempo de saturación es de 0.087gr/cm³ en las primeras 24 horas respecto al molde de 11 golpes.

Tabla 24. Valores de Densidad Húmeda después de saturación Vs Tiempo

SATURACIÓN (horas)	DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)			
	56	27	11	MEDIA
0	0	0	0	0,000
24	1,961	1,879	1,931	1,924
72	2,003	1,945	1,863	1,937
96	2,022	1,941	1,877	1,947

Fuente: Lizbeth Villacrés

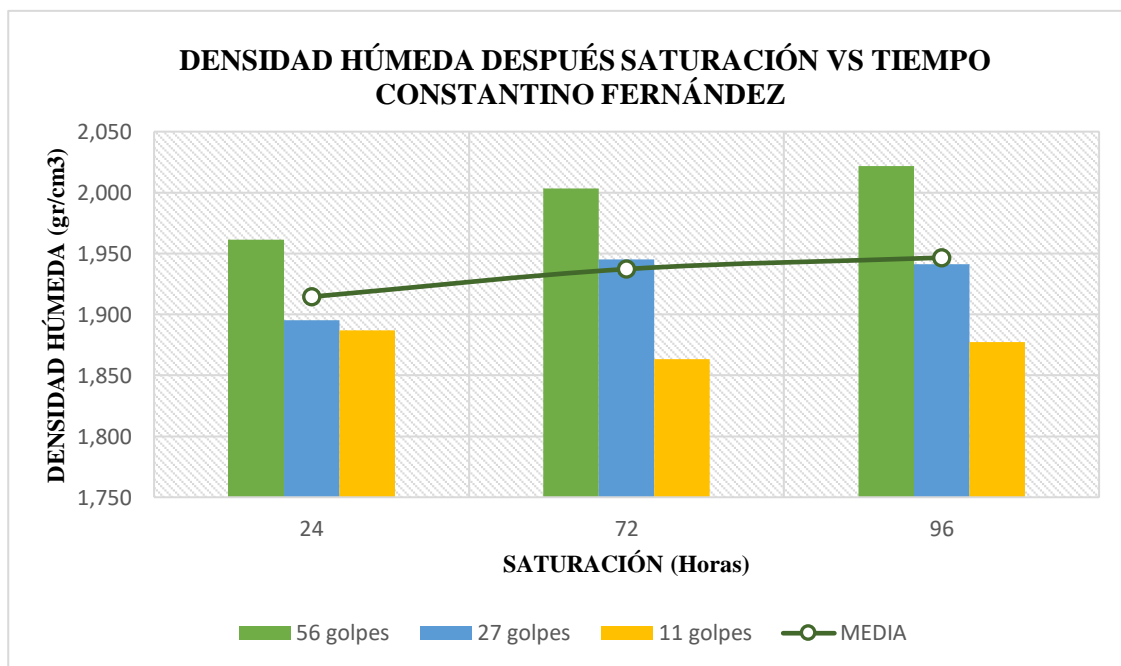


Figura 20. Densidad Húmeda después de saturación Vs Tiempo

Fuente: Lizbeth Villacrés

La gráfica anterior demuestra que la densidad húmeda después de la saturación aumenta a medida que se incrementa el número de golpes de compactación, así para los moldes de 72 horas de saturación se tiene variaciones de 0.082gr/cm³ entre el molde de 11 y 27 golpes y 0.058gr/cm³ entre el molde de 56 y 27 golpes, otro factor que influye en el incremento de este valor es el tiempo de saturación, teniendo una media de 0.013gr/cm³ de incremento en las primeras 48 horas y 0.014 gr/cm³ en las últimas 24 horas.

3.1.3.2 Análisis de CBR en distintos estados de saturación, correspondiente a la Parroquia Izamba:

Tabla 25. Valores de CBR mayor Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	CBR (mayor)
0	45,4
24	35,7
72	27,7
96	26

Fuente: Lizbeth Villacrés

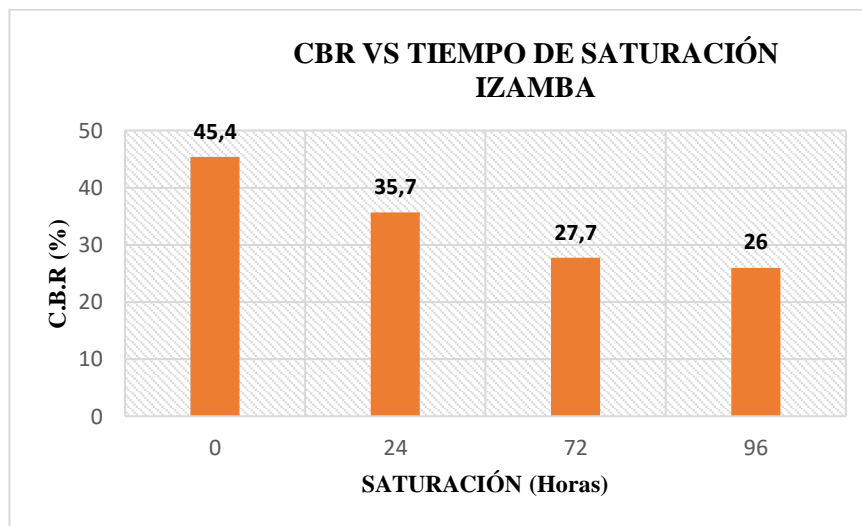


Figura 21. CBR de diseño Vs Tiempo de Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

En la gráfica anterior se puede observar que a medida que se incrementa la saturación los valores de CBR van disminuyendo, teniendo en cuenta que en las primeras horas el valor de CBR se reduce considerablemente en 9.7%, seguido de 8% en 48 horas y una diferencia mínima de 1.7% en las últimas 24 horas de saturación, teniendo una diferencia de 19.4% entre la muestra sin saturar y la muestra saturada por 4 días.

Tabla 26. Valores de CBR para 0.1" de Penetración Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	CBR 0,1"			
	56	27	11	95%DSM
0	35,31	26,48	26,21	34,00
24	34,24	20,06	6,95	30,50
72	29,42	18,19	5,08	26,00
96	27,28	17,92	4,81	22,00

Fuente: Lizbeth Villacrés

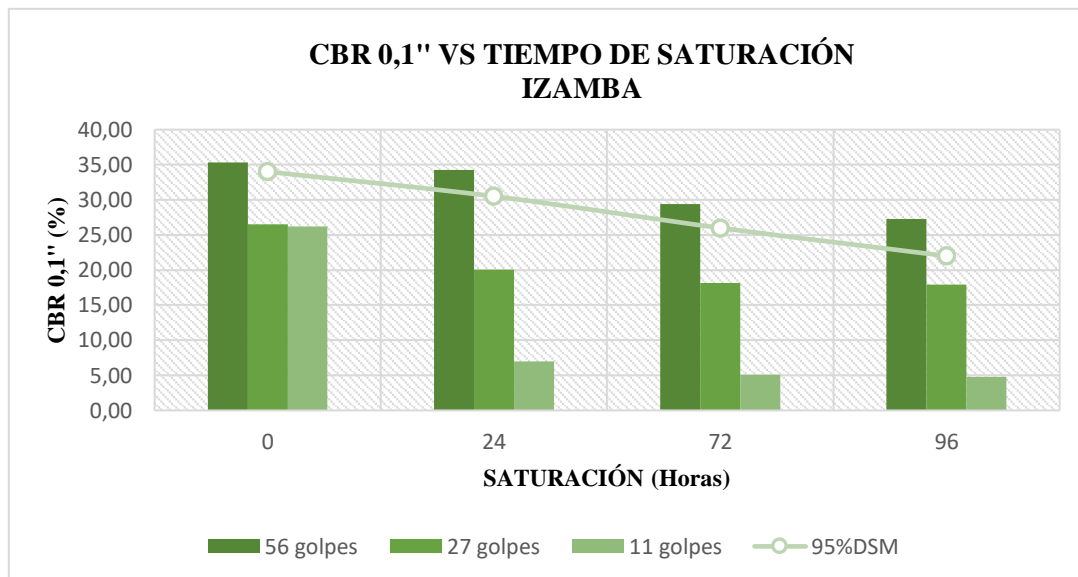


Figura 22. CBR para 0.1" de penetración Vs Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

En la gráfica anterior se puede presenciar que partiendo de un estado sin saturar para los moldes compactados con 56 golpes el valor de CBR disminuye en 1.07% durante las primeras 24 horas, seguido de 4.82% en las siguientes 48 horas y finalmente 2.14% en las últimas 24 horas de saturación, mientras que para los moldes de 27 y 11 golpes los valores de CBR se reducen en 6.42%, 1.87%, 0.27% y 19.26%; 1.87% y 0.27%, correspondientemente.

La gráfica que muestra los valores de CBR para el 95% de la máxima densidad seca empieza a decaer conforme incrementan las horas de saturación llegando a un valor mínimo de 22% a los 4 días de saturación

Tabla 27. Valores de CBR para 0.2" de Penetración Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	CBR 0,2"			
	56	27	11	95%DSM
0	46,72	35,31	35,49	45,40
24	40,66	21,04	6,69	35,70
72	31,39	18,19	4,19	27,70
96	32,81	20,51	4,81	26,00

Fuente: Lizbeth Villacrés

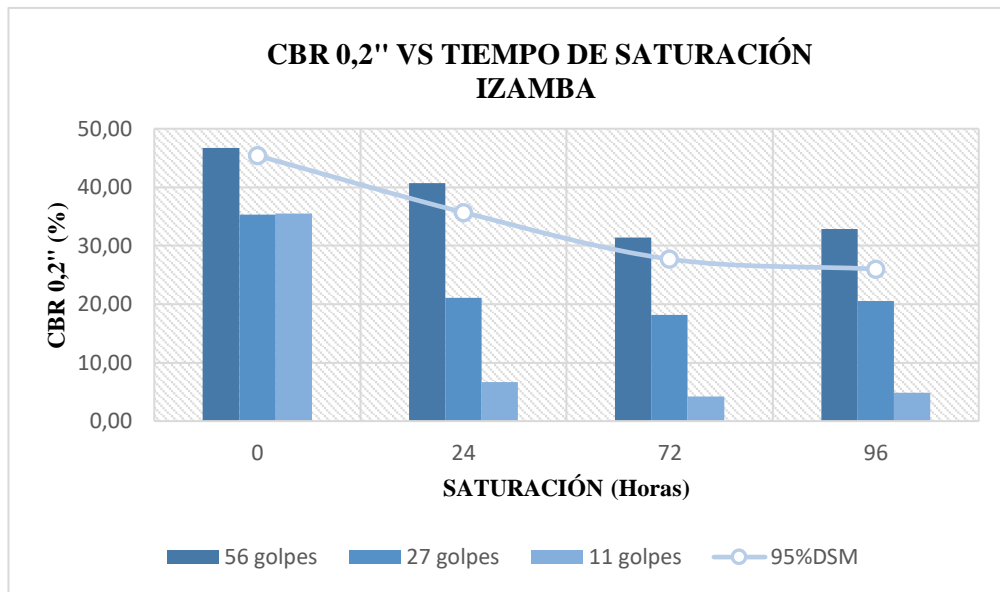


Figura 23. CBR para 0.2" de penetración Vs Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

En la gráfica anterior se puede apreciar que a mayor número de golpes por capa el valor de CBR aumenta, pero a medida que el tiempo de saturación incrementa los valores de CBR disminuyen sin embargo en las últimas 24 horas el valor de CBR decrece en pequeños porcentajes (1.42%, 2.32% y 0.62%).

En la mayoría de moldes ensayados los valores de CBR para 0.2" de penetración superan a los valores de CBR para 0.1", al igual que todos los valores de CBR para el 95% de la Máxima Densidad Seca, por lo tanto, esos valores serán aceptados como valores finales de CBR.

Se puede observar que en las últimas 24 horas de saturación los valores de CBR para el 95% de la máxima densidad seca tienen una diferencia mínima de 1.7%.

Tabla 28. CBR para 0.2" de penetración Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	ESPONJAMIENTO			
	56	27	11	MEDIA
0	0	0	0	0,00
24	5,71	5,04	5,91	5,55
72	6,97	6,42	8,46	7,28
96	7,52	8,70	8,98	8,40

Fuente: Lizbeth Villacrés

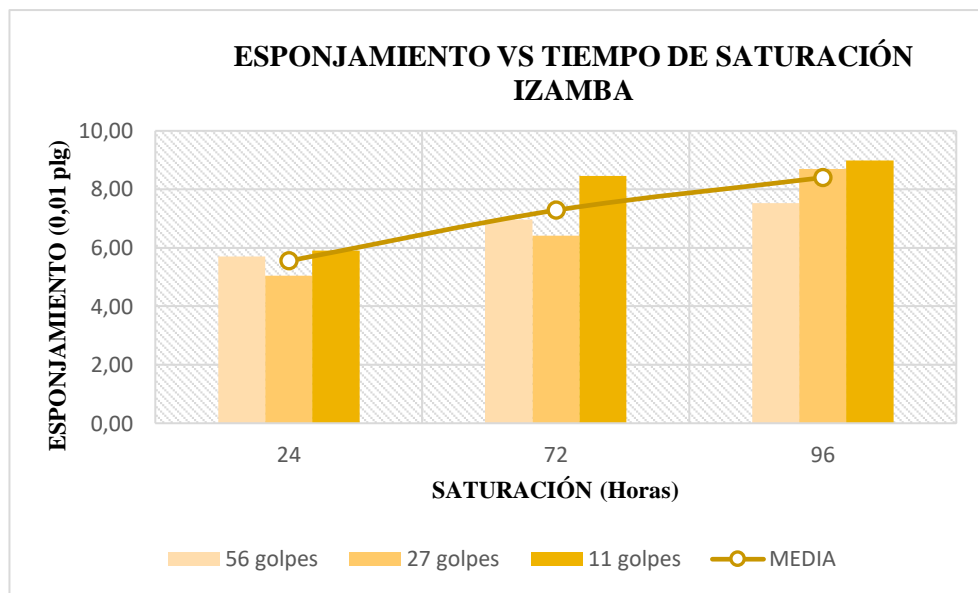


Figura 24. Esponjamiento Vs Tiempo de Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

A medida que disminuye en número de golpes el valor del esponjamiento aumenta, otro factor que influye en el incremento de este valor son los días de saturación, sin embargo, dichos valores no sobrepasan el 1.20% de hinchamiento. Según L. Chang [19], los suelos con hinchamiento hasta el 2% tienen CBRs mayores o iguales a 15%, dándonos como resultado un valor mínimo de CBR de 20.5%.

Tabla 29. Valores de humedad después del remojo Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	HUMEDAD DESPUÉS DEL REMOJO			
	56	27	11	MEDIA
0	0	0	0	0
24	20,20%	22,65%	24,68%	22,51%
72	20,27%	22,88%	24,89%	22,68%
96	20,45%	22,92%	25,95%	23,11%

Fuente: Lizbeth Villacrés

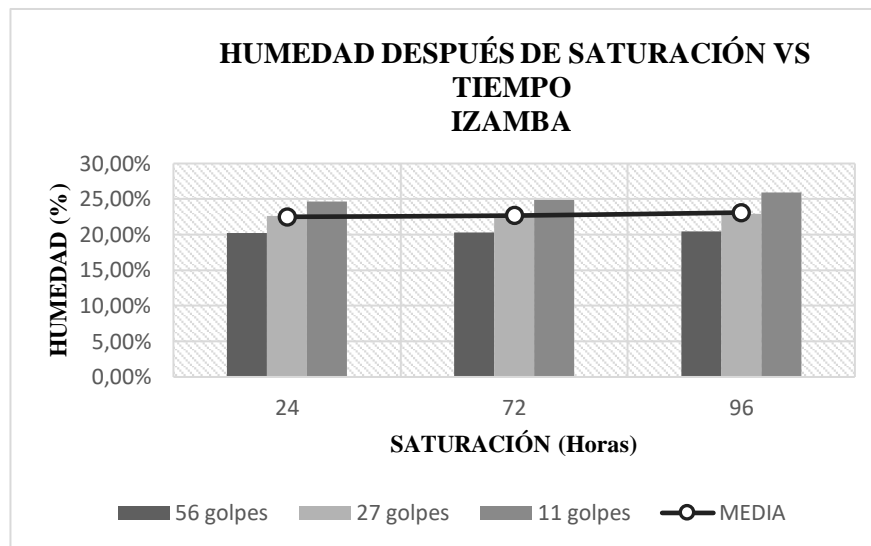


Figura 25. Humedad después de la saturación Vs Tiempo de Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

En el molde compactado con 56 golpes la humedad incrementa paulatinamente en 0.07% en 48 horas y 0.18% en las últimas 24 horas, mientras que para el molde de 27 golpes incrementa en 0.23 y 0.04%, finalmente el molde con 11 golpes presenta incrementos de 0.21% y 1.06%. Dándonos como resultado una media con un 10.41% de incremento de humedad en las 96 horas de saturación, tomando en cuenta que se parte de un contenido óptimo de humedad de 12.7%.

Como se puede apreciar en la gráfica anterior los moldes con menor número de golpes de compactación son los que más presentan incremento en la humedad, debido a que el agua ocupa los espacios vacíos que quedan entre las partículas del suelo.

Tabla 30. Valores de Densidad Seca Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	DENSIDAD SECA			
	56	27	11	MEDIA
0	1,612	1,481	1,424	1,506
24	1,618	1,526	1,429	1,524
72	1,622	1,527	1,437	1,529
96	1,661	1,545	1,443	1,550

Fuente: Lizbeth Villacrés

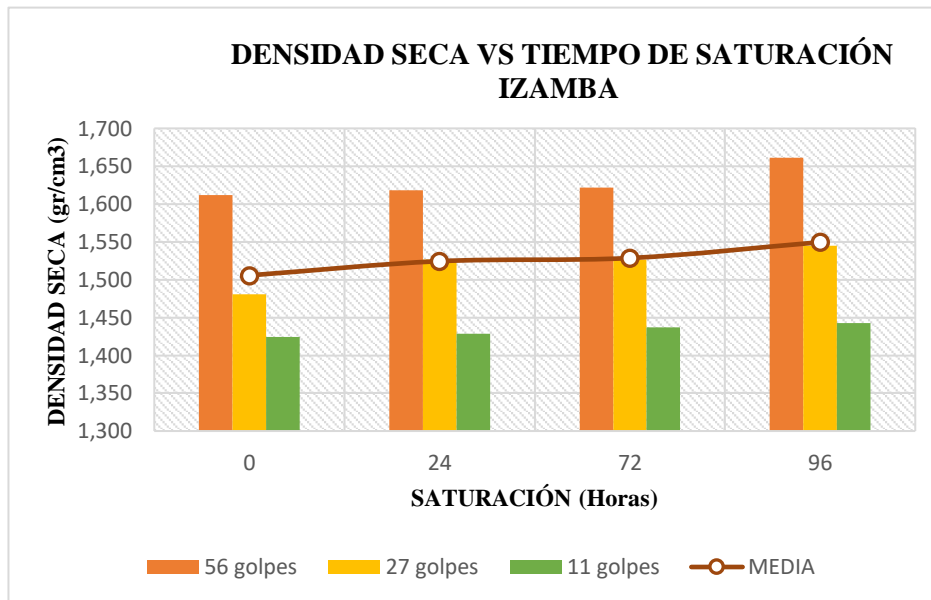


Figura 26. Densidad Seca Vs Tiempo de Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

Se puede observar que la densidad seca al igual que la densidad húmeda incrementa su valor a medida que incrementa el tiempo de saturación, sin embargo, la mayor diferencia se da cuando se incrementa el número de golpes, obteniendo así diferencias de 0.097gr/cm³ entre los moldes de 11 y 27 golpes; y 0.092 gr/cm³ entre los moldes de 27 y 56 golpes, mientras que el mayor valor obtenido de acuerdo al tiempo de saturación es de 0.045 gr/cm³ en las primeras 24 horas respecto al molde de 27 golpes.

Tabla 31. Valores de Densidad Húmeda después de saturación Vs Tiempo

SATURACIÓN (horas)	DENSIDAD HÚMEDA			
	56	27	11	MEDIA
0	0	0	0	0,000
24	1,941	1,876	1,778	1,865
72	1,951	1,892	1,830	1,891
96	1,977	1,904	1,836	1,905

Fuente: Lizbeth Villacrés

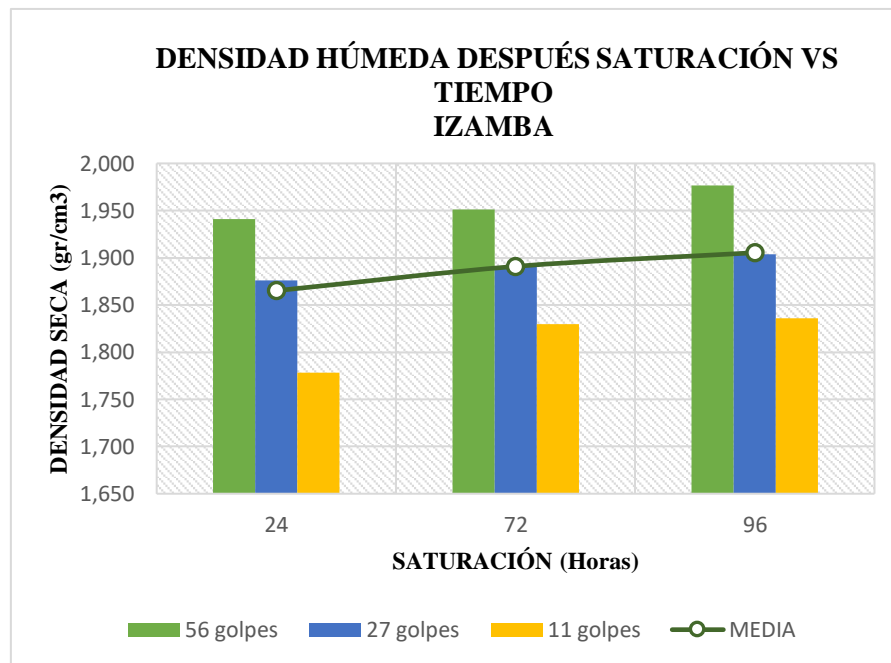


Figura 27. Densidad Húmeda después de saturación Vs Tiempo

En la figura anterior se puede ver que la densidad húmeda después de la saturación aumenta a medida que se incrementa el número de golpes de compactación, otro factor que influye en el incremento de este valor, pero en menor cantidad es el tiempo de saturación, teniendo una media de 0.026 gr/cm³ de incremento en las primeras 48 horas y 0.014 gr /cm³ en las últimas 24 horas.

3.1.3.3 Análisis de CBR en distintos estados de saturación, correspondiente a la Parroquia Juan Benigno Vela:

Tabla 32. Valores de CBR mayor Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	CBR (mayor)
0	22,7
24	20,4
72	15,3
96	5

Fuente: Lizbeth Villacrés

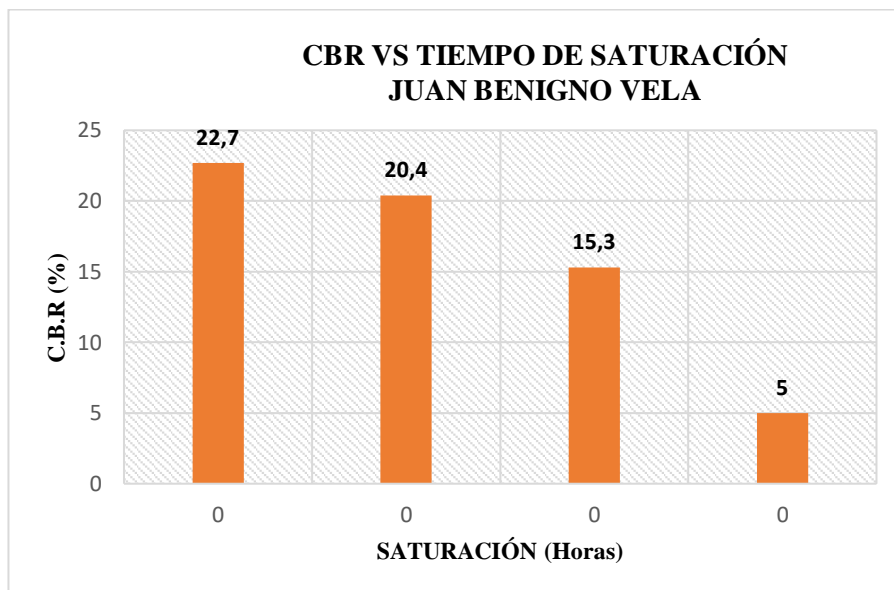


Figura 28. CBR de diseño Vs Tiempo de Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

A medida que se incrementa la saturación los valores de CBR para 0.2” de penetración van disminuyendo, teniendo en cuenta que en las primeras 24 horas el valor de CBR se reduce en 2.3%, seguido de una diferencia de 5.1% en 48 horas y de 10.3% en las últimas 24 horas de saturación, obteniendo un valor de CBR de 5% como el valor más bajo.

Tabla 33. Valores de CBR para 0.1" de Penetración Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	CBR 0,1"			
	56	27	11	95%DSM
0	22,74	14,54	6,42	21,60
24	18,46	15,51	5,48	16,00
72	16,58	9,90	5,75	10,50
96	12,30	3,21	2,41	3,10

Fuente: Lizbeth Villacrés

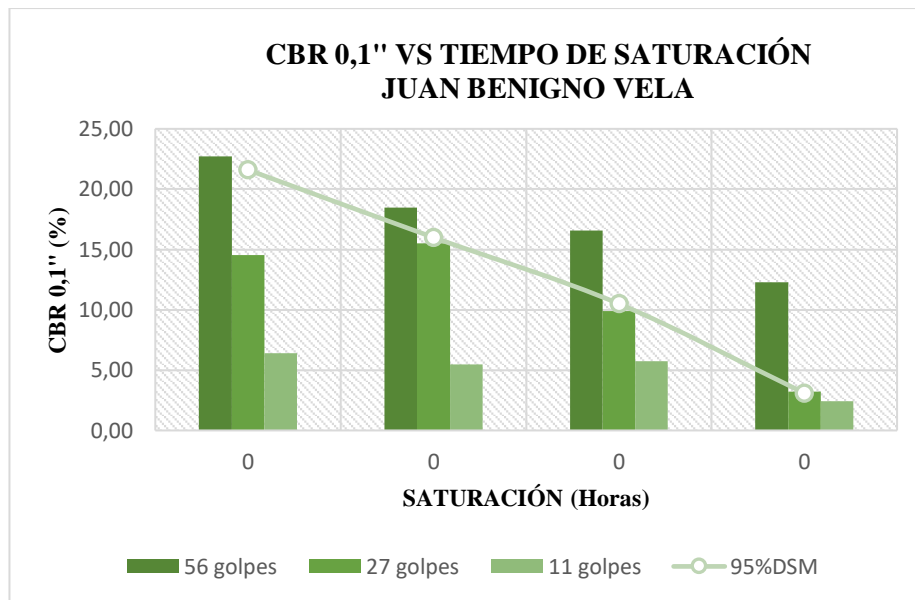


Figura 29. CBR para 0.1" de penetración Vs Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

Se puede presenciar que a mayor número de golpes el valor de CBR aumenta, pero conforme transcurren las horas de saturación este valor decrece. Partiendo de un estado sin saturar para los moldes compactados con 56 golpes el valor de CBR disminuye en 4.28% durante las primeras 24 horas, seguido de 1.88% en las siguientes 48 horas y finalmente 1.61% en las últimas 24 horas de saturación, mientras que para los moldes de 27 y 11 golpes los valores de CBR se reducen en 7.83%, 1.34%, 6.69% y 12.12%; 0.27% y 4.28%, respectivamente.

La línea que muestra los valores de CBR para el 95% de la máxima densidad seca empieza a decaer conforme incrementan las horas de saturación llegando a un valor mínimo de 3.10% a los 4 días de saturación.

Tabla 34. Valores de CBR para 0.2" de Penetración Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	CBR 0,2"			
	56	27	11	95%DSM
0	24,25	11,98	7,67	22,70
24	19,97	20,51	5,62	20,40
72	18,90	14,80	5,71	15,30
96	13,20	5,26	3,39	5,00

Fuente: Lizbeth Villacrés

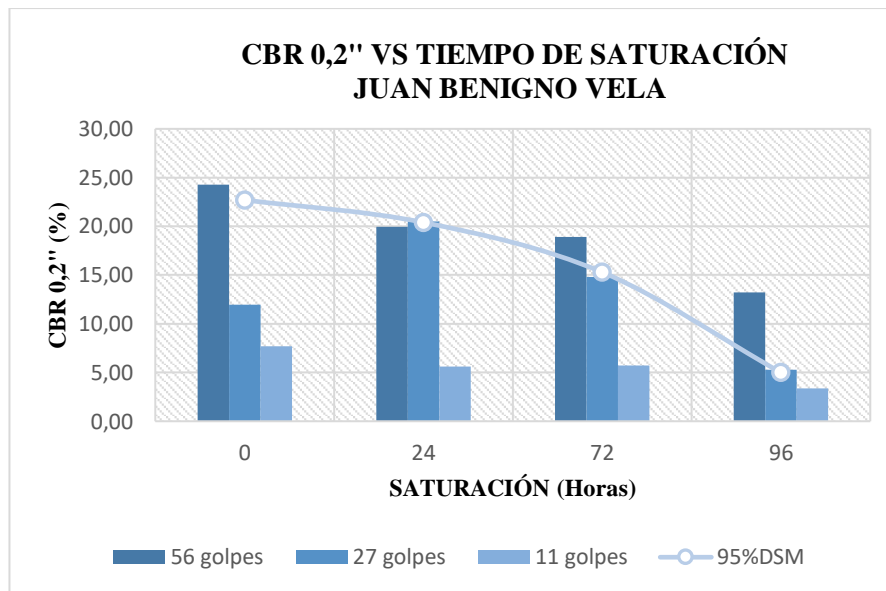


Figura 30. CBR para 0.2" de penetración Vs Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

A medida que se aumenta el número de golpes de compactación el valor de CBR incrementa, pero este valor disminuye de acuerdo con el tiempo de saturación, presentando en las últimas 24 horas, diferencias de 5.70%, 9.54% y 2.32%, en los moldes de 56, 27 y 11 golpes respectivamente.

Tomando en cuenta los valores de CBR AL 95% de la máxima densidad estos decrecen en 2.3% durante las primeras 24 horas, seguido de 8.6% en las siguientes 48 horas y finalmente 6.8% en las últimas 24 horas.

En la mayoría de los moldes ensayados los valores de CBR para 0.2" de penetración superan a los valores de CBR para 0.1", al igual que todos los valores de CBR para el 95% de la Máxima Densidad Seca, por lo tanto, esos valores serán aceptados como valores finales de CBR.

Tabla 35. CBR para 0.2" de penetración Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	ESPONJAMIENTO (0,01 plg)			
	56	27	11	MEDIA
0	0	0	0	0,00
24	3,94	4,32	6,84	5,03
72	4,33	6,40	10,96	7,23
96	6,75	11,68	26,30	14,91

Fuente: Lizbeth Villacrés

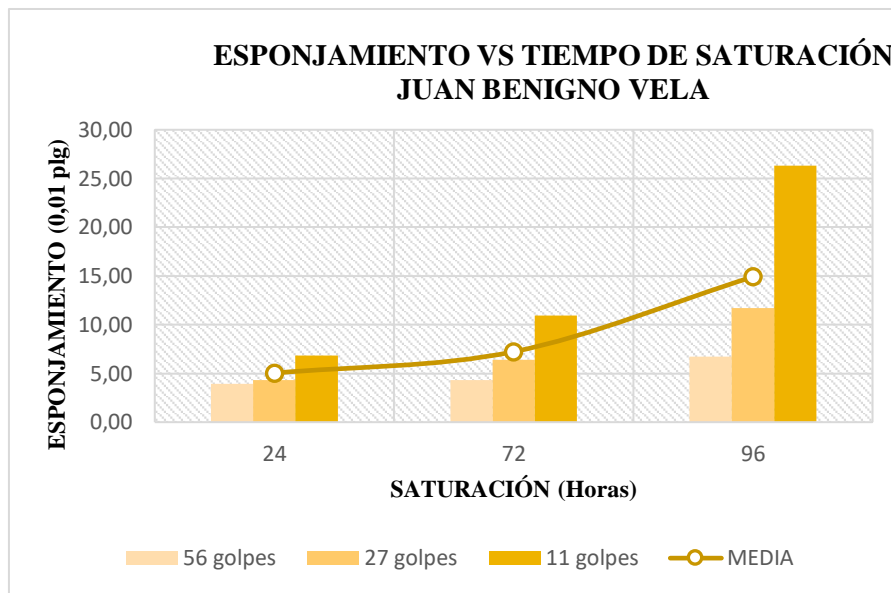


Figura 31. Esponjamiento Vs Tiempo de Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

A medida que disminuye en número de golpes de compactación el valor del esponjamiento aumenta, otro factor que influye en el incremento de este valor son los días de saturación, dándonos como resultado valores que sobrepasan el 3% de hinchamiento. Según L. Chang [19], los suelos con hinchamiento superiores a 3 % tienen CBRs menores a 9%, obteniendo un valor mínimo de CBR de 5%, correspondiente a un suelo muy pobre para subrasante.

Tabla 36. Valores de humedad después del remojo Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	HUMEDAD DESPUÉS DEL REMOJO			
	56	27	11	MEDIA
0	0	0	0	0
24	20,63%	22,92%	24,06%	22,54%
72	22,70%	23,09%	25,15%	23,64%
96	23,92%	26,05%	31,41%	27,12%

Fuente: Lizbeth Villacrés

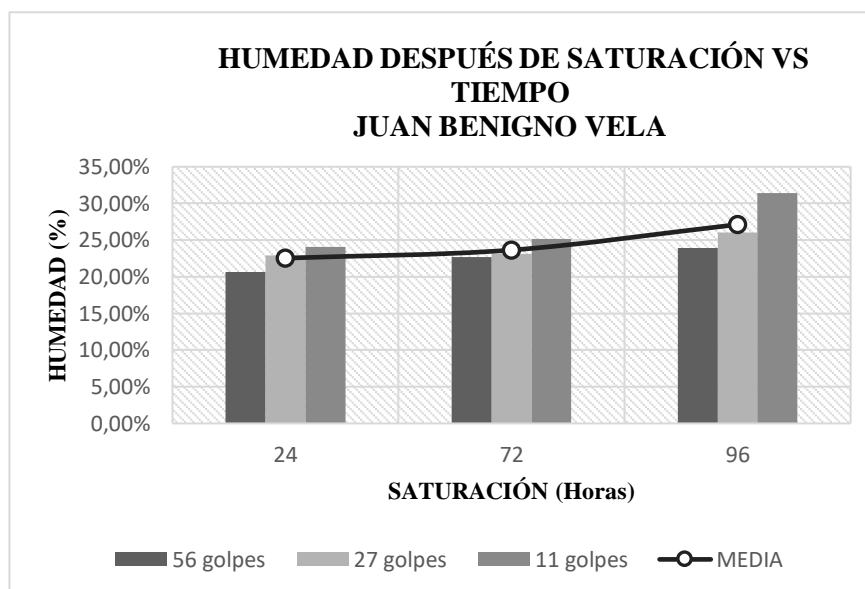


Figura 32. Humedad después de la saturación Vs Tiempo de Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

En la gráfica anterior podemos observar que el contenido de humedad aumenta a medida que el número de golpes de compactación disminuye, otro factor que influye en el incremento de humedad es el tiempo de saturación obteniendo así los siguientes datos: para el molde compactado con 56 golpes la humedad incrementa paulatinamente en 2.07% en 48 horas y 1.22% en las últimas 24 horas, mientras que para el molde de 27 golpes incrementa en 0.17% y 2.96%, finalmente el molde con 11 golpes presenta incrementos de 1.09% y 6.26 %. Dándonos como resultado una media con un 7.92% de incremento de humedad en las 96 horas de saturación, tomando en cuenta que se parte de un contenido óptimo de humedad de 19.2%.

Como se puede apreciar en la gráfica anterior los moldes con 11 golpes de compactación son los que presentan mayor incremento en la humedad.

Tabla 37. Valores de Densidad Seca Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	DENSIDAD SECA			
	56	27	11	MEDIA
0	1,571	1,526	1,506	1,534
24	1,607	1,558	1,474	1,546
72	1,587	1,564	1,541	1,564
96	1,607	1,575	1,515	1,566

Fuente: Lizbeth Villacrés

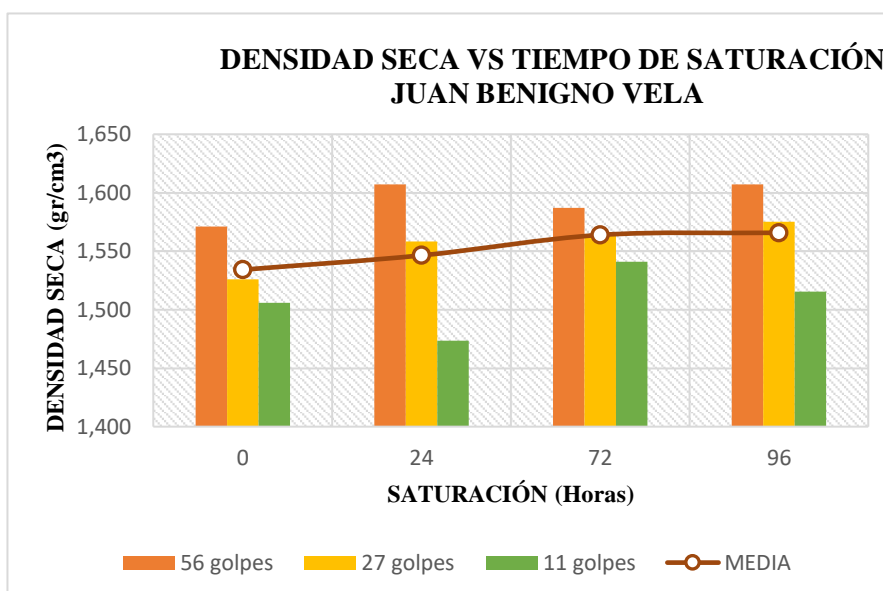


Figura 33. Densidad Seca Vs Tiempo de Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

En la gráfica anterior la densidad seca incrementa su valor a medida que incrementa el número de golpes por capa y el tiempo de saturación, obteniendo así diferencias de 0.06gr/cm³ entre los moldes de 11 y 27 golpes; y 0.032 gr/cm³ entre los moldes de 27 y 56 golpes saturados por 96 horas, mientras que el mayor valor obtenido de acuerdo con el tiempo de saturación es una media de 1.566 gr/cm³ en 96 horas.

Tabla 38. Valores de Densidad Húmeda después de saturación Vs Tiempo

SATURACIÓN (horas)	DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)			
	56	27	11	MEDIA
0	0	0	0	0,000
24	1,944	1,937	1,868	1,917
72	1,946	1,932	1,940	1,939
96	1,966	1,952	1,924	1,947

Fuente: Lizbeth Villacrés

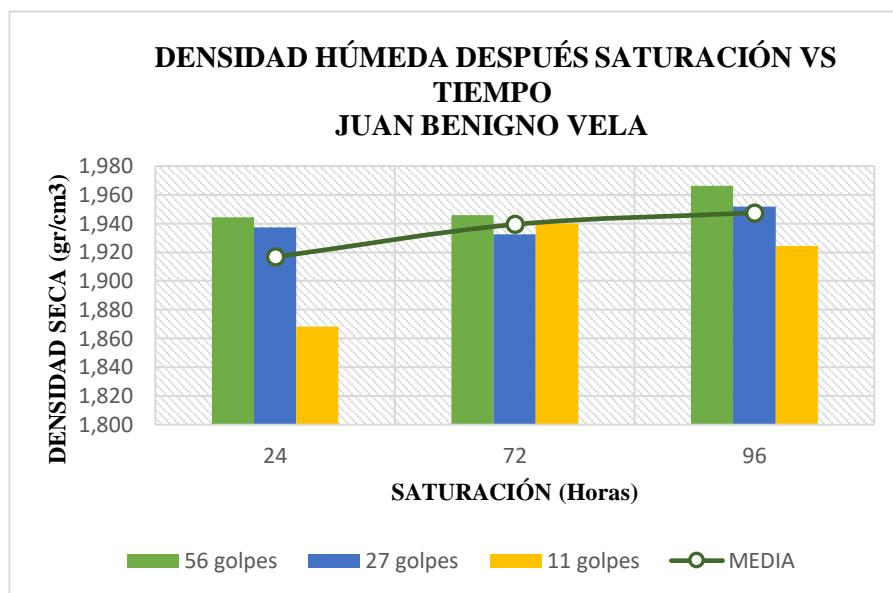


Figura 34. Densidad Húmeda después de saturación Vs Tiempo

Fuente: Lizbeth Villacrés

La gráfica anterior demuestra que la densidad húmeda después de la saturación aumenta a medida que se incrementa el tiempo de remojo, teniendo una media de 0.013gr/cm³ de incremento en las primeras 48 horas y 0.014 gr/cm³ en las últimas 24 horas, además para las muestras saturadas a 24 y 96 horas la densidad incrementa a medida que se aumenta el número de golpes de compactación, así para los moldes con 96 horas de saturación se tiene variaciones de 0.028gr/cm³ entre el molde de 11 y 27 golpes y 0.014gr/cm³ entre el molde de 56 y 27 golpes.

3.1.3.4 Análisis de CBR en distintos estados de saturación, correspondiente a la Parroquia Montalvo:

Tabla 39. Valores de CBR mayor Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	CBR (mayor)
0	55,0
24	43,0
72	39,0
96	35,0

Fuente: Lizbeth Villacrés

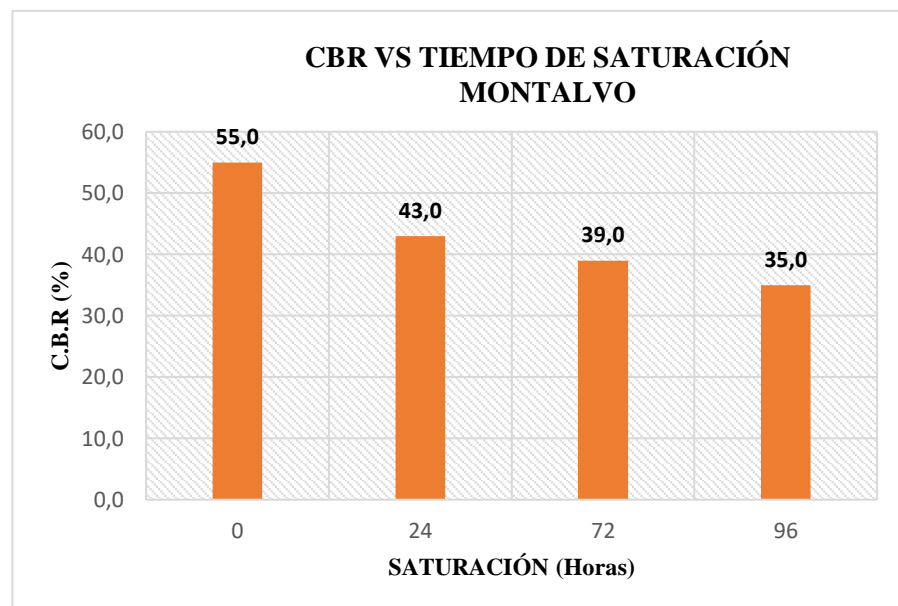


Figura 35. CBR de diseño Vs Tiempo de Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

Se aceptan como valores finales de CBR los valores obtenidos para 0.2” de penetración al ser estos superiores a los obtenidos para 0.1”.

En la gráfica anterior se puede observar que a medida que se incrementa la saturación los valores de CBR van disminuyendo, teniendo en cuenta que en las primeras 24 horas el valor de CBR se reduce en 12%, seguido de una diferencia de 4% en 48 horas y 4% en las últimas 24 horas de saturación, obteniendo 35% de CBR como el valor más bajo.

Tabla 40. Valores de CBR para 0.1" de Penetración Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	CBR 0,1"			
	56	27	11	95%DSM
0	47,10	32,02	25,21	45,00
24	38,28	31,96	12,86	38,00
72	36,81	26,52	11,53	34,00
96	34,68	27,04	9,61	33,00

Fuente: Lizbeth Villacrés

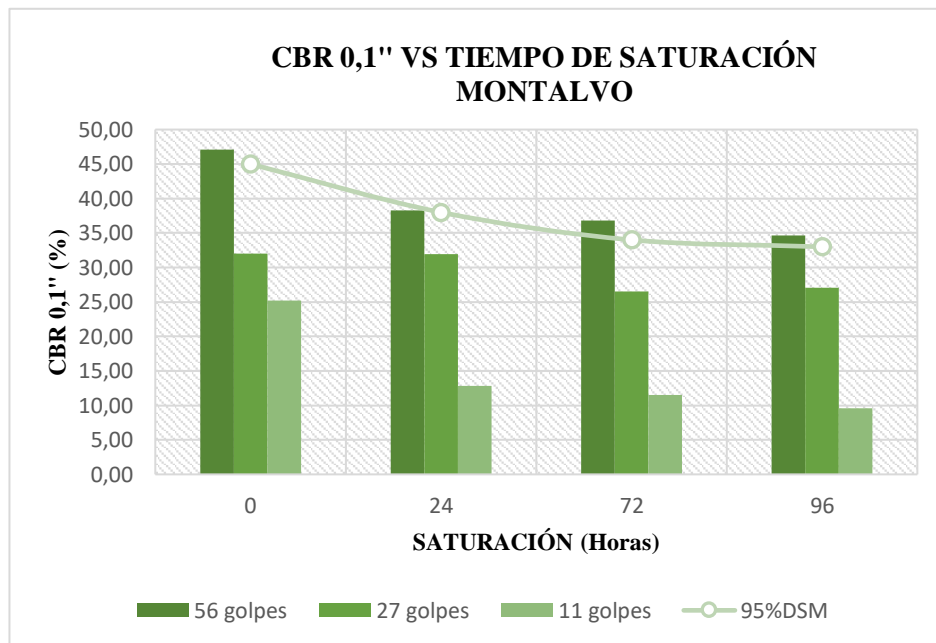


Figura 36. CBR para 0.1" de penetración Vs Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

Se puede presenciar que partiendo de un estado sin saturar para los moldes compactados con 56 golpes el valor de CBR para 0.1" de penetración disminuye en 8,82 % durante las primeras 24 horas, seguido de 1.47% en las siguientes 48 horas y finalmente 2.13% en las últimas 24 horas de saturación, mientras que para los moldes de 27 y 11 golpes los valores de CBR se reducen en 0.06%, 5.44%, 0.52% y 12.35%; 1.33% y 1.92%, respectivamente.

La línea que muestra los valores de CBR para el 95% de la máxima densidad seca empieza a decaer conforme incrementan las horas de saturación llegando a un valor mínimo de 33% a los 4 días de saturación.

Tabla 41. Valores de CBR para 0.2" de Penetración Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	CBR 0,2"			
	56	27	11	95%DSM
0	56,77	45,12	29,84	55,00
24	43,20	34,77	11,56	43,00
72	41,83	30,71	16,68	39,00
96	36,78	24,06	10,05	35,00

Fuente: Lizbeth Villacrés

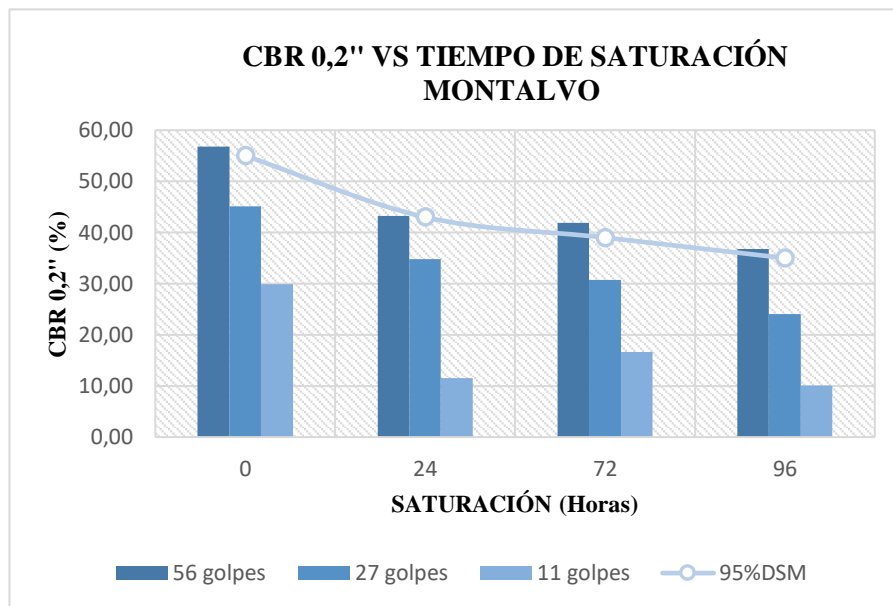


Figura 37. CBR para 0.2" de penetración Vs Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

A medida que se aumenta el número de golpes de compactación el valor de CBR incrementa, pero este valor disminuye de acuerdo con el tiempo de saturación, presentando en las últimas 24 horas, diferencias de 5.05%, 56.65% y 6.63%, en los moldes de 56, 27 y 11 golpes respectivamente.

Se puede observar que en las últimas 24 horas de saturación los valores de CBR para el 95% de la máxima densidad seca tienen una diferencia mínima de 4%.

Tabla 42. CBR para 0.2" de penetración Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	ESPONJAMIENTO (0,01 plg)			
	56	27	11	MEDIA
0	0	0	0	0,00
24	0,47	0,92	4,04	1,81
72	0,83	1,32	6,00	2,72
96	1,81	2,24	6,48	3,51

Fuente: Lizbeth Villacrés

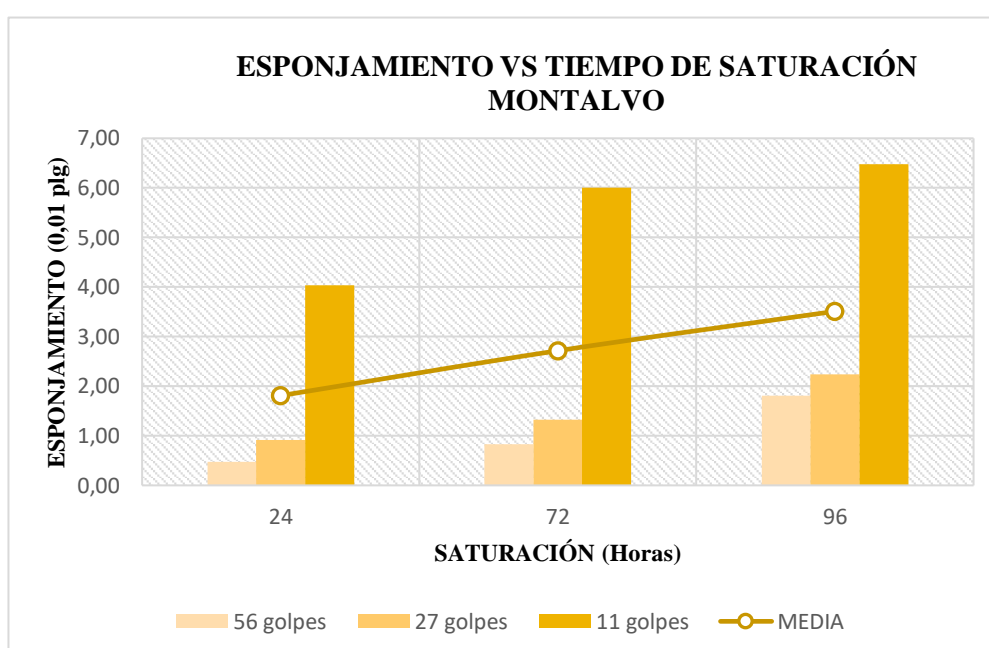


Figura 38. Esponjamiento Vs Tiempo de Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

Según el L. Chang [19], los suelos con hinchamiento menores a 1% tienen generalmente CBRs mayores a 30%, dándonos el valor de CBR para 0,2" de penetración de 35%.

En la gráfica se puede observar que a medida que disminuye el número de golpes el valor del esponjamiento aumenta, otro factor que influye en el incremento de este valor son los días de saturación, sin embargo, dichos valores no sobrepasan el 1% de hinchamiento.

Tabla 43. Valores de humedad después del remojo Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	HUMEDAD DESPUÉS DEL REMOJO			
	56	27	11	MEDIA
0	0	0	0	0
24	22,91%	23,35%	27,62%	24,63%
72	25,25%	26,27%	29,83%	27,12%
96	25,63%	27,03%	29,54%	27,40%

Fuente: Lizbeth Villacrés

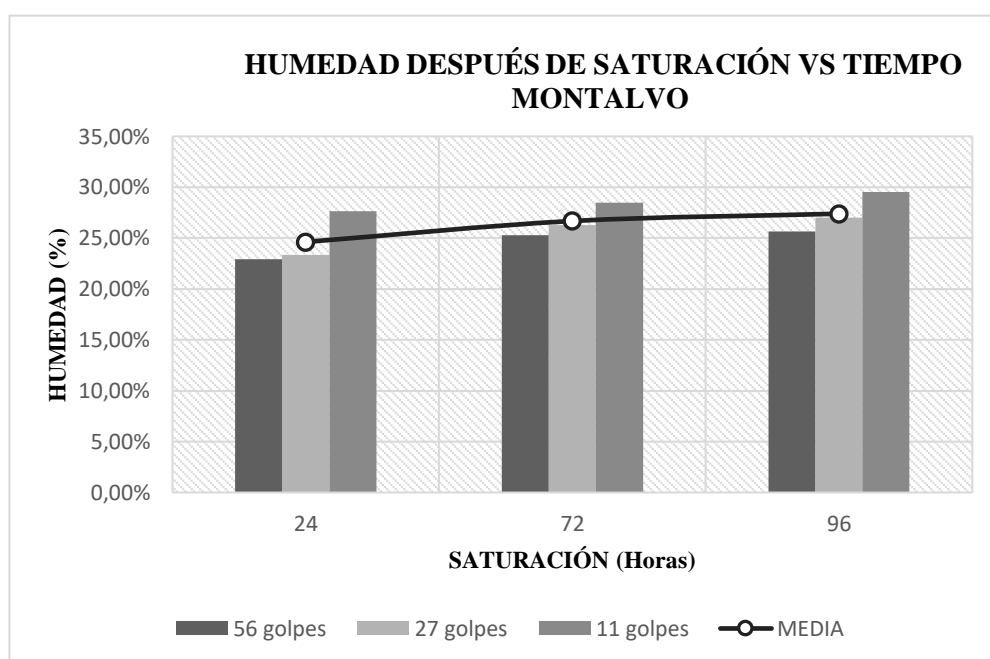


Figura 39. Humedad después de la saturación Vs Tiempo de Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

En el molde compactado con 56 golpes la humedad incrementa en 2,37% en 48 horas y 0,35% en las últimas 24 horas, mientras que para el molde de 27 golpes incrementa en 2,92% y 0,76%, finalmente el molde con 11 golpes presenta incrementos de 0,86% y 1,06%. Dándonos como resultado una media con un 14,4% de incremento de humedad en las 96 horas de saturación, tomando en cuenta que se parte de un contenido óptimo de humedad de 13%.

Tabla 44. Valores de Densidad Seca Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	DENSIDAD SECA			
	56	27	11	MEDIA
0	1,482	1,406	1,378	1,422
24	1,496	1,412	1,374	1,427
72	1,511	1,426	1,354	1,431
96	1,503	1,427	1,378	1,436

Fuente: Lizbeth Villacrés

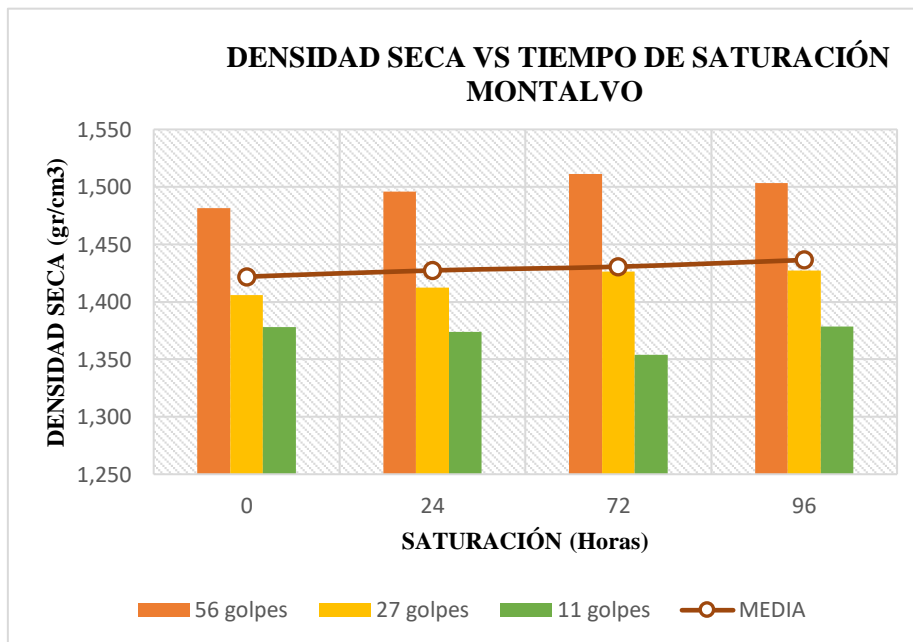


Figura 40. Densidad Seca Vs Tiempo de Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

Se puede observar que la densidad seca incrementa su valor a medida que incrementa el tiempo de saturación y el número de golpes de compactación, obteniendo diferencias de 0,049gr/cm³ entre los moldes de 11 y 27 golpes; y 0,076 gr/cm³ entre los moldes de 27 y 56 golpes, saturados durante 96 horas.

Mientras que la mayor diferencia obtenida de acuerdo al tiempo de saturación es una media de 0,005gr/cm³ en las últimas 24 horas de saturación llegando así a una densidad final de 1,436 gr/cm³.

Tabla 45. Valores de Densidad Húmeda después de saturación Vs Tiempo

SATURACIÓN (horas)	DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)			
	56	27	11	MEDIA
0	0	0	0	0,000
24	1,812	1,776	1,741	1,776
72	1,816	1,786	1,745	1,782
96	1,821	1,788	1,749	1,786

Fuente: Lizbeth Villacrés

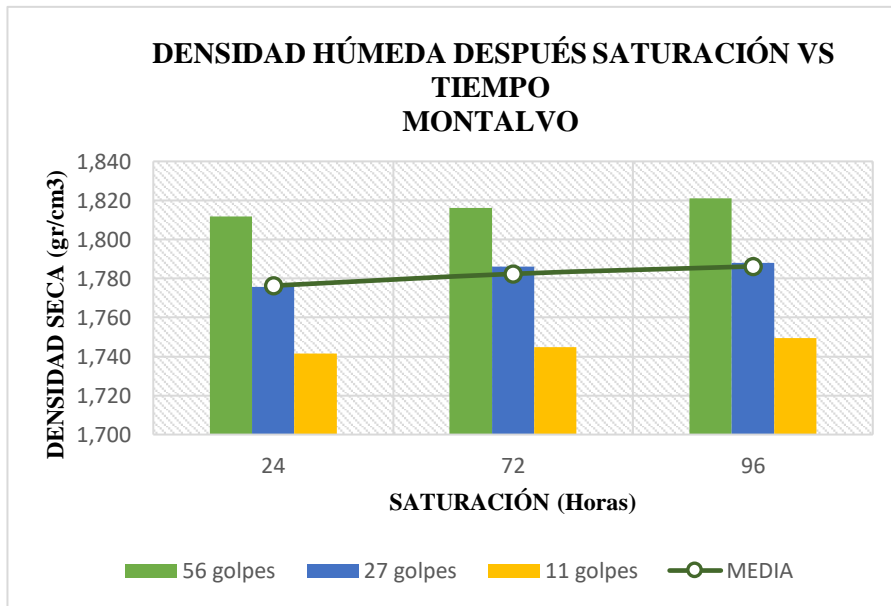


Figura 41. Densidad Húmeda después de saturación Vs Tiempo

Fuente: Lizbeth Villacrés

La grafica anterior demuestra que la densidad húmeda después de la saturación aumenta a medida que se incrementa el número de golpes de compactación, así para los moldes de 72 horas de saturación se tiene variaciones de 0,041gr/cm³ entre el molde de 11 y 27 golpes y 0,03gr/cm³ entre el molde de 56 y 27 golpes , otro factor que influye en el incremento de este valor pero en mínimas cantidades es el tiempo de saturación, teniendo una media de 0,006gr/cm³ de incremento en las primeras 48 horas y 0.004 gr /cm³ en las últimas 24 horas, llegando a un valor final de 1,786 gr/cm³ a las 96 horas de saturación.

3.1.3.5 Análisis de CBR en distintos estados de saturación, correspondiente a la Parroquia Quisapincha:

Tabla 46. Valores de CBR mayor Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	CBR (mayor)
0	41,8
24	37,5
72	33
96	23

Fuente: Lizbeth Villacrés

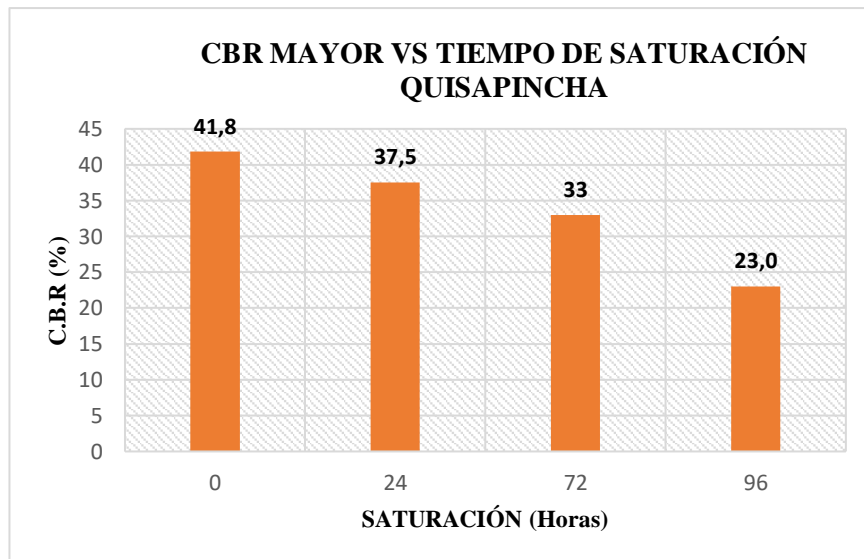


Figura 42. CBR de diseño Vs Tiempo de Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

En la gráfica anterior se puede observar que a medida que se incrementa la saturación los valores de CBR van disminuyendo, teniendo en cuenta que en las primeras 24 horas el valor de CBR se reduce en 4,3%, seguido de 4,5% en 48 horas y una diferencia de 10% en las últimas 24 horas de saturación, obteniendo 23% de CBR como el valor más bajo.

Se aceptan como valores finales de CBR los valores obtenidos al 95% de la máxima densidad seca para 0,2” de penetración al ser estos superiores a los obtenidos para 0.1”.

Tabla 47. Valores de CBR para 0.1" de Penetración Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	CBR 0,1"			
	56	27	11	95%DSM
0	41,91	30,79	10,69	40,00
24	36,91	29,69	9,36	32,00
72	31,03	22,74	6,95	30,50
96	29,96	10,16	3,08	22,00

Fuente: Lizbeth Villacrés

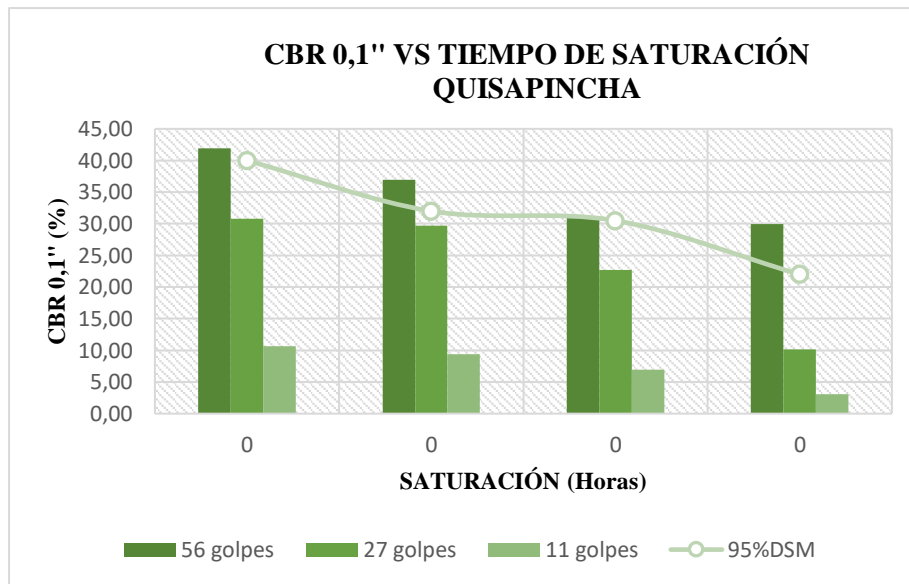


Figura 43. CBR para 0.1" de penetración Vs Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

Se puede presenciar que partiendo de un estado sin saturar para los moldes compactados con 56 golpes el valor de CBR para 0.1" de penetración disminuye en 5 % durante las primeras 24 horas, seguido de 5,88% en las siguientes 48 horas y finalmente 1,07% en las últimas 24 horas de saturación, mientras que para los moldes de 27 y 11 golpes los valores de CBR se reducen en 1,1%, 6,95%, 12,58% y 1,33%; 2,41% y 3,87%, respectivamente.

La línea que muestra los valores de CBR para el 95% de la máxima densidad seca empieza a decaer conforme incrementan las horas de saturación llegando a un valor mínimo de 22% a los 4 días de saturación.

Tabla 48. Valores de CBR para 0.2" de Penetración Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	CBR 0,2"			95%DSM
	56	27	11	
0	43,63	31,65	9,12	41,80
24	43,69	34,77	9,27	37,50
72	33,35	20,51	7,58	33,00
96	31,56	10,52	3,39	23,00

Fuente: Lizbeth Villacrés

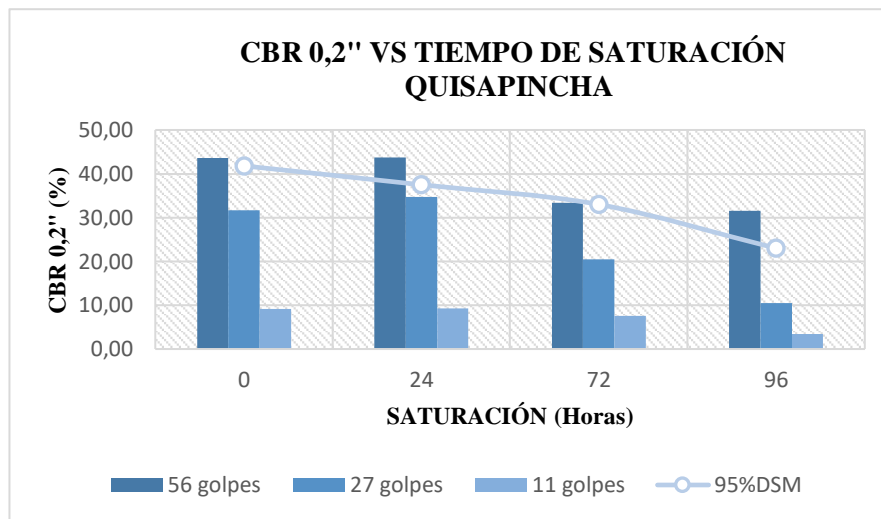


Figura 44. CBR para 0.2" de penetración Vs Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

A medida que aumenta el número de golpes de compactación el valor de CBR incrementa, pero este valor disminuye de acuerdo al tiempo de saturación, presentando en las últimas 24 horas, diferencias de 1.79%, 9.99% y 4.19%, en los moldes de 56, 27 y 11 golpes respectivamente.

En la mayoría de los moldes ensayados los valores de CBR para 0.2" de penetración superan a los valores de CBR para 0.1", al igual que todos los valores de CBR para el 95% de la Máxima Densidad Seca, por lo tanto, esos valores serán aceptados como valores finales de CBR.

Tabla 49. CBR para 0.2" de penetración Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	ESPONJAMIENTO (0,01 plg)			MEDIA
	56	27	11	
0	0	0	0	0,00
24	0,81	1,26	2,01	1,36
72	2,93	5,06	8,73	5,57
96	6,00	6,00	12,01	8,00

Fuente: Lizbeth Villacrés

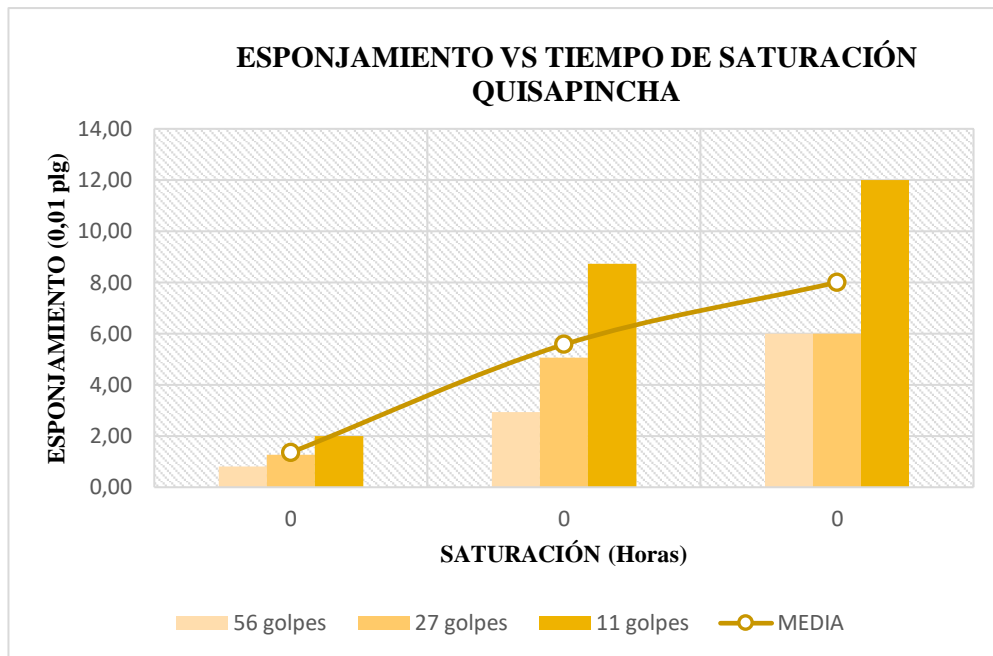


Figura 45. Esponjamiento Vs Tiempo de Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

A medida que disminuye el número de golpes, el valor del esponjamiento aumenta, a excepción de los moldes con 56 y 27 golpes saturados por 96 horas, cuyo esponjamiento se mantiene constante. Otro factor que influye en el incremento de este valor son los días de saturación, sin embargo, dichos valores no sobrepasan el 1.5% de hinchamiento. Según L. Chang [19], los suelos con hinchamiento hasta el 2% tienen CBRs mayores o iguales a 15%, dándonos como resultado un valor mínimo de CBR para 0.1" de penetración de 22%.

Tabla 50. Valores de humedad después del remojo Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	HUMEDAD DESPUÉS DEL REMOJO			
	56	27	11	MEDIA
0	0	0	0	0
24	19,45%	20,80%	25,72%	21,99%
72	19,93%	25,79%	27,17%	24,30%
96	20,10%	26,11%	27,49%	24,57%

Fuente: Lizbeth Villacrés

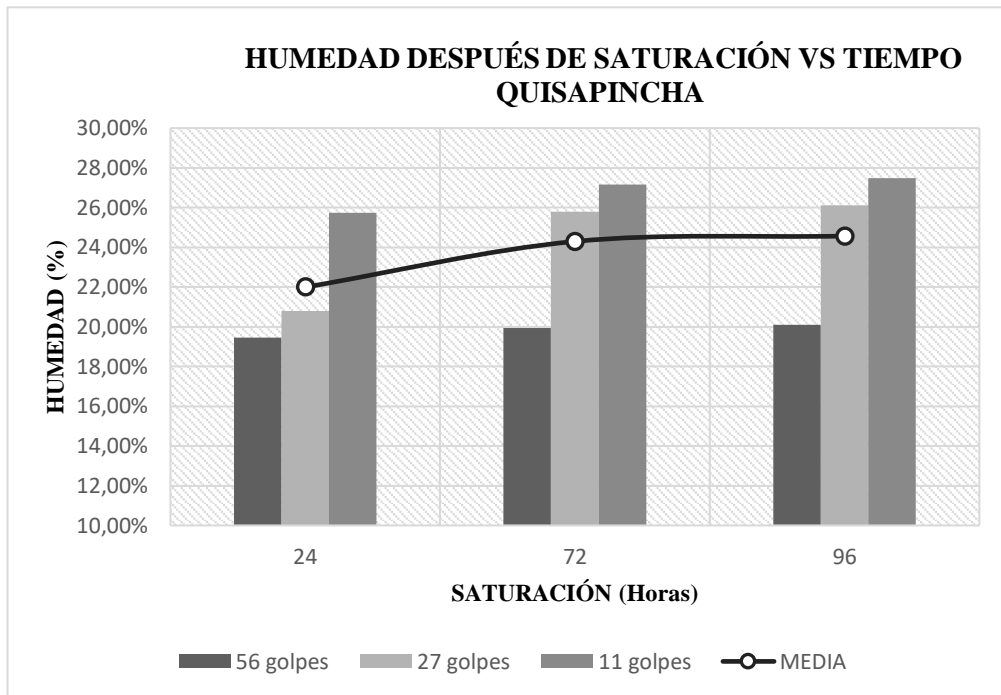


Figura 46. Humedad después de la saturación Vs Tiempo de Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

En el molde compactado con 56 golpes la humedad incrementa en 1.45% en 48 horas y 0,32% en las últimas 24 horas, mientras que para el molde de 27 golpes incrementa en 4.99% y 0.32%, finalmente el molde con 11 golpes presenta incrementos de 0,48% y 0.17%. Dándonos como resultado una media con un 7.77% de incremento de humedad en las 96 horas de saturación, tomando en cuenta que se parte de un contenido óptimo de humedad de 16.8%

Tabla 51. Valores de Densidad Seca Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)			
	56	27	11	MEDIA
0	1,602	1,410	1,267	1,427
24	1,629	1,542	1,419	1,490
72	1,579	1,417	1,423	1,473
96	1,628	1,492	1,403	1,508

Fuente: Lizbeth Villacrés

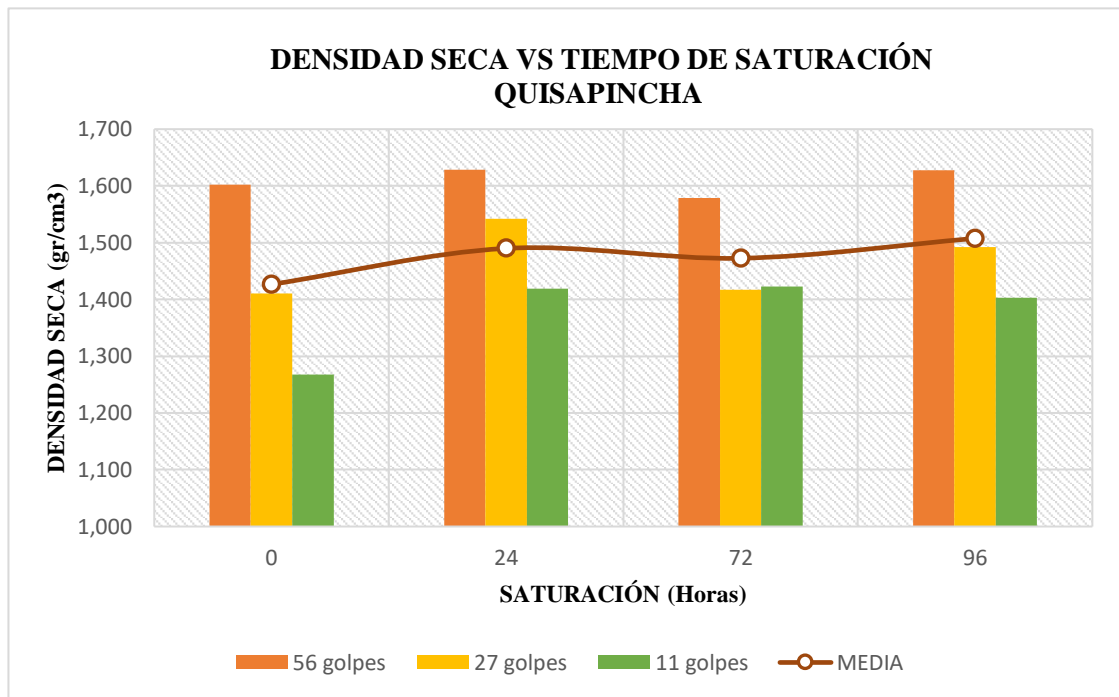


Figura 47. Densidad Seca Vs Tiempo de Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

En la gráfica anterior la densidad seca incrementa su valor a medida que incrementa el tiempo de saturación, así como también se observa un incremento conforme el número de golpes por capa, obteniendo así diferencias de 0.089gr/cm³ entre los moldes de 11 y 27 golpes; y 0.136 gr/cm³ entre los moldes de 27 y 56 golpes, saturados por 96 horas, mientras que el mayor valor obtenido de acuerdo al tiempo de saturación es de 0.132gr/cm³ en las primeras 24 horas respecto al molde de 27 golpes.

Tabla 52. Valores de Densidad Húmeda después de saturación Vs Tiempo

SATURACIÓN (horas)	DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)			
	56	27	11	MEDIA
0	0	0	0	0,000
24	1,948	1,868	1,782	1,866
72	1,952	1,801	1,854	1,869
96	1,965	1,875	1,792	1,877

Fuente: Lizbeth Villacrés

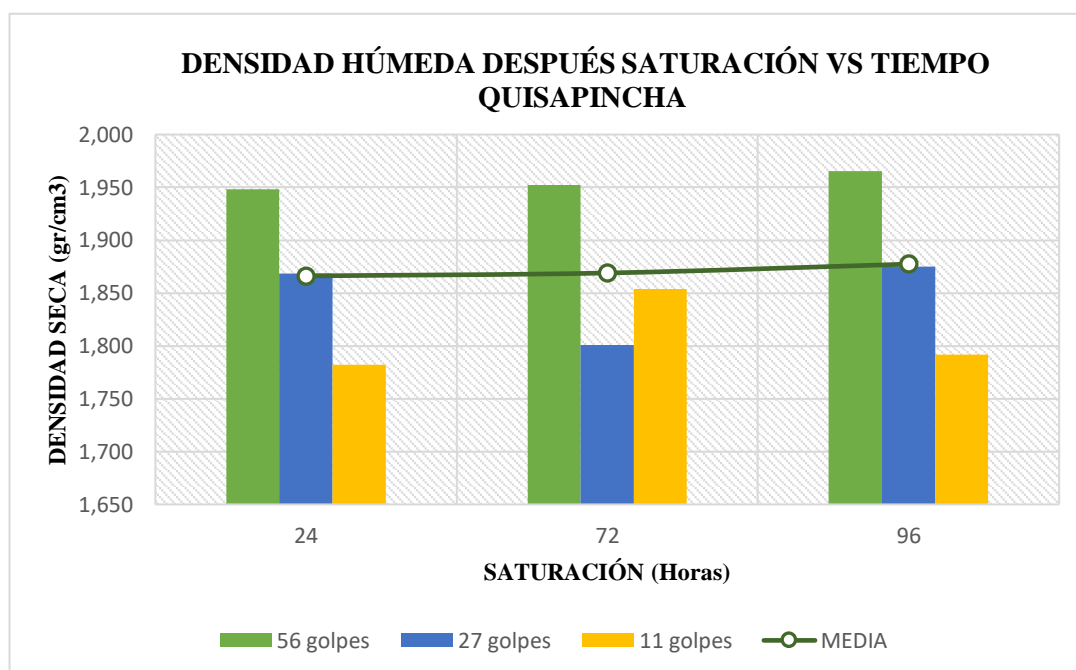


Figura 48. Densidad Húmeda después de saturación Vs Tiempo

Fuente: Lizbeth Villacrés

En la figura anterior se puede ver que la densidad húmeda después de la saturación aumenta a medida que se incrementa el número de golpes de compactación, otro factor que influye en el incremento de este valor, pero en menor cantidad es el tiempo de saturación, teniendo una media de 0.003 gr/cm³ de incremento en las primeras 48 horas y 0.008 gr /cm³ en las últimas 24 horas.

3.1.3.6 Análisis de CBR en distintos estados de saturación, correspondiente a la Parroquia Unamuncho:

Tabla 53. Valores de CBR mayor Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	CBR (mayor)
0	48,0
24	40,5
72	32,0
96	18,0

Fuente: Lizbeth Villacrés

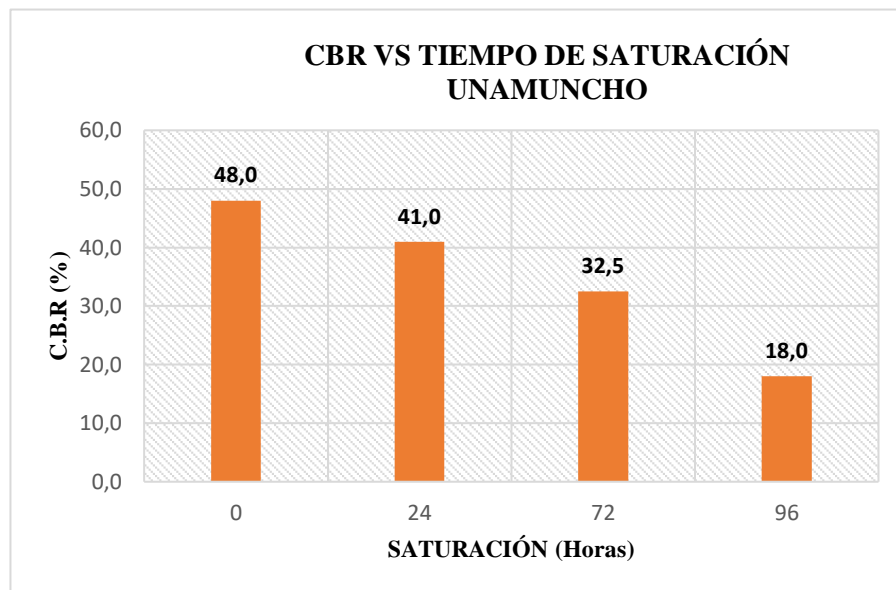


Figura 49. CBR de diseño Vs Tiempo de Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

A medida que se incrementa la saturación los valores de CBR van disminuyendo, teniendo en cuenta que en las primeras 24 horas el valor de CBR se reduce en 7,5%, seguido de una diferencia de 8,2% en 48 horas y una diferencia de 14% en las últimas 24 horas de saturación, obteniendo el valor más bajo de CBR de 18%.

Se aceptan como valores finales de CBR los valores obtenidos para 0,2” de penetración al ser estos superiores a los obtenidos para 0,1”, a excepción del primer valor.

Tabla 54. Valores de CBR para 0.1" de Penetración Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	CBR 0,1"			
	56	27	11	95%DSM
0	62,22	37,23	19,92	48,00
24	52,09	31,61	16,86	35,00
72	49,30	21,76	9,98	28,00
96	45,92	21,23	9,70	15,50

Fuente: Lizbeth Villacrés

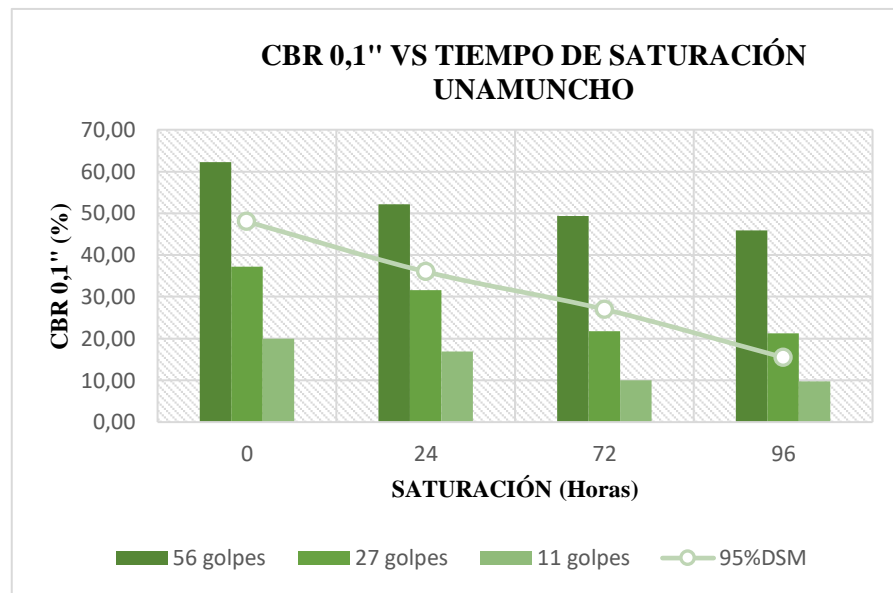


Figura 50. CBR para 0.1" de penetración Vs Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

Partiendo de un estado sin saturar para los moldes compactados con 56 golpes el valor de CBR disminuye en 10,13 % durante las primeras 24 horas, seguido de 2,79% en las siguientes 8 horas y finalmente 3,38% en las últimas 24 horas de saturación, mientras que para los moldes de 27 y 11 golpes los valores de CBR se reducen en 5,62%, 9,85%, 0,53% y 3,06%; 6,88% y 0,28%, respectivamente.

La línea que muestra los valores de CBR para el 95% de la máxima densidad seca empieza a decaer conforme incrementan las horas de saturación llegando a un valor mínimo de 15,5% a los 4 días de saturación.

Tabla 55. Valores de CBR para 0.2" de Penetración Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	CBR 0,2"			
	56	27	11	95%DSM
0	59,78	37,06	20,16	46,50
24	56,38	37,28	18,73	41,00
72	54,29	27,13	9,40	32,50
96	48,86	26,59	9,26	18,00

Fuente: Lizbeth Villacrés

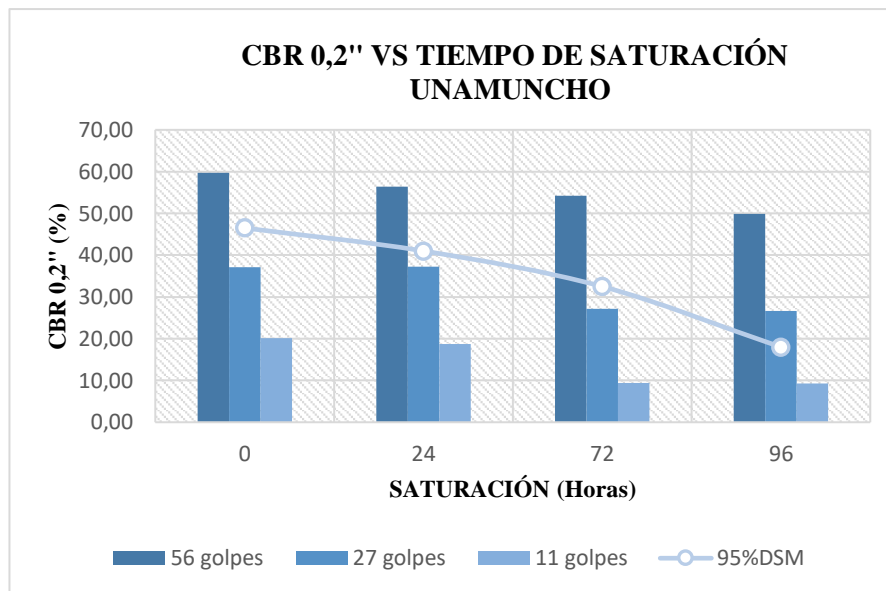


Figura 51. CBR para 0.2" de penetración Vs Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

En la gráfica anterior se puede apreciar que a mayor número de golpes por capa el valor de CBR aumenta, pero a medida que el tiempo de saturación incrementa los valores de CBR disminuyen sin embargo en las últimas 24 horas el valor de CBR decrece en pequeños porcentajes (4.43%, 0.54% y 0.14%).

Se toma como valor final de CBR, al mayor valor obtenido entre el CBR para 0,1" o 0,2" de penetración al 95% de la máxima densidad seca obteniendo así los siguientes valores finales :48% de la muestra sin saturar ,40.5 % de la muestra saturada durante 24 horas, 32% a las 72 horas y 18% a 96 horas de saturación.

Tabla 56.CBR para 0.2" de penetración Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	ESPONJAMIENTO			
	56	27	11	MEDIA
0	0	0	0	0,00
24	0,47	0,56	1,08	0,70
72	0,83	0,96	3,04	1,61
96	1,42	1,76	5,08	2,75

Fuente: Lizbeth Villacrés

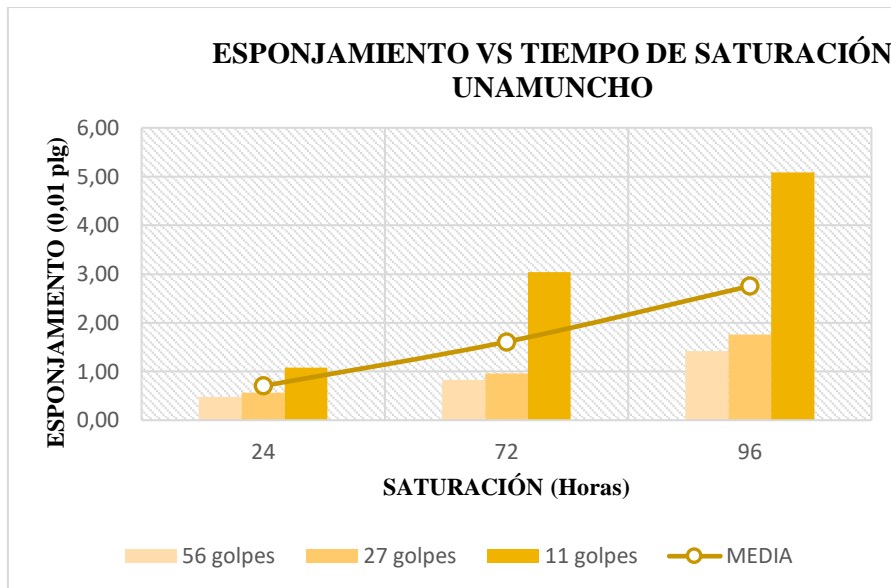


Figura 52. Esponjamiento Vs Tiempo de Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

A medida que disminuye en número de golpes el valor del esponjamiento aumenta, otro factor que influye en el incremento de este valor son los días de saturación, sin embargo, dichos valores no sobrepasan el 1% de hinchamiento. Según L. Chang [19] los suelos con hinchamiento menores a 1% tienen generalmente CBRs mayores a 30%, dándonos el valor de CBR de 32.50% a 72 horas de saturación y 18% a 96 horas.

Tabla 57. Valores de humedad después del remojo Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	HUMEDAD DESPUÉS DEL REMOJO			
	56	27	11	MEDIA
0	0	0	0	0
24	17,75%	18,82%	21,78%	19,45%
72	17,96%	26,07%	26,56%	23,53%
96	20,34%	28,16%	30,39%	26,30%

Fuente: Lizbeth Villacrés

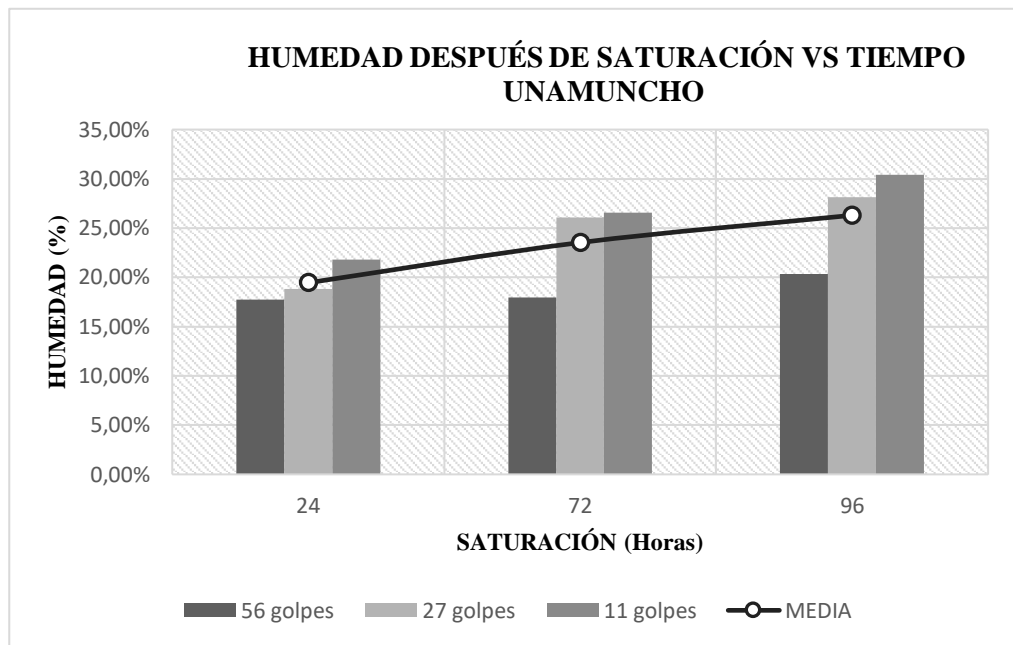


Figura 53. Humedad después de la saturación Vs Tiempo de Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

En el molde compactado con 56 golpes la humedad incrementa en 4,78% en 48 horas y 3,83% en las últimas 24 horas, mientras que para el molde de 27 golpes incrementa en 7,25 y 2,09%, finalmente el molde con 11 golpes presenta incrementos de 0,21% y 2,38%. Dándonos como resultado una media con un 10,41% de incremento de humedad en las 96 horas de saturación, tomando en cuenta que se parte de un contenido óptimo de humedad de 10,6%.

Como se puede apreciar en la gráfica anterior los moldes con menor número de golpes de compactación son los que más presentan incremento en la humedad, debido a que el agua ocupa los espacios vacíos que quedan entre las partículas del suelo.

Tabla 58. Valores de Densidad Seca Vs Saturación

SATURACIÓN (horas)	DENSIDAD SECA			
	56	27	11	MEDIA
0	1,624	1,535	1,401	1,520
24	1,646	1,554	1,455	1,552
72	1,692	1,543	1,456	1,564
96	1,865	1,672	1,476	1,671

Fuente: Lizbeth Villacrés

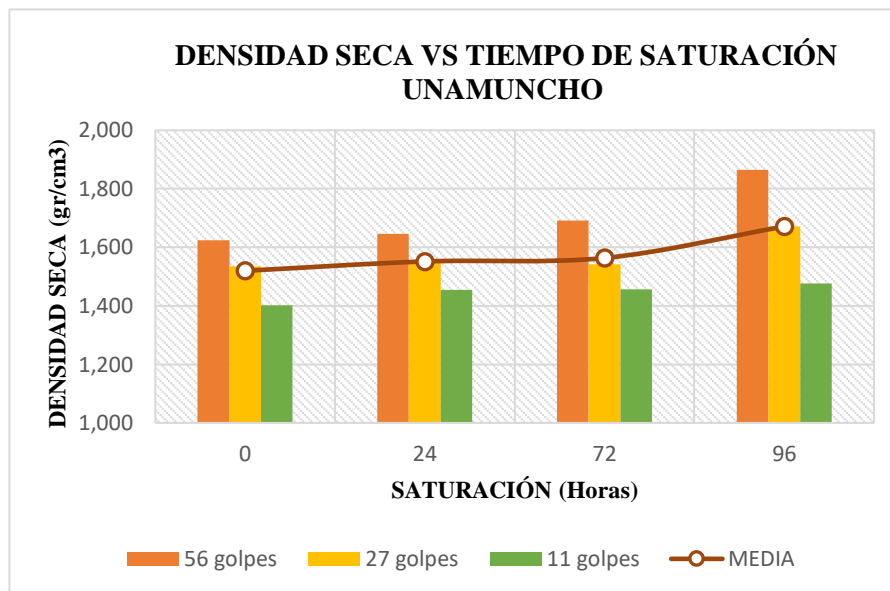


Figura 54. Densidad Seca Vs Tiempo de Saturación

Fuente: Lizbeth Villacrés

Se puede observar que la densidad seca incrementa su valor a medida que incrementa el tiempo de saturación y el número de golpes de compactación, obteniendo diferencias de 0.196gr/cm³ entre los moldes de 11 y 27 golpes; y 0.193 gr/cm³ entre los moldes de 27 y 56 golpes, saturados durante 96 horas.

Mientras que la mayor diferencia obtenida de acuerdo al tiempo de saturación es una media de 0.107gr/cm³ en las últimas 24 horas de saturación llegando así a una densidad final de 1.671 gr/cm³.

Tabla 59. Valores de Densidad Húmeda después de saturación Vs Tiempo

SATURACIÓN (horas)	DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)			
	56	27	11	MEDIA
0	0	0	0	0,000
24	1,939	1,868	1,792	1,867
72	2,030	1,920	1,817	1,922
96	2,306	2,102	1,896	2,102

Fuente: Lizbeth Villacrés

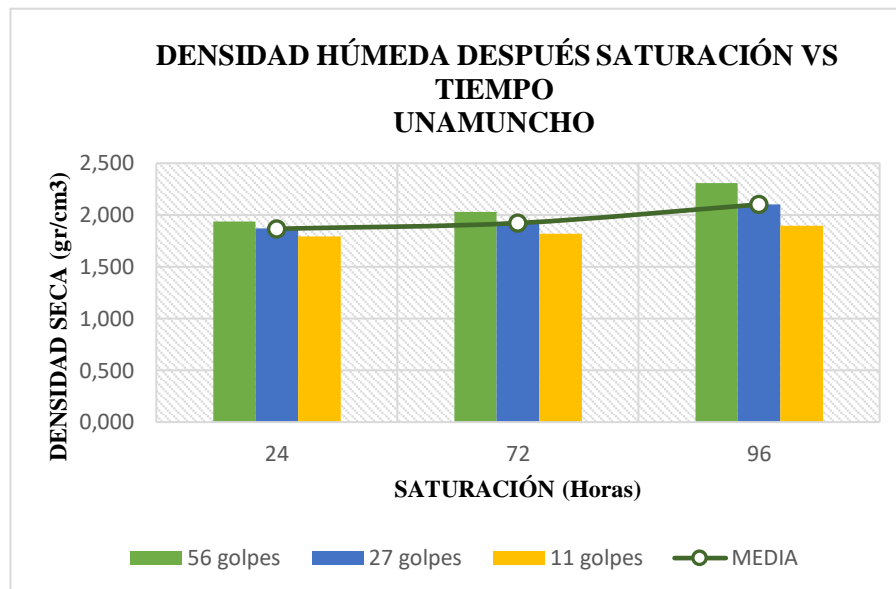


Figura 55. Densidad Húmeda después de saturación Vs Tiempo

Fuente: Lizbeth Villacrés

La grafica anterior demuestra que la densidad húmeda después de la saturación aumenta a medida que se incrementa el número de golpes de compactación, así para los moldes de 72 horas de saturación se tiene variaciones de 0.103gr/cm³ entre el molde de 11 y 27 golpes y 0.11gr/cm³ entre el molde de 56 y 27 golpes , otro factor que influye en el incremento de este valor es el tiempo de saturación, teniendo una media de 0.055gr/cm³ de incremento en las primeras 48 horas y 0.18 gr /cm³ en las últimas 24 horas, llegando a un valor final de 2.102gr/cm³ a las 96 horas de saturación.

3.1.4 Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles según AASHTO 93

3.1.4.1 Cálculo del TPDA:

Se analizó la Calla La Paz perteneciente a la Parroquia Izamba, obteniendo la hora pico de 7:00 a 8:00 am con respecto al lunes 07 de diciembre del 2020, siendo una zona altamente agrícola y los productores se movilizan hacia los diferentes puntos de distribución para vender sus productos.

Para vías rurales el volumen de tránsito de la hora pico se encuentra entre 12 y 18%, por lo que se toma un valor medio de 15% para el proyecto en mención.

Tabla 60. Determinación de Hora Pico

HORA PICO					
HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS		TOTAL
			C-2P	C-2G	
07:00 - 07:15	13	2	3	2	20
07:15 - 07:30	15		4	1	20
07:30 - 07:45	12		3	0	15
07:45 - 08:00	16	1	1	1	19
TOTAL	56	3	11	4	74
TPDA actual	373	20	73	27	493

Fuente: Lizbeth Villacrés

Factor de Hora Pico:

$$FHP = \frac{\text{Total de Vehículos}}{4 * \text{mayor tráfico en 15 minutos}}$$

$$FHP = \frac{74}{4 * 20}$$

$$FHP = 0,93$$

Cálculo del TPDA actual:

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

TPDA actual para Livianos:

$$TPDA\ actual = \frac{56}{15\%}$$

$$TPDA\ actual = 373\ veh\acute{u}culos\ /d\acute{a}a$$

TPDA actual para Buses:

$$TPDA\ actual = \frac{3}{15\%}$$

$$TPDA\ actual = 20\ veh\acute{u}culos\ /d\acute{a}a$$

TPDA actual para Pesados C-2P:

$$TPDA\ actual = \frac{11}{15\%}$$

$$TPDA\ actual = 73\ veh\acute{u}culos\ /d\acute{a}a$$

TPDA actual para Pesados C-2G:

$$TPDA\ actual = \frac{4}{15\%}$$

$$TPDA\ actual = 27\ veh\acute{u}culos\ /d\acute{a}a$$

Cálculo del tráfico atraído:

$$Tat = 10\% * TPDA\ actual$$

Tráfico Atraído para Livianos:

$$Tat = 10\% * 373$$

$$Tat = 37$$

Tráfico Atraído para Buses:

$$Tat = 10\% * 20$$

$$Tat = 2$$

Tráfico Atraído para Pesados C-2P:

$$Tat = 10\% * 73$$

$$Tat = 7$$

Tráfico Atraído para Pesados C-2G:

$$Tat = 10\% * 27$$

$$Tat = 3$$

3.1.4.2 Cálculo del tráfico actual:

$$Tac = TPDA actual + Tat$$

Tráfico actual para livianos

$$Tac = 373 + 37 = 410$$

Tráfico actual para buses

$$Tac = 20 + 2 = 22$$

Tráfico actual para pesados C-2P:

$$Tac = 73 + 7 = 80$$

Tráfico actual para pesados C-2G:

$$Tac = 27 + 3 = 30$$

3.1.4.3 Cálculo del Tráfico Generado

$$Tg = 20\% * TPDA actual$$

Tráfico generado para livianos

$$Tg = 20\% * 373 = 75$$

Tráfico generado para buses:

$$Tg = 20\% * 20 = 4$$

Tráfico generado para pesados C-2P:

$$Tg = 20\% * 73 = 15$$

Tráfico generado para pesados C2-G:

$$Tg = 20\% * 27 = 6$$

3.1.4.4 Cálculo del Tráfico por desarrollo:

$$**Td = 5\% * TPDA actual**$$

Tráfico por desarrollo para livianos:

$$Td = 5\% * 373 = 19$$

Tráfico por desarrollo para buses:

$$Td = 5\% * 20 = 1$$

Tráfico por desarrollo para pesados C-2P:

$$Td = 5\% * 73 = 4$$

Tráfico por desarrollo para pesados C-2G:

$$Td = 5\% * 27 = 2$$

3.1.4.5 Cálculo del TPDA total

$$**TPDA = Ta + Tg + Td**$$

Tabla 61. Valores de TPDA total de la vía en estudio

Tipo de Vehículo	Tráfico Actual	Tráfico generado	Tráfico por desarrollo	TPDA
Livianos	410	75	19	504
Buses	22	4	1	27
Pesados C-2P	80	15	4	99
Pesados C-2P	30	6	2	38

Fuente: Lizbeth Villacrés

3.1.4.6 Cálculo del Tráfico futuro:

Este cálculo se lo realiza con el fin de conocer la demanda vehicular después de un periodo de tiempo, en este caso tomamos un valor medio de 20 años dado que la vía analizada es pavimentada de bajo volumen de tráfico, dándonos la proyección hasta el año 2040.

Para el cálculo se utilizará la siguiente fórmula propuesta por el MOP, para lo cual se toma en cuenta los índices de crecimiento vehicular que se presentarán a continuación.

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

Tabla 62. Periodo de diseño según el tipo de carretera

Clasificación de la vía	Periodo de Análisis (años)
Urbana de alto volumen de tráfico	30-50
Rural de alto volumen de tráfico	20-50
Pavimentada de bajo volumen de tráfico	15-25
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10-25

Fuente: AASHTO 93

Tabla 63. Índice de crecimiento vehicular

Periodo	Tipo de Vehículo		
	Livianos	Buses	Pesados
2015-2020	3,97	1,97	1,94
2020-2025	3,57	1,78	1,74
2025-2030	3,25	1,62	1,58
2030-2035	3,25	1,62	1,58
2035-2040	3,25	1,62	1,58

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Vías MOP 2003

Tabla 64. Cálculo del Tráfico Futuro

AÑO	ÍNDICE DE CRECIMIENTO (%)			TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)				
	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	LIVIANOS	BUSES	C-2P	C-2G	TPDA TOTAL
2020	3,97	1,97	1,94	504	27	99	38	668
2021	3,57	1,78	1,74	525	28	101	39	693
2022	3,57	1,78	1,74	541	28	103	40	712
2023	3,57	1,78	1,74	560	29	105	41	735
2024	3,57	1,78	1,74	580	29	107	41	757
2025	3,57	1,78	1,74	601	30	108	42	781
2026	3,25	1,62	1,58	623	31	110	43	807
2027	3,25	1,62	1,58	631	31	111	43	816
2028	3,25	1,62	1,58	651	31	113	44	839
2029	3,25	1,62	1,58	673	32	115	44	864
2030	3,25	1,62	1,58	694	32	116	45	887
2031	3,25	1,62	1,58	717	33	118	46	914
2032	3,25	1,62	1,58	740	33	120	46	939
2033	3,25	1,62	1,58	764	34	122	47	967
2034	3,25	1,62	1,58	789	34	124	48	995
2035	3,25	1,62	1,58	815	35	126	49	1025
2036	3,25	1,62	1,58	841	35	128	49	1053
2037	3,25	1,62	1,58	869	36	130	50	1085
2038	3,25	1,62	1,58	897	37	132	51	1117
2039	3,25	1,62	1,58	926	37	134	52	1149
2040	3,25	1,62	1,58	956	38	136	52	1182

Fuente: Lizbeth Villacrés

3.1.4.7 Clasificación de la vía

Al obtener un tráfico futuro de 498 vehículos/hora, de acuerdo a la siguiente tabla, este valor está dentro del rango de una vía colectora de clase III.

Tabla 65. Clasificación de la vía en estudio

Función	Clase de Carretera	TPDA(año final de diseño)
CORREDOR ARTERIAL	RI-RII	>8000
	I	3000-8000
COLECTORA	II	1000-3000
	III	300-1000
VECINAL	IV	100-300
	V	<100

Fuente: Lizbeth Villacrés

3.1.4.8 Factor de daño

Tabla 66. Factor de daño según el tipo de vehículo

TIPO	SIMPLE		SIMPLE DOBLE		TANDEM		TRIDEM		FACTOR DE DAÑO
	TON	(P/6.6)^4	TON	(P/8.2)^4	TON	(P/15)^4	TON	(P/23)^4	
LIVIANOS	2	0,04							0,04
BUS	4	0,13	8	0,91		0		0	1,04
C-2P	3	0,04		0		0		0	1,31
	7	1,27		0		0		0	
C-2G	7	1,27	11	3,24		0		0	4,51
C-3	7	1,27		0	20	3,16		0	4,43
C-4	7	1,27		0		0	24	1,19	2,46
C-5	7	1,27		0	20	6,32		0	7,59
C-6	7	1,27		0	20	3,16	24	1,19	5,62

Fuente: Guía de pavimentos, F Moreira, 2018

3.1.4.9 Factor de distribución por carril

Dado que la vía en estudio es de un carril por cada dirección, el porcentaje de vehículos por carril corresponde al 100%

Tabla 67. Factor de distribución por carril

Número de carriles en ambas direcciones	% de vehículos en el carril de diseño
1	100
2	80-100
3	60-80
4 o más	50-75

Fuente: AASHTO 1993

3.1.4.10 Cálculo del número de ejes equivalentes:

$$W18 = 365 * TPDA * FD$$

$$Buses = 365 * TPDA_{finalbus} * FD$$

$$Livianos = 365 * 38 * 1,04$$

$$Livianos = 14424.8$$

$$Pesado C2P = 365 * TPDA_{final C2P} * FD$$

$$Livianos = 365 * 136 * 1,31$$

$$Livianos = 65028.4$$

$$Pesado C2G = 365 * TPDA_{final C2G} * FD$$

$$Livianos = 365 * 52 * 4,51$$

$$Livianos = 85599.8$$

$$W18_{parcial} = Buses + PesadosC2P + PesadosC2G$$

$$W18_{parcial} = 14424.8 + 65028.4 + 85599.8$$

$$W18_{parcial} = 165053$$

$$W18_{acumulado} = 2832210 + 165053$$

$$W18_{acumulado} = 2997263$$

Tabla 68. Cálculo del número de ejes equivalente por carril de diseño

CÁLCULO DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTE A 8.2 TON											
AÑO	ÍNDICE DE CRECIMIENTO (%)			TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)					W18 Acumulado	W18 Por Sentido	W18 Carril de diseño(100%)
	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	LIVIANOS	BUSES	C-2P	C-2G	TPDA TOTAL			
2020	3,97	1,97	1,94	504	27	99	38	668	120140	60070	60070
2021	3,57	1,78	1,74	525	28	101	39	693	243262	121631	121631
2022	3,57	1,78	1,74	541	28	103	40	712	368986	184493	184493
2023	3,57	1,78	1,74	560	29	105	41	735	497692	248846	248846
2024	3,57	1,78	1,74	580	29	107	41	757	627355	313677	313677
2025	3,57	1,78	1,74	601	30	108	42	781	759521	379761	379761
2026	3,25	1,62	1,58	623	31	110	43	807	894670	447335	447335
2027	3,25	1,62	1,58	631	31	111	43	816	1030296	515148	515148
2028	3,25	1,62	1,58	651	31	113	44	839	1168526	584263	584263
2029	3,25	1,62	1,58	673	32	115	44	864	1308091	654045	654045
2030	3,25	1,62	1,58	694	32	116	45	887	1449780	724890	724890
2031	3,25	1,62	1,58	717	33	118	46	914	1594451	797226	797226
2032	3,25	1,62	1,58	740	33	120	46	939	1740079	870040	870040
2033	3,25	1,62	1,58	764	34	122	47	967	1888689	944344	944344
2034	3,25	1,62	1,58	789	34	124	48	995	2039901	1019951	1019951
2035	3,25	1,62	1,58	815	35	126	49	1025	2194095	1097048	1097048
2036	3,25	1,62	1,58	841	35	128	49	1053	2349246	1174623	1174623
2037	3,25	1,62	1,58	869	36	130	50	1085	2507378	1253689	1253689
2038	3,25	1,62	1,58	897	37	132	51	1117	2668493	1334247	1334247
2039	3,25	1,62	1,58	926	37	134	52	1149	2832210	1416105	1416105
2040	3,25	1,62	1,58	956	38	136	52	1182	2997263	1498632	1498632

Fuente: Lizbeth Villacrés

La AASHTO plantea los siguientes espesores mínimos para la carpeta asfáltica y para la base granular de acuerdo con el total de ejes equivalentes obtenidos.

Tabla 69. Valores mínimos de espesores D1, D2

Tránsito W18	Carpeta Asfáltica(D1)	Base Granular D2
Menos de 5000	1,0 o Tándem superficial	4.0
50001 a 150000	2.0	4.0
150001 a 500000	2.5	4.0
500001 a 2000000	3.0	6.0
2000001 a 7000000	3.5	6.0
Mayor a 7000000	4.0	6.0

Fuente: AASHTO 1993

- Carpeta Asfáltica D1: 3 plg = 8 cm Aprox.
- Base granular D2: 6,0 plg = 15 cm Aprox.

3.1.4.11 Confiabilidad R

Según la AASHTO el valor de confiabilidad está en función de la importancia de la vía según la siguiente tabla:

Tabla 70. Niveles de confiabilidad recomendados

Clasificación del tipo de carretera por su función	Nivel de confiabilidad recomendado "R"	
	Urbana	Rural
Autopistas Interestatales y otras	85-99,9	80-99,9
Arterias Colectoras	80-99	75-95
Colectoras de Tránsitos	80-95	75-95
Carreteras locales	50-80	50-80

Fuente: AASHTO 1993

De acuerdo con la clasificación de la vía se obtuvo una colectora de clase II, por lo que se tomará el valor medio entre los límites establecidos, es decir una **confiabilidad R=85%**, lo que nos da una **desviación estándar normal Zr de -1.037**.

3.1.4.12 Desviación estándar normal (Zr)

Tabla 71. Desviación estándar normal “Zr”

Confiabilidad R%	Desviación Normal estándar ZR
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751

Fuente: AASHTO 1993

Desviación estándar global (So):

Tabla 72. Desviación estándar global (So)

Proyecto de Pavimento	So	
	Flexible	Rígido
	0,40-0,45	0,30-0,40
Construcción Nueva	0,45	0,35
Sobre Capas	0,5	0,4

Fuente: AASHTO 1993

Al tratarse de un pavimento flexible nuevo se toma el valor de la desviación estándar global de 0,45.

3.1.4.13 Índice de Serviciabilidad (PSI):

El índice de Serviciabilidad inicial representa la condición inicial del pavimento al momento de entrar en operación, este valor depende del diseño y la calidad de la construcción, dicho valor disminuirá con el transcurso del tiempo hasta llegar a un índice de servicio final, donde el pavimento llega a un estado límite capaz de ser tolerado antes de entrar en rehabilitación. El índice va de 0 a 5, donde 0 representa un pavimento en pésimas condiciones y 5 en perfecto estado.

Tabla 73. Índice de Serviciabilidad

Tipo de Vía	Serviciabilidad Final
Carretera Principal	2.5-3.0
Carretera Secundaria	2.0-2.5
Tipo de Pavimento	Serviciabilidad Inicial
Rígido	4.5
Flexible	4.2

Fuente: AASHTO 1993

$$\Delta PSI = Pf - Po$$

$$\Delta PSI = 4.2 - 2$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

Donde:

Po=Serviciabilidad Inicial

Pf=Serviciabilidad Final

ΔPSI = Serviciabilidad

3.1.4.14 Coeficiente de Drenaje:

La presencia de agua tiene un gran impacto en las capas granulares que forman la estructura del pavimento, un buen drenaje es fundamental para evitar la rápida

degradación de la calidad del pavimento, para lo cual la AASHTO recomienda los siguientes valores:

Tabla 74. Tiempo de Drenaje Recomendado

Calidad de drenaje	50% de saturación en:	85% de saturación en:
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	Mas de 10 horas
Muy Pobre	El agua no drena	Mucho más de 10 horas

Fuente: AASHTO 1993

Tabla 75. Coeficientes de Drenaje para Pavimentos Flexibles

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy Pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Fuente: AASHTO 1993

El coeficiente de drenaje para la base y subbase es de 0.90.

3.1.4.15 Cálculo del Módulo de resiliencia:

Para obtener este valor la AASHTO propone una correlación con el CBR de la subrasante, mediante las siguientes fórmulas:

$$Mr_{(psi)} = 1500 * CBR \text{ para } CBR < 10\% \text{ (Sugerida por AASHTO)}$$

$$Mr_{(psi)} = 3000 * CBR^{0.65} \text{ para } CBR \text{ de } 7.2 \text{ al } 20\%$$

$$Mr_{(psi)} = 4326 * \ln CBR + 241 \text{ (utilizada para suelos granulares)}$$

Para el primer diseño del pavimento correspondiente a la Parroquia Izamba se obtuvo un CBR de 45.4% en 0 días de saturación.

$$Mr_{(psi)} = 4326 * \ln (45.4) + 241$$

$$Mr_{(psi)} = 16746,91psi = 16.746 ksi$$

Para el primer diseño del pavimento correspondiente a la Parroquia Izamba se obtuvo un CBR de 45.4% en 24 horas de saturación.

$$Mr_{(psi)} = 4326 * \ln (37,5) + 241$$

$$Mr_{(psi)} = 15919,90psi = 15,919ksi$$

Para el segundo diseño del pavimento correspondiente a la Parroquia Izamba se obtuvo un CBR de 27.7% en 72 horas (3días) de saturación.

$$Mr_{(psi)} = 4326 * \ln (27.7) + 241$$

$$Mr_{(psi)} = 14609.52psi = 14.609 ksi$$

Para el tercer diseño del pavimento correspondiente a la Parroquia Izamba se obtuvo un CBR de 26% en 96 horas (4días) de saturación.

$$Mr_{(psi)} = 4326 * \ln (26) + 241$$

$$Mr_{(psi)} = 14335.53psi = 14.335ksi$$

3.1.4.16 Coeficientes Estructurales

Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica (a1)

Para determinar este coeficiente se utiliza la tabla de criterios de diseño para mezclas Marshall, mismo que nos da la estabilidad en libras a partir del tipo de tráfico del proyecto, este valor lo empleamos en el nomograma para obtener el módulo elástico y coeficiente estructural.

Dado que el T PDA de vehículos pesados es de 226, el tipo de tráfico corresponde a medio, por lo cual tomamos un valor de 1500 correspondiente a la estabilidad en libras.

Tabla 76. Criterios de Diseño para Mezclas Marshall

Criterio de Mezcla	Tráfico Ligero		Tráfico Medio		Tráfico Pesado		Muy Pesado	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Número de golpes en cada cara de la probeta	35		50		75		75	
Estabilidad en libras	750		1200		1800		2200	
Flujo en centésimas de pulgada	8	28	8	16	8	16	8	14
Porcentaje en vacíos	3	5	3	5	3	5	3	5
Porcentaje de vacíos rellenos de asfalto	70	80	65	78	65	75	65	75
Relación Filler/Betún					0.8	1.2	0.8	1.2

Fuente: Especificaciones generales para construcción de caminos y puentes MTOP.

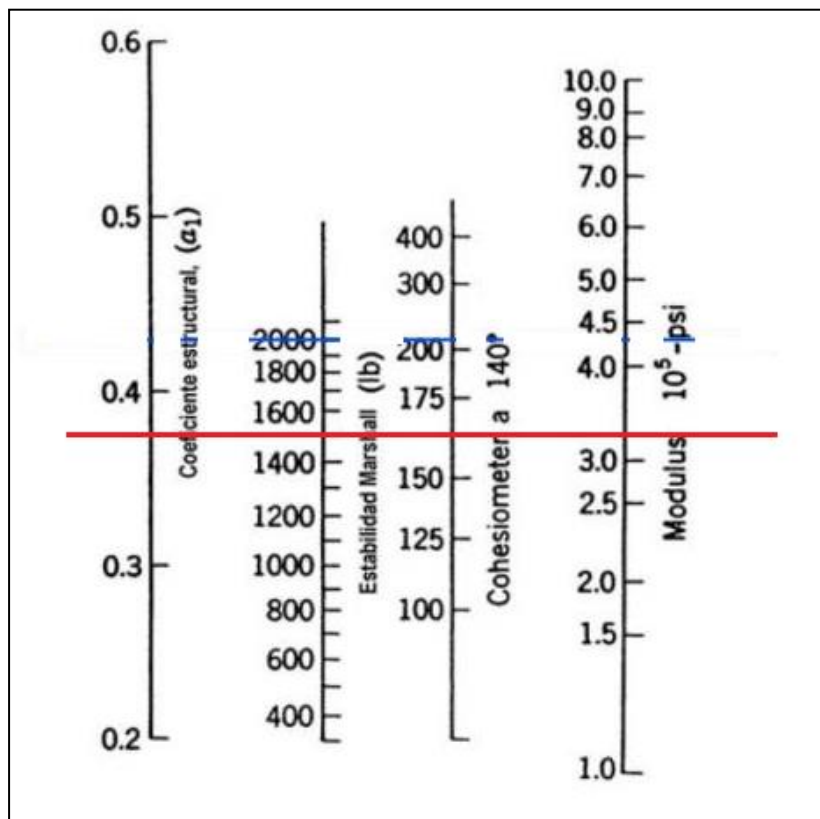


Figura 56. Nomograma del coeficiente estructural de la carpeta asfáltica (a1)

Fuente: AASHTO 1993

De acuerdo con la estabilidad seleccionada de 1500 el coeficiente a_1 es 0.38 y el módulo de elasticidad de $3.4 \cdot 10^5$ psi (340 ksi).

Coefficiente estructural de la base granular a2:

Tabla 77. Valores del coeficiente estructural a2

BASE DE AGREGADOS	
CBR%	a2
20	0.070
30	0.095
40	0.105
50	0.115
60	0.125
70	0.130
80	0.133
90	0.137
100	0.140

Fuente: AASHTO 1993

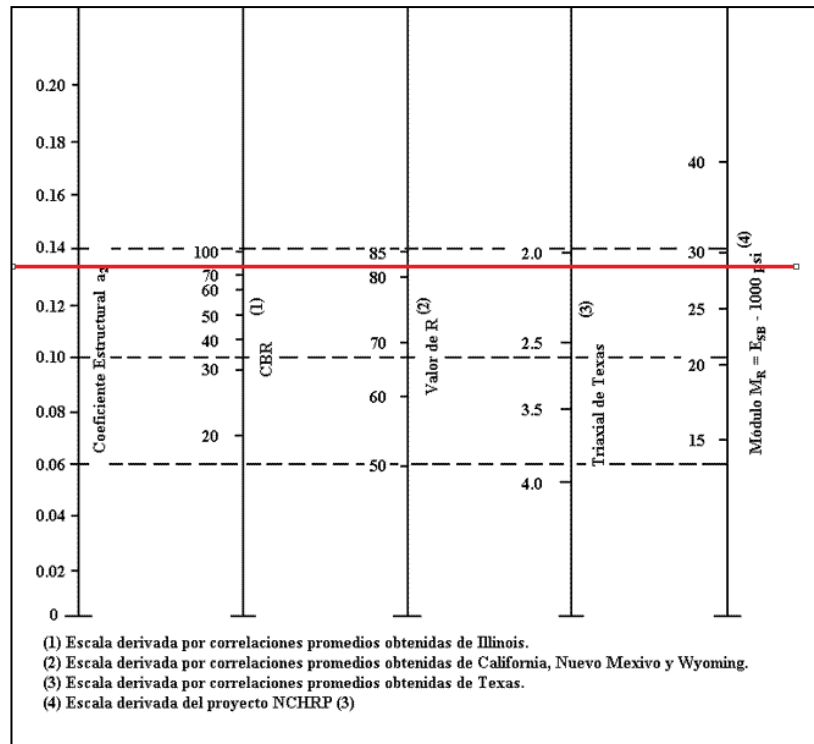


Figura 57. Nomograma del coeficiente estructural de la Base granular a2

Fuente: AASHTO 1993

La MTOP establece un valor mínimo de CBR $\geq 80\%$ para la capa base, dándonos un coeficiente estructural a2 de 0.133 y el módulo de resiliencia de la base de 28000 psi

Coefficiente estructural de la subbase granular (a3).

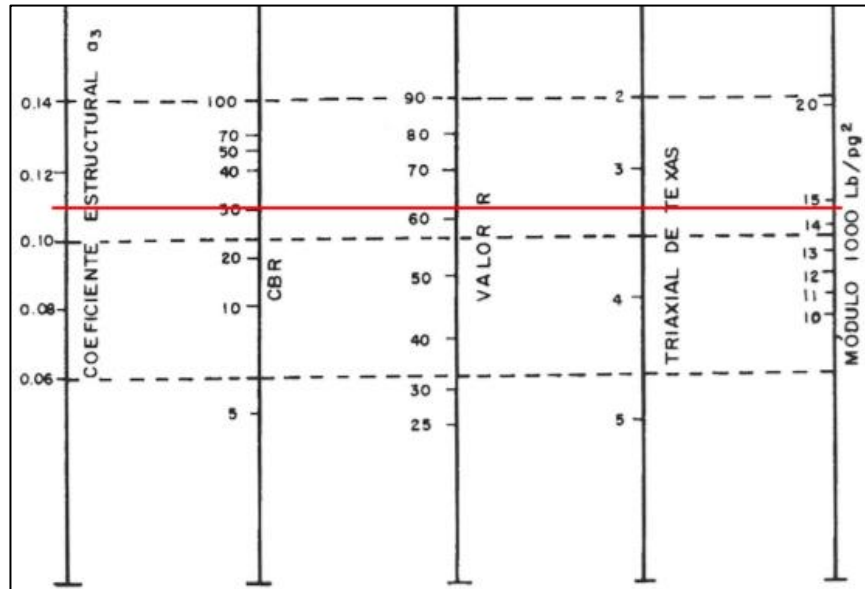


Figura 58. Nomograma del coeficiente estructural de la Sub-base granular a3

Para determinar el coeficiente estructural a3 y el módulo de resiliencia de la sub base granular se emplea el siguiente ábaco propuesto por la AASHTO tomando en cuenta que la MTOP sugiere que el valor mínimo de CBR debe ser $\geq 30\%$.

Tabla 78. Valores del Coeficiente Estructural a3

SUBBASE GRANULAR	
CBR%	a3
10	0.080
15	0.090
20	0.093
25	0.102
30	0.108
35	0.115
40	0.120

Fuente: AASHTO 93

El coeficiente estructural a3 es de 0.108 y el módulo de resiliencia de la sub base es 14700psi.

Diseño de pavimento #1: CBR de sub rasante sin saturar.

Datos para determinar el número estructural:

Con los parámetros antes mencionados se procede a calcular la estructura del pavimento haciendo uso del programa DISAASHTO-93.

3.1.4.17 Estructura de Pavimento Propuesta #1 (CBR de subrasante sin saturar)

Tabla 79. Datos generales para el Diseño del Pavimento N°1

DISEÑO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO	
DATOS GENERALES	
Ejes equivalentes acumulados por carril W18	1498632
Confiabilidad	85%
Desviación estándar Total So	0.45
Diferencia Índices de servicio	2.2
Desviación estándar normal Zr	-1.037
Mezcla Asfáltica	
Coeficiente estructural a1	0.38
Base Granular	
Coeficiente estructural a2	0.133
Coeficiente de drenaje m2	0.9
Modulo Resiliente	28000
Sub base	
Coeficiente estructural a3	0.108
Coeficiente de drenaje m3	0.9
Modulo Resiliente	14700
Subrasante	
Modulo Resiliente	16746.91

Fuente: Lizbeth Villacrés

Figura 59. Diseño 1- Cálculo del Numero estructural SN, programa DISAASHTO 93

DATOS DE ENTRADA			
TRANSITO W(8.2)	1498632	DESVIACION ESTANDAR TOTAL (So)	0.45
MODULO RESILIENTE (PSI)	16746.91	DIF. INDICES DE SERVIC. (ΔPSI)	2.2
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (ZR)	-1.037		
NUMERO ESTRUCTURAL (SN) =		2.56	

Figura 60. Diseño 1 - Cálculo de espesores de la estructura del pavimento

DISAASHTO-93 - DISEÑO ESTRUCTURA

MENU **DISAASHTO-93 - DISEÑO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO**

DATOS GENERALES

TRANSITO EE(8.2 Ton)
W= 1498632

DESVIACION ESTANDAR TOTAL
So= 0.45

DIF. INDICES DE SERVICIO
(ΔPSI)= 2.2

DESVIACION ESTANDAR NORMAL
-ZR= -1.037 AYUDA

DATOS ESPECIFICOS POR CAPA

MEZCLA ASFALTICA
Coeficiente estructural a1 = 0.38

BASE GRANULAR
Coeficiente estructural a2 = 0.133 Coeficiente de drenaje m2 = 0.9 Modulo resiliente en PSI = 28000

SUBBASE
Coeficiente estructural a3 = 0.108 Coeficiente de drenaje m3 = 0.9 Modulo resiliente en PSI = 14700

SUBRASANTE
Modulo resiliente en PSI = 16746.91 CALCULAR ESTRUCTURA INICIAL

RESULTADOS

NUMEROS ESTRUCTURALES CALCULADOS: SN1 = 2.13 SN2 = 2.69 SN3 = 2.56

ESPESTORES INICIALES CALCULADOS
D1(i)= 5.605 D2(i)= 12.949 D3(i)= 7.22

ESPESOR D1

CALCULO DE D1
D1 = SN1/a1 = 5.605

VERIFICACION DE D1
D1* = 3

CALCULO DE SN1*

SN1* = a1 x D1* = 1.14 NO CUMPLE, CAMBIE D1* Y RECALCULE

RECALCULAR D1

ESPESOR D2

CALCULO DE D2
D2 = (SN2-SN1*)/a2 x m2 = 12.949

VERIFICACION DE D2
D2* = 6

CALCULO DE SN2*

SN2* = a2 x m2 x D2* + SN1* = 1.858 NO CUMPLE, CAMBIE D2*

RECALCULAR D2

ESPESOR D3

CALCULO DE D3
D3 = SN3-(SN2*+SN1*)/a3 x m3 = 7.22

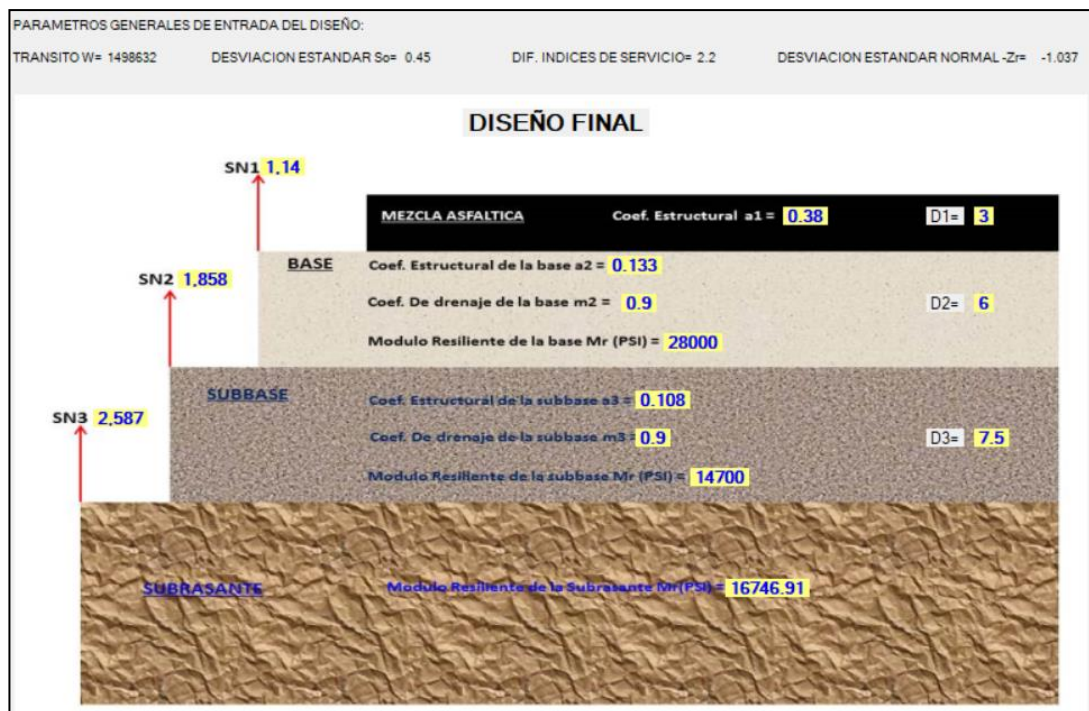
VERIFICACION DE D3
D3* = 7.5

CALCULO DE SN3*

SN3* = a3 x m3 x D3* + SN1*+SN2* = 2.587 CUMPLE OK

RECALCULAR D3

Figura 61. Diseño Final - Estructura 1



3.1.4.18 Diseño de pavimento #2: CBR de sub rasante saturada durante 24 horas
Datos para determinar el número estructural:

Tabla 80. Datos generales para el Diseño del Pavimento N°2.

DATOS GENERALES	
Ejes equivalentes acumulados por carril W18	1498632
Confiabilidad	85%
Desviación estándar Total So	0.45
Diferencia Índices de servicio	2.2
Desviación estándar normal Zr	-1.037
Mezcla Asfáltica	
Coefficiente estructural a1	0.38
Base Granular	
Coefficiente estructural a2	0.133
Coefficiente de drenaje m2	0.9
Modulo Resiliente	28000
Sub base	
Coefficiente estructural a3	0.108
Coefficiente de drenaje m3	0.9
Modulo Resiliente	14700
Subrasante	
Modulo Resiliente	15919.89

Fuente: Lizbeth Villacrés

Figura 62. Diseño 2- Cálculo del Numero estructural SN, programa DISAASHTO 93

DISAASHTO93 - CALCULAR SN

FORMULARIO DE ENTRADA PARA CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL SN

$$LOG(W) = ZR * So + 9.36 * Log(SN + 1) - 0.20 + \frac{Log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * Log(MR) - 8.07$$

DATOS DE ENTRADA

TRANSITO W(8.2) DESVIACION ESTANDAR TOTAL (So)

MODULO RESILIENTE (PSI) DIF. INDICES DE SERVIC. (ΔPSI)

DESVIACION ESTANDAR NORMAL (zR)

NUMERO ESTRUCTURAL (SN) =

Figura 63. Diseño 2 - Cálculo de espesores de la estructura del pavimento

MENU **DISAASHTO-93 - DISEÑO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO**

DATOS GENERALES

TRANSITO EE(8.2Ton)
W= 1498632

DESVIACION ESTANDAR TOTAL
So= 0.45

DIF. INDICES DE SERVICIO
(ΔPSI)= 2.2

DESVIACION ESTANDAR NORMAL
-ZR= -1.037 AYUDA

DATOS ESPECIFICOS POR CAPA

MEZCLA ASFALTICA
Coeficiente estructural a1 = 0.38

BASE GRANULAR
Coeficiente estructural a2 = 0.133 Coeficiente de drenaje m2 = 0.9 Modulo resiliente en PSI = 28000

SUBBASE
Coeficiente estructural a3 = 0.108 Coeficiente de drenaje m3 = 0.9 Modulo resiliente en PSI = 14700

SUBRASANTE
Modulo resiliente en PSI = 15919.89 **CALCULAR ESTRUCTURA INICIAL**

RESULTADOS

NUMEROS ESTRUCTURALES CALCULADOS: SN1 = 2.13 SN2 = 2.69 SN3 = 2.61

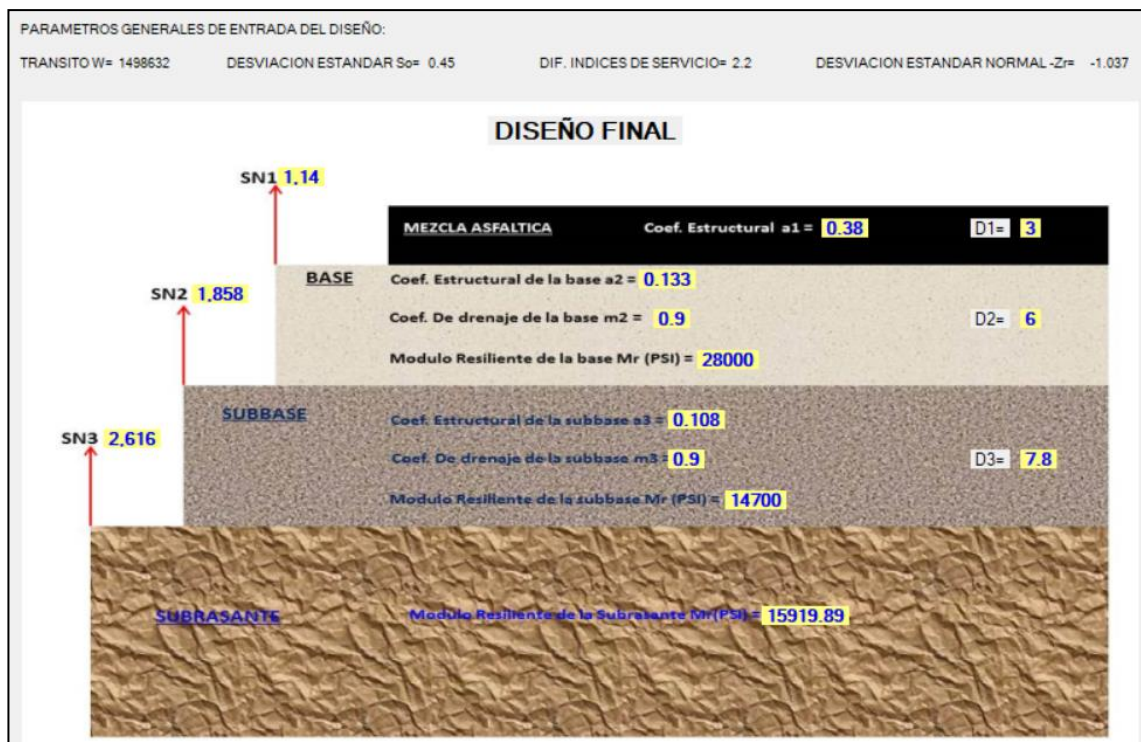
ESPESORES INICIALES CALCULADOS: D1(i)= 5,605 D2(i)= 12,949 D3(i)= 7,735

ESPESOR D1
CALCULO DE D1: $D1 = SN1/a1 = 5,605$
VERIFICACION DE D1: $D1^* = 3$
CALCULO DE SN1*: $SN1^* = a1 \times D1^* = 1,14$ NO CUMPLE, CAMBIE D1* Y RECALCULE **RECALCULAR D1**

ESPESOR D2
CALCULO DE D2: $D2 = (SN2 - SN1^*) / a2 \times m2 = 12,949$
VERIFICACION DE D2: $D2^* = 6$
CALCULO DE SN2*: $SN2^* = a2 \times m2 \times D2^* + SN1^* = 1,858$ NO CUMPLE, CAMBIE D2* **RECALCULAR D2**

ESPESOR D3
CALCULO DE D3: $D3 = SN3 - (SN2^* + SN1^*) / a3 \times m3 = 7,735$
VERIFICACION DE D3: $D3^* = 7.8$
CALCULO DE SN3*: $SN3^* = a3 \times m3 \times D3^* + SN1^* + SN2^* = 2,616$ CUMPLE OK **RECALCULAR D3**

Figura 64. Diseño Final - Estructura 2



3.1.4.19 Diseño de pavimento #3: CBR de sub rasante saturada durante 72 horas
Datos para determinar el número estructural:

Tabla 81. Datos generales para el Diseño del Pavimento N°3

DATOS GENERALES	
Ejes equivalentes acumulados por carril W18	1498632
Confiabilidad	85%
Desviación estándar Total So	0.45
Diferencia Índices de servicio	2.2
Desviación estándar normal Zr	-1.037
Mezcla Asfáltica	
Coefficiente estructural a1	0.38
Base Granular	
Coefficiente estructural a2	0.133
Coefficiente de drenaje m2	0.9
Modulo Resiliente	28000
Sub base	
Coefficiente estructural a3	0.108
Coefficiente de drenaje m3	0.9
Modulo Resiliente	14700
Subrasante	
Modulo Resiliente	14609.52

Fuente:Lizbeth Villacrés

Figura 65. Diseño 3- Cálculo del Numero estructural SN, programa DISAASHTO 93

DISAASHTO93 - CALCULAR SN

FORMULARIO DE ENTRADA PARA CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL SN

$$\text{LOG}(W) = ZR * So + 9.36 * \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \text{Log}(MR) - 8.07$$

DATOS DE ENTRADA

TRANSITO W(8.2) DESVIACION ESTANDAR TOTAL (So)

MODULO RESILIENTE (PSI) DIF. INDICES DE SERVIC. (ΔPSI)

DESVIACION ESTANDAR NORMAL (-ZR)

NUMERO ESTRUCTURAL (SN) =

CALCULAR SN CERRAR

Estructura de Pavimento Propuesta #3

Figura 66. Diseño 3 - Cálculo de espesores de la estructura del pavimento

MENU **DISAASHTO-93 - DISEÑO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO**

DATOS GENERALES

TRANSITO EE(8.2 Ton)
W= 1498632

DESVIACION ESTANDAR TOTAL
So= 0.45

DIF. INDICES DE SERVICIO
(ΔPSI)= 2.2

DESVIACION ESTANDAR NORMAL
-ZR= -1.037 AYUDA

DATOS ESPECIFICOS POR CAPA

MEZCLA ASFALTICA
Coeficiente estructural a1 = 0.38

BASE GRANULAR
Coeficiente estructural a2 = 0.133 Coeficiente de drenaje m2 = 0.9 Modulo resiliente en PSI = 28000

SUBBASE
Coeficiente estructural a3 = 0.108 Coeficiente de drenaje m3 = 0.9 Modulo resiliente en PSI = 14700

SUBRASANTE
Modulo resiliente en PSI = 14609.52 CALCULAR ESTRUCTURA INICIAL

RESULTADOS

NUMEROS ESTRUCTURALES CALCULADOS: **SN1 = 2.13** **SN2 = 2.69** **SN3 = 2.69**

ESPESORES INICIALES CALCULADOS: **D1(i)= 5,605** **D2(i)= 12,949** **D3(i)= 8,558**

ESPESOR D1

CALCULO DE D1
D1 = SN1/a1 = 5,605

VERIFICACION DE D1
D1* = 3

CALCULO DE SN1*

SN1* = a1 x D1* = 1,14 NO CUMPLE, CAMBIE D1* Y RECALCULE

RECALCULAR D1

ESPESOR D2

CALCULO DE D2
D2 = (SN2-SN1*) / a2 x m2 = 12,949

VERIFICACION DE D2
D2* = 6

CALCULO DE SN2*

SN2* = a2 x m2 x D2* + SN1* = 1,858 NO CUMPLE, CAMBIE D2*

RECALCULAR D2

ESPESOR D3

CALCULO DE D3
D3 = SN3-(SN2*+SN1*) / a3 x m3 = 8,558

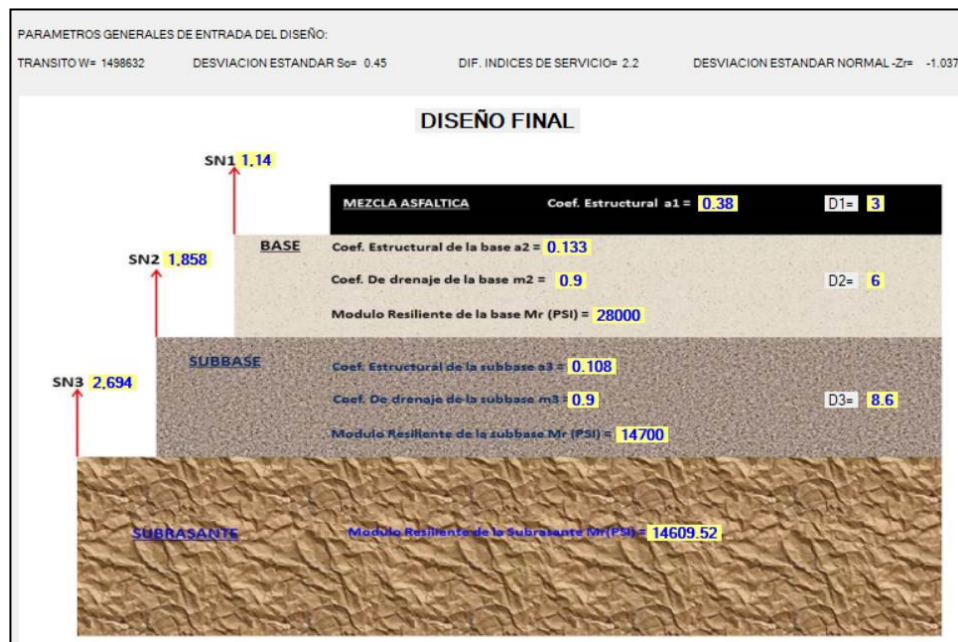
VERIFICACION DE D3
D3* = 8.6

CALCULO DE SN3*

SN3* = a3 x m3 x D3* + SN1*+SN2* = 2,694 CUMPLE OK

RECALCULAR D3

Figura 67. Diseño Final - Estructura 3



3.1.4.20 Diseño de pavimento #4: CBR de sub rasante saturada durante 96 horas
Datos para determinar el número estructural:

Tabla 82. Datos generales para el Diseño del Pavimento N°3

DATOS GENERALES	
Ejes equivalentes acumulados por carril W18	1498632
Confiability	85%
Desviación estándar Total So	0.45
Diferencia Índices de servicio	2.2
Desviación estándar normal Zr	-1.037
Mezcla Asfáltica	
Coefficiente estructural a1	0.38
Base Granular	
Coefficiente estructural a2	0.133
Coefficiente de drenaje m2	0.9
Modulo Resiliente	28000
Sub base	
Coefficiente estructural a3	0.108
Coefficiente de drenaje m3	0.9
Modulo Resiliente	14700
Subrasante	
Modulo Resiliente	14335.53

Fuente: Lizbeth Villacrés

Figura 68. Diseño 4- Cálculo del Numero estructural SN, programa DISAASHTO 93

FORMULARIO DE ENTRADA PARA CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL SN

$$LOG(W) = ZR * So + 9.36 * Log(SN + 1) - 0.20 + \frac{Log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * Log(MR) - 8.07$$

DATOS DE ENTRADA

TRANSITO W(8.2) DESVIACION ESTANDAR TOTAL (So)

MODULO RESILIENTE (PSI) DIF. INDICES DE SERVIC. (ΔPSI)

DESVIACION ESTANDAR NORMAL (-ZR)

NUMERO ESTRUCTURAL (SN) =

Estructura de Pavimento Propuesta #4

Figura 69. Diseño 4 - Cálculo de espesores de la estructura del pavimento.

Programa DISAASHTO

MENU **DISAASHTO-93 - DISEÑO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO**

DATOS GENERALES

TRANSITO EE(8.2 Ton)
W= 1498632

DESVIACION ESTANDAR TOTAL
So= 0.45

DIF. INDICES DE SERVICIO
(ΔPSI)= 2.2

DESVIACION ESTANDAR NORMAL
-ZR= -1.037 AYUDA

DATOS ESPECIFICOS POR CAPA

MEZCLA ASFALTICA
Coeficiente estructural a1 = 0.38

BASE GRANULAR
Coeficiente estructural a2 = 0.133 Coeficiente de drenaje m2 = 0.9 Modulo resiliente en PSI = 28000

SUBBASE
Coeficiente estructural a3 = 0.108 Coeficiente de drenaje m3 = 0.9 Modulo resiliente en PSI = 14700

SUBRASANTE
Modulo resiliente en PSI = 14335.53 CALCULAR ESTRUCTURA INICIAL

RESULTADOS

NUMEROS ESTRUCTURALES CALCULADOS: ESPESORES INICIALES CALCULADOS

SN1 = 2.13 SN2 = 2.69 SN3 = 2.71 D1(i)= 5.605 D2(i)= 12.949 D3(i)= 8.763

ESPESOR D1

CALCULO DE D1
D1 = SN1/a1 = 5.605

VERIFICACION DE D1
D1* = 3

CALCULO DE SN1*

SN1* = a1 x D1* = 1.14 NO CUMPLE, CAMBIE D1* Y RECALCULE RECALCULAR D1

ESPESOR D2

CALCULO DE D2
D2 = (SN2-SN1*) / a2 x m2 = 12.949

VERIFICACION DE D2
D2* = 6

CALCULO DE SN2*

SN2* = a2 x m2 x D2* + SN1* = 1.858 NO CUMPLE, CAMBIE D2* RECALCULAR D2

ESPESOR D3

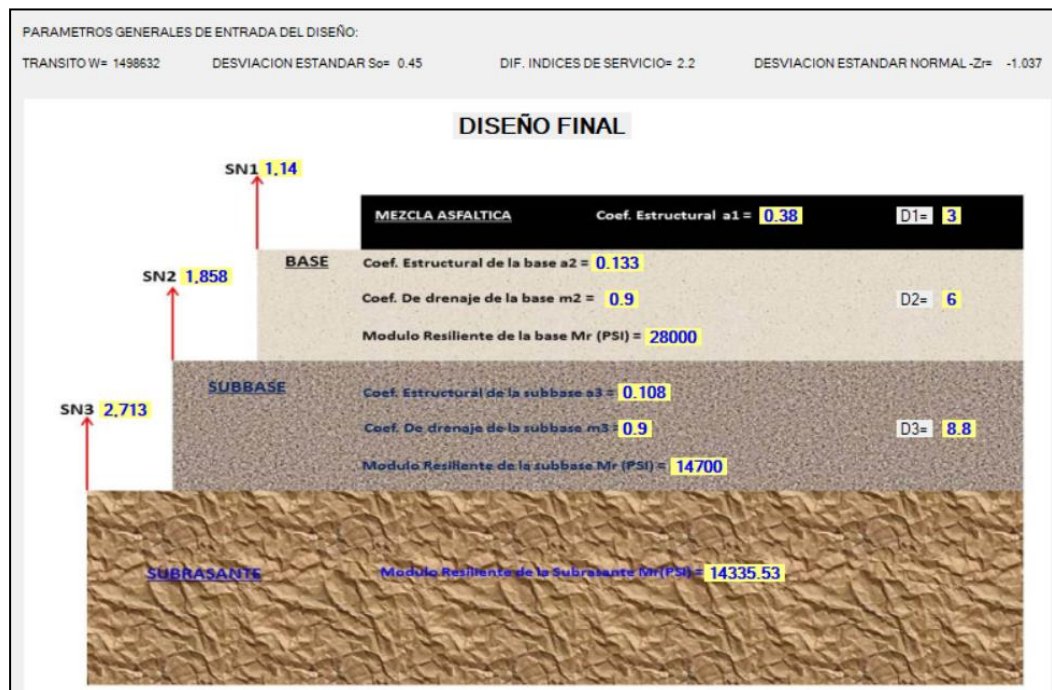
CALCULO DE D3
D3 = SN3-(SN2*+SN1*) / a3 x m3 = 8.763

VERIFICACION DE D3
D3* = 8.8

CALCULO DE SN3*

SN3* = a3 x m3 x D3* + SN1*+SN2* = 2.713 CUMPLE OK RECALCULAR D3

Figura 70. Diseño Final - Estructura 4



3.1.4.21 Análisis de la Estructura del Pavimento vs Periodo de Saturación

Tabla 83. Estructura del Pavimento vs Tiempo de Saturación -Izamba

Tiempo de saturación(h)	SUBBASE (plg)	BASE (plg)	CARPETA ASFÁLTICA (plg)
0	7,5	6	3
24	7,8	6	3
72	8,6	6	3
96	8,8	6	3

Fuente: Lizbeth Villacrés

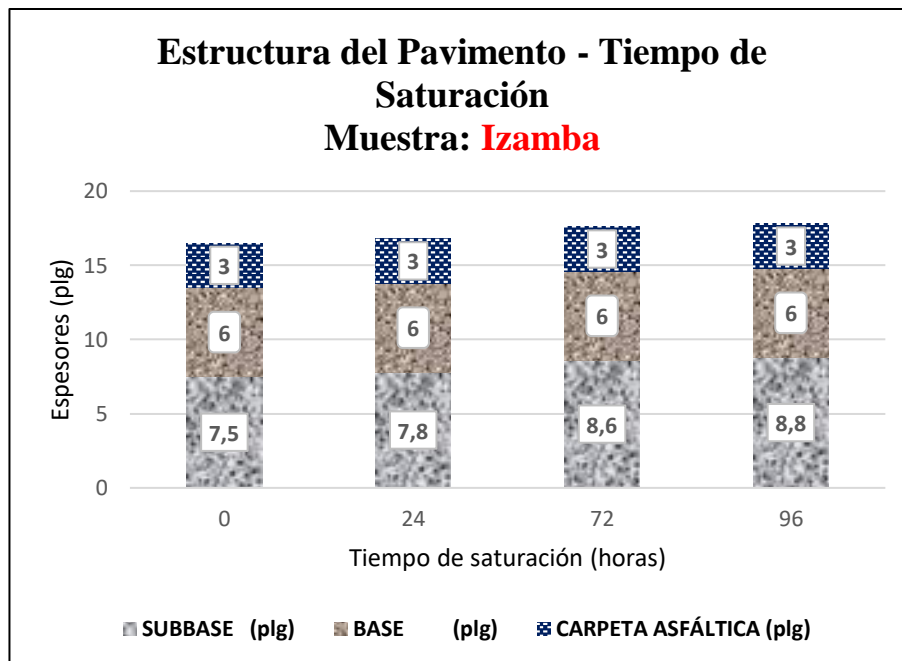


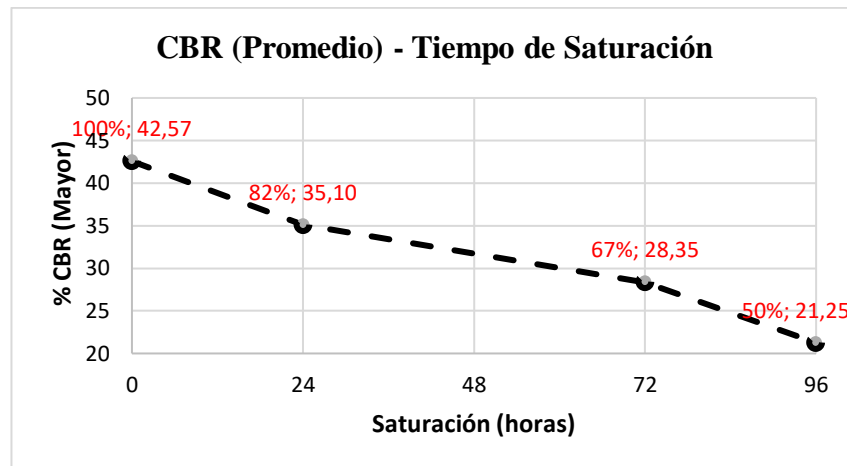
Figura 71. Estructura del Pavimento vs Tiempo de Saturación

En la gráfica anterior se puede observar que las variaciones se dan únicamente en la subbase. Así, para un valor de CBR de 45,4% se tiene una subbase de 7.5 plg, para la muestra sin saturar, luego de 24 horas de saturación se obtuvo un CBR DE 35,7% y el valor de la subbase es de 7,8plg.

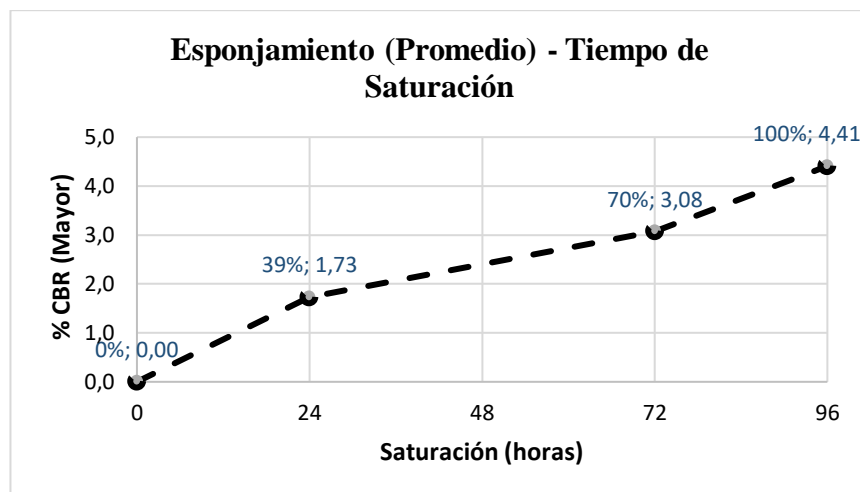
Con un CBR de 27,7% la subbase es de 8,6 plg y finalmente para un CBR de 26% se obtiene una subbase de 8.8 plg, teniendo una diferencia mínima de 0.2plg (0,5cm) en las últimas 24 horas de saturación y una diferencia total de 19,4% de CBR. y 1,3plg (3,3cm) de Sub base desde el estado sin saturar hasta el saturado por 96 horas.

3.2 Verificación de Hipótesis

Se pudo comprobar para todas las muestras que el CBR disminuye a medida que el tiempo de saturación del suelo aumenta. Los valores promedio CBR saturados disminuyen respecto a CBR sin saturar en 82%, 67% y 50% para 24, 72 y 96 horas de saturación respectivamente.



El hinchamiento del suelo incrementa a medida que avanza el tiempo de saturación. Se tiene así un incremento del hinchamiento promedio respecto al mayor, de 39%, 70%, y 100%, para 24, 72 y 96 horas de saturación respectivamente.



Respecto a la variación de los espesores de la estructura del pavimento flexible, se pudo comprobar que la disminución de la capacidad de soporte del suelo, debido a la saturación del suelo, conllevó a incrementos de la subbase (para el análisis de la

muestra Izamba) en 0.3 plg, 1.1 plg y 1.3 plg, para 24, 72 y 96 horas de saturación respectivamente. Los espesores de la base y la carpeta asfáltica se mantuvieron constantes.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Una vez realizado el ensayo granulométrico y de acuerdo a la tabla de clasificación de suelos SUCS y ASSHTO se concluye que todas las muestras corresponden a suelos granulares, ya que más de la mitad del material es retenido en el tamiz número 200 (SUCS), y 35% o menos pasa por el tamiz número 200 (AASHTO).
- La muestra de suelo que presentó mayor contenido de Humedad Natural fue la muestra de Juan Benigno Vela, obteniendo el valor más bajo de CBR (5%), seguido de Unamuncho y Constantino Fernández cuyas muestras también contienen un alto valor de humedad natural, a diferencia de Montalvo cuyo contenido de Humedad fue el más bajo y el valor de CBR (35%), el más alto con respecto a las seis muestras.
- Las seis muestras analizadas presentan valores bajos de plasticidad, cuyos valores de Límite Líquido varían entre 22,22% a 29,38%. El Límite Plástico oscila entre 20,66% y 27,37%, obteniendo Índices de Plasticidad entre 0,93 a 2,01%.
- Los ensayos realizados en campo y laboratorio nos permiten determinar que las seis muestras obtenidas de las distintas parroquias rurales del cantón Ambato corresponden según la clasificación de suelos SUCS a suelos SM: Arenas Limosas, y según la clasificación AASHTO están en el grupo A2-4: Gravas y Arenas Limosas, indicándonos también una característica del suelo excelente a bueno como terreno de fundación.
- Para la muestra Constantino Fernández se obtuvieron los siguientes valores de CBR partiendo de un estado sin saturar a saturado por 24, 72 y 96 horas: 45,5%, 41%, 27,8% y 22,5%.
- Los valores de CBR para la muestra Izamba en sus cuatro estados de saturación son: 45,5%, 35,7%, 27,7% y 26%.

- La muestra Juan Benigno Vela presenta los valores más bajos de CBR en los 4 estados de saturación, siendo estos: 22,7%, 20,40%, 15,3% y 5%, mientras que Montalvo tiene los valores más altos: 55%, 43%, 39% y 35%.
- En la muestra Quisapincha se obtuvieron los siguientes valores de CBR en los distintos estados de saturación: 41,8%, 37,5%, 33% y 23%: Finalmente para Unamuncho los valores de CBR son: 48%, 41%, 32,5% y 18%.
- Partiendo de los moldes sin saturar hasta los saturados por 96 horas se presentaron diferencias de CBR de 23% en Constantino Fernández; 19,4% para Izamba; 17,7% en Juan Benigno Vela; 20% para Montalvo; 18,8% para el suelo de Quisapincha; y 30% para Unamuncho, mientras que en las últimas 24 horas las diferencias fueron de 5,3%, 1,7%, 10,3%, 4%, 10% y 14.5% siguiendo el orden de las muestras antes mencionado.
- Tomando como muestra representativa el suelo de la Parroquia Izamba para el diseño de pavimento flexible, se obtuvo una carpeta asfáltica de 3 plg y una base de 6 plg. Dichos valores se mantienen constantes para los cuatro estados de saturación. Sin embargo, varía únicamente el espesor de la subbase, obteniendo así valores de 7,5 plg; 7,8 plg; 8,6 plg y 8,8 plg, conforme aumenta el grado de saturación.
- Considerando que las 5 muestras restantes tienen diferencias mayores en los valores de CBR de subrasante, la variación de espesores de la estructura de pavimento también será mayor. El diseño realizado con la muestra Izamba nos permite tener una idea de cómo van a variar los espesores en función del valor CBR.
- Un estudio climatológico detallado nos permitiría determinar el grado de saturación al cual va a estar expuesta el pavimento. Así se podría dar el caso en el que este nunca este expuesto a una saturación crítica de 96 horas, lo cual se traduciría en una mejor capacidad de soporte y por lo tanto en una optimización económica de la construcción.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda revisar las normas y los procedimientos de cada ensayo tanto de campo como laboratorio antes de ejecutarlos para ahorrar tiempo y evitar obtener datos erróneos en el proceso.
- Para determinar el contenido de humedad natural se recomienda que los recipientes en los que se toma las muestras de suelo sean herméticos para evitar la evaporación o absorción de humedad de la atmosfera.
- Para realizar el ensayo Proctor modificado tipo B, se recomienda preparar mínimo 4 muestras con distintos contenidos de humedad cercanos al óptimo variando un 2% y evitando reutilizar el suelo ya que esto podría alterar los resultados de las propiedades mecánicas.
- Cuando se utilice la máquina manual para ejecutar el ensayo de CBR se recomienda mantener una velocidad constante en la palanca para que los datos sean lo más precisos posibles y las lecturas del dial sean leídas sin equivocaciones.
- Para las muestras saturadas de CBR, una vez retirado el molde del agua se lo deja escurrir por 15 minutos y se recomienda absorber los excesos de agua de la parte externa del molde ya que queda una considerable cantidad de agua en la base y eso incrementaría el valor al momento de pesar el molde.
- Se recomienda tener un criterio técnico al momento de utilizar el programa DISAASHTO-93 para el cálculo de los espesores del pavimento ya que dichos valores se los puede modificar tomando en cuenta que debe cumplir el valor del número estructural.
- Se recomienda que los coeficientes que permiten determinar la estructura del pavimento se los analice de manera minuciosa y con criterio técnico para obtener valores certeros en el diseño de la estructura del pavimento.
- Se recomienda realizar un análisis climatológico detallado que nos permita determinar cuál es el estado crítico de saturación al cual está expuesto el pavimento. La norma de ensayo ASTM indica que para suelos granulares se puede

realizar el ensayo CBR en un menor tiempo de saturación, hasta cuando el suelo ya no presente variación en su hinchamiento, lo que permitiría un aumento en el valor CBR, la capacidad portante de la subrasante y en consecuencia ahorro económico.

MATERIALES DE REFERENCIA

Referencia Bibliográfica

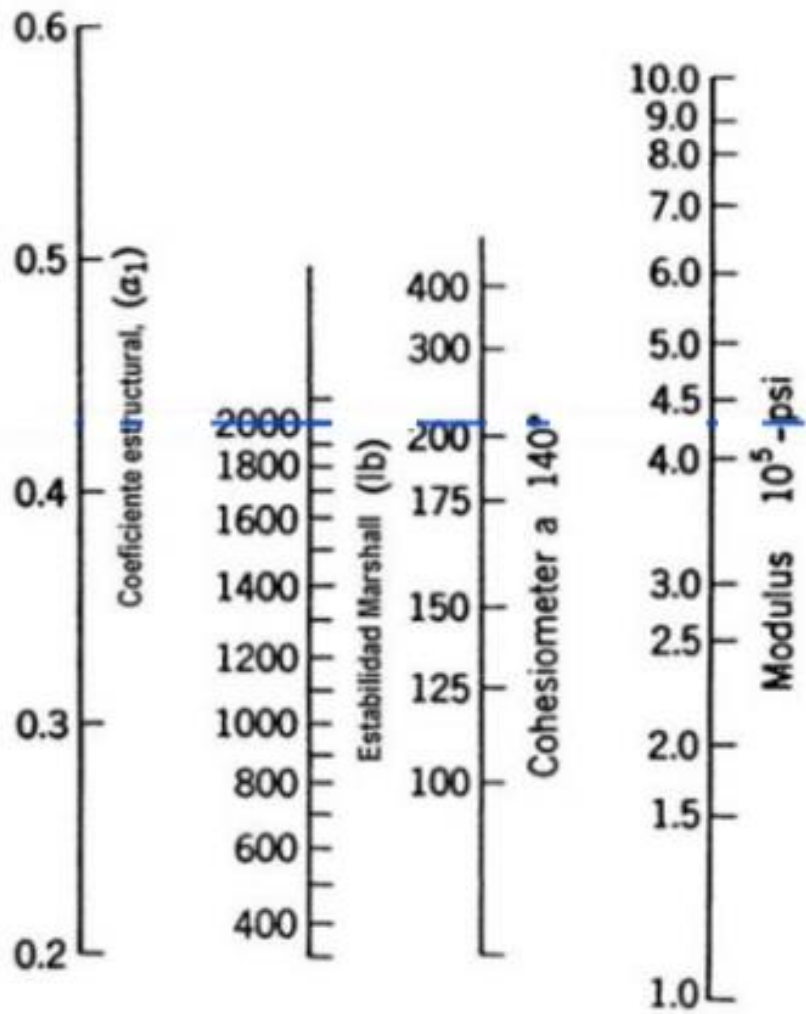
- [1] Mahabuzzamna, CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) AND STRENGTH BEHAVIOUR OF COMPACTED DHAKA CLAY AS ROAD SUBGRADE, Dhaka, 2001, p. 80.
- [2] D. Al-Hamdani, de *Correlation of Cbr Value With Particles Size and Compaction Characteristics of Cohesionless Soil*, 2018, pp. 158-174.
- [3] R. Chauhan, de *A LABORATORY STUDY ON EFFECT OF TEST*, Rourkela, 2010, p. 46.
- [4] M. ., Mukambi, de *Behaviour of CON-AID Treated Fine Grained Kenyan Soils*, Kenya, Balkema, 2000, p. 27.
- [5] T. Refeai y A. Suhaibani, de *Prediction of CBR Using Dynamic Cone Penetrometer*, vol. 9, 2018, pp. 191-203.
- [6] W. Lambe y W. Robert, *Mecánica de Suelos*, Limusa, 2004.
- [7] R. Barbery, *Mecánica de Suelos*, La Habana: Pueblo y Educación, 1990, pp. 44-55.
- [8] F. Mantilla, «*Mecánica de Suelos Elemental para la Ingeniería Civil*,» Ambato, 2000.
- [9] R. Whitlow, *Mecánica de Suelos*, México, 1999.
- [10] B. Wilmar, *Manual de Procedimientos de Ensayos de Suelos y Memoria de Cálculo*, Bogotá, 2015, p. 106.
- [11] L. Bañon, *Manual de Carreteras*, vol. 2, 1999.

- [12] W. Araujo, de *Ecuaciones de Correlación del CBR con propiedades Índice de Suelos para la Ciudad de Piura*, Piura, 2014, pp. 3,7,124.
- [13] M. Salazar, Correlación entre el ensayo de CBR y el ensayo próctor para determinar la resistencia del suelo de la Parroquia Ambatillo alto en el sector de San Pedro, Ambato, 2016, pp. 25-26.
- [14] B. Joseph, de *Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil*, McGraw-Hill, 1981, p. 189.
- [15] W. Bustillos, de *Estudio exploratorio del efecto de la saturación en el ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de campo y laboratorio en el diseño de estructura de pavimento*, Cartago, 2010, pp. 3,7,124.
- [16] ASTM, de *Standard Test Method for CBR of Laboratory Compacted Soils*, 2007.
- [17] M. Torres y e. Aizaga Manuel, «Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes,» de *Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12-MTOP*, vol. 3, Quito, 2013, p. 53.
- [18] A. Montejo, «Pavimentos, Constitución y Conceptos Generales,» de *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras*, 2 ed., Bogotá, Stella Valvuela , 1998, pp. 1,2.
- [19] L. Chang, «C.B.R California Bearing Ratio,» de *Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres*, Perú, 2003, p. 23.

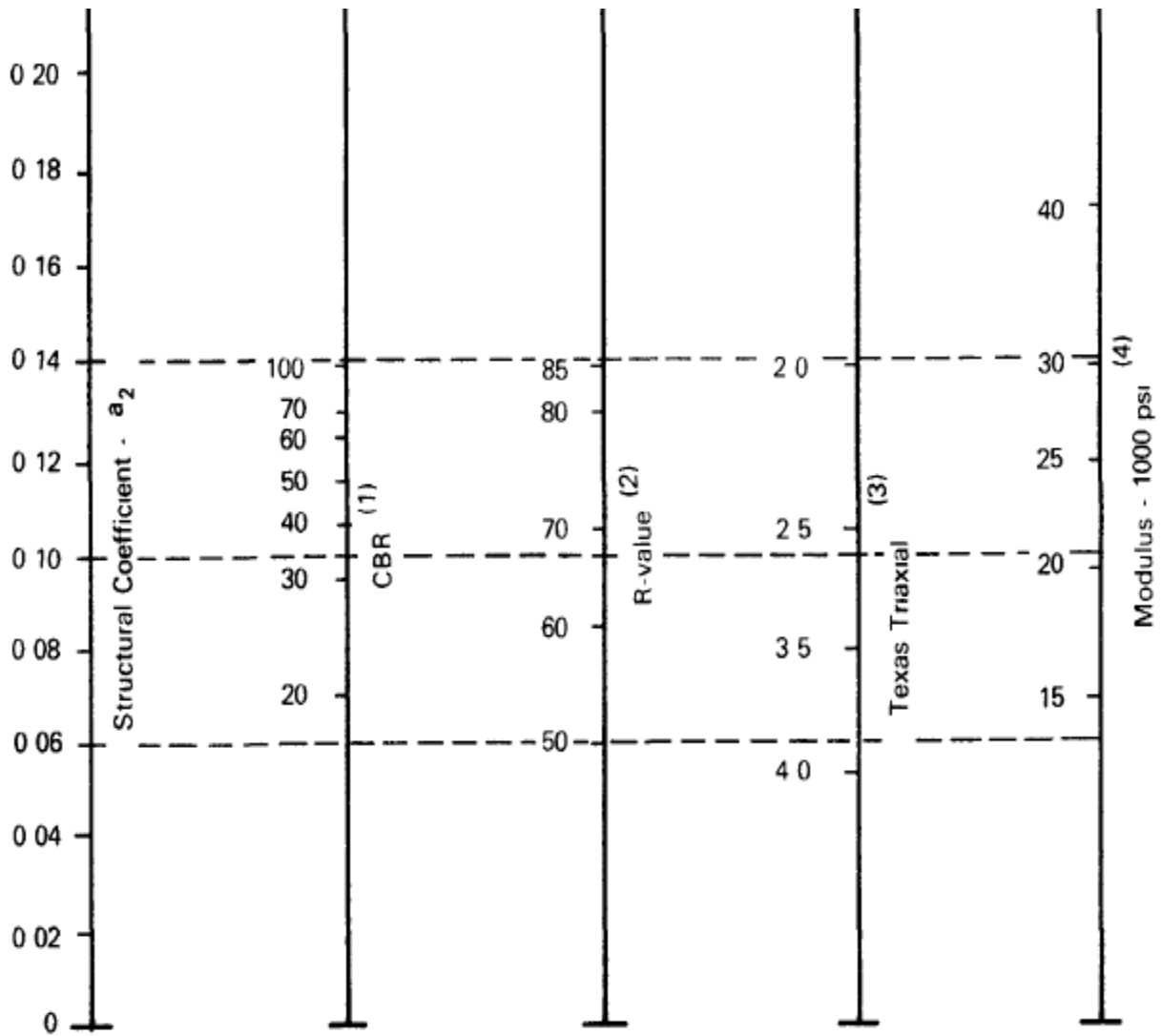
ANEXOS

A.Marco Teórico

Anexo 1. Coeficiente Estructural de la Carpeta Asfáltica (a1)

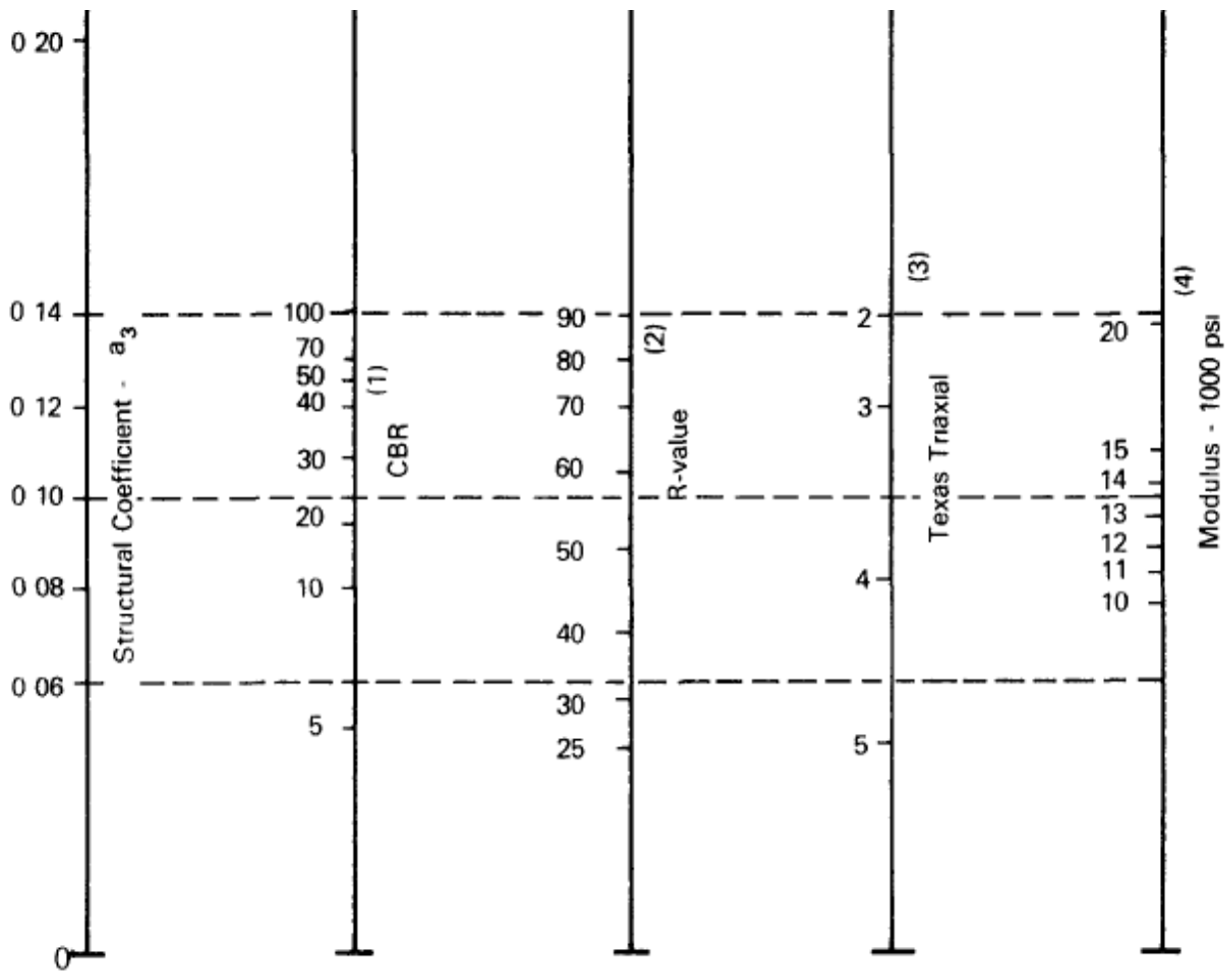


Anexo 2. Ábaco para estimar el número estructural de la base granular a_2



- (1) Scale derived by averaging correlations obtained from Illinois
- (2) Scale derived by averaging correlations obtained from California, New Mexico and Wyoming
- (3) Scale derived by averaging correlations obtained from Texas
- (4) Scale derived on NCHRP project (3)

Anexo 3. Ábaco para estimar el número estructural de la subbase granular a_3



- (1) Scale derived from correlations from Illinois
- (2) Scale derived from correlations obtained from The Asphalt Institute, California, New Mexico and Wyoming
- (3) Scale derived from correlations obtained from Texas
- (4) Scale derived on NCHRP project (3)

A₁
..

ANEXOS

B. Tablas de ensayos -Gravedad Específica

Anexo 4. Gravedad Específica - Constantino Fernández



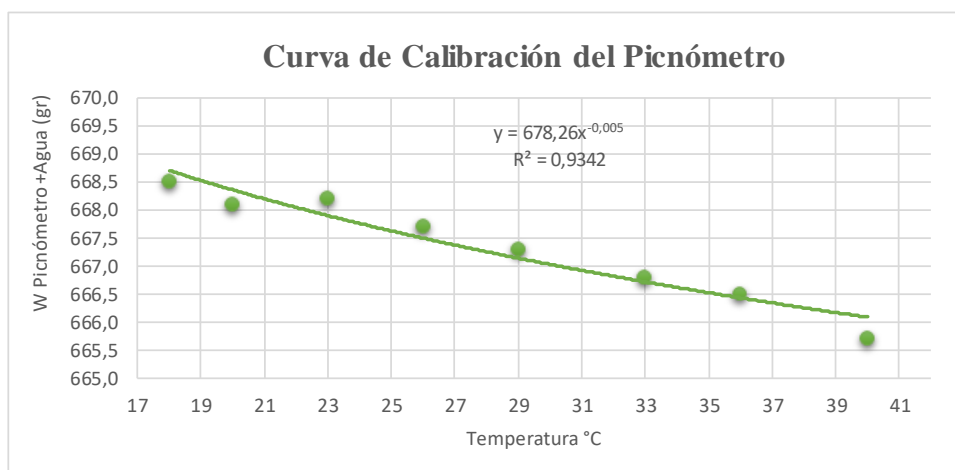
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Proyecto: Tesis de Grado	Coordenadas: Zona: 17 sur ;763087,5 ;9867489,8
Cantón: Ambato	Normas: AASHTO T 88 2015
Parroquia: Constantino Fernandez	Ensayado por: Lizbeth Villacrés
Profundidad: 70 cm	Revisó: Ing. Favio Portilla

GRAVEDAD ESPECÍFICA		Unidades
Temperatura del agua + suelo	18	°C
Peso del recipiente + suelo seco	185	gr
Peso del recipiente (Wrec)	133,8	gr
Peso del suelo seco (Ws)	51,2	gr
Peso picnómetro+agua (Wbw)	668,5	gr
Ws+Wbw	719,7	gr
Peso picnómetro+agua+suelo (Wbws)	700,2	gr
Deslizamiento del agua (Ws+Wbw) - Wbws	19,5	gr
Factor de correlación por temperatura (K)	0,99820	gr
Gravedad específica (Gs)	2,621	-

Calibración del Picnómetro		
Nº	Temperatura °C	Masa (gr)
1	18	668,50
2	20	668,10
3	23	668,20
4	26	667,70
5	29	667,30
6	33	666,80
7	36	666,50
8	40	665,70



Anexo 5. Gravedad Específica - Izamba



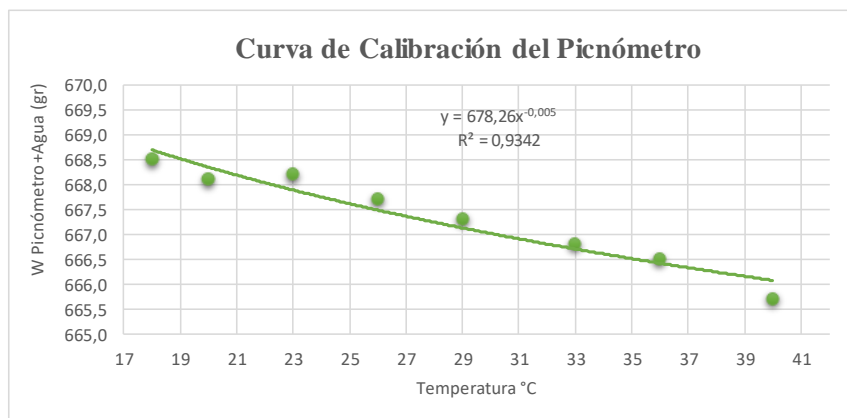
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Proyecto:	Tesis de Grado	Coordenadas:	Zona: 17 sur ;769831,83 ;9865176,40
Cantón:	Ambato	Normas:	AASHTO T 88 2015
Parroquia:	Izamba	Ensayado por:	Lizbeth Villacrés
Profundidad:	70 cm	Revisó:	Ing. Favio Portilla

GRAVEDAD ESPECÍFICA		Unidades
Temperatura del agua + suelo	20	°C
Peso del recipiente + suelo seco	180,5	gr
Peso del recipiente (Wrec)	133,8	gr
Peso del suelo seco (Ws)	46,7	gr
Peso picnómetro+agua (Wbw)	668,1	gr
Ws+Wbw	714,8	gr
Peso picnómetro+agua+suelo (Wbws)	696,2	gr
Deslizamiento del agua (Ws+Wbw) - Wbw	18,6	gr
Factor de correlación por temperatura (K)	0,99820	gr
Gravedad específica (Gs)	2,506	-

Calibración del Picnómetro		
Nº	Temperatura °C	Masa (gr)
1	18	668,50
2	20	668,10
3	23	668,20
4	26	667,70
5	29	667,30
6	33	666,80
7	36	666,50
8	40	665,70



Anexo 6. Gravedad Específica – Juan Benigno Vela



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

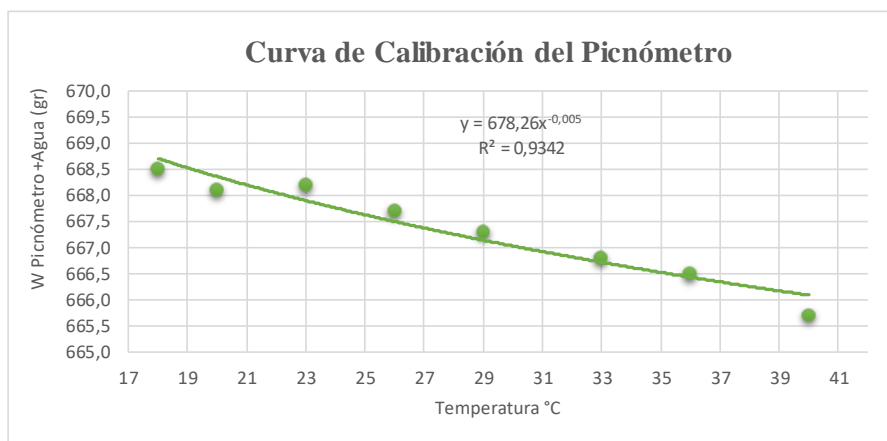


Proyecto: Tesis de Grado
Cantón: Ambato
Parroquia: Juan Benigno Vela
Profundidad: 70 cm

Coordenadas: Zona: 17 sur ;756560,48 ;9855080,42
Normas: AASHTO T 88 2015
Ensayado por: Lizbeth Villacrés
Revisó: Ing. Favio Portilla

GRAVEDAD ESPECÍFICA		Unidades
Temperatura del agua + suelo	23	°C
Peso del recipiente + suelo seco	181,2	gr
Peso del recipiente (Wrec)	133,8	gr
Peso del suelo seco (Ws)	47,4	gr
Peso picnómetro+agua (Wbw)	668,2	gr
Ws+Wbw	715,6	gr
Peso picnómetro+agua+suelo (Wbws)	696,7	gr
Deslizamiento del agua (Ws+Wbw) - Wbws	18,9	gr
Factor de correlación por temperatura (K)	0,99820	gr
Gravedad específica (Gs)	2,503	-

Calibración del Picnómetro		
Nº	Temperatura °C	Masa (gr)
1	18	668,50
2	20	668,10
3	23	668,20
4	26	667,70
5	29	667,30
6	33	666,80
7	36	666,50
8	40	665,70



Anexo 7. Gravedad Específica - Montalvo



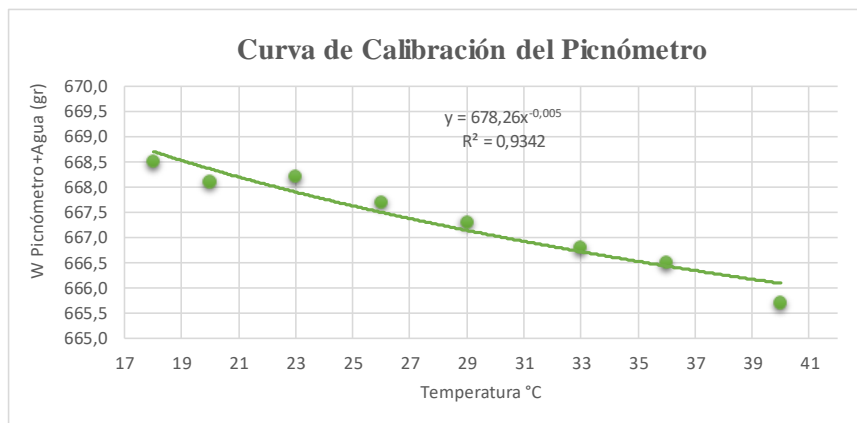
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Proyecto:	Tesis de Grado	Coordenadas:	Zona: 17 sur ;764599,33 ;9852890,74
Cantón:	Ambato	Normas:	AASHTO T 88 2015
Parroquia:	Montalvo	Ensayado por:	Lizbeth Villacrés
Profundidad:	70 cm	Revisó:	Ing. Favio Portilla

GRAVEDAD ESPECÍFICA		Unidades
Temperatura del agua + suelo	23	°C
Peso del recipiente + suelo seco	171,5	gr
Peso del recipiente (Wrec)	133,8	gr
Peso del suelo seco (Ws)	37,7	gr
Peso picnómetro+agua (Wbw)	668,2	gr
Ws+Wbw	705,9	gr
Peso picnómetro+agua+suelo (Wbws)	691,3	gr
Deslizamiento del agua (Ws+Wbw) - Wbws	14,6	gr
Factor de correlación por temperatura (K)	0,99820	gr
Gravedad específica (Gs)	2,578	-

Calibración del Picnómetro		
Nº	Temperatura °C	Masa (gr)
1	18	668,50
2	20	668,10
3	23	668,20
4	26	667,70
5	29	667,30
6	33	666,80
7	36	666,50
8	40	665,70



Anexo 8. Gravedad Específica - Quisapincha



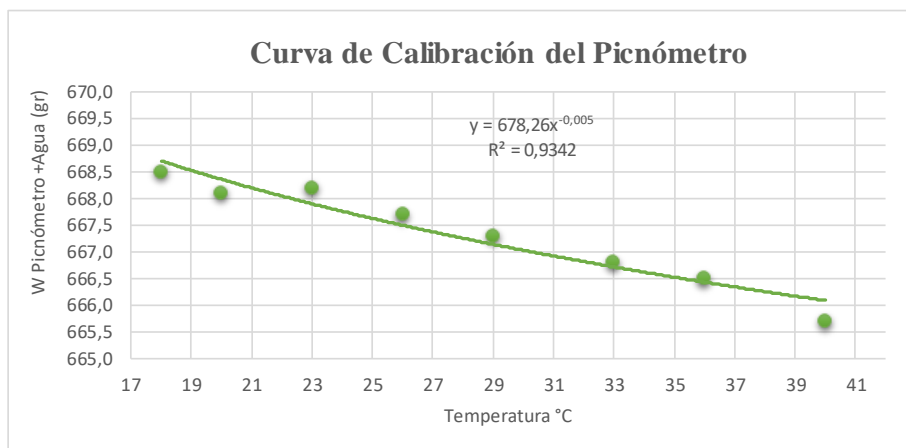
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Proyecto:	Tesis de Grado	Coordenadas:	Zona: 17 sur ;758383,7 ;9864470
Cantón:	Ambato	Normas:	AASHTO T 88 2015
Parroquia:	Quisapincha	Ensayado por:	Lizbeth Villacrés
Profundidad:	70 cm	Revisó:	Ing. Favio Portilla

GRAVEDAD ESPECÍFICA		Unidades
Temperatura del agua + suelo	20	°C
Peso del recipiente + suelo seco	181,4	gr
Peso del recipiente (Wrec)	133,8	gr
Peso del suelo seco (Ws)	47,6	gr
Peso picnómetro+agua (Wbw)	668,1	gr
Ws+Wbw	715,7	gr
Peso picnómetro+agua+suelo (Wbws)	697	gr
Deslizamiento del agua (Ws+Wbw) - Wbws	18,7	gr
Factor de correlación por temperatura (K)	0,99820	gr
Gravedad específica (Gs)	2,541	-

Calibración del Picnómetro		
Nº	Temperatura °C	Masa (gr)
1	18	668,50
2	20	668,10
3	23	668,20
4	26	667,70
5	29	667,30
6	33	666,80
7	36	666,50
8	40	665,70



Anexo 9. Gravedad Específica - Unamuncho



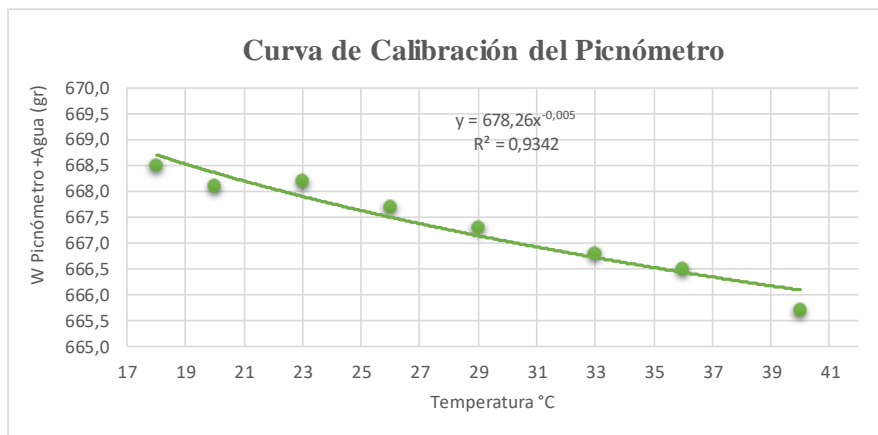
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Proyecto:	Tesis de Grado	Coordenadas:	Zona: 17 sur ;758383,7 ;9864470
Cantón:	Ambato	Normas:	AASHTO T 88 2015
Parroquia:	Unamuncho	Ensayado por:	Lizbeth Villacrés
Profundidad:	70 cm	Revisó:	Ing. Favio Portilla

GRAVEDAD ESPECÍFICA		Unidades
Temperatura del agua + suelo	20	°C
Peso del recipiente + suelo seco	179	gr
Peso del recipiente (Wrec)	133,8	gr
Peso del suelo seco (Ws)	45,2	gr
Peso picnómetro+agua (Wbw)	668,1	gr
Ws+Wbw	713,3	gr
Peso picnómetro+agua+suelo (Wbws)	696	gr
Deslizamiento del agua (Ws+Wbw) - Wbws	17,3	gr
Factor de correlación por temperatura (K)	0,99820	gr
Gravedad específica (Gs)	2,608	-

Calibración del Picnómetro		
Nº	Temperatura °C	Masa (gr)
1	18	668,50
2	20	668,10
3	23	668,20
4	26	667,70
5	29	667,30
6	33	666,80
7	36	666,50
8	40	665,70



ANEXOS

C.Tablas de ensayos -Granulometría

Anexo 10. Granulometría-Constantino Fernández



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



Proyecto: Tesis de Grado

Coordenadas: Zona: 17 sur ;763087,5 ;9867489,8

Cantón: Ambato

Normas: AASHTO T 88 2013

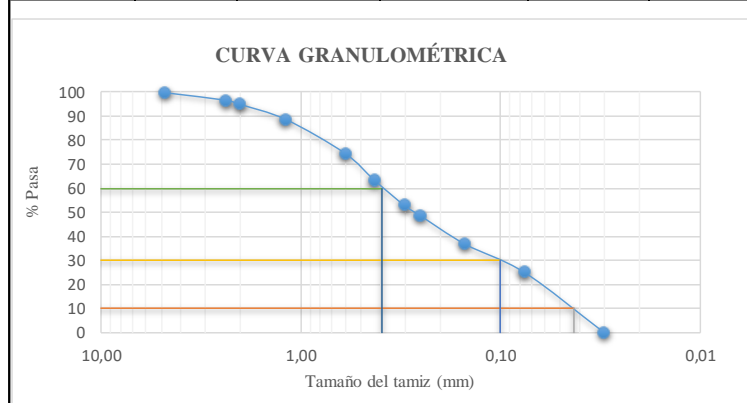
Parroquia: Constantino Fernandez

Ensayado por: Lizbeth Villacrés

Profundidad: 60 cm

Revisó: Ing. Favio Portilla

GRANULOMETRÍA					
		$W_{INICIAL} \text{ (gr)} =$	700		
TAMIZ	mm	$W_{Retenido} \text{ (gr)}$	$W_{RET. ACUM.}$	% RET. ACUM.	% PASA
# 4	4,75	2,20	2,20	0,31	99,69
# 8	2,36	21,90	24,10	3,44	96,56
# 10	2,00	12,20	36,30	5,19	94,81
# 16	1,18	43,90	80,20	11,46	88,54
# 30	0,60	97,50	177,70	25,39	74,61
# 40	0,425	79,30	257,00	36,71	63,29
# 50	0,30	73,80	330,80	47,26	52,74
# 60	0,250	29,30	360,10	51,44	48,56
# 100	0,150	82,10	442,20	63,17	36,83
# 200	0,075	83,30	525,50	75,07	24,93
# fuente	0,03	174,50	174,50	24,93	



COEFICIENTES DEL SUELO				
D10 (mm)	0,043	$C_u = D_{60} / D_{10}$		9,07
D30 (mm)	0,100	$C_c = D_{30}^2 / (D_{60} * D_{10})$		0,60
D60 (mm)	0,390	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm		0,600
Clasificación	GRAVA (%G)	ARENA (%S)	FINO (%F)	SUELO
SUCS	0,31	74,76	24,93	SM
ASSHTO	3,44	71,63	24,93	A-2-4

Anexo 11. Granulometría Izamba

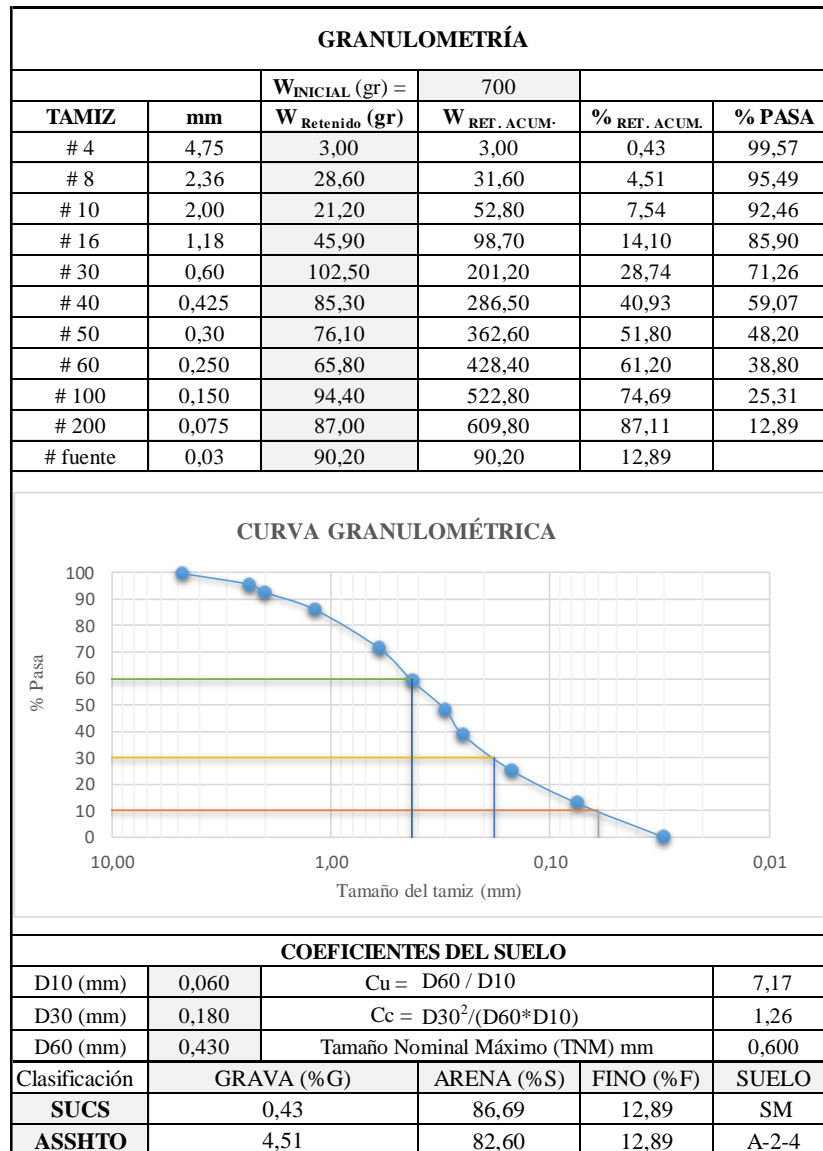


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Proyecto: Tesis de Grado
Cantón: Ambato
Parroquia: Izamba
Profundidad: 80 cm

Coordenadas: Zona: 17 sur ;769831,83 ;9865176,40
Normas: AASHTO T 88 2013
Ensayado por: Lizbeth Villacrés
Revisó: Ing. Favio Portilla



Anexo 12. Granulometría Juan Benigno Vela

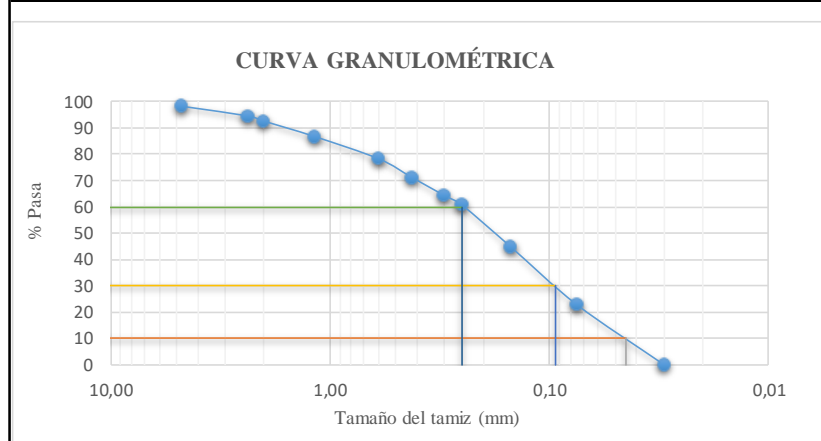


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Proyecto:	Tesis de Grado	Coordenadas:	Zona: 17 sur ;756560,48 ;9855080,42
Cantón:	Ambato	Normas:	AASHTO T 88 2013
Parroquia:	Juan Benigno Vela	Ensayado por:	Lizbeth Villacrés
Profundidad:	70 cm	Revisó:	Ing. Favio Portilla

GRANULOMETRÍA					
		W _{INICIAL} (gr) =	700		
TAMIZ	mm	W _{Retenido} (gr)	W _{RET. ACUM.}	% _{RET. ACUM.}	% _{PASA}
# 4	4,75	13,10	13,10	1,87	98,13
# 8	2,36	26,00	39,10	5,59	94,41
# 10	2,00	13,60	52,70	7,53	92,47
# 16	1,18	40,60	93,30	13,33	86,67
# 30	0,60	59,50	152,80	21,83	78,17
# 40	0,425	49,00	201,80	28,83	71,17
# 50	0,30	49,10	250,90	35,84	64,16
# 60	0,250	25,20	276,10	39,44	60,56
# 100	0,150	110,80	386,90	55,27	44,73
# 200	0,075	153,50	540,40	77,20	22,80
# fuente	0,03	157,70	159,60	22,80	



COEFICIENTES DEL SUELO				
Clasificación	GRAVA (%G)	ARENA (%S)	FINO (%F)	SUELO
SUCS	1,87	75,33	22,80	SW - SM
ASSHTO	5,59	71,61	22,80	A-2-4

Anexo 13. Granulometría Montalvo

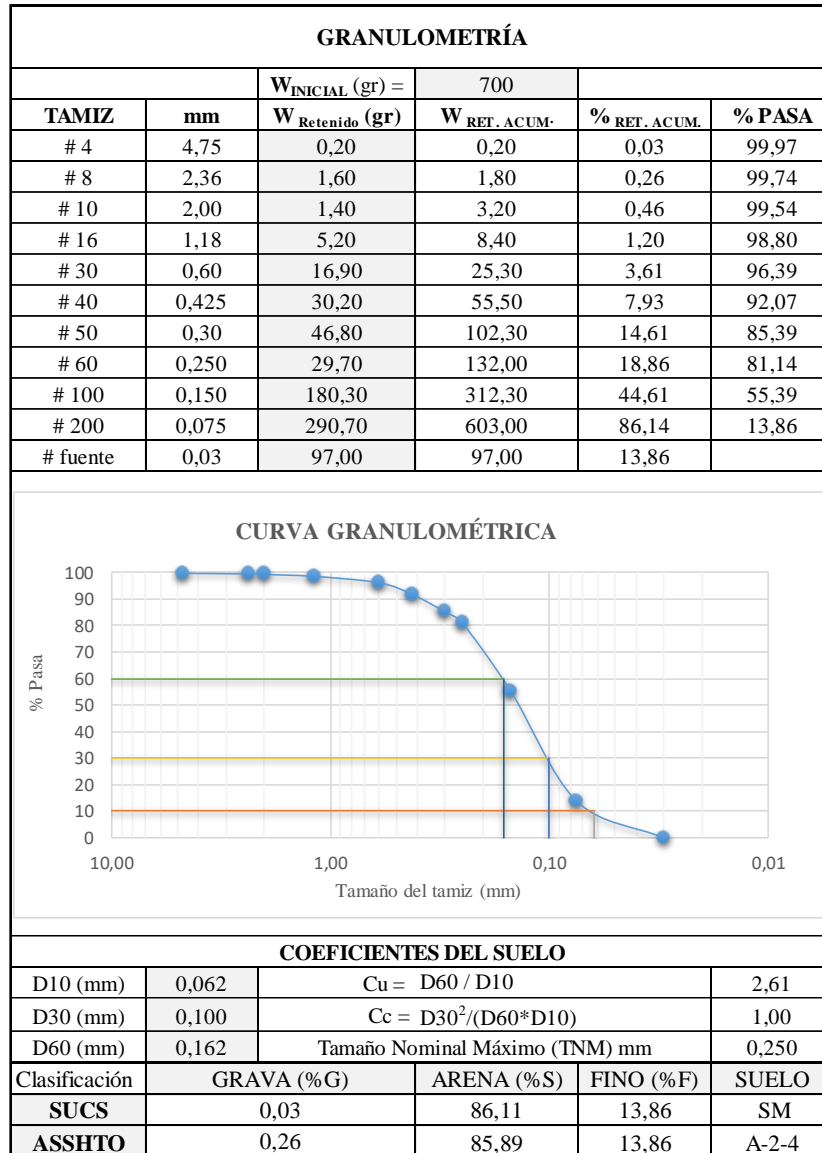


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Proyecto: Tesis de Grado
Cantón: Ambato
Parroquia: Montalvo
Profundidad: 70 cm

Coordenadas: Zona: 17 sur ;7558954E ;7455468W
Normas: AASHTO T 88 2013
Ensayado por: Lizbeth Villacrés
Revisó: Ing. Favio Portilla



Anexo 14. Granulometría Quisapincha

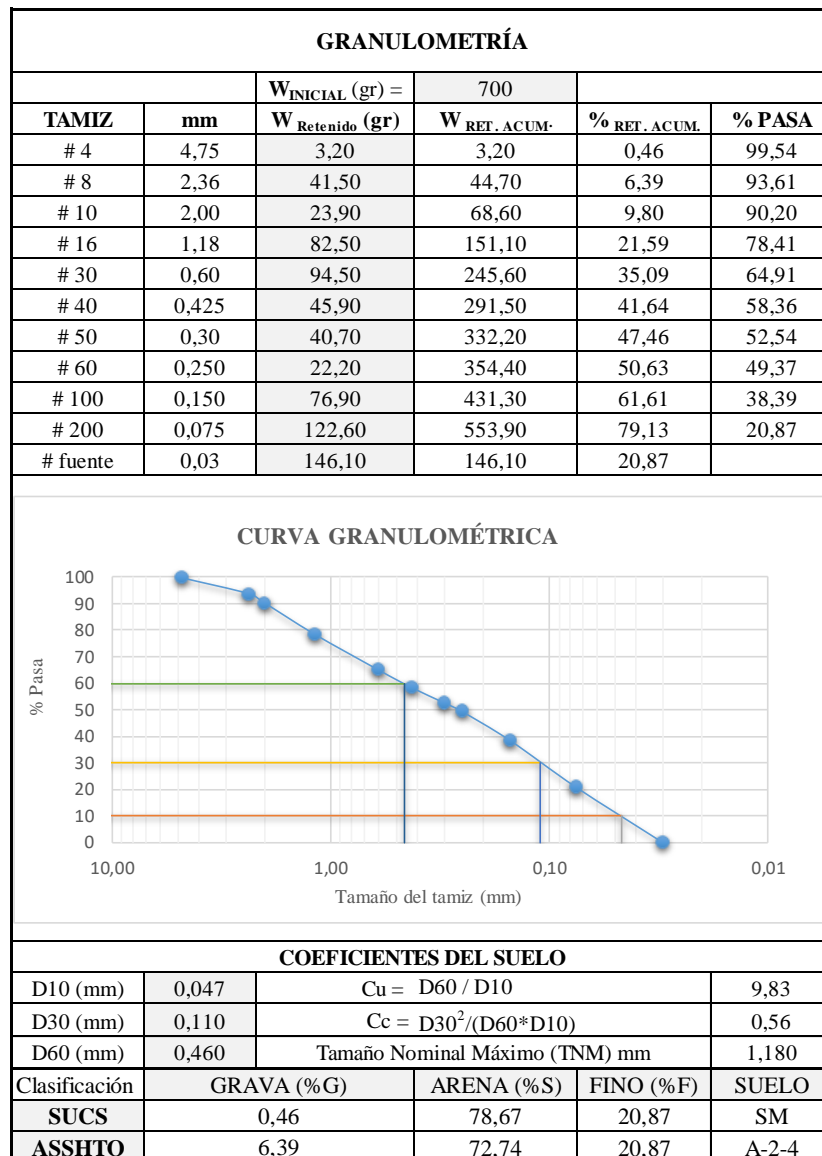


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Proyecto: Tesis de Grado
Cantón: Ambato
Parroquia: Quisapincha
Profundidad: 80 cm

Coordenadas: Zona: 17 sur ;758383,7 ;9864470
Normas: AASHTO T 88 2013
Ensayado por: Lizbeth Villacrés
Revisó: Ing. Favio Portilla



Anexo 15. Granulometría Unamuncho

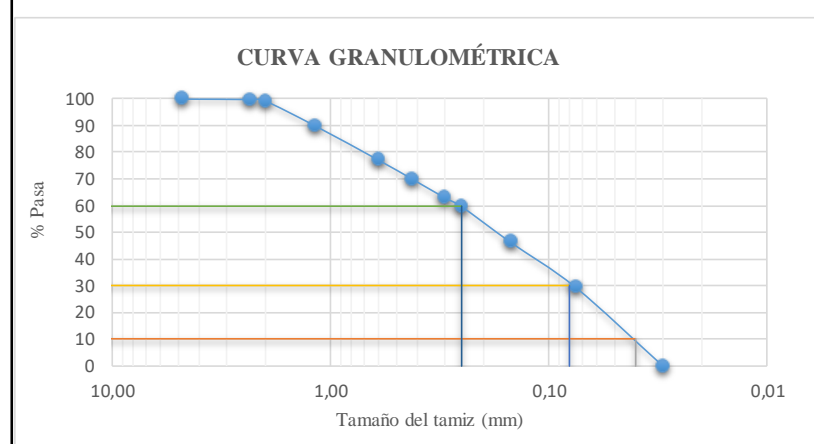


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Proyecto:	Tesis de Grado	Coordenadas:	Zona: 17 sur ;768341,59 ;9869485,04
Cantón:	Ambato	Normas:	AASHTO T 88 2013
Parroquia:	Unamuncho	Ensayado por:	Lizbeth Villacrés
Profundidad:	100 cm	Revisó:	Ing. Favio Portilla

GRANULOMETRÍA					
		W_{INICIAL} (gr) =	700		
TAMIZ	mm	W_{Retenido} (gr)	W_{RET. ACUM.}	%_{RET. ACUM.}	% PASA
# 4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00
# 8	2,36	1,00	1,00	0,14	99,86
# 10	2,00	3,30	4,30	0,61	99,39
# 16	1,18	65,00	69,30	9,90	90,10
# 30	0,60	90,90	160,20	22,89	77,11
# 40	0,425	48,30	208,50	29,79	70,21
# 50	0,30	49,80	258,30	36,90	63,10
# 60	0,250	23,90	282,20	40,31	59,69
# 100	0,150	92,60	374,80	53,54	46,46
# 200	0,075	119,60	494,40	70,63	29,37
# fuente	0,03	205,60	205,60	29,37	



COEFICIENTES DEL SUELO				
D10 (mm)	0,040	$C_u = D_{60} / D_{10}$		6,25
D30 (mm)	0,080	$C_c = D_{30}^2 / (D_{60} * D_{10})$		0,64
D60 (mm)	0,250	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm		0,600
Clasificación	GRAVA (%G)	ARENA (%S)	FINO (%F)	SUELO
SUCS	0,00	70,63	29,37	SM
ASSHTO	0,14	70,49	29,37	A-2-4

ANEXOS

D.Tablas de ensayos -Límite Líquido y Límite Plástico

Anexo 16. Límites de Atterberg-Constantino Fernández

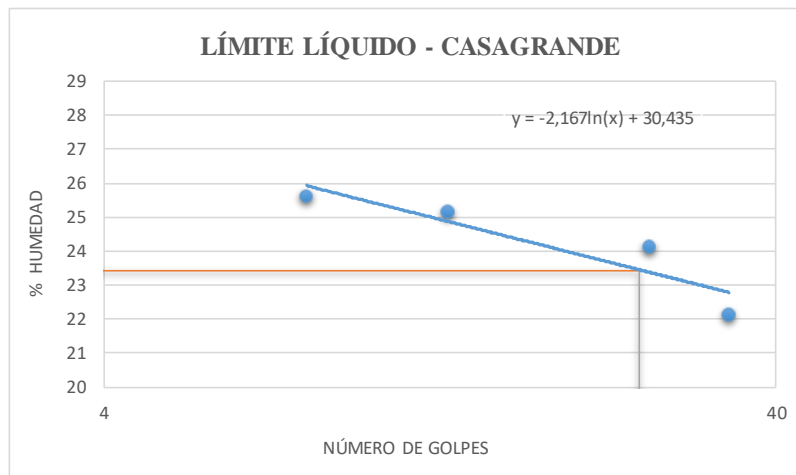


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Proyecto:	Tesis de Grado	Coordenadas:	Zona: 17 sur ;763087,5 ;9867489,8
Cantón:	Ambato	Normas:	AASHTO T 89 2013
Parroquia:	Constantino Fernández	Ensayado por:	Lizbeth Villacrés
Profundidad:	60 cm	Revisó:	Ing. Favio Portilla

LÍMITE LÍQUIDO					
# GOLPES	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	%W _{PROM}
8	11,20	18,60	17,10	25,42	25,62
	11,40	19,20	17,60	25,81	
13	11,10	18,30	16,90	24,14	25,15
	11,40	19,60	17,90	26,15	
26	11,10	18,80	17,30	24,19	24,10
	11,30	17,50	16,30	24,00	
34	11,20	24,90	22,40	22,32	22,11
	10,80	23,60	21,30	21,90	
LÍMITE LÍQUIDO:					23,43



LÍMITE PLÁSTICO				
Identificación	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w
# 201	10,70	13,20	12,80	19,05
# 200	10,60	12,50	12,10	26,67
# 3	10,70	12,60	12,30	18,75
# 74	10,70	12,40	12,00	30,77
# 33	10,70	12,40	12,10	21,43
PROMEDIO W% (LP)				22,50
IP = LL - LP		0,93		

Anexo 17. Límites de Atterberg- Izamba



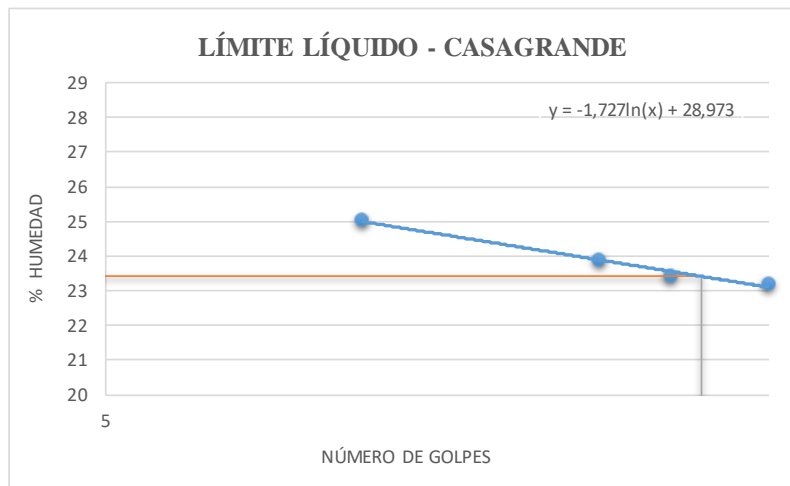
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Proyecto: Tesis de Grado
Cantón: Ambato
Parroquia: Izamba
Profundidad: 80 cm

Coordenadas: Zona: 17 sur ;769831,83 ;9865176,40
Normas: AASHTO T 89 2013
Ensayado por: Lizbeth Villacrés
Revisó: Ing. Favio Portilla

LÍMITE LÍQUIDO					
# GOLPES	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	%W _{PROM}
10	10,80	23,60	21,10	24,27	25,02
	11,20	23,40	20,90	25,77	
19	11,20	23,80	21,40	23,53	23,90
	10,80	23,60	21,10	24,27	
23	12,10	23,20	21,10	23,33	23,43
	11,00	23,60	21,20	23,53	
30	11,00	23,80	21,40	23,08	23,19
	11,00	23,70	21,30	23,30	
LÍMITE LÍQUIDO:				23,43	



LÍMITE PLÁSTICO				
Identificación	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w
	10,70	13,20	12,80	19,05
	10,60	12,50	12,10	26,67
	10,70	12,60	12,30	18,75
	10,70	12,40	12,00	30,77
	10,70	12,40	12,10	21,43
PROMEDIO W% (LP)				22,50
IP = LL - LP	0,93			

Anexo 18. Límites de Atterberg-Montalvo

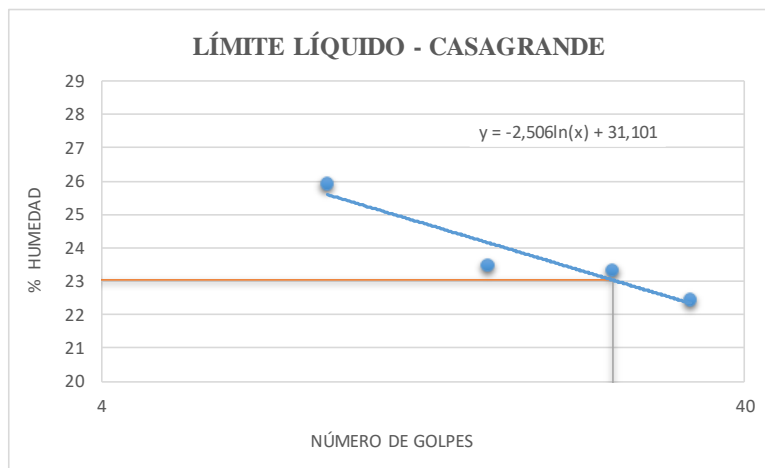


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Proyecto:	Tesis de Grado	Coordenadas:	Zona: 17 sur ;764599,33 ;9852890,74
Cantón:	Ambato	Normas:	AASHTO T 89 2013
Parroquia:	Montalvo	Ensayado por:	Lizbeth Villacrés
Profundidad:	70 cm	Revisó:	Ing. Favio Portilla

LÍMITE LÍQUIDO					
# GOLPES	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	%W _{PROM}
9	11,30	17,10	15,90	26,09	25,92
	11,10	19,40	17,70	25,76	
16	10,90	17,10	15,90	24,00	23,46
	11,10	17,00	15,90	22,92	
25	11,10	19,20	17,70	22,73	23,30
	11,20	19,50	17,90	23,88	
33	11,50	24,70	22,40	21,10	22,43
	11,20	23,70	21,30	23,76	
LÍMITE LÍQUIDO:				23,03	



LÍMITE PLÁSTICO				
Identificación	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w
# 201	10,80	12,80	12,30	33,33
# 200	10,20	11,90	11,60	21,43
# 3	10,70	12,60	12,40	11,76
# 74	10,60	12,40	12,00	28,57
# 33	10,70	12,70	12,50	11,11
PROMEDIO W% (LP)				21,20
IP = LL - LP		1,84		

Anexo 19. Límites de Atterberg-Juan Benigno Vela

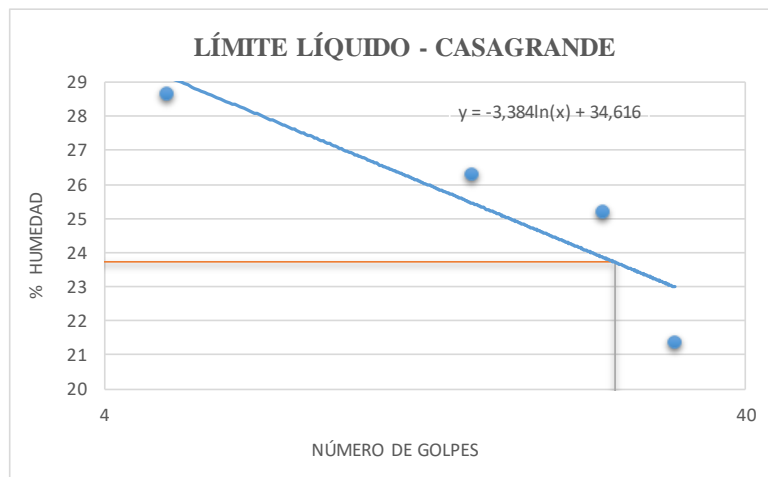


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Proyecto: Tesis de Grado **Coordenadas:** Zona: 17 sur ;756560,48 ;9855080,42
Cantón: Ambato **Normas:** AASHTO T 89 2013
Parroquia: Juan Benigno Vela **Ensayado por:** Lizbeth Villacrés
Profundidad: 70 cm **Revisó:** Ing. Favio Portilla

LÍMITE LÍQUIDO					
# GOLPES	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	%W _{PROM}
5	11,40	25,10	21,70	33,01	28,65
	11,30	28,70	25,30	24,29	
15	11,20	18,80	17,30	24,59	26,30
	11,10	17,50	16,10	28,00	
24	11,30	18,30	16,90	25,00	25,18
	10,80	19,70	17,90	25,35	
31	11,50	24,10	21,90	21,15	21,35
	11,40	25,50	23,00	21,55	
LÍMITE LÍQUIDO:					23,72



LÍMITE PLÁSTICO				
Identificación	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w
# 23	10,70	13,10	12,80	14,29
# 10	10,70	12,40	12,00	30,77
# 3	10,70	12,60	12,30	18,75
# 14	10,50	12,70	12,10	37,50
3E	10,50	12,50	12,20	17,65
PROMEDIO W% (LP)				22,05
IP = LL - LP	1,68			

Anexo 20. Límites de Atterberg-Quisapincha



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



Proyecto: Tesis de Grado

Coordenadas: Zona: 17 sur ;758383,7 ;9864470

Cantón: Ambato

Normas: AASHTO T 89 2013

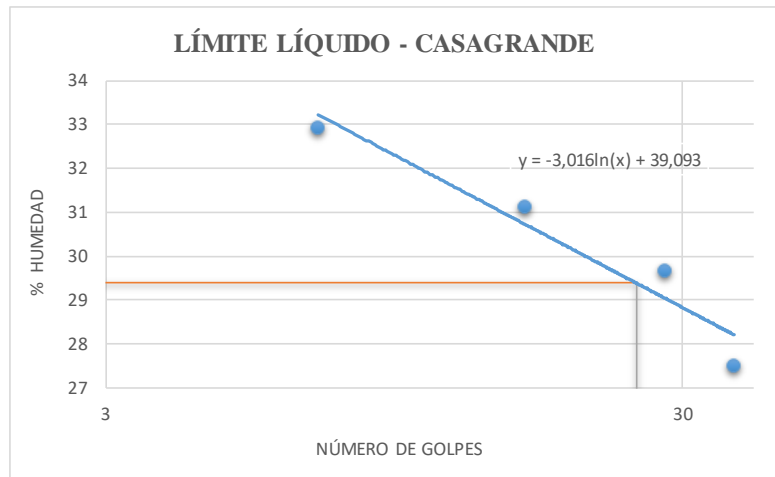
Parroquia: Quisapincha

Ensayado por: Lizbeth Villacrés

Profundidad: 80 cm

Revisó: Ing. Favio Portilla

LÍMITE LÍQUIDO					
# GOLPES	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	%W _{PROM}
7	11,20	22,20	19,50	32,53	32,93
	11,00	23,80	20,60	33,33	
16	10,90	21,50	19,00	30,86	31,10
	10,80	19,60	17,50	31,34	
28	11,10	17,90	16,30	30,77	29,67
	11,30	17,60	16,20	28,57	
37	11,50	20,00	18,20	26,87	27,50
	11,20	19,40	17,60	28,12	
LÍMITE LÍQUIDO:					29,38



LÍMITE PLÁSTICO				
Identificación	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w
# 80	10,80	11,90	11,70	22,22
# 6	10,60	12,20	11,90	23,08
# 7	10,50	11,90	11,60	27,27
# 13	10,60	12,60	12,10	33,33
# 104	10,60	12,50	12,10	26,67
PROMEDIO W% (LP)				27,37
IP = LL - LP	2,01			

Anexo 21. Límites de Atterberg-Unamuncho



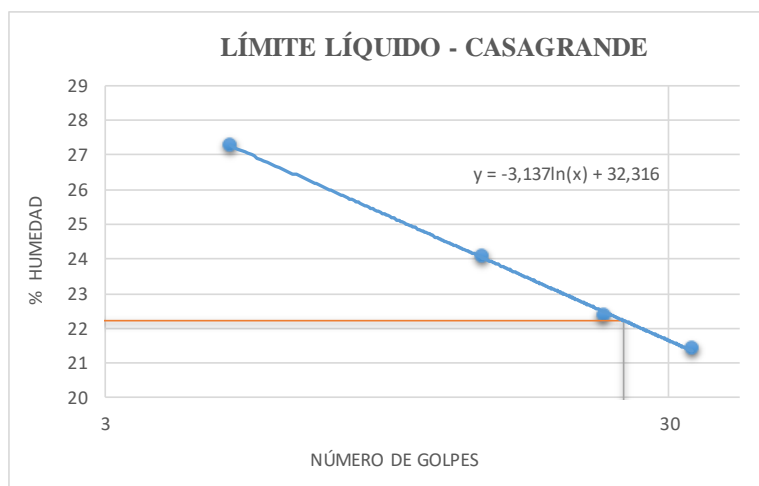
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Proyecto: Tesis de Grado
Cantón: Ambato
Parroquia: Unamuncho
Profundidad: 100 cm

Coordenadas: Zona: 17 sur ;768341,59 ;9869485,04
Normas: AASHTO T 89 2013
Ensayado por: Lizbeth Villacrés
Revisó: Ing. Favio Portilla

LÍMITE LÍQUIDO					
# GOLPES	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	%W _{PROM}
5	11,40	27,20	23,80	27,42	27,27
	10,60	25,60	22,40	27,12	
14	12,70	23,20	21,20	23,53	24,08
	11,00	19,60	17,90	24,64	
23	11,00	18,80	17,40	21,88	22,37
	12,20	20,80	19,20	22,86	
33	11,30	19,30	17,90	21,21	21,42
	10,80	19,80	18,20	21,62	
LÍMITE LÍQUIDO:					22,22





LÍMITE PLÁSTICO				
Identificación	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w
# 111	10,70	12,70	12,40	17,65
# 5	10,50	12,40	12,00	26,67
# 202	10,70	12,70	12,30	25,00
# 1	10,70	12,50	12,20	20,00
# 6	10,70	13,10	12,70	20,00
PROMEDIO W% (LP)				20,66
IP = LL - LP	1,56			



ANEXOS

E. Tablas de ensayos -Cono y Arena







Anexo 22. Densidad de Campo - Constantino Fernández

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
Proyecto:	Tesis de Grado	Coordenadas:	Zona: 17 sur ;763087,5 ;9867489,8		
Cantón:	Ambato	Normas:	AASHTO T 191 2014		
Parroquia:	Constantino Fernández	Ensayado por:	Lizbeth Villacrés		
Profundidad:	60 cm	Revisó:	Ing. Favio Portila		
DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTAWA)					
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO			Unidades		
Peso de la masa del suelo + rec	(Wm+Rec)	3527,50	gr		
Peso de la funda	(Rec)	217,80	gr		
Peso de la masa del suelo	(Wm = Wm+Rec-Rec)	3309,70	gr		
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO			Unidades		
Peso inicial frasco + cono + arena		7028,00	gr		
Peso final frasco + cono + arena		3681,00	gr		
Peso de arena en el cono		1608,00	gr		
Peso arena en la perforación		3076,80	gr		
Densidad de la Arena de Ottawa		1,588	gr/cm ³		
Volumen de la perforación	(Vm)	1937,53	cm ³		
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			Unidades		
Identificación del Recipiente		# 15	# 3	-	
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	102,80	97,50	gr	
Peso seco + recipiente	Ws+rec	91,80	86,90	gr	
Peso recipiente	Rec	38,00	40,30	gr	
Peso del agua	Ww	11,00	10,60	gr	
Peso de los sólidos	Ws	53,80	46,60	gr	
Contenido de humedad	w%	20,45	22,75	%	
Contenido de humedad promedio	W%	21,60		%	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
		Volúmenes	Unidades	Pesos	Unidades
Volumen de vacíos	Vv=	15,90	cm ³	-	gr
	Va=	5,30	cm ³	0,00	gr
	Vw=	10,60	cm ³	10,60	gr
	Vs=	17,58	cm ³	46,60	gr
	Vm=	33,49	cm ³	57,20	gr
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO					Unidades
Peso Volumétrico del suelo (γm) (densidad húmeda)		1,708	gr/cm ³		
Densidad seca (γd)		1,405	gr/cm ³		
Contenido de humedad w%		21,60	%		
Relación de vacíos e= Vv/Vs		0,90	natural		
Porosidad n% = Vv/Vm*100		47,48	%		
Grado de Saturación de agua Gw%= Vw/Vv*100		66,66	%		
Grado de Saturación de aire Ga%		33,34	%		

Anexo 23. Densidad de Campo - Izamba

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
					
Proyecto:	Tesis de Grado	Coordenadas:	Zona: 17 sur ;769831,83 ;9865176,40		
Cantón:	Ambato	Normas:	AASHTO T 191 2014		
Parroquia:	Izamba	Ensayado por:	Lizbeth Villacrés		
Profundidad:	80 cm	Revisó:	Ing. Favio Portilla		
DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTAWA)					
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO					Unidades
Peso de la masa del suelo + rec	(Wm+Rec)	2538,00			gr
Peso del rec	(Rec)	217,80			gr
Peso de la masa del suelo	(Wm = Wm+Rec-Rec)	2320,20			gr
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO					Unidades
Peso inicial frasco + cono + arena		7020,00			gr
Peso final frasco + cono + arena		2561,00			gr
Peso de arena en el cono		1608,00			gr
Peso arena en la perforación		2851,00			gr
Densidad de la Arena de Ottawa		1,588			gr/cm ³
Volumen de la perforación	(Vm)	1795,34			cm ³
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD					Unidades
Identificación del Recipiente		# 10	# 1		
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	155,20	169,60	gr	
Peso seco + recipiente	Ws+rec	150,00	163,70	gr	
Peso recipiente	Rec	29,90	32,20	gr	
Peso del agua	Ww	5,20	5,90	gr	
Peso de los sólidos	Ws	120,10	131,50	gr	
Contenido de humedad	w%	4,33	4,49	%	
Contenido de humedad promedio	W%	4,41		%	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
		Volúmenes	Unidades	Pesos	Unidades
Volumen de vacíos	Vv=	56,70	cm ³	-	gr
	Va=	50,80	cm ³	0,00	gr
	Vw=	5,90	cm ³	5,90	gr
	Vs=	49,62	cm ³	131,50	gr
	Vm=	106,32	cm ³	137,40	gr
	Wa=				
	Ww=				
	Ws=				
	Wm=				
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO					Unidades
Peso Volumétrico del suelo (γ_m) (densidad húmeda)		1,292			gr/cm ³
Densidad seca (γ_d)		1,238			gr/cm ³
Contenido de humedad w%		4,41			%
Relación de vacíos $e = Vv/Vs$		1,14			natural
Porosidad $n\% = Vv/Vm*100$		53,33			%
Grado de Saturación de agua $Gw\% = Vw/Vv*100$		10,41			%
Grado de Saturación de aire $Ga\%$		89,59			%

Anexo 24. Densidad de Campo - Juan Benigno Vela

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Proyecto: Tesis de Grado	Coordenadas: Zona: 17 sur ;756560,48 ;9855080,42			
Cantón: Ambato	Normas: AASHTO T 191 2014			
Parroquia: Juan Benigno Vela	Ensayado por: Lizbeth Villacrés			
Profundidad: 70 cm	Revisó: Ing.Favio Portilla			
DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTAWA)				
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO		Unidades		
Peso de la masa del suelo + funda (Wm+Rec)	2066,00	gr		
Peso de la funda (Rec)	4,10	gr		
Peso de la masa del suelo (Wm = Wm+Rec-Rec)	2061,90	gr		
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO		Unidades		
Peso inicial frasco + cono + arena	6432,00	gr		
Peso final frasco + cono + arena	2885,00	gr		
Peso de arena en el cono	1608,00	gr		
Peso arena en la perforación	1939,00	gr		
Densidad de la Arena de Ottawa	1,588	gr/cm ³		
Volumen de la perforación (Vm)	1221,03	cm ³		
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD		Unidades		
Identificación del Recipiente	# 46	# 83	-	
Peso húmedo + recipiente Wm+rec	101,60	128,00	gr	
Peso seco + recipiente Ws+rec	86,50	107,60	gr	
Peso recipiente Rec	30,70	32,30	gr	
Peso del agua Ww	15,10	20,40	gr	
Peso de los sólidos Ws	55,80	75,30	gr	
Contenido de humedad w%	27,06	27,09	%	
Contenido de humedad promedio W%	27,08		%	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO				
	Volúmenes	Unidades	Pesos	Unidades
Volumen de vacíos Vv=	28,26	cm ³	-	gr
Va= 	7,86	cm ³	0,00	gr
Vw= 	20,40	cm ³	20,40	gr
Vs= 	28,42	cm ³	75,30	gr
Vm= 	56,67	cm ³	95,70	gr
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO				Unidades
Peso Volumétrico del suelo (γ_m) (densidad húmeda)	1,689		gr/cm ³	
Densidad seca (γ_d)	1,329		gr/cm ³	
Contenido de humedad w%	27,08		%	
Relación de vacíos $e = V_v/V_s$	0,99		natural	
Porosidad $n\% = V_v/V_m * 100$	49,86		%	
Grado de Saturación de agua $G_w\% = V_w/V_v * 100$	72,19		%	
Grado de Saturación de aire $G_a\%$	27,81		%	

Anexo 25. Densidad de Campo - Montalvo



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









Proyecto:	Tesis de Grado	Coordenadas:	Zona: 17 sur ;764599,33 ;9852890,74
Cantón:	Ambato	Normas:	AASHTO T 191 2014
Parroquia:	Montalvo	Ensayado por:	Lizbeth Villacrés
Profundidad:	70 cm	Revisó:	Ing.Favio Portilla







DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTAWA)

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO				Unidades
Peso de la masa del suelo + rec	(Wm+Rec)	1839,00		gr
Peso del rec	(Rec)	4,10		gr
Peso de la masa del suelo	(Wm = Wm+Rec-Rec)	1834,90		gr
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO				Unidades
Peso inicial frasco + cono + arena		6434,00		gr
Peso final frasco + cono + arena		2716,00		gr
Peso de arena en el cono		1608,00		gr
Peso arena en la perforación		2110,00		gr
Densidad de la Arena de Ottawa		1,588		gr/cm ³
Volumen de la perforación	(Vm)	1328,72		cm ³
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD				Unidades
Identificación del Recipiente		# 43	# 5	-
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	153,00	141,10	gr
Peso seco + recipiente	Ws+rec	148,70	137,30	gr
Peso recipiente	Rec	32,30	32,50	gr
Peso del agua	Ww	4,30	3,80	gr
Peso de los sólidos	Ws	116,40	104,80	gr
Contenido de humedad	w%	3,69	3,63	%
Contenido de humedad promedio	W%	3,66		%
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO				
		Volúmenes	Unidades	Pesos
				Unidades
Volumen de vacíos	Vv=	39,09	cm ³	-
	Va=	35,29	cm ³	0,00
	Vw=	3,80	cm ³	3,80
	Vs=	39,55	cm ³	104,80
	Vm=	78,64	cm ³	108,60
	Wa=			
	Ww=			
	Ws=			
	Wm=			
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO				Unidades
Peso Volumétrico del suelo (γ_m) (densidad húmeda)		1,381		gr/cm ³
Densidad seca (γ_d)		1,332		gr/cm ³
Contenido de humedad w%		3,66		%
Relación de vacíos $e = Vv/Vs$		0,99		natural
Porosidad $n\% = Vv/Vm * 100$		49,71		%
Grado de Saturación de agua $Gw\% = Vw/Vv * 100$		9,72		%
Grado de Saturación de aire $Ga\%$		90,28		%

Anexo 26. Densidad de Campo - Quisapincha

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Proyecto: Tesis de Grado	Coordenadas: Zona: 17 sur ;758383,7 ;9864470			
Cantón: Ambato	Normas: AASHTO T 191 2014			
Parroquia: Quisapincha	Ensayado por: Lizbeth Villacrés			
Profundidad: 80 cm	Revisó: Ing. Favio Portilla			
DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTAWA)				
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO		Unidades		
Peso de la masa del suelo + funda (Wm+Rec)	3230,00	gr		
Peso de la funda (Rec)	269,00	gr		
Peso de la masa del suelo (Wm = Wm+Rec-Rec)	2961,00	gr		
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO		Unidades		
Peso inicial frasco + cono + arena	7028,00	gr		
Peso final frasco + cono + arena	3218,00	gr		
Peso de arena en el cono	1608,00	gr		
Peso arena en la perforación	2202,00	gr		
Densidad de la Arena de Ottawa	1,588	gr/cm ³		
Volumen de la perforación (Vm)	1386,65	cm ³		
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD		Unidades		
Identificación del Recipiente	# 1	# 3	-	
Peso húmedo + recipiente Wm+rec	88,70	79,10	gr	
Peso seco + recipiente Ws+rec	80,90	72,60	gr	
Peso recipiente Rec	32,20	32,50	gr	
Peso del agua Ww	7,80	6,50	gr	
Peso de los sólidos Ws	48,70	40,10	gr	
Contenido de humedad w%	16,02	16,21	%	
Contenido de humedad promedio W%	16,11		%	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO				
	Volúmenes	Unidades	Pesos	Unidades
Volumen de vacíos Vv=	6,69	cm ³	-	gr
Va=  Wa=	0,19	cm ³	0,00	gr
Vw=  Ww=	6,50	cm ³	6,50	gr
Vs=  Ws=	15,13	cm ³	40,10	gr
Vm=  Wm=	21,82	cm ³	46,60	gr
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO				Unidades
Peso Volumétrico del suelo (γ_m) (densidad húmeda)		2,135	gr/cm ³	
Densidad seca (γ_d)		1,839	gr/cm ³	
Contenido de humedad w%		16,11	%	
Relación de vacíos $e = V_v/V_s$		0,44	natural	
Porosidad $n\% = V_v/V_m * 100$		30,66	%	
Grado de Saturación de agua $G_w\% = V_w/V_v * 100$		97,15	%	
Grado de Saturación de aire $G_a\%$		2,85	%	



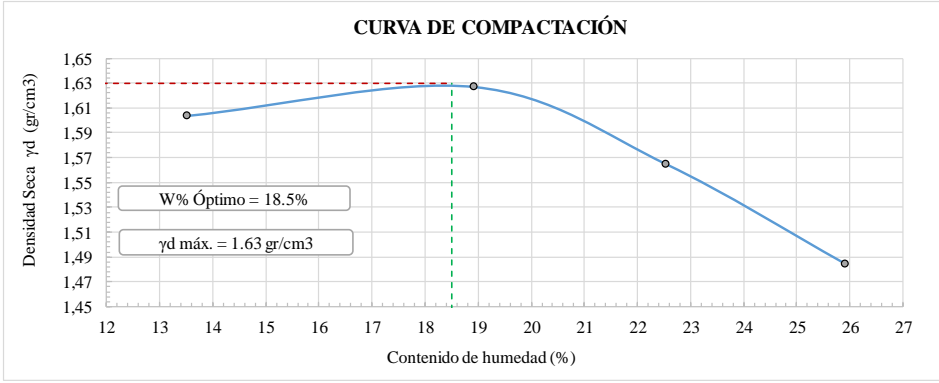
Anexo 27. Densidad de Campo - Unamuncho

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
Proyecto: Tesis de Grado	Coordenadas: Zona: 17 sur ;768341,59 ;9869485,04				
Cantón: Ambato	Normas: AASHTO T 191 2014				
Parroquia: Unamuncho	Ensayado por: Lizbeth Villacrés				
Profundidad: 100 cm	Revisó: Ing. Favio Portilla				
DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTAWA)					
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO					
Peso de la masa del suelo + funda (Wm+Rec)	3005,00	gr			
Peso de la funda (Rec)	217,80	gr			
Peso de la masa del suelo (Wm = Wm+Rec-Rec)	2787,20	gr			
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO					
Peso inicial frasco + cono + arena	7032,00	gr			
Peso final frasco + cono + arena	3044,00	gr			
Peso de arena en el cono	1608,00	gr			
Peso arena en la perforación	2380,00	gr			
Densidad de la Arena de Ottawa	1,588	gr/cm ³			
Volumen de la perforación (Vm)	1498,74	cm ³			
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD					
Identificación del Recipiente	# 97	# 81	-		
Peso húmedo + recipiente Wm+rec	126,80	132,50	gr		
Peso seco + recipiente Ws+rec	115,10	119,80	gr		
Peso recipiente Rec	33,20	30,20	gr		
Peso del agua Ww	11,70	12,70	gr		
Peso de los sólidos Ws	81,90	89,60	gr		
Contenido de humedad w%	14,29	14,17	%		
Contenido de humedad promedio W%	14,23		%		
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
	Volúmenes	Unidades	Pesos	Unidades	
Volumen de vacíos Vv=	21,20	cm ³	-	gr	
Va= 	Wa=	8,50	cm ³	0,00	gr
Vw= 	Ww=	12,70	cm ³	12,70	gr
Vs= 	Ws=	33,81	cm ³	89,60	gr
Vm= 	Wm=	55,01	cm ³	102,30	gr
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO					
Peso Volumétrico del suelo (γ_m) (densidad húmeda)	1,860		gr/cm ³		
Densidad seca (γ_d)	1,628		gr/cm ³		
Contenido de humedad w%	14,23		%		
Relación de vacíos $e = Vv/Vs$	0,63		natural		
Porosidad $n\% = Vv/Vm * 100$	38,53		%		
Grado de Saturación de agua $Gw\% = Vw/Vv * 100$	59,91		%		
Grado de Saturación de aire $Ga\%$	40,09		%		



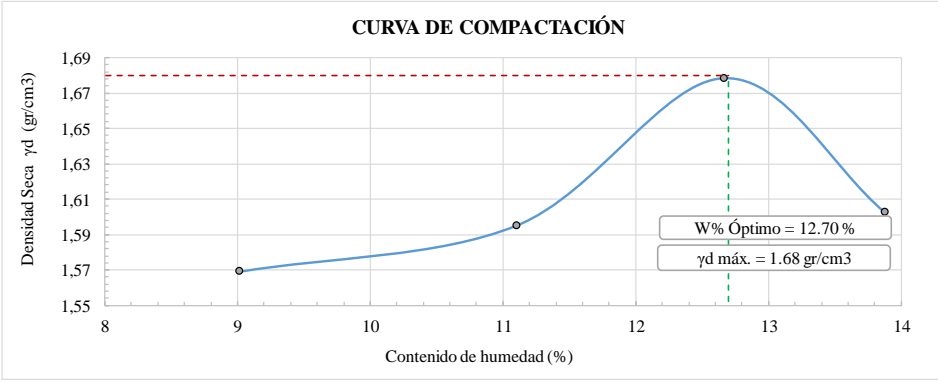
ANEXOS

F. Tablas de ensayos -Ensayo Próctor modificado Tipo B



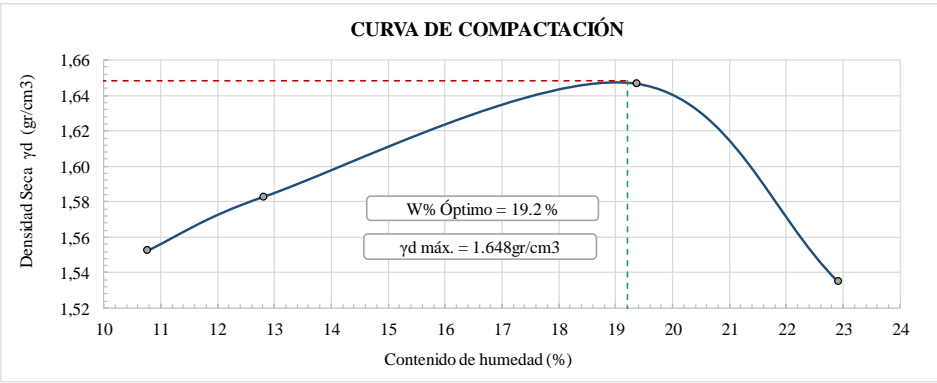
Anexo 28. Ensayo Próctor -Constantino Fernández

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
Proyecto:	Tesis de Grado	Coordenadas:	Zona: 17 sur ;763087,5 ;9867489,8					
Cantón:	Ambato	Normas:	AASHTO T 180					
Parroquia:	Constantino Fernandez	Ensayado por:	Lizbeth Villacrés					
Profundidad:	70 cm	Revisó:	Ing.Favio Portilla					
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO								
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR								
Número de Golpes:	56	Altura de Caída (in):	18	ϕ Diámetro interno :	15,1	cm		
Número de Capas:	5	Peso del Martillo (lb):	15	h altura :	12,7	cm		
Energía de Compactación (lb*ft/ft3):	55986	Peso del Molde (gr.):	15440	Vol. del Molde:	2274,3	cm ³		
Peso Inicial:	5400	5200	5200	5200	5200			
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19580	19840	19800	19690				
P. suelo húmedo Wm (gr)	4140	4400	4360	4250				
P. unitario húmedo γ_m (gr/cm3)	1,820	1,935	1,917	1,869				
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Identificación del recipiente	25	X	2	3	20	11	K	6
P. del recipiente (Wrec)	32,00	33,00	80,00	62,00	32,00	31,00	321,00	61,00
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	150,00	150,00	250,00	250,00	200,00	200,00	500,00	300,00
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	136,00	136,00	223,00	220,00	170,00	168,00	463,00	251,00
Peso solidos (Ws)	104,00	103,00	143,00	158,00	138,00	137,00	142,00	190,00
Peso del agua (Ww)	14,00	14,00	27,00	30,00	30,00	32,00	37,00	49,00
Cont. Humedad (w%)	13,46	13,59	18,88	18,99	21,74	23,36	26,06	25,79
Cont. Humedad promedio (w%)	13,53		18,93		22,55		25,92	
Densidad Seca γ_d (gr/cm3)	1,603		1,627		1,564		1,484	
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
Contenido de Humedad Óptima $\omega\%$:			18,5					
Densidad Seca Máxima γ_d (gr/cm3) :			1,630					
CURVA DE COMPACTACIÓN								
								



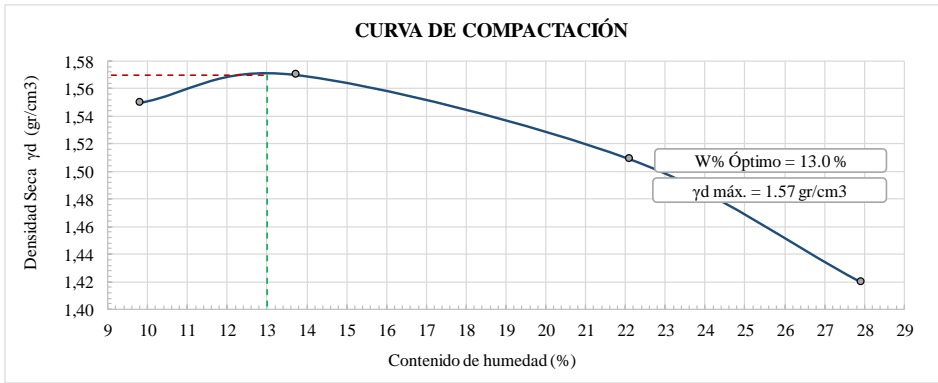
Anexo 29. Ensayo Próctor - Izamba

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
Proyecto:	Tesis de Grado	Coordenadas:	Zona: 17 sur ;769831,83 ;9865176,40					
Cantón:	Ambato	Normas:	AASHTO T 180					
Parroquia:	Izamba	Ensayado por:	Lizbeth Villacrés					
Profundidad:	70 cm	Revisó:	Ing.Favio Portilla					
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO								
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR								
Número de Golpes:	56	Altura de Caída (in):	18	ϕ Diámetro interno :	15,1	cm		
Número de Capas:	5	Peso del Martillo (lb):	15	h altura :	12,7	cm		
Energía de Compactación (lb*ft/ft ³):	55986	Peso del Molde (gr.):	15440	Vol. del Molde:	2274,3	cm ³		
Peso Inicial:	5500	5500	5500	5500	5500			
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19330	19470	19740	19590				
P. suelo húmedo Wm (gr)	3890	4030	4300	4150				
P. unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,710	1,772	1,891	1,825				
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Identificación del recipiente	12	13	1	4	10	11	5	6
P. del recipiente (Wrec)	32,00	32,00	63,00	62,00	31,00	31,00	61,00	61,00
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	165,00	165,00	145,00	150,00	160,00	160,00	180,00	180,00
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	154,00	154,00	137,00	141,00	146,00	145,00	165,00	166,00
Peso solidos (Ws)	122,00	122,00	74,00	79,00	115,00	114,00	104,00	105,00
Peso del agua (Ww)	11,00	11,00	8,00	9,00	14,00	15,00	15,00	14,00
Cont. Humedad (w%)	9,02	9,02	10,81	11,39	12,17	13,16	14,42	13,33
Cont. Humedad promedio (w%)	9,02		11,10		12,67		13,88	
Densidad Seca γ_d (gr/cm ³)	1,569		1,595		1,678		1,602	
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
Contenido de Humedad Óptima $\omega\%$:				12,7				
Densidad Seca Máxima γ_d (gr/cm ³) :				1,680				
CURVA DE COMPACTACIÓN								
								



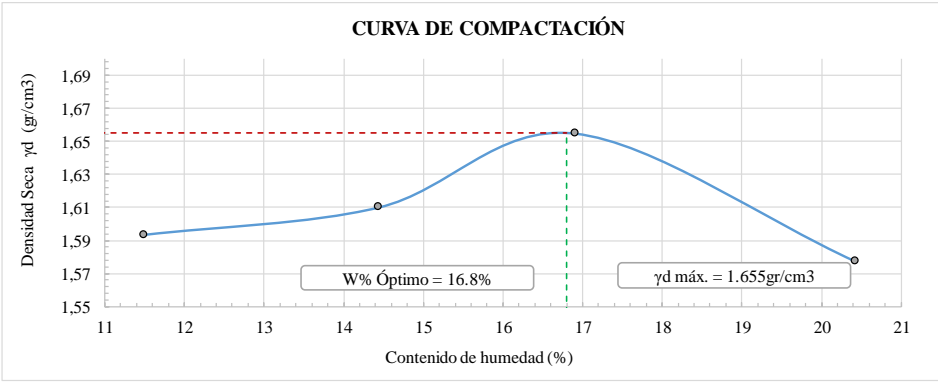
Anexo 30. Ensayo Próctor - Juan Benigno Vela

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
Proyecto: Tesis de Grado	Coordenadas: Zona: 17 sur ;756560,48 ;9855080,42							
Cantón: Ambato	Normas: AASHTO T 180							
Parroquia: Juan Benigno Vela	Ensayado por: Lizbeth Villacrés							
Profundidad: 70 cm	Revisó: Ing.Favio Portilla							
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO								
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR								
Número de Golpes:	56	Altura de Caída (in): 18	ϕ Diámetro interno : 15,1 cm					
Número de Capas:	5	Peso del Martillo (lb): 15	h altura : 12,7 cm					
Energía de Compactación (lb*ft/ft ³):	55986	Peso del Molde (gr.): 15440	Vol. del Molde: 2274,3 cm ³					
Peso Inicial:	6000	6000	5500	5500				
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19350	19500	19910	19730				
P. suelo húmedo Wm (gr)	3910	4060	4470	4290				
P. unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,719	1,785	1,965	1,886				
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Identificación del recipiente	6	7	1	3	4	5	A	B
P. del recipiente (Wrec)	61,00	320,00	63,00	62,00	35,00	33,00	62,00	61,00
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	220,00	420,00	161,00	245,00	129,00	130,00	214,00	220,00
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	205,00	410,00	150,00	224,00	114,00	114,00	186,00	190,00
Peso solidos (Ws)	144,00	90,00	87,00	162,00	79,00	81,00	124,00	129,00
Peso del agua (Ww)	15,00	10,00	11,00	21,00	15,00	16,00	28,00	30,00
Cont. Humedad (w%)	10,42	11,11	12,64	12,96	18,99	19,75	22,58	23,26
Cont. Humedad promedio (w%)	10,76		12,80		19,37		22,92	
Densidad Seca γ_d (gr/cm ³)	1,552		1,583		1,647		1,535	
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
Contenido de Humedad Óptima $w\%$:		19,2						
Densidad Seca Máxima γ_d (gr/cm ³) :		1,648						
CURVA DE COMPACTACIÓN								
								



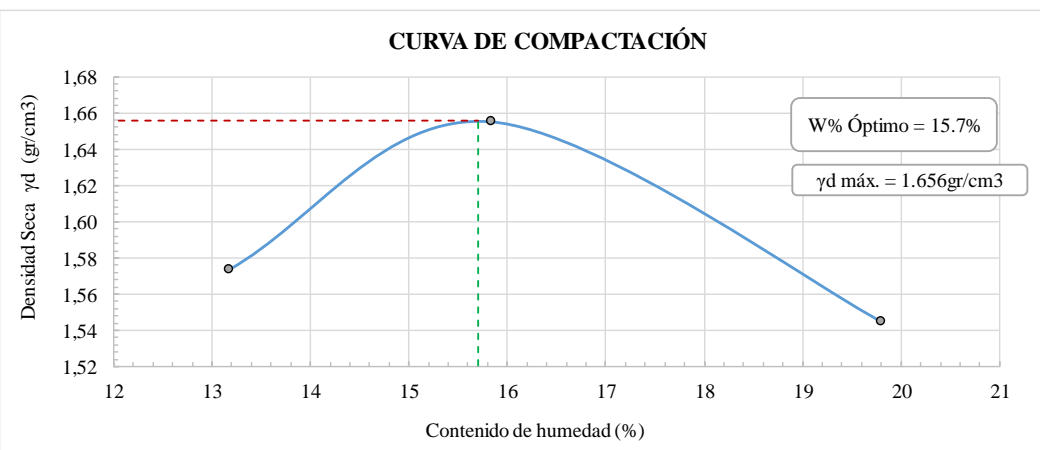
Anexo 31. Ensayo Próctor - Montalvo

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
Proyecto:	Tesis de Grado	Coordenadas:	Zona: 17 sur ;764599,33 ;9852890,74					
Cantón:	Ambato	Normas:	AASHTO T 180					
Parroquia:	Montalvo	Ensayado por:	Lizbeth Villacrés					
Profundidad:	70 cm	Revisó:	Ing.Favio Portilla					
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO								
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR								
Número de Golpes:	56	Altura de Caída (in):	18	φ Diámetro interno :	15,1	cm		
Número de Capas:	5	Peso del Martillo (lb):	15	h altura :	12,7	cm		
Energía de Compactación (lb*ft/ft ³):	55986	Peso del Molde (gr.):	15450	Vol. del Molde:	2274,3	cm ³		
Peso Inicial:	5200	5200	5200	5500				
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19320	19510	19640	19580				
P. suelo húmedo Wm (gr)	3870	4060	4190	4130				
P. unitario húmedo γm (gr/cm ³)	1,702	1,785	1,842	1,816				
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Identificación del recipiente	3	4	11	12	B	13	A	C
P. del recipiente (Wrec)	62,00	35,00	31,00	32,00	61,00	32,00	62,00	61,00
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	190,00	200,00	170,00	175,00	170,00	160,00	170,00	170,00
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	178,00	186,00	155,00	156,00	147,00	141,00	143,00	150,00
Peso solidos (Ws)	116,00	151,00	124,00	124,00	86,00	109,00	81,00	89,00
Peso del agua (Ww)	12,00	14,00	15,00	19,00	23,00	19,00	27,00	20,00
Cont. Humedad (w%)	10,34	9,27	12,10	15,32	26,74	17,43	33,33	22,47
Cont. Humedad promedio (w%)	9,81		13,71		22,09		27,90	
Densidad Seca γd (gr/cm ³)	1,550		1,570		1,509		1,420	
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
Contenido de Humedad Óptima ω% :				13				
Densidad Seca Máxima γd (gr/cm ³) :				1,570				
CURVA DE COMPACTACIÓN								
								

Anexo 32. Ensayo Próctor -Quisapincha

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
Proyecto:	Tesis de Grado	Coordenadas:	Zona: 17 sur ;758383,7 ;9864470					
Cantón:	Ambato	Normas:	AASHTO T 180					
Parroquia:	Quisapincha	Ensayado por:	Lizbeth Villacrés					
Profundidad:	70 cm	Revisó:	Ing.Favio Portilla					
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO								
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR								
Número de Golpes:	56	Altura de Caída (in):	18	ϕ Diámetro interno :	15,1	cm		
Número de Capas:	5	Peso del Martillo (lb):	15	h altura :	12,7	cm		
Energía de Compactación (lb*ft/ft ³):	55986	Peso del Molde (gr.):	15450	Vol. del Molde:	2274,3	cm ³		
Peso Inicial:	5500		5500		5500			
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19490	19640	19850	19770				
P. suelo húmedo Wm (gr)	4040	4190	4400	4320				
P. unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,776	1,842	1,935	1,899				
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Identificación del recipiente	A	X	C	10	1	5	13	12
P. del recipiente (Wrec)	35,00	32,00	31,00	31,00	63,00	61,00	32,00	32,00
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	150,00	150,00	150,00	150,00	190,00	190,00	150,00	150,00
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	138,00	138,00	136,00	134,00	171,00	172,00	129,00	131,00
Peso solidos (Ws)	103,00	106,00	105,00	103,00	108,00	111,00	97,00	99,00
Peso del agua (Ww)	12,00	12,00	14,00	16,00	19,00	18,00	21,00	19,00
Cont. Humedad (w%)	11,65	11,32	13,33	15,53	17,59	16,22	21,65	19,19
Cont. Humedad promedio (w%)	11,49		14,43		16,90		20,42	
Densidad Seca γ_d (gr/cm ³)	1,593		1,610		1,655		1,577	
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
Contenido de Humedad Óptima $\omega\%$:				16,8				
Densidad Seca Máxima γ_d (gr/cm ³) :				1,655				
CURVA DE COMPACTACIÓN								
								



Anexo 33. Ensayo Próctor - Unamuncho

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
Proyecto:	Tesis de Grado	Coordenadas:	Zona: 1 / sur			
Cantón:	Ambato	Normas:	769211 50 AASHTO T 180			
Parroquia:	Unamuncho	Ensayado por:	Lizbeth Villacrés			
Profundidad:	70 cm	Revisó:	Ing.Favio Portilla			
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO						
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR						
Número de Golpes:	56	Altura de Caída (in):	18	Diámetro interno cm:	15,1	
Número de Capas:	5	Peso del Martillo (lb):	15	h altura cm:	12,7	
Energía de Compactación (lb*ft/ft3):	55986	Peso del Molde (gr.):	15450	Vol. del Molde cm3:	2274	
Peso Inicial:	5400	5200	5200			
PROCESO DE COMPACTACIÓN						
Ensayo Número	1	2	3			
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19500	19810	19660			
P. suelo húmedo Wm (gr)	4050	4360	4210			
P. unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,781	1,917	1,851			
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD						
Identificación del recipiente	x	13	10	11	6	4
P. del recipiente (Wrec)	33,00	32,00	31,00	31,00	61,00	62,00
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	170,00	170,00	170,00	170,00	240,00	240,00
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	154,00	154,00	151,00	151,00	210,00	211,00
Peso solidos (Ws)	121,00	122,00	120,00	120,00	149,00	149,00
Peso del agua (Ww)	16,00	16,00	19,00	19,00	30,00	29,00
Cont. Humedad (w%)	13,22	13,11	15,83	15,83	20,13	19,46
Cont. Humedad promedio (w%)	13,17		15,83		19,80	
Densidad Seca γ_d (gr/cm ³)	1,574		1,655		1,545	
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA						
Contenido de Humedad Óptima $\omega\%$:		15,7				
Densidad Seca Máxima γ_d (gr/cm ³):		1,656				
CURVA DE COMPACTACIÓN						
 <p>W% Óptimo = 15.7%</p> <p>γ_d máx. = 1.656gr/cm³</p>						

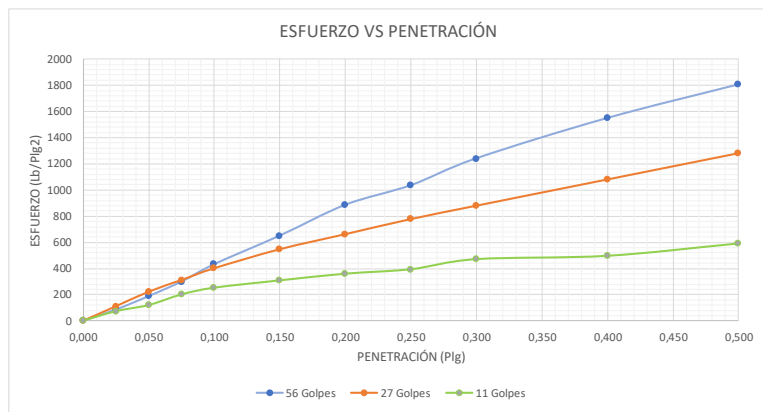
ANEXOS

G. Tablas de ensayos -CBR Constantino Fernández

Anexo 34. CBR sin Saturar – C. Fernández

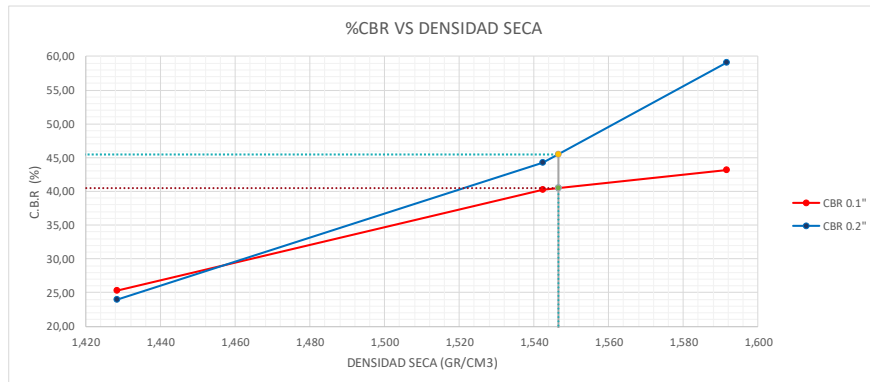
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN											
Provincia:	Tungurahua	Coordenadas:	Zona: 17 sur ;763087,5 ;9867489,8										
Cantón:	Ambato	Normas:	AASHTO T 193-2013										
Parroquia:	Constantino Fernandez	Ensayado por:	Lizbeth Villacrés										
Profundidad:	70 cm	Revisó:	Ing.Favio Portilla										
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - CBR													
SATURACIÓN: SIN SATURAR													
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO PROCTOR													
Tipo:	Proctor Modificado		Norma :		AASHTO T 180								
Humedad Óptima:	18,3	%											
Densidad Máxima:	1,628	gr/cm ³											
DATOS													
DATOS DEL MOLDEO													
Molde N°	12		10		11								
N° de Capas	5		5		5								
N° de golpes por capa	56		27		11								
Diametro de molde	15,2		15,2		15,2								
Altura de molde	11,75		11,75		11,75								
Estado de la muestra	Sin Saturar		Sin Saturar		Sin Saturar								
Peso muestra húmeda + molde (g)	10777,90		10625,60		10377,70								
Peso del molde (g)	6752,10		6738,30		6781,20								
Peso de muestra húmeda (g)	4025,80		3887,30		3596,50								
Volumen muestra (cm ³)	2132,14		2132,14		2132,14								
Peso unit. Húmedo, g/cm³	1,888		1,823		1,687								
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD													
Recipiente N°	10		12		25								
Peso de muestra humedad + tarro (g)	124,90		174,30		148,90								
Peso de muestra seca + tarro (g)	110,90		151,10		131,10								
Peso del agua (g)	14,00		23,20		17,80								
Peso del tarro (g)	31,80		32,70		32,00								
Peso de la muestra seca (g)	79,10		118,40		99,10								
Contenido de humedad %	17,70%		19,59%		17,96%								
Peso Unit. Seco g/cm³	1,604		1,579		1,546								
Peso Unit. Seco promedio g/cm³	1,592		1,542		1,428								
DATOS DE ENSAYO DE CARGA CBR													
Molde N° :		10			12			11					
Tiempo	Penetr.	Q lec.	Presiones		Q lec.	Presiones		Q lec.	Presiones		CBR		
			Leida	Correg.		Leida	Correg.		Leida	Correg.			
min/seg	(plg)	Dial	lb/plg ²		%	Dial	lb/plg ²		%	Dial	lb/plg ²		%
0	0,000	0	0			0	0			0	0		
0'30"	0,025	10	86			13	111			9	73		
1'00"	0,050	22	188			26	222			14	120		
1'30"	0,075	35	299			37	312			24	201		
2'00"	0,100	51	432	431,97	43,20	47	402	402,03	40,20	30	252	252,34	25,23
3'00"	0,150	76	650			64	547			36	308		
4'00"	0,200	104	885	885,33	59,02	78	663	662,93	44,20	42	359	359,26	23,95
5'00"	0,250	121	1035			91	778			46	393		
6'00"	0,300	145	1240			103	881			55	470		
8'00"	0,400	181	1548			127	1082			58	496		
10'00"	0,500	211	1805			150	1283			69	590		

PORCENTAJES CBR CORREGIDOS						
Molde N°	CBR 0.1"			CBR 0.2"		
	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm3)	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm3)
12	431,97	43,20	1,592	885,33	59,02	1,592
10	402,03	40,20	1,542	662,93	44,20	1,542
11	252,34	25,23	1,428	359,26	23,95	1,428



CBR			
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm3)	CBR 0.1"	CBR 0.2"	% CBR MAYOR
Densidad al 100%: 1,628			
Densidad al 95%: 1,547	40,50	45,50	45,50



GRÁFICA CBR



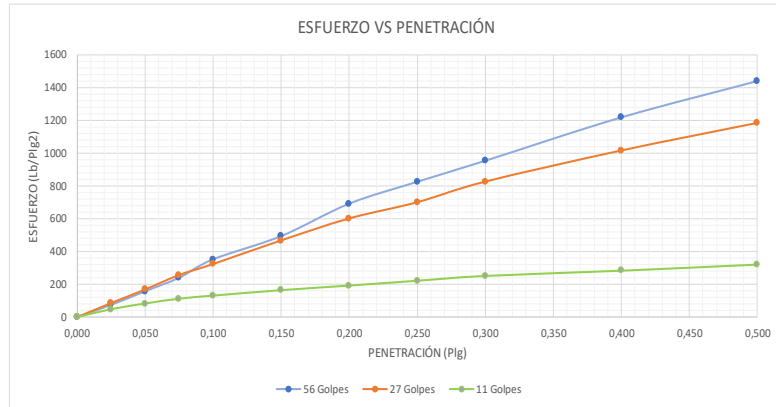
DESCRIPCION DEL ENSAYO

El CBR para el diseño de pavimento es de 45,5%

Anexo 35. CBR - Saturación 24 horas - C. Fernández

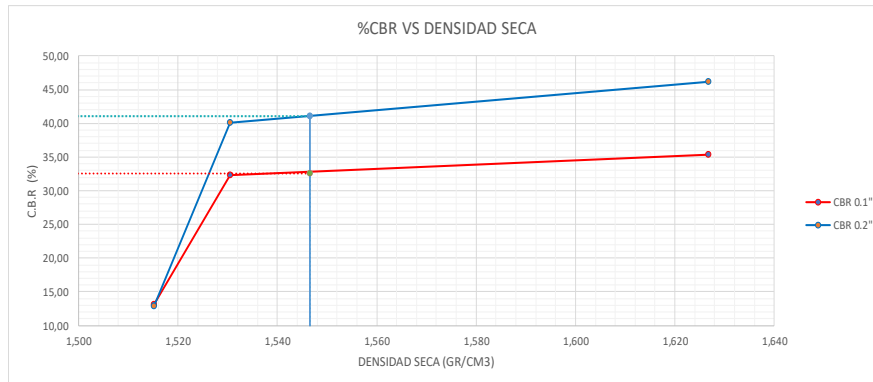
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN												
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Parroquia: Constantino Fernandez Profundidad: 70 cm	Coordenadas: Zona: 17 sur :763087,5 ;9867489,8 Normas: AASHTO T 193-2013 Ensayado por: Lizbeth Villacrés Revisó: Ing.Favio Portilla												
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - CBR													
SATURACIÓN: 24 HORAS													
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO PROCTOR													
Tipo:	Proctor Modificado	Norma : AASHTO T 180											
Humedad Óptima:	19,2 %												
Densidad Máxima:	1,648 gr/cm ³												
DATOS													
DATOS DEL MOLDEO													
Molde N°	12	10	11										
N° de Capas	5	5	5										
N° de golpes por capa	56	27	11										
Diametro de molde	15,2	15,2	15,2										
Altura de molde	11,75	11,75	11,75										
Estado de la muestra	Antes de Remojar	Después de Rem.	Antes de Rem.	Después de Rem.	Antes de Rem.	Después de Rem.							
Peso muestra húmeda + molde (g)	10942,30	11023,40	10723,20	10885,90	10503,00	10753,70							
Peso del molde (g)	6752,10	6752,10	6738,30	6738,30	6781,20	6781,20							
Peso de muestra húmeda (g)	4190,20	4271,30	3984,90	4147,60	3721,80	3972,50							
Volumen muestra (cm ³)	2132,14	2132,14	2132,14	2132,14	2132,14	2132,14							
Peso unit. Húmedo, g/cm³	1,97	2,00	1,87	1,95	1,75	1,86							
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD													
Recipiente N°	X	1	10	C	8	6	Y	5	3				
Peso de muestra humedad + tarro (g)	100,20	140,10	115,40	153,10	144,60	142,00	153,50	129,30	123,20				
Peso de muestra seca + tarro (g)	89,40	120,30	101,10	134,60	123,70	120,50	134,70	108,90	104,10				
Peso del agua (g)	10,80	19,80	14,30	18,50	20,90	21,50	18,80	20,40	19,10				
Peso del tarro (g)	29,90	26,50	26,20	31,80	26,90	26,40	31,80	26,20	26,60				
Peso de la muestra seca (g)	59,50	93,80	74,90	102,80	96,80	94,10	102,90	82,70	77,50				
Contenido de humedad %	18,15%	21,11%	19,09%	18,00%	21,59%	22,85%	18,27%	24,67%	24,65%				
Contenido de humedad Promedio %	18,15%	20,10%	18,00%	22,22%	18,27%	24,66%							
Peso Unit. Seco g/cm³	1,663	1,668	1,584	1,592	1,476	1,495							
Peso Unit. Seco promedio g/cm³	1,666			1,588			1,485						
DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO) LECTURA DIAL EN Plgs*10-2													
Molde N°	Molde N° 12				Molde N° 10				Molde N° 11				
Tempo	Lec.Dial	H	Esponjamiento		Lec.Dial	H	Esponjamiento		Lec.Dial	H	Esponjamiento		
Hora	Dias	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%
16:10	0	0,758	5	0	0,00	0,691	5	0	0,00	0,714	5	0,000	0,00
16:20	1	0,767		0,87	0,17	0,700		0,88	0,18	0,718		0,440	0,09
DATOS DE ENSAYO DE CARGA CBR													
Molde N° :	10				12				11				
Tempo	Penetr. (plg)	Q lec.	Presiones		CBR	Q lec.	Presiones		CBR	Q lec.	Presiones		CBR
			Leida	Correg.			Leida	Correg.			Leida	Correg.	
min/seg	(plg)	Dial	lb/plg2	%	Dial	lb/plg2	%	Dial	lb/plg2	%	Dial	lb/plg2	%
0	0,000	0	0		0	0		0	0		0	0	
0'30"	0,025	32	86		31	83		24	63		24	63	
1'00"	0,050	60	160		61	162		34	91		34	91	
1'30"	0,075	110	294		91	243		43	115		43	115	
2'00"	0,100	129	345	345,07	34,51	116	310	310,29	31,03	49	131	131,07	13,11
3'00"	0,150	190	508		160	428		63	167		63	167	
4'00"	0,200	259	693	692,81	46,19	198	528	528,30	35,22	72	193	192,60	12,84
5'00"	0,250	321	859		225	601		82	219		82	219	
6'00"	0,300	383	1025		258	689		93	247		93	247	
8'00"	0,400	494	1321		309	827		113	302		113	302	
10'00"	0,500	540	1444		320	856		136	364		136	364	

Molde N°	PORCENTAJES CBR CORREGIDOS					
	CBR 0.1"			CBR 0.2"		
	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm3)	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm3)
5	353,09	35,31	1,627	692,81	46,19	1,627
4	323,67	32,37	1,530	601,86	40,12	1,530
6	131,07	13,11	1,515	192,60	12,84	1,515



CBR				
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm3)		CBR 0.1"	CBR 0.2"	% CBR MAYOR
Densidad al 100%:	1,628			
Densidad al 95%	1,547	32,5	41,0	41,0



GRÁFICA CBR



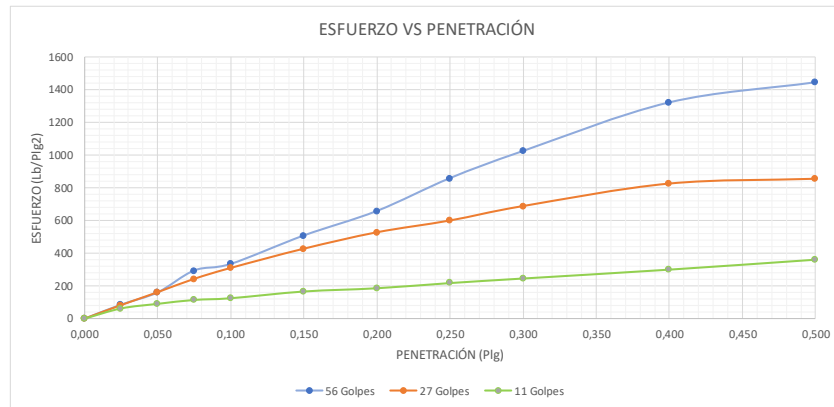
DESCRIPCION DEL ENSAYO

El CBR para el diseño de pavimento es de 41%

Anexo 36. CBR - Saturación 72 Horas - C. Fernández

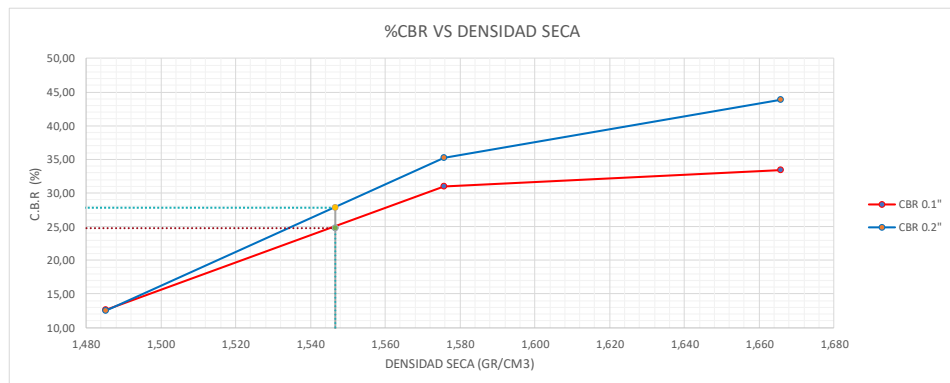
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN																
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Parroquia: Constantino Fernandez Profundidad: 70 cm	Coordenadas: Zona: 17 sur ;763087,5 ;9867489,8 Normas: AASHTO T 193-2013 Ensayado por: Lizbeth Villacrés Revisó: Ing.Favio Portilla																
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - CBR SATURACIÓN: 72 HORAS																	
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO PROCTOR																	
Tipo:	Proctor Modificado	Norma :	AASHTO T 180														
Humedad Óptima:	18,3 %																
Densidad Máxima:	1,628 gr/cm ³																
DATOS																	
DATOS DEL MOLDEO																	
Molde N°	12	10	11														
N° de Capas	5	5	5														
N° de golpes por capa	56	27	11														
Diametro de molde	15,2	15,2	15,2														
Altura de molde	11,75	11,75	11,75														
Estado de la muestra	Antes de Remojar	Después de Rem.	Antes de Rem.														
Peso muestra húmeda + molde (g)	10942,30	11023,40	10723,20														
Peso del molde (g)	6752,10	6752,10	6738,30														
Peso de muestra húmeda (g)	4190,20	4271,30	3984,90														
Volumen muestra (cm ³)	2132,14	2132,14	2132,14														
Peso unit. Húmedo, g/cm³	1,965	2,003	1,869														
			1,945														
			1,746														
			1,863														
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD																	
Recipiente N°	X	1	10														
	C	8	6														
	Y	5	3														
Peso de muestra humedad + tarro (g)	100,20	140,10	115,40														
Peso de muestra seca + tarro (g)	89,40	120,30	101,10														
Peso del agua (g)	10,80	19,80	14,30														
Peso del tarro (g)	29,90	26,50	26,20														
Peso de la muestra seca (g)	59,50	93,80	74,90														
Contenido de humedad %	18,15%	21,11%	19,09%														
Contenido de humedad Promedio %	18,15%	20,10%	18,00%														
Peso Unit. Seco g/cm³	1,663	1,668	1,584														
Peso Unit. Seco promedio g/cm³	1,666	1,576	1,485														
DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO) LECTURA DIAL EN Plgs*10-2																	
Molde N°	Molde N° 6752,1				Molde N° 6738,3				Molde N° 6781,2								
Tiempo	Lec. Dial		H	Esponjamiento		Lec. Dial		H	Esponjamiento		Lec. Dial		H	Esponjamiento			
Hora	Días	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%
16:10	0	0,683	5	0,00	0,00	0,154	5	0,00	0,00	0,839	5	0,00	0,00				
16:20	1	0,690		0,73	0,15	0,204		5,04	1,01	0,841		0,22	0,04				
16:20	3	0,691		0,10	0,02	0,205		0,08	0,02	0,844		0,24	0,05				
DATOS DE ENSAYO DE CARGA CBR																	
Molde N° :	10				12				11								
Tiempo	Penetr.	Q lec.	Presiones		Q lec.	Presiones		Q lec.	Presiones		Q lec.	Presiones		Q lec.			
			Leida	Correg.		Leida	Correg.		Leida	Correg.		Leida	Correg.				
min/seg	(plg)	Dial	lb/plg2		%	lb/plg2		%	lb/plg2		%	lb/plg2		%			
0	0,000	0	0			0	0			0	0						
0'30"	0,025	32	86			31	83			24	63						
1'00"	0,050	60	160			61	162			34	91						
1'30"	0,075	110	294			91	243			43	115						
2'00"	0,100	125	334	334,37	33,44	116	310	310,29	31,03	47	126	125,72	12,57				
3'00"	0,150	190	508			160	428			63	167						
4'00"	0,200	246	658	658,03	43,87	198	528	528,30	35,22	70	187	187,25	12,48				
5'00"	0,250	321	859			225	601			82	219						
6'00"	0,300	383	1025			258	689			93	247						
8'00"	0,400	494	1321			309	827			113	302						
10'00"	0,500	540	1444			320	856			136	364						

PORCENTAJES CBR CORREGIDOS						
Molde N°	CBR 0.1"			CBR 0.2"		
	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm ³)	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm ³)
12	334,37	33,44	1,666	658,03	43,87	1,666
10	310,29	31,03	1,576	528,30	35,22	1,576
11	125,72	12,57	1,485	187,25	12,48	1,485



CBR			
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm ³)	CBR 0.1"	CBR 0.2"	% CBR MAYOR
Densidad al 100%:			
Densidad al 95%	24,80	27,80	27,80



GRÁFICA CBR



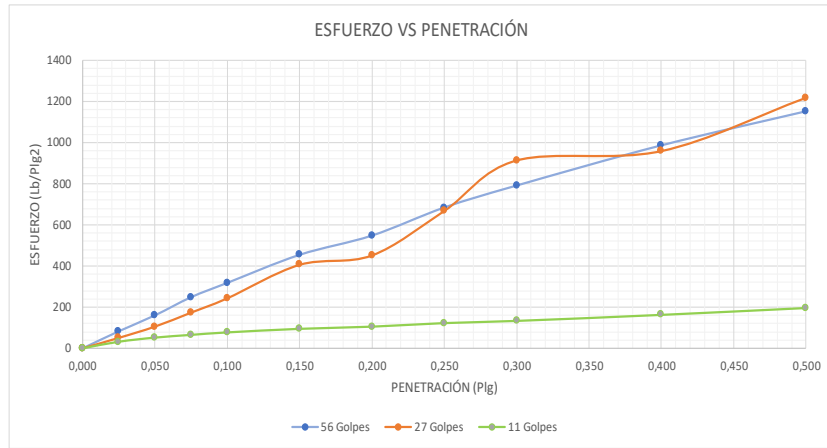
DESCRIPCION DEL ENSAYO

El CBR para el diseño de pavimento es de 27,8%

Anexo 37. CBR - Saturación 96 Horas - C. Fernández

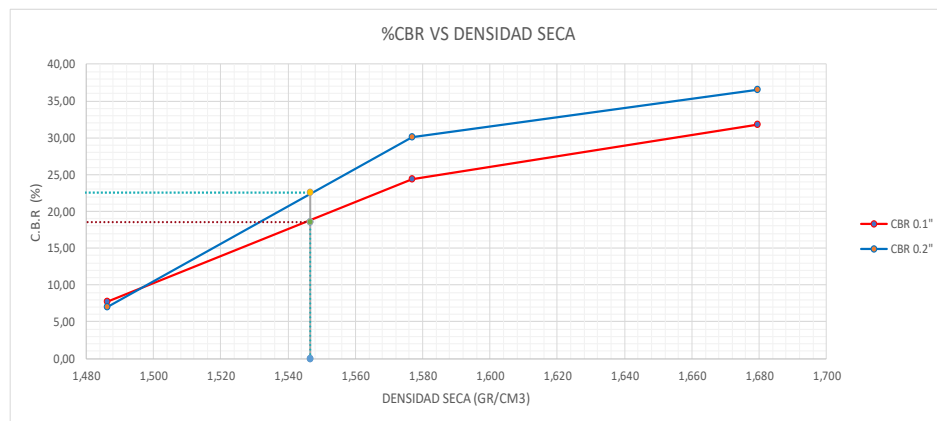
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN																		
Provincia:	Tungurahua	Coordenadas:	Zona: 17 sur ;763087,5 ;9867489,8																	
Cantón:	Ambato	Normas:	AASHTO T 193-2013																	
Parroquia:	Constantino Fernandez	Ensayado por:	Lizbeth Villacrés																	
Profundidad:	70 cm	Revisó:	Ing.Favio Portilla																	
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - CBR SATURACIÓN: 96 HORAS																				
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO PROCTOR																				
Tipo:	Proctor Modificado		Norma :		AASHTO T 180															
Humedad Optima:	18,3					%														
Densidad Máxima:	1,628					gr/cm ³														
DATOS																				
DATOS DEL MOLDEO																				
Molde N°	12			10		11														
N° de Capas	5			5		5														
N° de golpes por capa	56			27		11														
Diametro de molde	15,2			15,2		15,2														
Altura de molde	11,75			11,75		11,75														
Estado de la muestra	Antes de Remojar		Después de Rem.		Antes de Rem.		Después de Rem.													
Peso muestra húmeda + molde (g)	10996,60		11062,40		10762,10		10876,80													
Peso del molde (g)	6752,10		6752,10		6738,30		6738,30													
Peso de muestra húmeda (g)	4244,50		4310,30		4023,80		4138,50													
Volumen muestra (cm ³)	2132,14		2132,14		2132,14		2132,14													
Peso unit. Húmedo, g/cm³	1,991		2,022		1,887		1,941													
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD																				
Recipiente N°	X		11		B		A		C		12		Y		25		13			
Peso de muestra humedad + tarro (g)	100,20		232,00		279,00		153,10		282,00		289,00		153,50		335,00		343,00			
Peso de muestra seca + tarro (g)	89,40		197,80		236,50		134,60		231,80		238,00		134,70		273,50		280,60			
Peso del agua (g)	10,80		34,20		42,50		18,50		50,20		51,00		18,80		61,50		62,40			
Peso del tarro (g)	29,90		32,00		33,00		31,80		31,00		32,00		31,80		32,00		32,00			
Peso de la muestra seca (g)	59,50		165,80		203,50		102,80		200,80		206,00		102,90		241,50		248,60			
Contenido de humedad %	18,15%		20,63%		20,88%		18,00%		25,00%		24,76%		18,27%		25,47%		25,10%			
Contenido de humedad Promedio %	18,15%		20,76%		18,00%		24,88%		18,27%		25,28%									
Peso Unit. Seco g/cm³	1,685		1,674		1,599		1,554		1,474		1,498									
Peso Unit. Húmedo g/cm³	1,680		1,680		1,577		1,577		1,486		1,486									
DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO) LECTURA DIAL EN Plgs*10-2																				
Molde N°		Molde N° 12						Molde N° 10						Molde N° 11						
Tiempo		Lec.Dial		H		Esponjamiento		Lec.Dial		H		Esponjamiento		Lec.Dial		H		Esponjamiento		
Hora	Dias	Plgs.		Muest. Plgs		Pulg. *10-2		Plgs.		Muest. Plgs		Pulg. *10-2		Plgs.		Muest. Plgs		Pulg. *10-2		
16:10	0	0,800		5		0		0,00		0,798		5		0		0,00		0,530		
16:20	4	0,805		0,45		0,09		0,803		0,5		0,10		0,536		0,64		0,13		
DATOS DE ENSAYO DE CARGA CBR																				
Molde N° :		10					12					11								
Tiempo	Penetr.	Q lec.	Presiones		CBR	Q lec.	Presiones		CBR	Q lec.	Presiones		CBR							
			Leida	Correg.			Leida	Correg.			Leida	Correg.								
min/seg	(plg)	Dial	lb/plg ²		%	Dial	lb/plg ²		%	Dial	lb/plg ²		%							
0	0,000	0	0			0	0			0	0									
0'30"	0,025	31	83			19	51			12	32									
1'00"	0,050	60	160			40	106			20	52									
1'30"	0,075	93	249			65	174			25	66									
2'00"	0,100	119	318	318,32	31,83	91	243	243,42	24,34	29	78	77,57	7,76							
3'00"	0,150	170	455			152	407			36	95									
4'00"	0,200	205	548	548,36	36,56	169	452	452,06	30,14	40	106	105,66	7,04							
5'00"	0,250	256	685			250	669			46	123									
6'00"	0,300	296	792			342	915			50	134									
8'00"	0,400	369	987			359	960			61	163									
10'00"	0,500	431	1153			456	1220			74	197									

PORCENTAJES CBR CORREGIDOS						
Molde N°	CBR 0.1"			CBR 0.2"		
	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm ³)	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm ³)
12	318,32	31,83	1,680	548,36	36,56	1,680
10	243,42	24,34	1,577	452,06	30,14	1,577
11	77,57	7,76	1,486	105,66	7,04	1,486



CBR			
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm ³)	CBR 0.1"	CBR 0.2"	% CBR MAYOR
Densidad al 100%:	1,628		
Densidad al 95%	1,547	18,50	22,50

GRÁFICA CBR





DESCRIPCION DEL ENSAYO
El CBR para el diseño de pavimento es de 22,5%

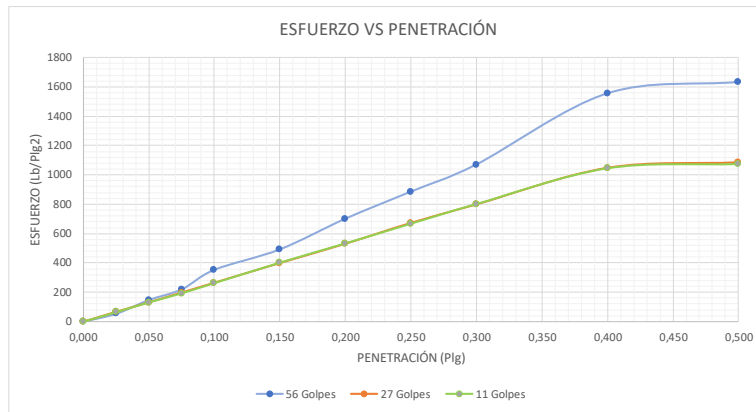
ANEXOS

H. Tablas de ensayos -CBR Izamba

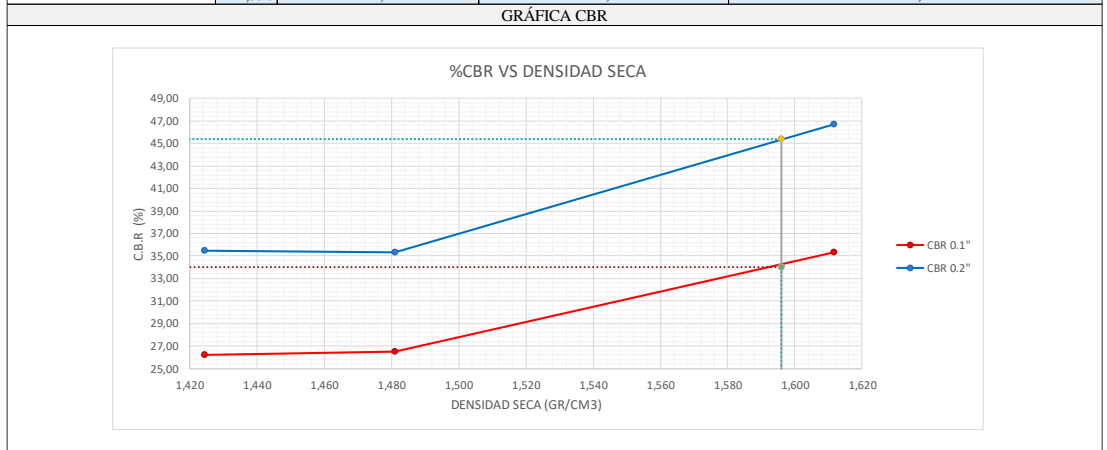
Anexo 38. CBR - Sin Saturar- Izamba

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN											
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Parroquia: Izamba Profundidad: 70 cm	Coordenadas: Zona: 17 sur ;769831,83 ;9865176,40 Normas: AASHTO T 193-2013 Ensayado por: Lizbeth Villacrés Revisó: Ing.Favio Portilla											
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - CBR												
SATURACIÓN: SIN SATURAR												
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO PROCTOR												
Tipo:	Proctor Modificado	Norma : AASHTO T 180										
Humedad Óptima:	12,7 %											
Densidad Máxima:	1,680 gr/cm ³											
DATOS												
DATOS DEL MOLDEO												
Molde N°	12	11	10									
N° de Capas	5	5	5									
N° de golpes por capa	56	27	11									
Diámetro de molde	15,2	15,2	15,2									
Altura de molde	11,75	11,75	11,75									
Estado de la muestra	Sin Saturar	Sin Saturar	Sin Saturar									
Peso muestra húmeda + molde (g)	10575,90	10252,10	10170,80									
Peso del molde (g)	6752,10	6738,30	6781,20									
Peso de muestra húmeda (g)	3823,80	3513,80	3389,60									
Volumen muestra (cm ³)	2132,14	2132,14	2132,14									
Peso unit. Húmedo, g/cm³	1,793	1,648	1,590									
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD												
Recipiente N°	10	2	3	1	8	5						
Peso de muestra humedad + tarro (g)	132,50	136,60	137,50	126,10	137,80	141,00						
Peso de muestra seca + tarro (g)	121,80	125,30	126,40	115,80	126,40	128,90						
Peso del agua (g)	10,70	11,30	11,10	10,30	11,40	12,10						
Peso del tarro (g)	26,00	26,00	26,60	25,60	26,80	26,20						
Peso de la muestra seca (g)	95,80	99,30	99,80	90,20	99,60	102,70						
Contenido de humedad %	11,17%	11,38%	11,12%	11,42%	11,45%	11,78%						
Peso Unit. Seco g/cm³	1,613	1,610	1,483	1,479	1,426	1,422						
Peso Unit. Seco promedio g/cm³	1,612		1,481		1,424							
DATOS DE ENSAYO DE CARGA CBR												
Molde N° :		12			11			10				
Tiempo	Penetr.	Q lec.	Presiones		Q lec.	Presiones		Q lec.	Presiones		CBR	
			Leida	Correg.		Leida	Correg.		Leida	Correg.		
min/seg	(plg)	Dial	lb/plg ²		Dial	lb/plg ²		Dial	lb/plg ²		%	
0	0,000	0	0		0	0		0	0			
0'30"	0,025	20	53		25	67		24	64			
1'00"	0,050	55	147		49	131		49	131			
1'30"	0,075	82	219		74	198		72	193			
2'00"	0,100	132	353	353,09	99	265	264,82	26,48	98	262	262,14	26,21
3'00"	0,150	184	492		149	399		150	401			
4'00"	0,200	262	701	700,83	198	530	529,64	35,31	199	532	532,31	35,49
5'00"	0,250	331	885		251	671		249	666			
6'00"	0,300	400	1070		298	797		299	800			
8'00"	0,400	581	1554		391	1046		390	1043			
10'00"	0,500	610	1632		405	1083		401	1073			

PORCENTAJES CBR CORREGIDOS						
Molde N°	CBR 0.1"			CBR 0.2"		
	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm3)	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm3)
12	353,09	35,31	1,612	700,83	46,72	1,612
11	264,82	26,48	1,481	529,64	35,31	1,481
10	262,14	26,21	1,424	532,31	35,49	1,424





CBR			
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm3)	CBR 0.1"	CBR 0.2"	% CBR MAYOR
Densidad al 100%:	1,680		
Densidad al 95%	1,596	34,0	45,4



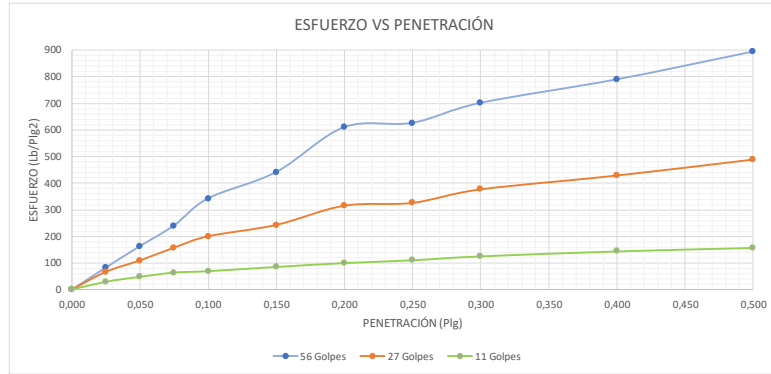
DESCRIPCION DEL ENSAYO

El CBR para el diseño de pavimento es de 45,4%

Anexo 39. CBR - Saturación: 24 Horas - Izamba

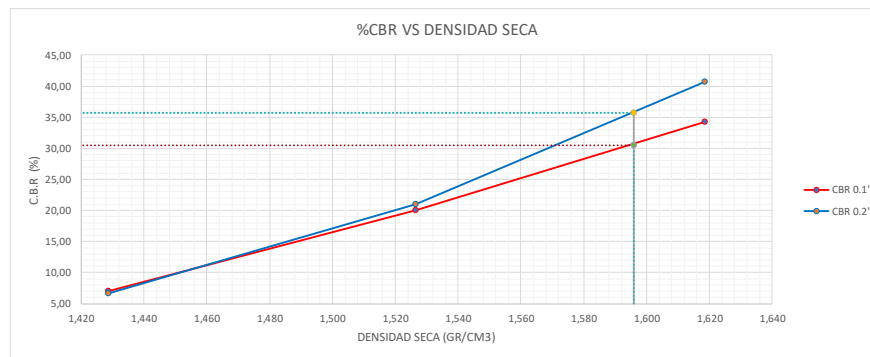
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN																									
																									
Provincia:	Tungurahua	Coordenadas:	Zona: 17 sur ;769831,83 ;9865176,40																						
Cantón:	Ambato	Normas:	AASHTO T 193-2013																						
Parroquia:	Izamba	Ensayado por:	Lizbeth Villacrés																						
Profundidad:	70 cm	Revisó:	Ing.Favio Portilla																						
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - CBR SATURACIÓN: 24HORAS																									
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO PROCTOR																									
Tipo:	Proctor Modificado		Norma :		AASHTO T 180																				
Humedad Óptima:	12,7 %																								
Densidad Máxima:	1,680 gr/cm ³																								
DATOS																									
DATOS DEL MOLDEO																									
Molde N°	11			12			10																		
N° de Capas	5			5			5																		
N° de golpes por capa	56			27			11																		
Diametro de molde	15,2			15,2			15,2																		
Altura de molde	11,75			11,75			11,75																		
Estado de la muestra	Antes de Remojarse		Después de Rem.		Antes de		Después de Rem.		Antes de Rem.		Después de Rem.														
Peso muestra húmeda + molde (g)	10676,50		10920,20		10417,10		10751,60		10191,50		10530,00														
Peso del molde (g)	6781,20		6781,20		6752,10		6752,10		6738,30		6738,30														
Peso de muestra húmeda (g)	3895,30		4139,00		3665,00		3999,50		3453,20		3791,70														
Volumen muestra (cm ³)	2132,14		2132,14		2132,14		2132,14		2132,14		2132,14														
Peso unit. Húmedo, g/cm³	1,827		1,941		1,719		1,876		1,620		1,778														
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD																									
Recipiente N°	X		5		6		8		4		1		3		D2		7B								
Peso de muestra húmeda + tarro (g)	125,20		188,10		161,40		147,20		169,00		156,50		154,50		161,00		160,80								
Peso de muestra seca + tarro (g)	114,50		159,50		139,80		133,50		142,60		132,40		139,60		135,00		135,20								
Peso del agua (g)	10,70		28,60		21,60		13,70		26,40		24,10		14,90		26,00		25,60								
Peso del tarro (g)	29,90		25,40		26,50		26,80		26,60		25,50		26,60		29,00		32,10								
Peso de la muestra seca (g)	84,60		134,10		113,30		106,70		116,00		106,90		113,00		106,00		103,10								
Contenido de humedad %	12,65%		21,33%		19,06%		12,84%		22,76%		22,54%		13,19%		24,53%		24,83%								
Contenido de humedad Promedio %	12,65%		20,20%		12,84%		22,65%		13,19%		24,68%														
Peso Unit. Seco g/cm³	1,622		1,615		1,523		1,529		1,431		1,426														
Peso Unit. Seco promedio g/cm³	1,618		1,526		1,429																				
DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO) LECTURA DIAL EN Plgs*10-2																									
Molde N°		Molde N° 11				Molde N° 12				Molde N° 10															
Tiempo		Lec.Dial		H		Espanjamiento		Lec.Dial		H		Espanjamiento		Lec.Dial		H		Espanjamiento							
Hora	Dias	Plgs.		Muest. Plgs		Pulg. *10-2		%		Plgs.		Muest. Plgs		Pulg. *10-2		%		Plgs.		Muest. Plgs		Pulg. *10-2		%	
15:10	0	0,146		5		0,00		0,00		0,914		5		0,00		0,00		0,402		5		0,00		0,00	
15:25	1	0,203		5,71		1,14		0,964		5,04		1,01		0,461		5,91		1,18							
DATOS DE ENSAYO DE CARGA CBR																									
Molde N° :		10				12				11															
Tiempo		Penetr.		Q lec.		Presiones		CBR		Q lec.		Presiones		CBR		Q lec.		Presiones		CBR					
		Leida		Correg.						Leida		Correg.				Leida		Correg.							
min/seg		(plg)		Dial		lb/plg ²		%		Dial		lb/plg ²		%		Dial		lb/plg ²		%					
0		0,000		0		0		0		0		0		0		0		0		0					
0'30"		0,025		31		83		25		67		11		29		18		48		24					
1'00"		0,050		61		163		41		110		24		64		59		158		200,62					
1'30"		0,075		90		241		59		158		26		70		69,55		6,95							
2'00"		0,100		128		342		342,39		34,24		75		201		200,62		20,06							
3'00"		0,150		165		441		91		243		32		86		38		100		100,31					
4'00"		0,200		228		610		609,89		40,66		118		316		315,64		21,04		6,69					
5'00"		0,250		234		626		122		326		42		111		47		126							
6'00"		0,300		262		701		141		377		54		144		59		158							
8'00"		0,400		295		789		161		429															
10'00"		0,500		334		893		183		490															

PORCENTAJES CBR CORREGIDOS						
Molde N°	CBR 0.1"			CBR 0.2"		
	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm ³)	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm ³)
11	342,39	34,24	1,618	609,89	40,66	1,618
12	200,62	20,06	1,526	315,64	21,04	1,526
10	69,55	6,95	1,429	100,31	6,69	1,429



CBR				
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm ³)		CBR 0.1"	CBR 0.2"	% CBR MAYOR
Densidad al 100% :	1,680			
Densidad al 95%	1,596	30,5	35,7	35,7



GRÁFICA CBR



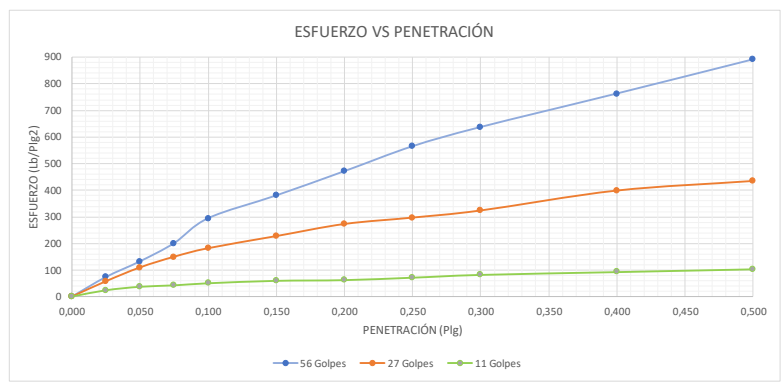
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

El CBR para el diseño de pavimento es de 35,7%

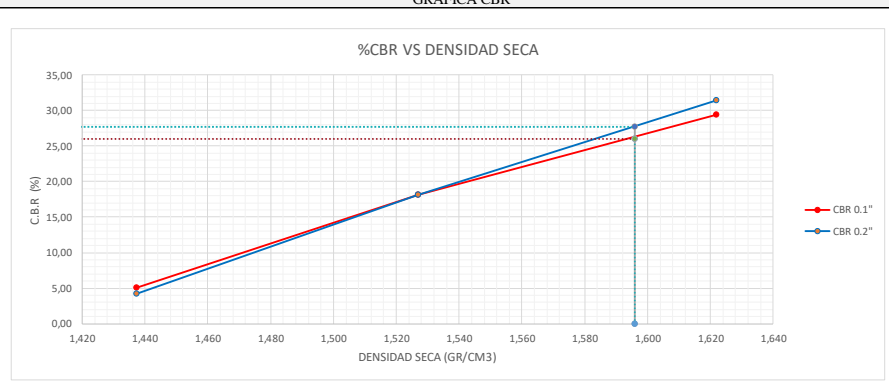
Anexo 40. CBR - Saturación: 72 Horas - Izamba

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN												
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Parroquia: Izamba Profundidad: 70 cm	Coordenadas: Zona: 17 sur ;769831,83 ;9865176,40 Normas: AASHTO T 193-2013 Ensayado por: Lizbeth Villacrés Revisó: Ing.Favio Portilla												
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - CBR		SATURACIÓN:											
72HORAS													
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO PROCTOR													
Tipo:	Proctor Modificado												
Humedad Óptima:	12,7 %												
Densidad Máxima:	1,680 gr/cm ³												
DATOS													
DATOS DEL MOLDEO													
Molde N°	10	12	11										
N° de Capas	5	5	5										
N° de golpes por capa	56	27	11										
Diametro de molde	15,2	15,2	15,2										
Altura de molde	11,75	11,75	11,75										
Estado de la muestra	Antes de Remojar	Después de Rem.	Antes de Rem.	Después de Rem.	Antes de Rem.	Después de Rem.							
Peso muestra húmeda + molde (g)	10565,70	10899,00	10388,40	10785,20	10158,20	10682,30							
Peso del molde (g)	6738,30	6738,30	6752,10	6752,10	6781,20	6781,20							
Peso de muestra húmeda (g)	3827,40	4160,70	3636,30	4033,10	3377,00	3901,10							
Volumen muestra (cm ³)	2132,14	2132,14	2132,14	2132,14	2132,14	2132,14							
Peso unit. Húmedo, g/cm³	1,795	1,951	1,705	1,892	1,584	1,830							
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD													
Recipiente N°	X14	12	11	8	10	5	AT	9	8				
Peso de muestra humedad + tarro (g)	120,30	157,00	141,00	89,70	144,00	156,20	88,90	163,00	167,20				
Peso de muestra seca + tarro (g)	111,50	134,90	122,30	83,00	122,00	132,00	82,30	135,90	139,20				
Peso del agua (g)	8,80	22,10	18,70	6,70	22,00	24,20	6,60	27,10	28,00				
Peso del tarro (g)	29,50	28,30	27,90	29,90	25,90	26,20	29,00	26,80	26,90				
Peso de la muestra seca (g)	82,00	106,60	94,40	53,10	96,10	105,80	53,30	109,10	112,30				
Contenido de humedad %	10,73%	20,73%	19,81%	12,62%	22,88%	22,87%	12,38%	24,84%	24,93%				
Contenido de humedad Promedio %	10,73%	20,27%	12,62%	22,88%	12,38%	24,89%							
Peso Unit. Seco g/cm³	1,621	1,623	1,514	1,539	1,409	1,465							
Peso Unit. Seco promedio g/cm³	1,622			1,527			1,437						
DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO) LECTURA DIAL EN Plgs*10-2													
Molde N°	Molde N° 10				Molde N° 12				Molde N° 11				
Tiempo	Lec.Dial	H	Esponjamiento	Lec.Dial	H	Esponjamiento	Lec.Dial	H	Esponjamiento				
Hora	Dias	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%
15:10	0	0,442	5	0,00	0,00	0,605	5	0,00	0,00	0,870	5	0,000	0,00
15:15	3	0,455		1,26	0,25	0,619		1,38	0,28	0,896		2,559	0,51
DATOS DE ENSAYO DE CARGA CBR													
Molde N° :	10				12				11				
Tiempo	Penetr.	Q lec.	Presiones		Q lec.	Presiones		Q lec.	Presiones		CBR		
			Leida	Correg.		Leida	Correg.		Leida	Correg.			
min/seg	(plg)	Dial	lb/plg2		%	lb/plg2		%	lb/plg2		%		
0	0,000	0	0			0	0		0	0			
0'30"	0,025	28	74			22	58		9	24			
1'00"	0,050	50	132			41	110		14	37			
1'30"	0,075	75	201			56	150		16	43			
2'00"	0,100	110	294	294,24	29,42	68	182	181,90	18,19	19	51	50,82	5,08
3'00"	0,150	142	380			85	227		23	60			
4'00"	0,200	176	471	470,79	31,39	102	273	272,84	18,19	24	63	62,86	4,19
5'00"	0,250	211	564			111	297		27	72			
6'00"	0,300	238	637			121	324		31	83			
8'00"	0,400	285	762			149	399		35	94			
10'00"	0,500	333	891			163	435		39	104			

PORCENTAJES CBR CORREGIDOS						
Molde N°	CBR 0.1"			CBR 0.2"		
	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm ³)	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm ³)
10	294,24	29,42	1,622	470,79	31,39	1,622
12	181,90	18,19	1,527	272,84	18,19	1,527
11	50,82	5,08	1,437	62,86	4,19	1,437





CBR			
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm ³)	CBR 0.1"	CBR 0.2"	% CBR MAYOR
Densidad al 100%:			
Densidad al 95%	26,0	27,7	27,7



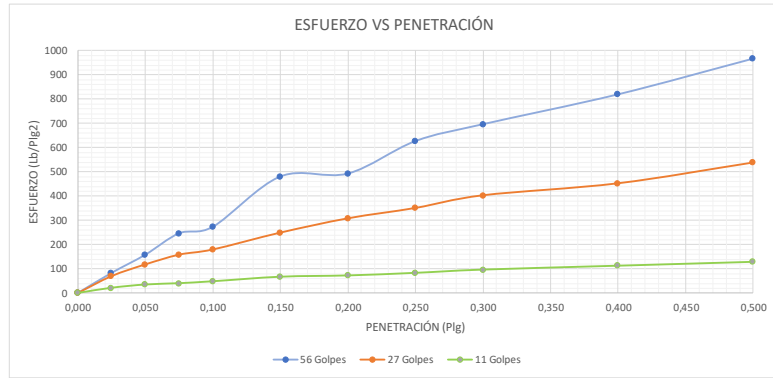
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

El CBR para el diseño de pavimento es de 27,7%

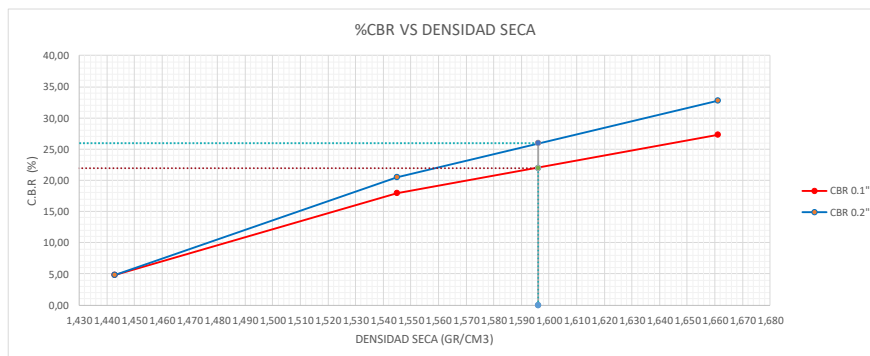
Anexo 41. CBR - Saturación 96 Horas - Izamba

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN													
													
Provincia:	Tungurahua	Coordenadas:	Zona: 17 sur ;769831,83 ;9865176,40										
Cantón:	Ambato	Normas:	AASHTO T 193-2013										
Parroquia:	Izamba	Ensayado por:	Lizbeth Villacrés										
Profundidad:	70 cm	Revisó:	Ing.Favio Portilla										
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - CBR										SATURACIÓN:			
96HORAS													
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO PROCTOR													
Tipo:	Proctor Modificado		Norma :	AASHTO T 180									
Humedad Óptima:	12,7 %												
Densidad Máxima:	1,680 gr/cm ³												
DATOS													
DATOS DEL MOLDEO													
Molde N°	4			6			5						
N° de Capas	5			5			5						
N° de golpes por capa	56			27			11						
Diametro de molde	15,2			15,2			15,2						
Altura de molde	11,65			11,65			11,65						
Estado de la muestra	Antes de Remojar		Después de Rem.		Antes de		Después de Rem.		Antes de Rem.		Después de Rem.		
Peso muestra húmeda + molde (g)	12280,40		12500,10		12139,80		12495,50		11796,90		12285,10		
Peso del molde (g)	8321,60		8321,60		8470,90		8470,90		8404,30		8404,30		
Peso de muestra húmeda (g)	3958,80		4178,50		3668,90		4024,60		3392,60		3880,80		
Volumen muestra (cm ³)	2113,99		2113,99		2113,99		2113,99		2113,99		2113,99		
Peso unit. Húmedo, g/cm ³	1,873		1,977		1,736		1,904		1,605		1,836		
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD													
Recipiente N°	X14		6		10		8		1		7		
Peso de muestra humedad + tarro (g)	120,30		123,30		138,20		89,70		157,70		151,70		
Peso de muestra seca + tarro (g)	111,00		107,00		119,00		83,00		133,00		128,50		
Peso del agua (g)	9,30		16,30		19,20		6,70		24,70		23,20		
Peso del tarro (g)	29,50		26,50		26,00		29,90		25,60		26,90		
Peso de la muestra seca (g)	81,50		80,50		93,00		53,10		107,40		101,60		
Contenido de humedad %	11,41%		20,25%		20,65%		12,62%		23,00%		22,83%		
Contenido de humedad Promedio %	11,41%		20,45%		12,62%		12,62%		22,92%		12,38%		
Peso Unit. Seco g/cm ³	1,681		1,641		1,541		1,541		1,549		1,428		
Peso Unit. Seco promedio g/cm ³	1,661		1,661		1,545		1,545		1,428		1,443		
DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO) LECTURA DIAL EN Plgs*10-2													
Molde N°		Molde N° 4				Molde N° 6				Molde N° 5			
Tiempo		Lec.Dial		H		Espanjamiento		Lec.Dial		H		Espanjamiento	
Hora	Dias	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%
15:10	0	0,68	5	0,00	0,00	0,545	5	0,00	0,00	0,143	5	0,00	0,00
15:11	2	0,73		5,35	1,07	0,599		5,44	1,09	0,197		5,40	1,08
15:12	4	0,74		0,55	0,11	0,622		2,28	0,46	0,202		0,52	0,10
DATOS DE ENSAYO DE CARGA CBR													
Molde N° :		10				12				11			
Tiempo		Penetr.	Q lec.	Presiones		Q lec.	Presiones		Q lec.	Presiones		CBR	
				Leida	Correg.		Leida	Correg.		Leida	Correg.		
min/seg		(plg)	Dial	lb/plg ²		%	Dial	lb/plg ²		%	Dial	lb/plg ²	
0		0,000	0	0			0	0			0	0	
0'30"		0,025	31	83			26	70			8	21	
1'00"		0,050	59	158			44	118			13	35	
1'30"		0,075	92	246			59	158			15	40	
2'00"		0,100	102	273	272,84	27,28	67	179	179,22	17,92	18	48	48,15
3'00"		0,150	180	480			93	249			25	67	
4'00"		0,200	184	492	492,19	32,81	115	308	307,62	20,51	27	72	72,22
5'00"		0,250	234	626			131	350			31	83	
6'00"		0,300	260	695			151	403			36	96	
8'00"		0,400	306	819			169	452			42	112	
10'00"		0,500	361	966			201	538			48	128	

PORCENTAJES CBR CORREGIDOS						
Molde N°	CBR 0.1"			CBR 0.2"		
	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm ³)	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm ³)
4	272.84	27,28	1,661	492,19	32,81	1,661
6	179,22	17,92	1,545	307,62	20,51	1,545
5	48,15	4,81	1,443	72,22	4,81	1,443



CBR			
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm ³)	CBR 0.1"	CBR 0.2"	% CBR MAYOR
Densidad al 100%: 1,680			
Densidad al 95%: 1,596	22,0	26,0	26,0





DESCRIPCION DEL ENSAYO

El CBR para el diseño de pavimento es de 26%

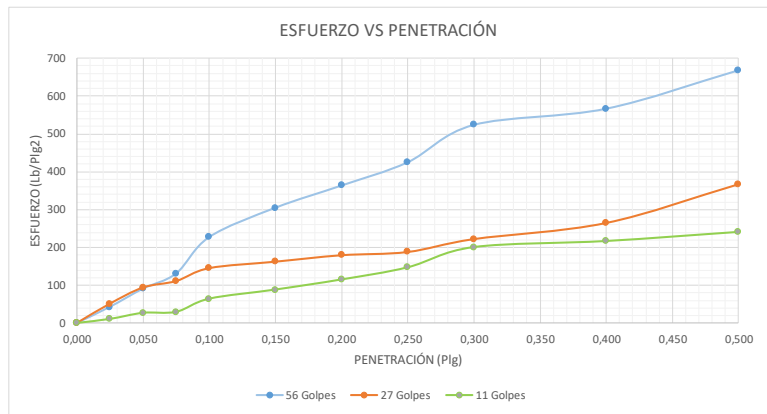
ANEXOS

I. Tablas de ensayos -CBR Juan Benigno Vela

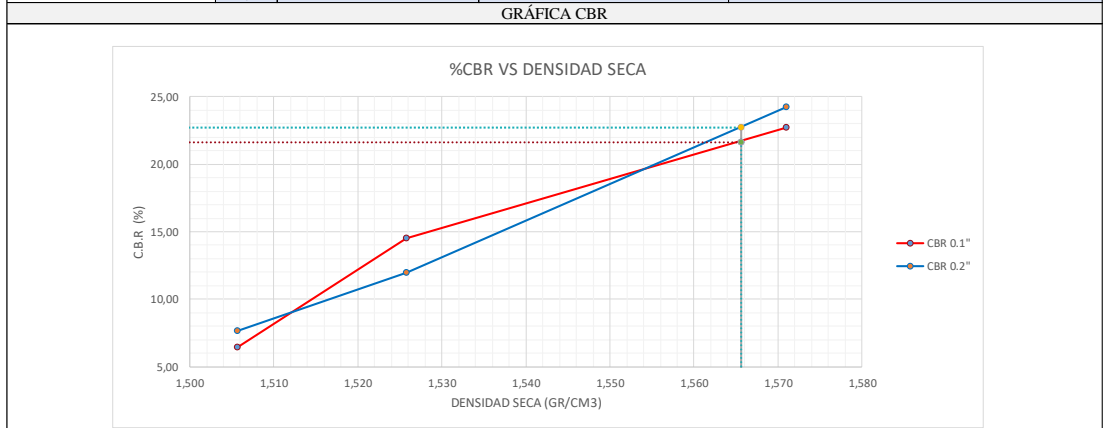
Anexo 42. CBR - Sin Saturar- Juan Benigno Vela

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN												
Provincia: Tungurahua	Coordenadas: Zona: 17 sur ;756560,48 ;9855080,42												
Cantón: Ambato	Normas: AASHTO T 193-2013												
Parroquia: Juan Benigno Vela	Ensayado por: Lizbeth Villacrés												
Profundidad: 70 cm	Revisó: Ing.Favio Portilla												
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - CBR SATURACIÓN: SIN SATURAR													
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO PROCTOR													
Tipo: Proctor Modificado	Norma : AASHTO T 180												
Humedad Óptima: 19,2 %													
Densidad Máxima: 1,648 gr/cm ³													
DATOS													
DATOS DEL MOLDEO													
Molde N°	12	11	10										
N° de Capas	5	5	5										
N° de golpes por capa	56	27	11										
Diametro de molde	15,2	15,2	15,2										
Altura de molde	11,75	11,75	11,75										
Estado de la muestra	Sin Saturar	Sin Saturar	Sin Saturar										
Peso muestra húmeda + molde (g)	10732,50	10649,80	10646,80										
Peso del molde (g)	6752,10	6738,30	6781,20										
Peso de muestra húmeda (g)	3980,40	3911,50	3865,60										
Volumen muestra (cm ³)	2132,14	2132,14	2132,14										
Peso unit. Húmedo, g/cm³	1,867	1,835	1,813										
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD													
Recipiente N°	10	B	AT	12	C	25							
Peso de muestra humedad + tarro (g)	143,00	123,80	106,80	136,20	164,00	136,80							
Peso de muestra seca + tarro (g)	126,00	108,90	93,40	119,10	141,00	119,50							
Peso del agua (g)	17,00	14,90	13,40	17,10	23,00	17,30							
Peso del tarro (g)	31,90	32,90	29,10	32,00	31,80	32,00							
Peso de la muestra seca (g)	94,10	76,00	64,30	87,10	109,20	87,50							
Contenido de humedad %	18,07%	19,61%	20,84%	19,63%	21,06%	19,77%							
Peso Unit. Seco g/cm³	1,581	1,561	1,518	1,533	1,498	1,514							
Peso Unit. Seco promedio g/cm³	1,571		1,526		1,506								
DATOS DE ENSAYO DE CARGA CBR													
Molde N° :	10			12			11						
Tiempo	Penetr.	Q lec.	Presiones		Q lec.	Presiones		Q lec.	Presiones		CBR		
			Leida	Correg.		Leida	Correg.		Leida	Correg.			
min/seg	(plg)	Dial	lb/plg ²		%	Dial	lb/plg ²		%	Dial	lb/plg ²		%
0	0,000	0	0			0	0			0	0		
0'30"	0,025	16	43			6	51			4	11		
1'00"	0,050	34	91			11	94			10	27		
1'30"	0,075	49	131			13	111			11	29		
2'00"	0,100	85	227	227,37	22,74	17	145	145,42	14,54	24	64	64,20	6,42
3'00"	0,150	114	305			19	163			33	88		
4'00"	0,200	136	364	363,79	24,25	21	180	179,63	11,98	43	115	115,02	7,67
5'00"	0,250	159	425			22	188			55	147		
6'00"	0,300	196	524			26	222			75	201		
8'00"	0,400	212	567			31	265			81	217		
10'00"	0,500	250	669			43	368			90	241		

PORCENTAJES CBR CORREGIDOS						
Molde N°	CBR 0.1"			CBR 0.2"		
	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm3)	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm3)
12	227,37	22,74	1,571	363,79	24,25	1,571
11	145,42	14,54	1,526	179,63	11,98	1,526
10	64,20	6,42	1,506	115,02	7,67	1,506





CBR			
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm3)	CBR 0.1"	CBR 0.2"	% CBR MAYOR
Densidad al 100% : 1,648			
Densidad al 95% : 1,566	21,6	22,7	22,7



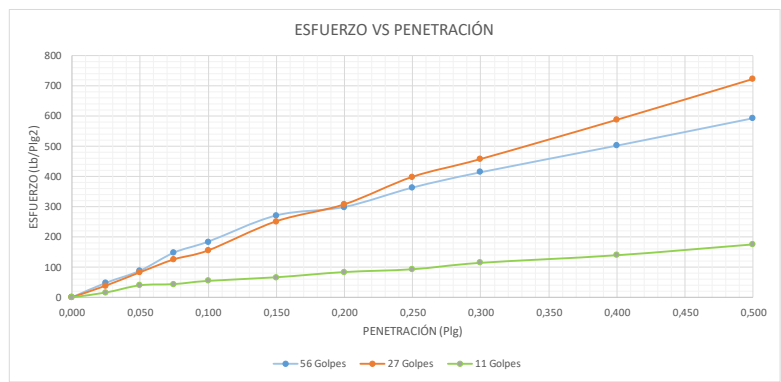
DESCRIPCION DEL ENSAYO

El CBR para el diseño de pavimento es de 22,7%

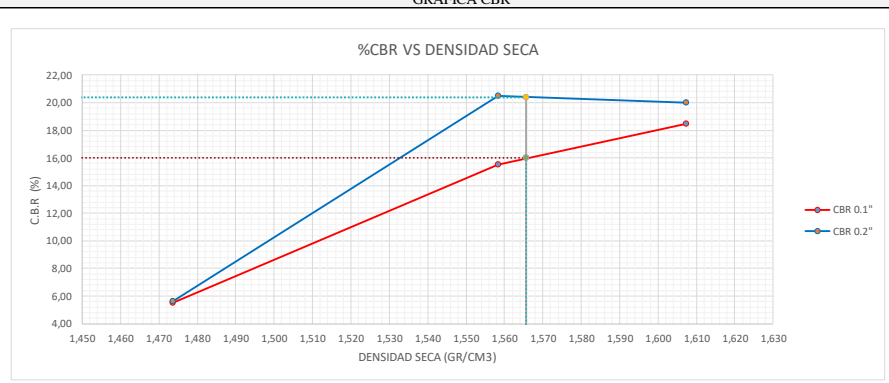
Anexo 43. CBR - Saturación 24 Horas- Juan Benigno Vela

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN															
Provincia:	Tungurahua	Coordenadas:	Zona: 17 sur ;756560,48 ;9855080,42														
Cantón:	Ambato	Normas:	AASHTO T 193-2013														
Parroquia:	Juan Benigno Vela	Ensayado por:	Lizbeth Villacrés														
Profundidad:	70 cm	Revisó:	Ing.Favio Portilla														
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - CBR																	
SATURACIÓN:24 HORAS																	
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO PROCTOR																	
Tipo:	Proctor Modificado		Norma :		AASHTO T 180												
Humedad Optima:	19,2 %																
Densidad Máxima:	1,648 gr/cm ³																
DATOS																	
Molde N°	10		11		12												
N° de Capas	5		5		5												
N° de golpes por capa	56		27		11												
Diametro de molde	15,2		15,2		15,2												
Altura de molde	11,75		11,75		11,75												
Estado de la muestra	Antes de Remoj	Después de Rem.	Antes de	Después de Rem.	Antes de Rem.	Después de Rem.											
Peso muestra húmeda + molde (g)	10808,60	10884,20	10710,90	10912,00	10432,70	10735,50											
Peso del molde (g)	6738,30	6738,30	6781,20	6781,20	6752,10	6752,10											
Peso de muestra húmeda (g)	4070,30	4145,90	3929,70	4130,80	3680,60	3983,40											
Volumen muestra (cm ³)	2132,14	2132,14	2132,14	2132,14	2132,14	2132,14											
Peso unit. Húmedo, g/cm³	1,909	1,944	1,843	1,937	1,726	1,868											
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD																	
Recipiente N°	X	11	3	15	12	5	Y	4	9								
Peso de muestra humedad + tarro (g)	124,50	117,90	166,90	136,20	138,60	106,70	136,80	145,00	146,30								
Peso de muestra seca + tarro (g)	109,80	102,50	142,90	119,10	118,20	91,60	119,50	122,00	123,20								
Peso del agua (g)	14,70	15,40	24,00	17,10	20,40	15,10	17,30	23,00	23,10								
Peso del tarro (g)	32,90	27,80	26,70	32,00	28,40	26,30	32,00	26,80	26,80								
Peso de la muestra seca (g)	76,90	74,70	116,20	87,10	89,80	65,30	87,50	95,20	96,40								
Contenido de humedad %	19,12%	20,62%	20,65%	19,63%	22,72%	23,12%	19,77%	24,16%	23,96%								
Contenido de humedad Promedio %	19,12%	20,63%		19,63%	22,92%		19,77%	24,06%									
Peso Unit. Seco g/cm³	1,603	1,612		1,541	1,576		1,441	1,506									
Peso Unit. Seco promedio g/cm³	1,607			1,558			1,474										
DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO) LECTURA DIAL EN Plgs*10-2																	
Molde N°		Molde N° 10				Molde N° 11				Molde N° 12							
Tiempo		H		Espanjamiento		Lec.Dial		H		Espanjamiento		Lec.Dial		H		Espanjamiento	
Hora	Dias	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%
12:00	0	0,412	5	0,00	0,00	0,148	5	0,00	0,00	0,944	5	0,00	0,00				
12:06	1	0,451		3,94	0,79	0,191		4,32	0,86	1,013		6,84	1,37				
DATOS DE ENSAYO DE CARGA CBR																	
Molde N° :		12				11				10							
Tiempo	Penetr.	Q lec.	Presiones		CBR	Q lec.	Presiones		CBR	Q lec.	Presiones		CBR				
			Leida	Correg.			Leida	Correg.			Leida	Correg.					
min/seg	(plg)	Dial	lb/plg2		%	Dial	lb/plg2		%	Dial	lb/plg2		%				
0	0,000	0	0			0	0			0	0						
0'30"	0,025	18	48			15	39			6	16						
1'00"	0,050	33	88			31	83			15	40						
1'30"	0,075	56	148			47	126			17	44						
2'00"	0,100	69	185	184,57	18,46	58	155	155,15	15,51	21	55	54,84	5,48				
3'00"	0,150	102	272			94	251			25	67						
4'00"	0,200	112	300	299,59	19,97	115	308	307,62	20,51	32	84	84,26	5,62				
5'00"	0,250	136	364			149	399			35	94						
6'00"	0,300	155	415			171	457			43	115						
8'00"	0,400	188	503			220	587			53	140						
10'00"	0,500	222	594			270	722			66	177						

PORCENTAJES CBR CORREGIDOS						
Molde N°	CBR 0.1"			CBR 0.2"		
	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm ³)	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm ³)
10	184,57	18,46	1,607	299,59	19,97	1,607
11	155,15	15,51	1,558	307,62	20,51	1,558
12	54,84	5,48	1,474	84,26	5,62	1,474





CBR			
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm ³)	CBR 0.1"	CBR 0.2"	% CBR MAYOR
Densidad al 100%: 1,648			
Densidad al 95%: 1,566	16,0	20,4	20,4



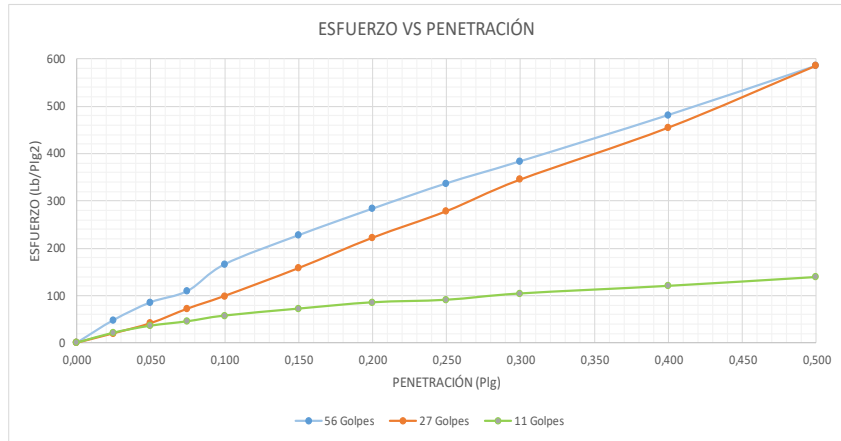
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

El CBR para el diseño de pavimento es de 20,4%

Anexo 44. CBR - Saturación 72 Horas- Juan Benigno Vela

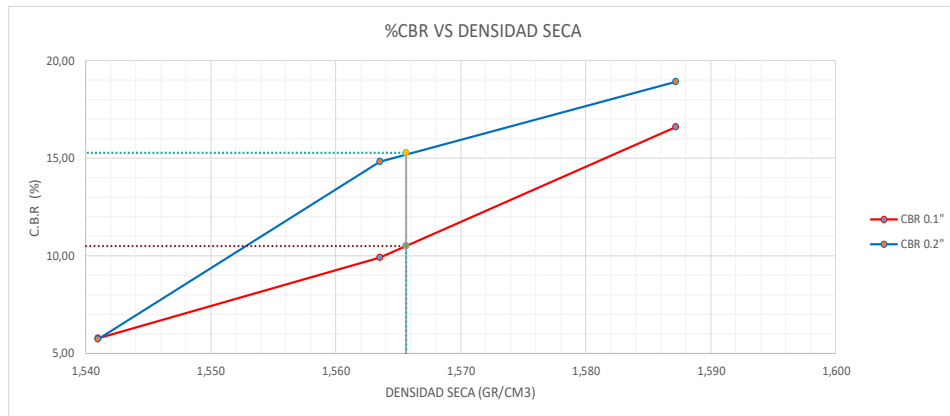
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN												
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Parroquia: Juan Benigno Vela Profundidad: 70 cm	Coordenadas: Zona: 17 sur ;756560,48 ;9855080,42 Normas: AASHTO T 193-2013 Ensayado por: Lizbeth Villacrés Revisó: Ing.Favio Portilla												
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - CBR													
SATURACIÓN: 72 HORAS													
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO PROCTOR													
Tipo:	Proctor Modificado	Norma : AASHTO T 180											
Humedad Óptima:	19,2 %												
Densidad Máxima:	1,648 gr/cm ³												
DATOS													
DATOS DEL MOLDEO													
Molde N°	5	4	6										
N° de Capas	5	5	5										
N° de golpes por capa	56	27	11										
Diametro de molde	15,2	15,2	15,2										
Altura de molde	11,65	11,65	11,65										
Estado de la muestra	Antes de Remojarse	Después de Rem.	Antes de Rem.	Después de Rem.	Antes de Rem.	Después de Rem.							
Peso muestra húmeda + molde (g)	12404,50	12517,70	12408,70	12556,10	12200,30	12422,30							
Peso del molde (g)	8404,30	8404,30	8470,90	8470,90	8321,60	8321,60							
Peso de muestra húmeda (g)	4000,20	4113,40	3937,80	4085,20	3878,70	4100,70							
Volumen muestra (cm ³)	2113,99	2113,99	2113,99	2113,99	2113,99	2113,99							
Peso unit. Húmedo, g/cm³	1,892	1,946	1,863	1,932	1,835	1,940							
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD													
Recipiente N°	X	10	3	15	1	8	Y	10	B				
Peso de muestra humedad + tarro (g)	124,50	156,80	152,00	136,20	174,10	151,70	136,80	164,70	156,90				
Peso de muestra seca + tarro (g)	109,80	132,60	128,80	119,10	146,00	128,50	119,50	138,00	132,00				
Peso del agua (g)	14,70	24,20	23,20	17,10	28,10	23,20	17,30	26,70	24,90				
Peso del tarro (g)	32,90	25,90	26,70	32,00	25,60	26,90	32,00	31,90	32,90				
Peso de la muestra seca (g)	76,90	106,70	102,10	87,10	120,40	101,60	87,50	106,10	99,10				
Contenido de humedad %	19,12%	22,68%	22,72%	19,63%	23,34%	22,83%	19,77%	25,16%	25,13%				
Contenido de humedad Promedio %	19,12%	22,70%		19,63%	23,09%		19,77%	25,15%					
Peso Unit. Seco g/cm³	1,589	1,586		1,557	1,570		1,532	1,550					
Peso Unit. Seco promedio g/cm³	1,587			1,564			1,541						
DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO) LECTURA DIAL EN Plgs*10-2													
Molde N°	Molde N° 5				Molde N° 4				Molde N° 6				
Tempo	H	Espanjamiento		Lec.Dial	H	Espanjamiento		Lec.Dial	H	Espanjamiento			
Hora	Dias	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%
12:00	0	0,446	5	0,00	0,00	1,015	5	0,00	0,00	0,190	5	0,00	0,00
12:06	3	0,450		0,39	0,08	1,036		2,08	0,42	0,232		4,12	0,82
DATOS DE ENSAYO DE CARGA CBR													
Molde N° :	5				4				6				
Tempo	Penetr.	Q lec.	Presiones		Q lec.	Presiones		Q lec.	Presiones		Q lec.	Presiones	
			Leida	Correg.		Leida	Correg.		Leida	Correg.		Leida	Correg.
	min/seg	(plg)	Dial	lb/plg2	%	Dial	lb/plg2	%	Dial	lb/plg2	%	Dial	lb/plg2
	0	0,000	0	0		0	0		0	0		0	0
	0'30"	0,025	18	48		8	20		8	21		8	21
	1'00"	0,050	32	86		16	41		14	36		14	36
	1'30"	0,075	41	110		27	72		17	45		17	45
	2'00"	0,100	62	166	165,85	16,58	37	99	98,97	9,90	22	58	57,51
	3'00"	0,150	85	227		59	158		27	72		27	72
	4'00"	0,200	106	284	283,54	18,90	83	222	222,02	14,80	32	86	85,60
	5'00"	0,250	126	337		104	278		34	91		34	91
	6'00"	0,300	144	384		129	345		39	104		39	104
	8'00"	0,400	180	481		170	455		45	120		45	120
	10'00"	0,500	219	586		219	586		52	139		52	139

PORCENTAJES CBR CORREGIDOS						
Molde N°	CBR 0.1"			CBR 0.2"		
	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm ³)	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm ³)
5	165,85	16,58	1,587	283,54	18,90	1,587
4	98,97	9,90	1,564	222,02	14,80	1,564
6	57,51	5,75	1,541	85,60	5,71	1,541



CBR				
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm ³)	1,648	CBR 0.1"	CBR 0.2"	% CBR MAYOR
Densidad al 100%	1,648			
Densidad al 95%	1,566	10,5	15,3	15,3



GRÁFICA CBR



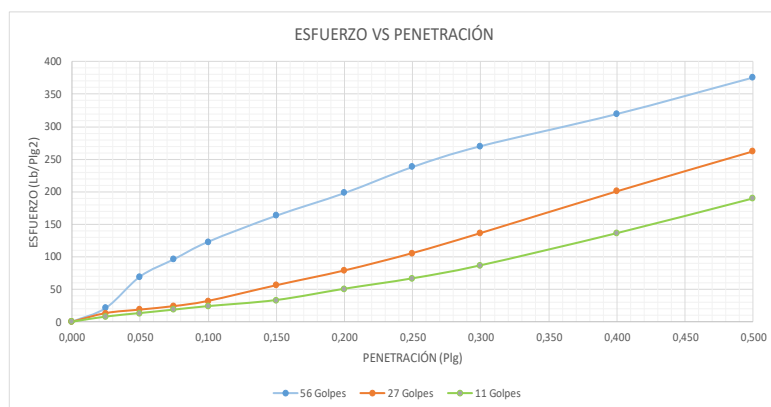
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

El CBR para el diseño de pavimento es de 15,3%

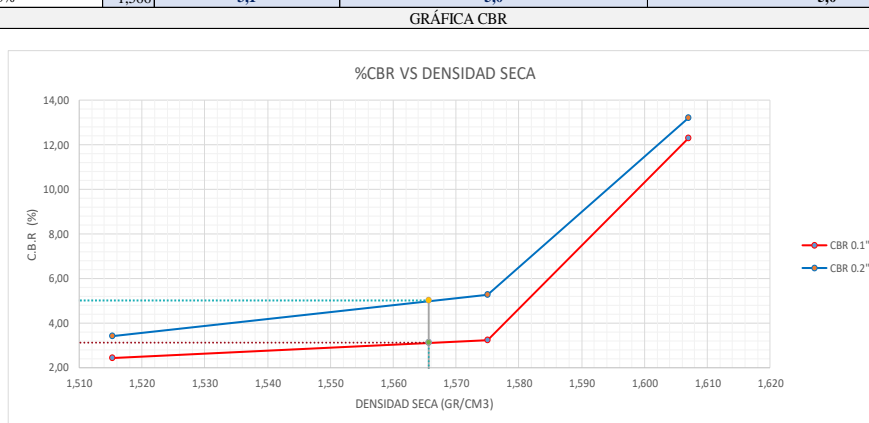
Anexo 45. CBR - Saturación 96 Horas- Juan Benigno Vela

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN											
Provincia:	Tungurahua	Coordenadas:	Zona: 17 sur ;756560,48 ;9855080,42										
Cantón:	Ambato	Normas:	AASHTO T 193-2013										
Parroquia:	Juan Benigno Vela	Ensayado por:	Lizbeth Villacrés										
Profundidad:	70 cm	Revisó:	Ing.Favio Portilla										
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - CBR													
SATURACIÓN:96 HORAS													
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO PROCTOR													
Tipo:	Proctor Modificado		Norma : AASHTO T 180										
Humedad Óptima:	19,2 %												
Densidad Máxima:	1,648 gr/cm ³												
DATOS													
DATOS DEL MOLDEO													
Molde N°	12		11		10								
N° de Capas	5		5		5								
N° de golpes por capa	56		27		11								
Diametro de molde	15,2		15,2		15,2								
Altura de molde	11,75		11,75		11,75								
Estado de la muestra	Antes de Remojar	Después de Rem.	Antes de	Después de Rem.	Antes de Rem.	Después de Rem.							
Peso muestra húmeda + molde (g)	10884,70	10944,40	10866,00	10942,90	10737,90	10841,20							
Peso del molde (g)	6752,10	6752,10	6781,20	6781,20	6738,30	6738,30							
Peso de muestra húmeda (g)	4132,60	4192,30	4084,80	4161,70	3999,60	4102,90							
Volumen muestra (cm ³)	2132,14	2132,14	2132,14	2132,14	2132,14	2132,14							
Peso unit. Húmedo, g/cm³	1,938	1,966	1,916	1,952	1,876	1,924							
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD													
Recipiente N°	X	6	5	15	10	1	Y	8	3				
Peso de muestra humedad + tarro (g)	124,50	132,60	128,30	136,20	136,90	121,00	136,80	128,70	134,70				
Peso de muestra seca + tarro (g)	109,80	111,20	109,50	119,10	113,60	101,60	119,50	105,30	107,90				
Peso del agua (g)	14,70	21,40	18,80	17,10	23,30	19,40	17,30	23,40	26,80				
Peso del tarro (g)	32,90	26,50	26,20	32,00	26,00	25,50	32,00	26,90	26,60				
Peso de la muestra seca (g)	76,90	84,70	83,30	87,10	87,60	76,10	87,50	78,40	81,30				
Contenido de humedad %	19,12%	25,27%	22,57%	19,63%	26,60%	25,49%	19,77%	29,85%	32,96%				
Contenido de humedad Promedio %	19,12%	23,92%	19,63%	26,05%	19,77%	31,41%							
Peso Unit. Seco g/cm³	1,627	1,587	1,601	1,549	1,566	1,464							
Peso Unit. Seco promedio g/cm³	1,607		1,575		1,515								
DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO) LECTURA DIAL EN Plgs*10-2													
Molde N°		Molde N° 12				Molde N° 11				Molde N° 10			
Tiempo		Lec.Dial	H	Esponjamiento		Lec.Dial	H	Esponjamiento		Lec.Dial	H	Esponjamiento	
Hora	Días	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%
11:55	0	0,535	5	0,00	0,00	0,225	5	0,00	0,00	0,911	5	0,00	0,00
11:58	4	0,559		2,42	0,48	0,278		5,28	1,06	1,064		15,34	3,07
DATOS DE ENSAYO DE CARGA CBR													
Molde N° :		10				12				11			
Tiempo	Penetr.	Q lec.	Presiones		CBR	Q lec.	Presiones		CBR	Q lec.	Presiones		CBR
			Leida	Correg.			Leida	Correg.			Leida	Correg.	
min/seg	(plg)	Dial	lb/plg2	%	Dial	lb/plg2	%	Dial	lb/plg2	%	Dial	lb/plg2	%
0	0,000	0	0		0	0		0	0		0	0	
0'30"	0,025	8	21		5	13		3	8		3	8	
1'00"	0,050	26	70		7	19		5	13		5	13	
1'30"	0,075	36	96		9	24		7	19		7	19	
2'00"	0,100	46	123	123,05	12,30	32	32,10	3,21	9	24	24,07	2,41	
3'00"	0,150	61	163		21	56		13	33		13	33	
4'00"	0,200	74	198	197,95	13,20	79	78,91	5,26	19	51	50,82	3,39	
5'00"	0,250	89	238		40	106		25	67		25	67	
6'00"	0,300	101	270		51	136		33	87		33	87	
8'00"	0,400	120	320		75	201		51	136		51	136	
10'00"	0,500	141	376		98	262		71	190		71	190	

PORCENTAJES CBR CORREGIDOS						
Molde N°	CBR 0.1"			CBR 0.2"		
	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm3)	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm3)
12	123,05	12,30	1,607	197,95	13,20	1,607
11	32,10	3,21	1,575	78,91	5,26	1,575
10	24,07	2,41	1,515	50,82	3,39	1,515



CBR				
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm3)		CBR 0.1"	CBR 0.2"	% CBR MAYOR
Densidad al 100%:	1,648			
Densidad al 95%	1,566	3,1	5,0	5,0





DESCRIPCION DEL ENSAYO

El CBR para el diseño de pavimento es de 5%

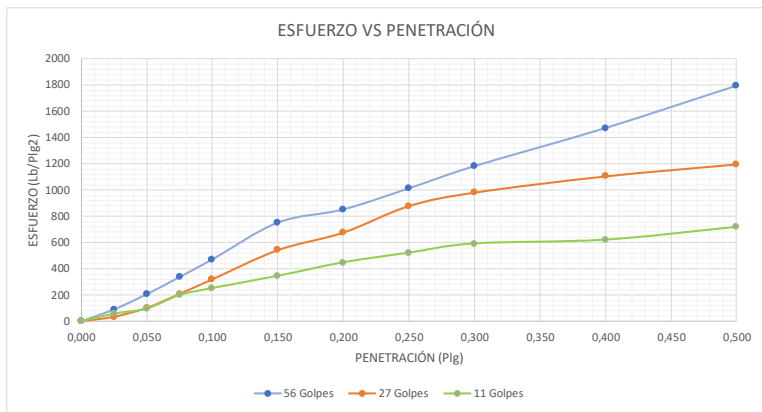
ANEXOS

J. Tablas de ensayos -CBR Montalvo

Anexo 46. CBR - Sin Saturar- Montalvo

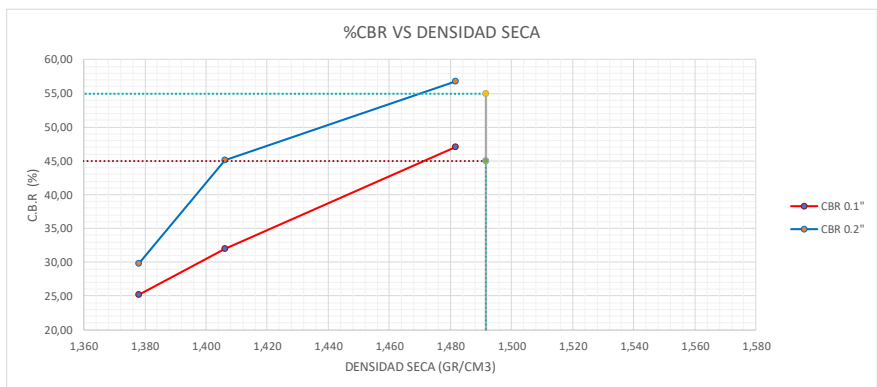
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN												
Provincia: Tungurahua	Coordenadas: Zona: 17 sur ;764599,33 ;9852890,74												
Cantón: Ambato	Normas: AASHTO T 193-2013												
Parroquia: Montalvo	Ensayado por: Lizbeth Villacrés												
Profundidad: 70 cm	Revisó: Ing.Favio Portilla												
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - CBR SATURACIÓN: SIN SATURAR													
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO PROCTOR													
Tipo: Proctor Modificado	Norma : AASHTO T 180												
Humedad Óptima: 13,0 %													
Densidad Máxima: 1,570 gr/cm ³													
DATOS													
DATOS DEL MOLDEO													
Molde N°	12	11	10										
N° de Capas	5	5	5										
N° de golpes por capa	56	27	11										
Diametro de molde	15,1	15,1	15,1										
Altura de molde	11,9	11,9	11,9										
Estado de la muestra	Sin Saturar	Sin Saturar	Sin Saturar										
Peso muestra húmeda + molde (g)	10050,40	9820,60	9726,60										
Peso del molde (g)	6470,00	6433,80	6430,00										
Peso de muestra húmeda (g)	3580,40	3386,80	3296,60										
Volumen muestra (cm ³)	2131,04	2131,04	2131,04										
Peso unit. Húmedo, g/cm³	1,680	1,589	1,547										
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD													
Recipiente N°	D5	C5	R8	P1	M3	B11							
Peso de muestra humedad + tarro (g)	211,07	172,07	120,80	227,58	125,73	197,24							
Peso de muestra seca + tarro (g)	193,90	157,21	110,68	206,21	114,30	178,50							
Peso del agua (g)	17,17	14,86	10,12	21,37	11,43	18,74							
Peso del tarro (g)	65,87	46,07	32,44	43,32	20,50	26,88							
Peso de la muestra seca (g)	128,03	111,14	78,24	162,89	93,80	151,62							
Contenido de humedad %	13,41%	13,37%	12,93%	13,12%	12,19%	12,36%							
Peso Unit. Seco g/cm³	1,481	1,482	1,407	1,405	1,379	1,377							
Peso Unit. Seco promedio g/cm³	1,482		1,406		1,378								
DATOS DE ENSAYO DE CARGA CBR													
Molde N° :		12			11			10					
Tiempo	Penetr.	Q lec.	Presiones		Q lec.	Presiones		Q lec.	Presiones		CBR		
			Leida	Correg.		Leida	Correg.		Leida	Correg.			
min/seg	(plg)	Dial	lb/plg2		%	Dial	lb/plg2		%	Dial	lb/plg2		%
0	0,000	0	0			0	0			0	0		
0'30"	0,025	123	91			47	34			79	58		
1'00"	0,050	281	206			139	102			132	97		
1'30"	0,075	459	337			284	209			271	199		
2'00"	0,100	641	471	470,99	47,10	436	320	320,24	32,02	343	252	252,06	25,21
3'00"	0,150	1022	751			739	543			470	345		
4'00"	0,200	1159	851	851,48	56,77	921	677	676,85	45,12	609	448	447,63	29,84
5'00"	0,250	1377	1012			1196	879			709	521		
6'00"	0,300	1607	1181			1336	982			804	591		
8'00"	0,400	2002	1471			1505	1106			844	620		
10'00"	0,500	2441	1793			1630	1197			975	717		

PORCENTAJES CBR CORREGIDOS						
Molde N°	CBR 0.1"			CBR 0.2"		
	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm ³)	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm ³)
12	470,99	47,10	1,482	851,48	56,77	1,482
11	320,24	32,02	1,406	676,85	45,12	1,406
10	252,06	25,21	1,378	447,63	29,84	1,378



CBR			
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm ³)	CBR 0.1"	CBR 0.2"	% CBR MAYOR
Densidad al 100%:	1,570		
Densidad al 95%	1,492	45,0	55,0



GRÁFICA CBR



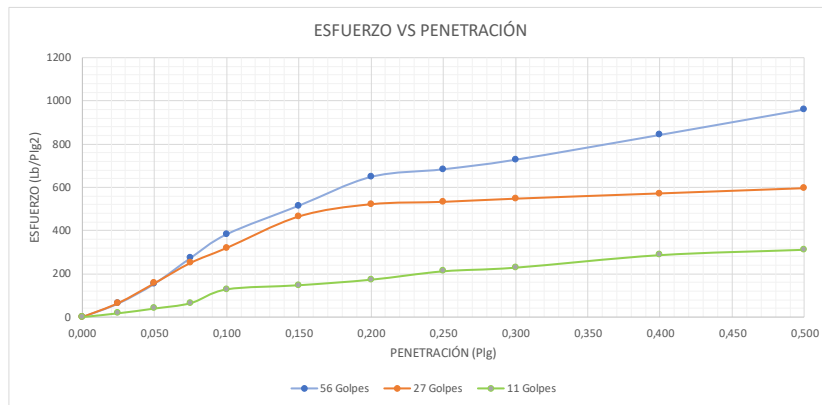
DESCRIPCION DEL ENSAYO

El CBR para el diseño de pavimento es de 55%

Anexo 47. CBR - Saturación 12 Horas- Montalvo

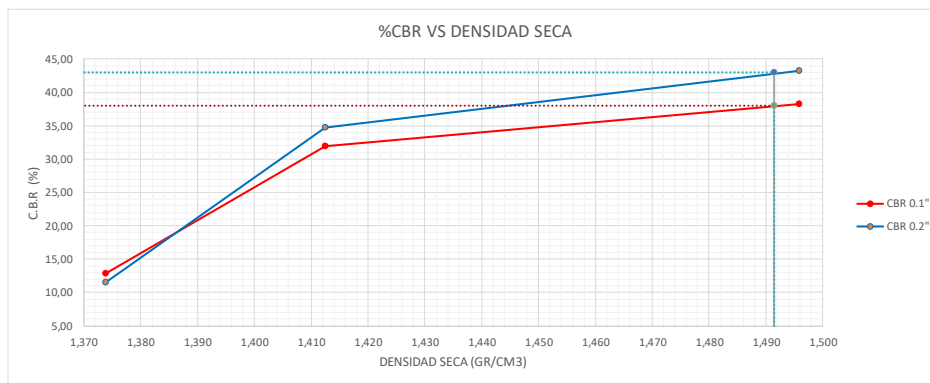
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN													
													
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Parroquia: Montalvo Profundidad: 70 cm	Coordenadas: Zona: 17 sur :764599,33 ;9852890,74 Normas: AASHTO T 193-2013 Ensayado por: Lizbeth Villacrés Revisó: Ing.Favio Portilla												
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - CBR SATURACIÓN:													
24 HORAS													
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO PROCTOR													
Tipo: Proctor Modificado Humedad Óptima: 13,0 % Densidad Máxima: 1,570 gr/cm ³	Norma: AASHTO T 180												
DATOS													
DATOS DEL MOLDEO													
Molde N°	9	8	7										
N° de Capas	5	5	5										
N° de golpes por capa	56	27	11										
Diametro de molde	15,1	15,1	15,1										
Altura de molde	11,8	11,8	11,8										
Estado de la muestra	Antes de Remojar	Después de Rem.	Antes de	Después de Rem.	Antes de Rem.	Después de Rem.							
Peso muestra húmeda + molde (g)	9972,20	10190,50	9667,40	10106,00	9586,60	9960,80							
Peso del molde (g)	6361,80	6361,80	6353,88	6353,88	6281,00	6281,00							
Peso de muestra húmeda (g)	3610,40	3828,70	3313,52	3752,12	3305,60	3679,80							
Volumen muestra (cm ³)	2113,13	2113,13	2113,13	2113,13	2113,13	2113,13							
Peso unit. Húmedo, g/cm³	1,709	1,812	1,568	1,776	1,564	1,741							
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD													
Recipiente N°	T-6	R-2	T2	2R	W1	B-9	D7	2F	2G				
Peso de muestra humedad + tarro (g)	155,52	225,67	225,67	161,78	254,49	254,49	172,06	219,93	219,93				
Peso de muestra seca + tarro (g)	143,00	192,32	192,32	148,00	214,52	214,52	157,40	182,60	182,60				
Peso del agua (g)	12,52	33,35	33,35	13,78	39,97	39,97	14,66	37,33	37,33				
Peso del tarro (g)	43,60	46,76	46,76	43,54	43,34	43,34	45,56	47,45	47,45				
Peso de la muestra seca (g)	99,40	145,56	145,56	104,46	171,18	171,18	111,84	135,15	135,15				
Contenido de humedad %	12,60%	22,91%	22,91%	13,19%	23,35%	23,35%	13,11%	27,62%	27,62%				
Contenido de humedad Promedio %	12,60%	22,91%	22,91%	13,19%	23,35%	23,35%	13,11%	27,62%	27,62%				
Peso Unit. Seco g/cm³	1,517	1,474	1,385	1,440	1,383	1,365	1,374	1,374	1,374				
Peso Unit. Seco promedio g/cm³	1,496			1,412			1,374						
DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO) LECTURA DIAL EN Plgs*10-2													
Molde N°		Molde N° 99,4				Molde N° 104,46				Molde N° 111,84			
Tiempo		Lec.Dial		H		Esonjamiento		Lec.Dial		H		Esonjamiento	
Hora	Dias	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%
16:10	0	0,049	5	0,00	0,00	0,229	5	0,00	0,00	0,094	5	0,00	0,00
16:10	1	0,054		0,47	0,09	0,238		0,92	0,18	0,135		4,04	0,81
DATOS DE ENSAYO DE CARGA CBR													
Molde N° :		9				8				7			
Tiempo	Penetr.	Q lec.	Presiones		CBR	Q lec.	Presiones		CBR	Q lec.	Presiones		CBR
			Leida	Correg.			Leida	Correg.			Leida	Correg.	
min/seg	(plg)	Dial	lb/plg ²		%	Dial	lb/plg ²		%	Dial	lb/plg ²		%
0	0,000	0	0			0	0			0	0		
0'30"	0,025	86	63			89	65			24	18		
1'00"	0,050	210	154			213	156			54	40		
1'30"	0,075	372	273			341	251			88	65		
2'00"	0,100	521	383	382,76	38,28	435	320	319,58	31,96	175	129	128,57	12,86
3'00"	0,150	701	515			633	465			201	148		
4'00"	0,200	882	648	647,98	43,20	710	522	521,61	34,77	236	173	173,38	11,56
5'00"	0,250	930	683			725	533			289	212		
6'00"	0,300	990	727			745	547			312	229		
8'00"	0,400	1146	842			778	572			391	287		
10'00"	0,500	1306	959			811	596			425	312		

PORCENTAJES CBR CORREGIDOS						
Molde N°	CBR 0.1"			CBR 0.2"		
	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm3)	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm3)
9	382.76	38.28	1.496	647.98	43.20	1.496
8	319.58	31.96	1.412	521.61	34.77	1.412
7	128.57	12.86	1.374	173.38	11.56	1.374



CBR			
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm3)			
Densidad al 100%:	1,570		
Densidad al 95%	1,492	38,0	43,0
			% CBR MAYOR
			43,0



GRÁFICA CBR





DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

El CBR para el diseño de pavimento es de 43%

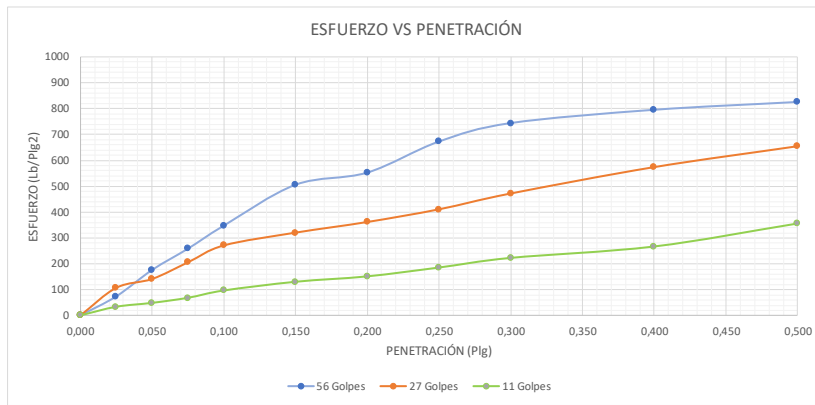
Anexo 48. CBR - Saturación 72 Horas- Montalvo

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN												
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Parroquia: Montalvo Profundidad: 70 cm	Coordenadas: Zona: 17 sur ;764599,33 ;9852890,74 Normas: AASHTO T 193-2013 Ensayado por: Lizbeth Villacrés Revisó: Ing. Favio Portilla												
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - CBR		SATURACIÓN:											
72 HORAS													
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO PROCTOR													
Tipo:	Proctor Modificado	Norma : AASHTO T 180											
Humedad Óptima:	13,0 %												
Densidad Máxima:	1,570 gr/cm ³												
DATOS													
DATOS DEL MOLDEO													
Molde N°	12	11											
N° de Capas	5	5											
N° de golpes por capa	56	27											
Diametro de molde	15,1	15,1											
Altura de molde	11,9	11,9											
Estado de la muestra	Antes de Remojar	Después de Rem.											
Peso muestra húmeda + molde (g)	10232,10	10340,40											
Peso del molde (g)	6470,00	6470,00											
Peso de muestra húmeda (g)	3762,10	3870,40											
Volumen muestra (cm ³)	2131,04	2131,04											
Peso unit. Húmedo, g/cm³	1,765	1,816											
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD													
Recipiente N°	T-6	R-2	R-3	C6	B8	B-9	C7	2F	2G				
Peso de muestra humedad + tarro (g)	145,69	231,11	230,00	151,24	217,63	217,00	163,15	192,52	191,50				
Peso de muestra seca + tarro (g)	134,81	193,00	192,60	138,87	181,04	180,00	149,95	160,20	159,60				
Peso del agua (g)	10,88	38,11	37,40	12,37	36,59	37,00	13,20	32,32	31,90				
Peso del tarro (g)	45,76	43,48	43,48	41,96	41,86	39,10	44,95	47,33	47,00				
Peso de la muestra seca (g)	89,05	149,52	149,12	96,91	139,18	140,90	105,00	112,87	112,60				
Contenido de humedad %	12,22%	25,49%	25,08%	12,76%	26,29%	26,26%	12,57%	28,63%	28,33%				
Contenido de humedad Promedio %	12,22%	25,28%	25,28%	12,76%	26,27%	26,27%	12,57%	28,48%	28,48%				
Peso Unit. Seco g/cm³	1,573	1,450	1,438	1,438	1,415	1,415	1,350	1,358	1,358				
Peso Unit. Seco promedio g/cm³	1,511			1,426			1,354						
DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO) LECTURA DIAL EN Plgs*10-2													
Molde N°		Molde N° 12				Molde N° 11				Molde N° 10			
Tiempo		Lec. Dial	H	Espanjamiento		Lec. Dial	H	Espanjamiento		Lec. Dial	H	Espanjamiento	
Hora	Dias	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%
16:20	0	0,11	5	0,00	0,00	0,138	5	0,00	0,00	0,094	5	0,00	0,00
16:20	1	0,11		0,20	0,04	0,142		0,36	0,07	0,100		0,56	0,11
16:20	3	0,12		0,35	0,07	0,146		0,40	0,08	0,120		1,96	0,39
DATOS DE ENSAYO DE CARGA CBR													
Molde N° :		10				12				11			
Tiempo	Penetr.	Q lec.	Presiones		CBR	Q lec.	Presiones		CBR	Q lec.	Presiones		CBR
			Leida	Correg.			Leida	Correg.			Leida	Correg.	
min/seg	(plg)	Dial	lb/plg2		%	Dial	lb/plg2		%	Dial	lb/plg2		%
0	0,000	0	0			0	0			0	0		
0'30"	0,025	175	128			48	35			32	24		
1'00"	0,050	348	256			142	105			80	59		
1'30"	0,075	453	333			279	205			133	98		
2'00"	0,100	501	368	368,07	36,81	361	265	265,21	26,52	157	115	115,34	11,53
3'00"	0,150	738	542			596	438			263	193		
4'00"	0,200	854	627	627,41	41,83	627	461	460,64	30,71	341	250	250,15	16,68
5'00"	0,250	1005	738			791	581			389	286		
6'00"	0,300	1079	793			816	600			410	301		
8'00"	0,400	1101	809			930	683			492	362		
10'00"	0,500	1203	884			974	716			580	426		

Anexo 49. CBR - Saturación 96 Horas- Montalvo

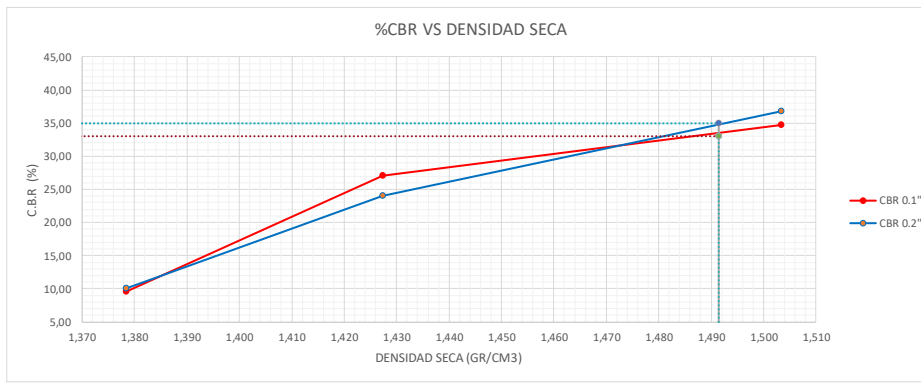
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN											
Provincia:	Tungurahua	Coordenadas:	Zona: 17 sur ;764599,33 ;9852890,74										
Cantón:	Ambato	Normas:	AASHTO T 193-2013										
Parroquia:	Montalvo	Ensayado por:	Lizbeth Villacrés										
Profundidad:	70 cm	Revisó:	Ing.Favio Portilla										
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - CBR													
SATURACIÓN:96 HORAS													
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO PROCTOR													
Tipo:	Proctor Modificado		Norma :	AASHTO T 180									
Humedad Óptima:	13,0 %												
Densidad Máxima:	1,570 gr/cm ³												
DATOS													
DATOS DEL MOLDEO													
Molde N°	15		18		44								
N° de Capas	5		5		5								
N° de golpes por capa	56		27		11								
Diametro de molde	15,1		15,1		15,1								
Altura de molde	13		13		13								
Estado de la muestra	Antes de Remoj	Después de Rem.	Antes de	Después de Rem.	Antes de Rem.	Después de Rem.							
Peso muestra húmeda + molde (g)	9840,80	9988,00	9675,40	10022,40	9335,20	9739,20							
Peso del molde (g)	5797,20	5797,20	5908,20	5908,20	5713,40	5713,40							
Peso de muestra húmeda (g)	4043,60	4190,80	3767,20	4114,20	3621,80	4025,80							
Volumen muestra (cm ³)	2301,16	2301,16	2301,16	2301,16	2301,16	2301,16							
Peso unit. Húmedo, g/cm³	1,757	1,821	1,637	1,788	1,574	1,749							
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD													
Recipiente N°	W2	Y1	Y3	Y2	H2	H3	P1	2F	2Q				
Peso de muestra humedad + tarro (g)	215,21	267,59	265,21	208,12	248,73	217,00	273,91	267,72	265,21				
Peso de muestra seca + tarro (g)	196,79	224,54	221,50	190,57	205,05	180,00	250,93	215,93	213,55				
Peso del agua (g)	18,42	43,05	43,71	17,55	43,68	37,00	22,98	51,79	51,66				
Peso del tarro (g)	53,32	56,53	51,00	56,66	43,34	43,20	58,15	39,74	39,50				
Peso de la muestra seca (g)	143,47	168,01	170,50	133,91	161,71	136,80	192,78	176,19	174,05				
Contenido de humedad %	12,84%	25,62%	25,64%	13,11%	27,01%	27,05%	11,92%	29,39%	29,68%				
Contenido de humedad Promedio %	12,84%	25,63%		13,11%	27,03%		11,92%	29,54%					
Peso Unit. Seco g/cm³	1,557	1,450	1,447	1,407	1,406	1,351							
Peso Unit. Seco promedio g/cm³	1,503			1,427		1,378							
DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO) LECTURA DIAL EN Plgs*10-2													
Molde N°		Molde N° 5797,2				Molde N° 5908,2				Molde N° 5713,4			
Tiempo		Lec.Dial	H	Esonjamiento		Lec.Dial	H	Esonjamiento		Lec.Dial	H	Esonjamiento	
Hora	Dias	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%
16:10	0	0,08	5	0,00	0,00	0,058	5	0,00	0,00	0,044	5	0,00	0,00
16:20	1	0,12		3,86	0,77	0,062		0,36	0,07	0,050		0,60	0,12
16:20	4	0,13		0,98	0,20	0,071		0,92	0,18	0,055		0,48	0,10
DATOS DE ENSAYO DE CARGA CBR													
Molde N° :		10				12				11			
Tiempo	Penetr.	Q lec.	Presiones		CBR	Q lec.	Presiones		CBR	Q lec.	Presiones		CBR
			Leida	Correg.			Leida	Correg.			Leida	Correg.	
min/seg	(plg)	Dial	lb/plg2		%	Dial	lb/plg2		%	Dial	lb/plg2		%
0	0,000	0	0			0	0			0	0		
0'30"	0,025	100	74			145	107			45	33		
1'00"	0,050	239	176			192	141			66	48		
1'30"	0,075	351	258			279	205			92	68		
2'00"	0,100	472	347	346,76	34,68	368	270	270,36	27,04	131	96	96,09	9,61
3'00"	0,150	687	505			435	320			177	130		
4'00"	0,200	751	552	551,73	36,78	491	361	360,87	24,06	205	151	150,68	10,05
5'00"	0,250	914	672			558	410			252	185		
6'00"	0,300	1012	743			641	471			302	222		
8'00"	0,400	1081	794			780	573			362	266		
10'00"	0,500	1123	825			890	654			483	355		

PORCENTAJES CBR CORREGIDOS						
Molde N°	CBR 0.1"			CBR 0.2"		
	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm3)	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm3)
15	346,76	34,68	1,503	551,73	36,78	1,503
18	270,36	27,04	1,427	360,87	24,06	1,427
44	96,09	9,61	1,378	150,68	10,05	1,378



CBR			
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm3)			
Densidad al 100%:	1,570		
Densidad al 95%	1,492	33,0	35,0
			% CBR MAYOR
			35,0

GRÁFICA CBR





DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

El CBR para el diseño de pavimento es de 35%

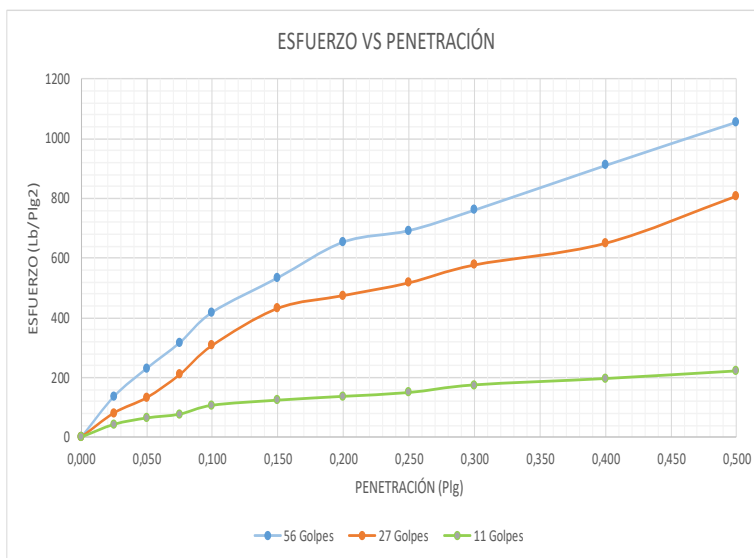
ANEXOS

K. Tablas de ensayos -CBR Quisapincha

Anexo 50. CBR - Sin Saturar - Quisapincha

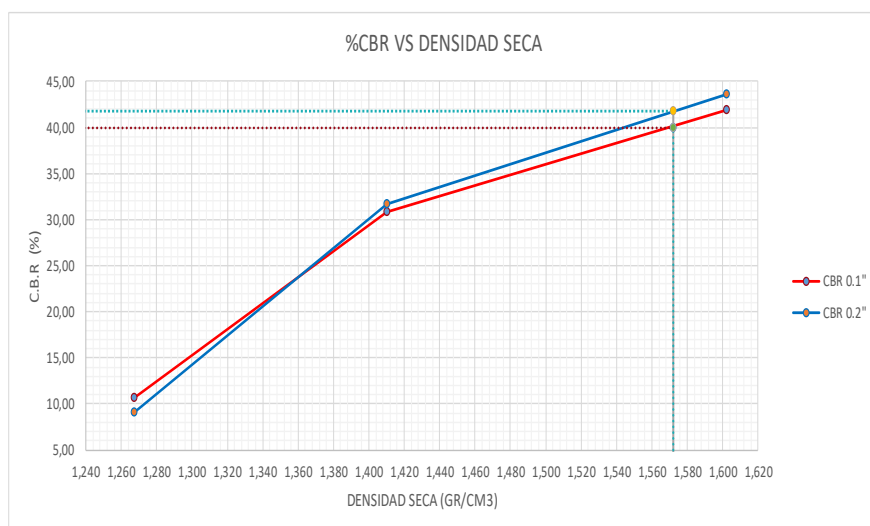
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN												
Provincia: Tungurahua	Coordenadas: Zona: 17 sur ;758383,7 ;9864470												
Cantón: Ambato	Normas: AASHTO T 193-2013												
Parroquia: Quisapincha	Ensayado por: Lizbeth Villacrés												
Profundidad: 70 cm	Revisó: Ing.Favio Portilla												
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - CBR SATURACIÓN: SIN SATURAR													
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO PROCTOR													
Tipo: Proctor Modificado	Norma : AASHTO T 180												
Humedad Óptima: 16,8 %													
Densidad Máxima: 1,655 gr/cm ³													
DATOS													
DATOS DEL MOLDEO													
Molde N°	6	5	4										
N° de Capas	5	5	5										
N° de golpes por capa	56	27	11										
Diametro de molde	15,2	15,2	15,2										
Altura de molde	11,65	11,65	11,65										
Estado de la muestra	Sin Saturar	Sin Saturar	Sin Saturar										
Peso muestra húmeda + molde (g)	12266,60	11878,60	11598,20										
Peso del molde (g)	8321,60	8404,30	8470,90										
Peso de muestra húmeda (g)	3945,00	3474,30	3127,30										
Volumen muestra (cm ³)	2113,99	2113,99	2113,99										
Peso unit. Húmedo, g/cm³	1,866	1,643	1,479										
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD													
Recipiente N°	10	9	5	2	8	3							
Peso de muestra humedad + tarro (g)	122,80	121,10	133,70	133,90	128,50	117,10							
Peso de muestra seca + tarro (g)	109,10	107,80	118,50	118,50	114,10	104,00							
Peso del agua (g)	13,70	13,30	15,20	15,40	14,40	13,10							
Peso del tarro (g)	26,10	26,80	26,20	25,90	26,90	26,60							
Peso de la muestra seca (g)	83,00	81,00	92,30	92,60	87,20	77,40							
Contenido de humedad %	16,51%	16,42%	16,47%	16,63%	16,51%	16,93%							
Peso Unit. Seco g/cm³	1,602	1,603	1,411	1,409	1,270	1,265							
Peso Unit. Seco promedio g/cm³	1,602		1,410		1,267								
DATOS DE ENSAYO DE CARGA CBR													
Molde N° :		10			12			11					
Tiempo	Penetr.	Q lec.	Presiones		Q lec.	Presiones		Q lec.	Presiones		CBR		
			Leida	Correg.		Leida	Correg.		Leida	Correg.			
min/seg	(plg)	Dial	lb/plg ²		%	Dial	lb/plg ²		%	Dial	lb/plg ²		%
0	0,000	0	0			0	0			0	0		
0'30"	0,025	32	137			19	81			10	43		
1'00"	0,050	54	231			31	133			15	64		
1'30"	0,075	74	316			49	210			18	77		
2'00"	0,10	98	419	419,14	41,91	72	308	307,94	30,79	25	107	106,92	10,69
3'00"	0,150	125	535			101	432			29	124		
4'00"	0,200	153	654	654,38	43,63	111	475	474,74	31,65	32	137	136,86	9,12
5'00"	0,250	162	693			121	518			35	150		
6'00"	0,300	178	761			135	577			41	175		
8'00"	0,400	213	911			152	650			46	197		
10'00"	0,500	247	1056			189	808			52	222		

PORCENTAJES CBR CORREGIDOS						
Molde N°	CBR 0.1"			CBR 0.2"		
	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm ³)	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm ³)
6	419,14	41,91	1,602	654,38	43,63	1,602
5	307,94	30,79	1,410	474,74	31,65	1,410
4	106,92	10,69	1,267	136,86	9,12	1,267



CBR				
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm ³)		CBR 0.1"	CBR 0.2"	% CBR MAYOR
Densidad al 100%:	1,655			
Densidad al 95%	1,572	40,0	41,8	41,8



+9*



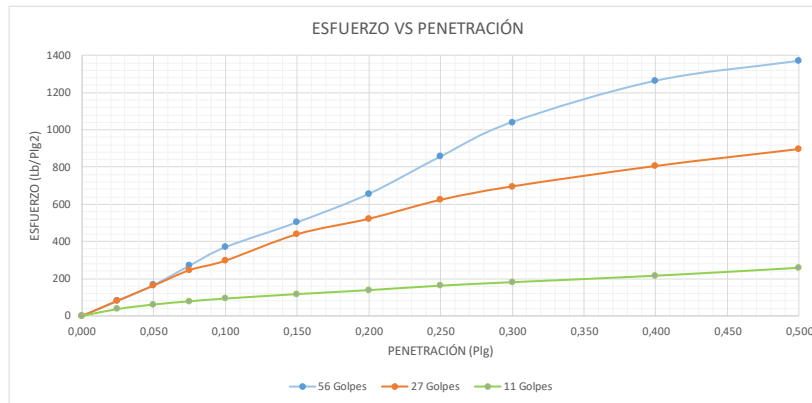
DESCRIPCION DEL ENSAYO

El CBR para el diseño de pavimento es de 41,8%

Anexo 51. CBR - Saturación: 24 Horas - Quisapincha

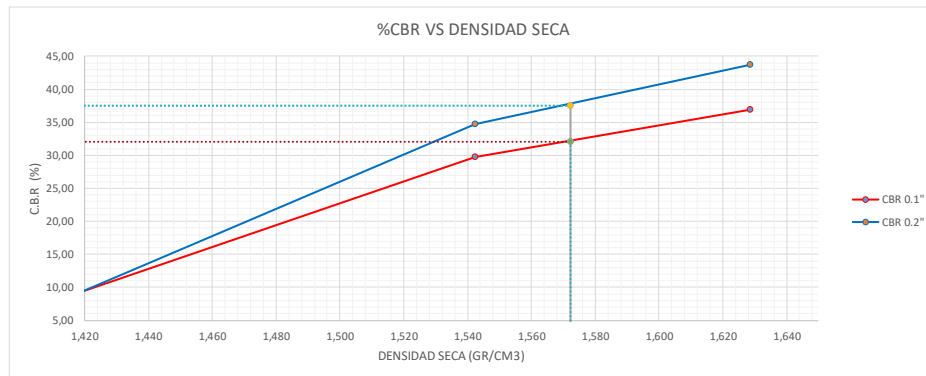
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN														
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Parroquia: Quisapincha Profundidad: 70 cm	Coordenadas: Zona: 17 sur ;758383,7 ;9864470 Normas: AASHTO T 193-2013 Ensayado por: Lizbeth Villacrés Revisó: Ing.Favio Portilla														
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - CBR															
SATURACIÓN: 24 HORAS															
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO PROCTOR															
Tipo:	Proctor Modificado	Norma : AASHTO T 180													
Humedad Óptima:	16,8 %														
Densidad Máxima:	1,655 gr/cm ³														
DATOS															
DATOS DEL MOLDEO															
Molde N°	12	10	11												
N° de Capas	5	5	5												
N° de golpes por capa	56	27	11												
Diametro de molde	15,2	15,2	15,2												
Altura de molde	11,75	11,75	11,75												
Estado de la muestra	Antes de Remojar	Después de Rem.	Antes de Rem.	Después de Rem.	Antes de Rem.	Después de Rem.									
Peso muestra húmeda + molde (g)	10801,00	10905,90	10573,00	10722,00	10326,30	10580,60									
Peso del molde (g)	6752,10	6752,10	6738,30	6738,30	6781,20	6781,20									
Peso de muestra húmeda (g)	4048,90	4153,80	3834,70	3983,70	3545,10	3799,40									
Volumen muestra (cm ³)	2132,14	2132,14	2132,14	2132,14	2132,14	2132,14									
Peso unit. Húmedo, g/cm³	1,899	1,948	1,799	1,868	1,663	1,782									
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD															
Recipiente N°	X	5	9	15	12	8	Y	11	10						
Peso de muestra humedad + tarro (g)	122,90	129,30	146,50	145,20	133,80	131,40	150,70	137,10	137,50						
Peso de muestra seca + tarro (g)	108,70	112,50	127,00	128,00	115,50	113,50	133,40	114,80	114,60						
Peso del agua (g)	14,20	16,80	19,50	17,20	18,30	17,90	17,30	22,30	22,90						
Peso del tarro (g)	24,00	26,20	26,70	26,40	28,20	26,80	32,00	27,80	25,90						
Peso de la muestra seca (g)	84,70	86,30	100,30	101,60	87,30	86,70	101,40	87,00	88,70						
Contenido de humedad %	16,77%	19,47%	19,44%	16,93%	20,96%	20,65%	17,06%	25,63%	25,82%						
Contenido de humedad Promedio %	16,77%	19,45%		16,93%	20,80%		17,06%		25,72%						
Peso Unit. Seco g/cm³	1,626	1,631		1,538	1,547		1,420		1,417						
Peso Unit. Seco promedio g/cm³	1,629			1,542			1,419								
DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO) LECTURA DIAL EN Plgs*10-2															
Molde N°	Molde N° 12					Molde N° 10				Molde N° 11					
Tiempo	Lec.	Dial	H	Espanjamiento		Lec.	Dial	H	Espanjamiento		Lec.	Dial	H	Espanjamiento	
Hora	Dias	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%		
14:27	0	0,613	5	0,00	0,00	0,888	5	0,00	0,00	0,464	5	0,00	0,00		
14:30	1	0,621		0,81	0,16	0,900		1,26	0,25	0,484		2,01	0,40		
3															
Molde N° :	10					12					11				
Tiempo	Penetr.	Q lec.	Presiones		CBR	Q lec.	Presiones		CBR	Q lec.	Presiones		CBR		
			Leida	Correg.			Leida	Correg.			Leida	Correg.			
min/seg	(plg)	Dial	lb/plg2		%	Dial	lb/plg2		%	Dial	lb/plg2		%		
0	0,000	0	0			0	0			0	0				
0'30"	0,025	30	80			31	83			14	37				
1'00"	0,050	62	166			61	163			23	62				
1'30"	0,075	101	270			92	246			30	79				
2'00"	0,100	138	369	369,14	36,91	111	297	296,92	29,69	35	94	93,62	9,36		
3'00"	0,150	188	503			164	439			44	118				
4'00"	0,200	245	655	655,36	43,69	195	522	521,61	34,77	52	139	139,10	9,27		
5'00"	0,250	320	856			233	623			61	163				
6'00"	0,300	389	1041			260	695			68	182				
8'00"	0,400	472	1263			301	805			81	217				
10'00"	0,500	512	1370			335	896			97	259				

PORCENTAJES CBR CORREGIDOS						
Molde N°	CBR 0.1"			CBR 0.2"		
	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm3)	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm3)
12	369,14	36,91	1,629	655,36	43,69	1,629
10	296,92	29,69	1,542	521,61	34,77	1,542
11	93,62	9,36	1,419	139,10	9,27	1,419



CBR			
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm3)	CBR 0.1"	CBR 0.2"	% CBR MAYOR
Densidad al 100%: 1,655			
Densidad al 95%: 1,572	32,0	37,5	37,5



GRÁFICA CBR



DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

El CBR para el diseño de pavimento es de 37,5%

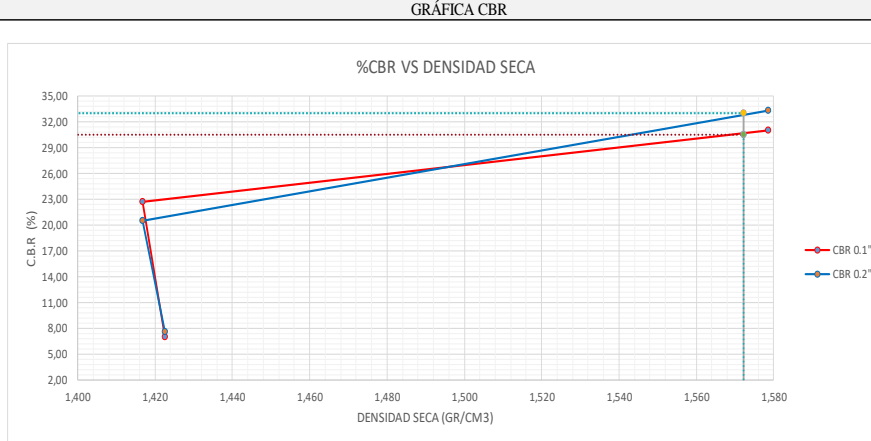
Anexo 52. CBR - Saturación:72 Horas - Quisapincha

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN														
Provincia: Tungurahua	Coordenadas: Zona: 17 sur :758383,7 :9864470														
Cantón: Ambato	Normas: AASHTO T 193-2013														
Parroquia: Quisapincha	Ensayado por: Lizbeth Villacrés														
Profundidad: 70 cm	Revisó: Ing.Favio Portilla														
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - CBR SATURACIÓN: 72 HORAS															
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO PROCTOR															
Tipo: Proctor Modificado	Norma : AASHTO T 180														
Humedad Óptima: 16,8 %															
Densidad Máxima: 1,655 gr/cm3															
DATOS															
DATOS DEL MOLDEO															
Molde N°	4	5	6												
N° de Capas	5	5	5												
N° de golpes por capa	56	27	11												
Diametro de molde	15,2	15,2	15,2												
Altura de molde	11,65	11,65	11,65												
Estado de la muestra	Antes de Remojar	Después de Rem.	Antes de Rem.	Después de Rem.	Antes de Rem.	Después de Rem.									
Peso muestra húmeda + molde (g)	12170,50	12598,40	11869,20	12211,40	11755,30	12240,20									
Peso del molde (g)	8470,90	8470,90	8404,30	8404,30	8321,60	8321,60									
Peso de muestra húmeda (g)	3699,60	4127,50	3464,90	3807,10	3433,70	3918,60									
Volumen muestra (cm³)	2113,99	2113,99	2113,99	2113,99	2113,99	2113,99									
Peso unit. Húmedo, g/cm³	1,750	1,952	1,639	1,801	1,624	1,854									
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD															
Recipiente N°	X	5	9	15	12	8	Y	11	10						
Peso de muestra humedad + tarro (g)	123,00	147,70	142,50	145,20	156,50	163,90	150,70	159,00	179,10						
Peso de muestra seca + tarro (g)	110,50	127,40	123,40	128,00	129,90	135,50	133,40	130,50	146,30						
Peso del agua (g)	12,50	20,30	19,10	17,20	26,60	28,40	17,30	28,50	32,80						
Peso del tarro (g)	24,00	25,40	27,70	26,40	26,20	26,00	32,00	25,20	26,00						
Peso de la muestra seca (g)	86,50	102,00	95,70	101,60	103,70	109,50	101,40	105,30	120,30						
Contenido de humedad %	14,45%	19,90%	19,96%	16,93%	25,65%	25,94%	17,06%	27,07%	27,27%						
Contenido de humedad Promedio %	14,45%	19,93%	16,93%	25,79%	17,06%	27,17%									
Peso Unit. Seco g/cm³	1,529	1,628	1,402	1,432	1,388	1,458									
Peso Unit. Seco promedio g/cm³	1,579		1,417		1,423										
DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO) LECTURA DIAL EN Plgs*10-2															
Molde N°	Molde N° 4					Molde N° 5				Molde N° 6					
Tiempo	Lec.Dial	H	Esponjamiento			Lec.Dial	H	Esponjamiento		Lec.Dial	H	Esponjamiento			
			Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2			%	Plgs.			Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.
14:27	0	0,193	5	0,00	0,00	0,592	5	0,00	0,00	0,808	5	0,00	0,00		
14:30	3	0,215		2,13	0,43	0,630		3,80	0,76	0,875		6,72	1,34		
DATOS DE ENSAYO DE CARGA CBR															
Molde N° :	10					12					11				
Tiempo	Penetr.	Q lec.	Presiones		CBR	Q lec.	Presiones		CBR	Q lec.	Presiones		CBR		
			Leida	Correg.			Leida	Correg.			Leida	Correg.			
min/seg	(plg)	Dial	lb/plg2		%	Dial	lb/plg2		%	Dial	lb/plg2		%		
0	0,000	0	0			0	0			0	0				
0'30"	0,025	21	56			28	75			5	12				
1'00"	0,050	50	134			54	144			15	40				
1'30"	0,075	77	206			72	193			22	59				
2'00"	0,100	116	310	310,29	31,03	85	227	227,37	22,74	26	70	69,55	6,95		
3'00"	0,150	151	404			101	270			35	94				
4'00"	0,200	187	500	500,21	33,35	115	308	307,62	20,51	43	114	113,68	7,58		
5'00"	0,250	212	566			130	348			46	123				
6'00"	0,300	234	626			144	385			56	150				
8'00"	0,400	271	725			175	468			66	177				
10'00"	0,500	313	837			210	562			81	217				

PORCENTAJES CBR CORREGIDOS						
Molde N°	CBR 0.1"			CBR 0.2"		
	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm3)	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm3)
4	310,29	31,03	1,579	500,21	33,35	1,579
5	227,37	22,74	1,417	307,62	20,51	1,417
6	69,55	6,95	1,423	113,68	7,58	1,423





CBR				
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm3)		CBR 0.1"	CBR 0.2"	% CBR MAYOR
Densidad al 100%:	1,655			
Densidad al 95%	1,572	30,5	33,0	33,0

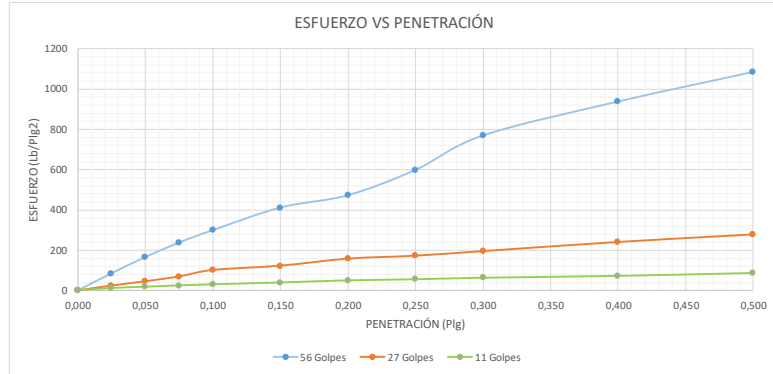


DESCRIPCION DEL ENSAYO
El CBR para el diseño de pavimento es de 33%

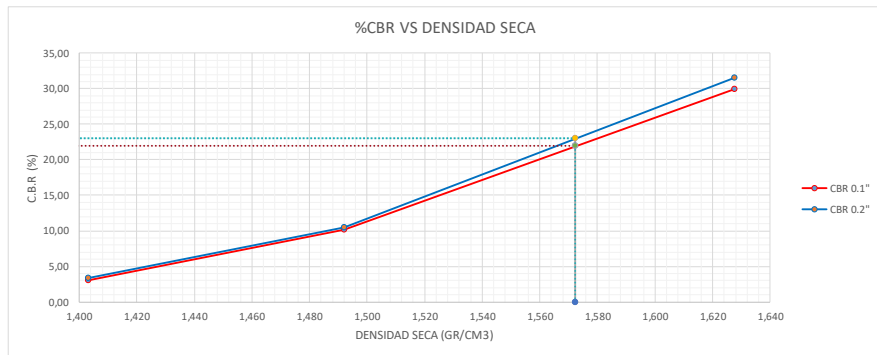
Anexo 53. CBR - Saturación:96 Horas - Quisapincha

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN											
Provincia:	Tungurahua	Coordenadas:	Zona: 17 sur ;758383,7 ;9864470										
Cantón:	Ambato	Normas:	AASHTO T 193-2013										
Parroquia:	Quisapincha	Ensayado por:	Lizbeth Villacrés										
Profundidad:	70 cm	Revisó:	Ing.Favio Portilla										
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - CBR						SATURACIÓN:							
96 HORAS													
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO PROCTOR													
Tipo:	Proctor Modificado		Norma :		AASHTO T 180								
Humedad Optima:	16,8 %												
Densidad Máxima:	1,655 gr/cm ³												
DATOS													
DATOS DEL MOLDEO													
Molde N°	10			12			11						
N° de Capas	5			5			5						
N° de golpes por capa	56			27			11						
Diametro de molde	15,2			15,2			15,2						
Altura de molde	11,75			11,75			11,75						
Estado de la muestra	Antes de Remojar		Después de Rem.		Antes de		Después de Rem.						
Peso muestra húmeda + molde (g)	10768,80		10928,50		10484,50		10750,10						
Peso del molde (g)	6738,30		6738,30		6752,10		6752,10						
Peso de muestra húmeda (g)	4030,50		4190,20		3732,40		3998,00						
Volumen muestra (cm ³)	2132,14		2132,14		2132,14		2132,14						
Peso unit. Húmedo, g/cm³	1,890		1,965		1,751		1,875						
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD													
Recipiente N°	X	10	8	15	5	9	Y	25	11				
Peso de muestra humedad + tarro (g)	122,90	148,20	122,90	145,20	145,20	162,20	150,70	137,10	137,50				
Peso de muestra seca + tarro (g)	108,70	128,50	108,00	128,00	121,60	135,20	133,40	114,30	114,50				
Peso del agua (g)	14,20	19,70	14,90	17,20	23,60	27,00	17,30	22,80	23,00				
Peso del tarro (g)	24,00	31,90	32,80	26,40	31,20	31,80	32,00	31,00	31,20				
Peso de la muestra seca (g)	84,70	96,60	75,20	101,60	90,40	103,40	101,40	83,30	83,30				
Contenido de humedad %	16,77%	20,39%	19,81%	16,93%	26,11%	26,11%	17,06%	27,37%	27,61%				
Contenido de humedad Promedio %	16,77%	20,10%		16,93%	26,11%		17,06%	27,49%					
Peso Unit. Seco g/cm³	1,619	1,636		1,497	1,487		1,401	1,405					
Peso Unit. Seco promedio g/cm³	1,628			1,492			1,403						
DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO) LECTURA DIAL EN Plgs*10-2													
Molde N°		Molde N° 10				Molde N° 12				Molde N° 11			
Tiempo		Lec.Dial	H	Espanjamiento		Lec.Dial	H	Espanjamiento		Lec.Dial	H	Espanjamiento	
Hora	Dias	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%
16:10	0	0,874	5	0,00	0,00	0,462	5	0,00	0,00	0,585	5	0,00	0,00
16:20	4	0,905		3,07	0,61	0,471		0,94	0,19	0,618		3,28	0,66
DATOS DE ENSAYO DE CARGA CBR													
Molde N° :		10				12				11			
Tiempo	Penetr. (plg)	Q lec.	Presiones		CBR	Q lec.	Presiones		CBR	Q lec.	Presiones		CBR
			Leida	Correg.			Leida	Correg.			Leida	Correg.	
min/seg	(plg)	Dial	lb/plg2		%	Dial	lb/plg2		%	Dial	lb/plg2		%
0	0,000	0	0			0	0			0	0		
0'30"	0,025	32	86			9	24			5	12		
1'00"	0,050	62	166			17	45			7	19		
1'30"	0,075	89	238			26	70			10	25		
2'00"	0,100	112	300	299,59	29,96	38	102	101,65	10,16	12	31	30,76	3,08
3'00"	0,150	154	412			46	123			15	40		
4'00"	0,200	177	473	473,46	31,56	59	158	157,82	10,52	19	51	50,82	3,39
5'00"	0,250	224	599			65	173			21	56		
6'00"	0,300	288	770			73	195			24	64		
8'00"	0,400	351	939			90	241			28	74		
10'00"	0,500	406	1086			104	278			33	88		

PORCENTAJES CBR CORREGIDOS						
Molde N°	CBR 0.1"			CBR 0.2"		
	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm3)	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm3)
10	299,59	29,96	1,628	473,46	31,56	1,628
12	101,65	10,16	1,492	157,82	10,52	1,492
11	30,76	3,08	1,403	50,82	3,39	1,403



CBR			
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm3)	CBR 0.1"	CBR 0.2"	% CBR MAYOR
Densidad al 100%: 1,655			
Densidad al 95%: 1,572	22,0	23,0	23,0





DESCRIPCION DEL ENSAYO

El CBR para el diseño de pavimento es de 23%

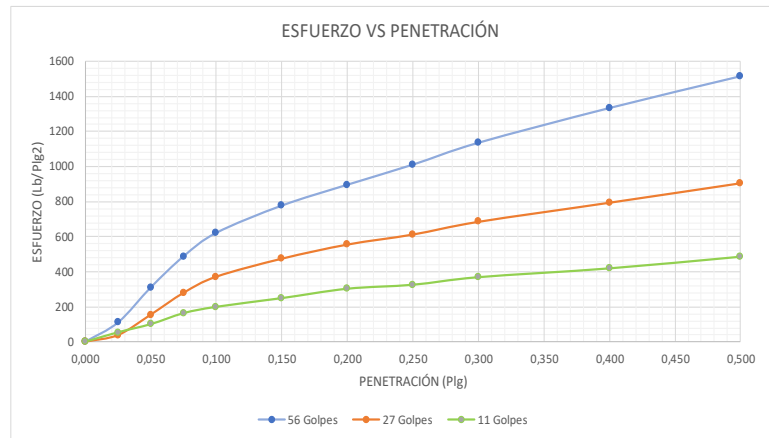
ANEXOS

L. Tablas de ensayos -CBR Unamuncho

Anexo 54. CBR - Sin Saturar - Unamuncho

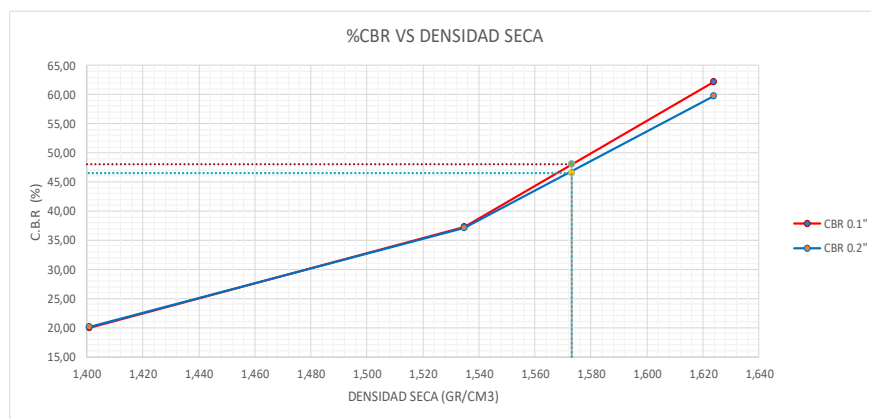
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN												
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Parroquia: Unamuncho Profundidad: 70 cm	Coordenadas: Zona: 17 sur ;763087,5 ;9867489,8 Normas: AASHTO T 193-2013 Ensayado por: Lizbeth Villacrés Revisó: Ing.Favio Portilla												
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - CBR													
SATURACIÓN: SIN SATURAR													
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO PROCTOR													
Tipo:	Proctor Modificado	Norma : AASHTO T 180											
Humedad Óptima:	15,7 %												
Densidad Máxima:	1,656 gr/cm ³												
DATOS													
DATOS DEL MOLDEO													
Molde N°	12	11	10										
N° de Capas	5	5	5										
N° de golpes por capa	56	27	11										
Diametro de molde	15,1	15,1	15,1										
Altura de molde	11,9	11,9	11,9										
Estado de la muestra	Sin Saturar	Sin Saturar	Sin Saturar										
Peso muestra húmeda + molde (g)	10482,40	10218,20	9895,00										
Peso del molde (g)	6470,00	6433,80	6430,00										
Peso de muestra húmeda (g)	4012,40	3784,40	3465,00										
Volumen muestra (cm ³)	2131,04	2131,04	2131,04										
Peso unit. Húmedo, g/cm³	1,883	1,776	1,626										
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD													
Recipiente N°	D8	C5	C6	P1	T6	B11							
Peso de muestra humedad + tarro (g)	178,96	180,20	215,27	198,21	195,73	178,32							
Peso de muestra seca + tarro (g)	160,89	161,80	191,80	177,10	174,80	157,50							
Peso del agua (g)	18,07	18,40	23,47	21,11	20,93	20,82							
Peso del tarro (g)	48,00	46,07	41,94	43,32	45,51	26,88							
Peso de la muestra seca (g)	112,89	115,73	149,86	133,78	129,29	130,62							
Contenido de humedad %	16,01%	15,90%	15,66%	15,78%	16,19%	15,94%							
Peso Unit. Seco g/cm³	1,623	1,625	1,535	1,534	1,399	1,402							
Peso Unit. Seco promedio g/cm³	1,624		1,535		1,401								
DATOS DE ENSAYO DE CARGA CBR													
Molde N° :		12		11		10							
Tiempo	Penetr.	Q lec.	Presiones		Q lec.	Presiones		Q lec.	Presiones		CBR		
			Leida	Correg.		Leida	Correg.		Leida	Correg.			
min/seg	(plg)	Dial	lb/plg ²		%	Dial	lb/plg ²		%	Dial	lb/plg ²		%
0	0,000	0	0			0	0			0	0		
0'30"	0,025	151	111			53	39			73	54		
1'00"	0,050	424	311			212	156			137	101		
1'30"	0,075	665	488			381	280			222	163		
2'00"	0,100	847	622	622,19	62,22	507	372	372,33	37,23	271	199	199,24	19,92
3'00"	0,150	1059	778			647	475			339	249		
4'00"	0,200	1221	897	896,66	59,78	757	556	555,92	37,06	412	302	302,39	20,16
5'00"	0,250	1377	1011			835	613			443	325		
6'00"	0,300	1547	1136			934	686			501	368		
8'00"	0,400	1817	1335			1083	795			570	419		
10'00"	0,500	2064	1516			1234	907			660	485		

PORCENTAJES CBR CORREGIDOS						
Molde N°	CBR 0.1"			CBR 0.2"		
	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm3)	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm3)
12	622,19	62,22	1,624	896,66	59,78	1,624
11	372,33	37,23	1,535	555,92	37,06	1,535
10	199,24	19,92	1,401	302,39	20,16	1,401



CBR				
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm3)		CBR 0.1"	CBR 0.2"	% CBR MAYOR
Densidad al 100%:	1,656			
Densidad al 95%	1,573	48,0	46,5	48,0



GRÁFICA CBR



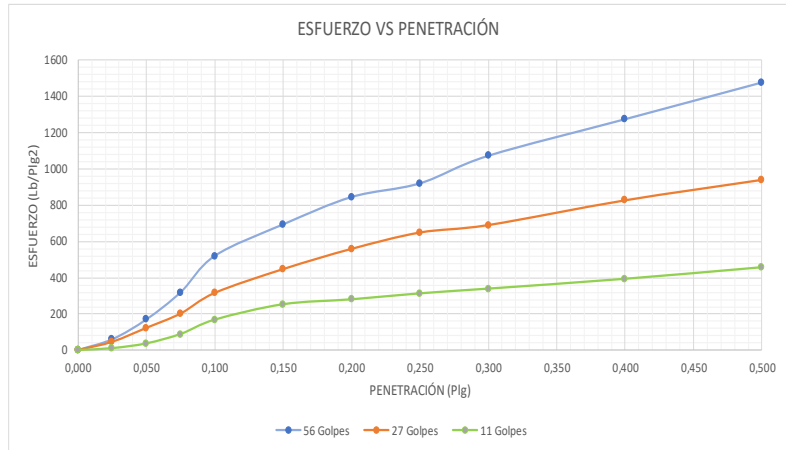
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

El CBR para el diseño de pavimento es de 48%

Anexo 55. CBR - Saturación:24 Horas - Unamuncho

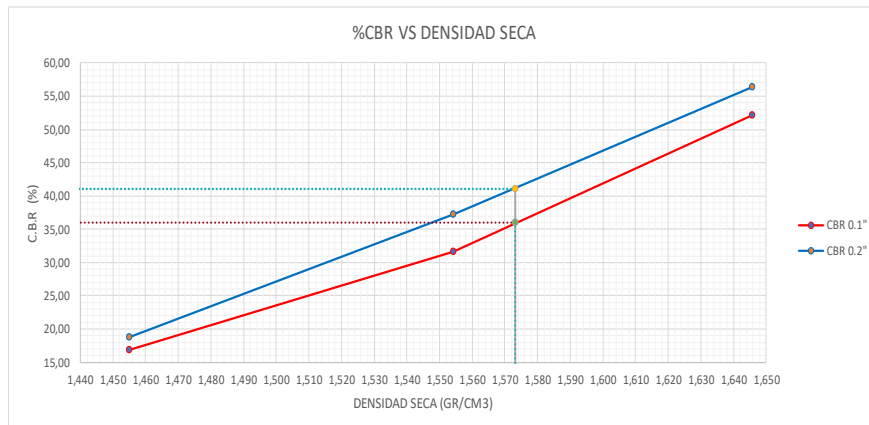
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN									
Provincia:	Tungurahua	Coordenadas:	Zona: 17 sur ;768341,59 ;9869485,04								
Cantón:	Ambato	Normas:	AASHTO T 193-2013								
Parroquia:	Unamuncho	Ensayado por:	Lizbeth Villacrés								
Profundidad:	70 cm	Revisó:	Ing.Favio Portilla								
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - CBR SATURACIÓN: 24 HORAS											
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO PROCTOR											
Tipo:	Proctor Modificado		Norma :	AASHTO T 180							
Humedad Optima:	15,7 %										
Densidad Máxima:	1,656 gr/cm3										
DATOS											
DATOS DEL MOLDEO											
Molde N°	15		18		44						
N° de Capas	5		5		5						
N° de golpes por capa	56		27		11						
Diametro de molde	15,1		15,1		15,1						
Altura de molde	11,9		11,9		11,9						
Estado de la muestra	Antes de Remojar	Después de Rem.	Antes de	Después de Rem.	Antes de	Después de Rem.					
Peso muestra húmeda + molde (g)	9864,20	9927,60	9705,20	9890,00	9270,80	9532,60					
Peso del molde (g)	5795,20	5795,20	5908,20	5908,20	5713,40	5713,40					
Peso de muestra seca + molde (g)	4069,00	4132,40	3797,00	3981,80	3557,40	3819,20					
Volumen muestra (cm³)	2131,04	2131,04	2131,04	2131,04	2131,04	2131,04					
Peso unit. Húmedo, g/cm³	1,909		1,782		1,669						
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD											
Recipiente N°	C9	R-4	10	F3	M3	6					
Peso de muestra humedad + tarro (g)	172,01	221,90	225,80	217,58	108,51	107,95					
Peso de muestra seca + tarro (g)	154,00	194,90	198,30	195,20	95,00	94,40					
Peso del agua (g)	18,01	27,00	27,50	22,38	13,51	13,55					
Peso del tarro (g)	42,07	43,05	43,10	55,32	23,81	21,80					
Peso de la muestra seca (g)	111,93	151,85	155,20	139,88	71,19	72,60					
Contenido de humedad %	16,09%	17,78%	17,72%	16,00%	18,98%	18,66%					
Contenido de humedad Promedio %	16,09%		17,75%	16,00%	18,82%						
Peso Unit. Seco g/cm³	1,645		1,647	1,536	1,573						
Peso Unit. Seco promedio g/cm³	1,646		1,554		1,455						
DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO) LECTURA DIAL EN Plgs*10-2											
Molde N°	Molde N° 15			Molde N° 18			Molde N° 44				
Horas	Dias	Lec.Dial	H	Esponjamiento	Lec.Dial	H	Esponjamiento	Lec.Dial	H		
		Pigs.	Muest. Pigs	Pulg. *10-2	%	Pigs.	Muest. Pigs	Pulg. *10-2	%		
16:10	0	0,196	5	0,00	0,00	0,166	5	0,00	0,00		
16:20	1	0,201		0,47	0,09	0,172		0,56	0,11		
DATOS DE ENSAYO DE CARGA CBR											
Molde N° :	15				18				44		
Tiempo	Penetr.	Q lec.	Presiones		Q lec.	Presiones		Q lec.	Presiones		
	(plg)	Dial	Leida	Correg.	Dial	Leida	Correg.	Dial	Leida	Correg.	
min/seg	(plg)	Dial	lb/plg2		Dial	lb/plg2		Dial	lb/plg2		
0	0,000	0	0		0	0		0	0		
0'30"	0,025	81	60		63	46		14	11		
1'00"	0,050	231	170		167	123		50	37		
1'30"	0,075	435	320		275	202		122	89		
2'00"	0,100	709	521	520,88	430	316	316,05	316,61	230	169	
3'00"	0,150	946	695		609	447		345	254		
4'00"	0,200	1151	846	845,67	761	559	559,23	37,28	382	281	
5'00"	0,250	1254	921		884	650		427	314		
6'00"	0,300	1461	1073		940	691		463	340		
8'00"	0,400	1736	1276		1126	827		537	395		
10'00"	0,500	2012	1478		1280	941		624	459		

PORCENTAJES CBR CORREGIDOS						
Molde N°	CBR 0.1"			CBR 0.2"		
	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm3)	Presión (PSI)	% CBR	
15	520,88	52,09	1,646	845,67	56,38	
18	316,05	31,61	1,554	559,23	37,28	
44	168,61	16,86	1,455	280,94	18,73	



CBR				
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm3)		CBR 0.1"	CBR 0.2"	% CBR MAYOR
Densidad al 100%:	1,656			
Densidad al 95%	1,573	36,0	41,0	41,0



GRÁFICA CBR



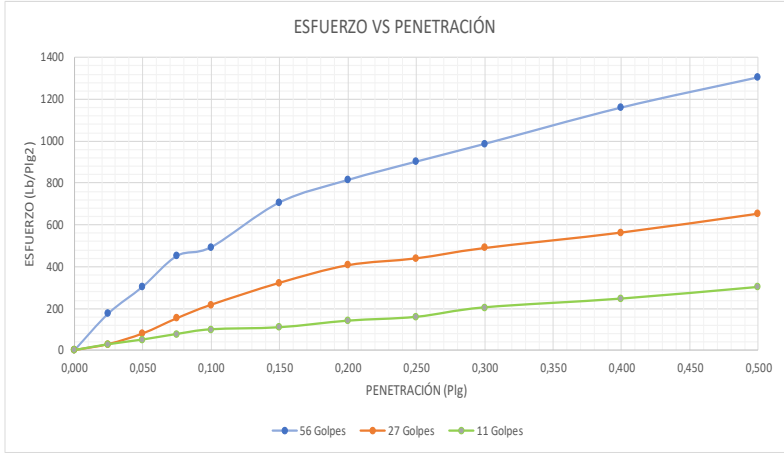
DESCRIPCION DEL ENSAYO

El CBR para el diseño de pavimento es de 41%

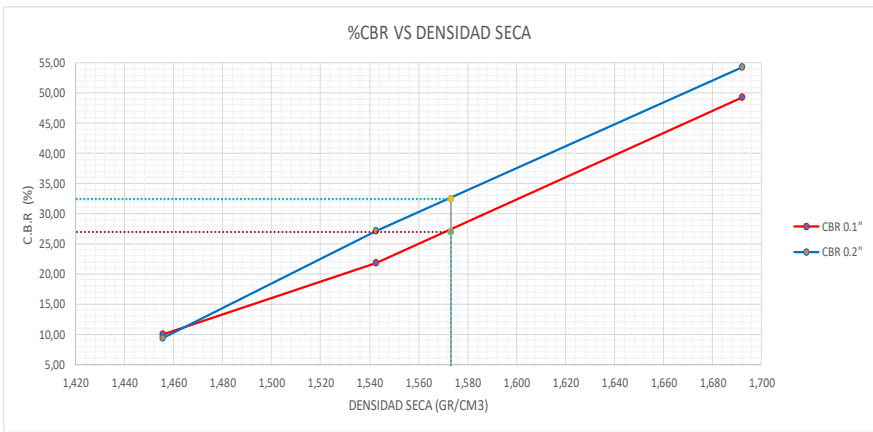
Anexo 56. CBR - Saturación:72 Horas - Unamuncho

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN											
Provincia:	Tungurahua	Coordenadas:	Zona: 17 sur ;768341,59 ;9869485,04										
Cantón:	Ambato	Normas:	AASHTO T 193-2013										
Parroquia:	Unamuncho	Ensayado por:	Lizbeth Villacrés										
Profundidad:	70 cm	Revisó:	Ing.Favio Portilla										
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - CBR													
SATURACIÓN: 72 HORAS													
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO PROCTOR													
Tipo:	Proctor Modificado		Norma :		AASHTO T 180								
Humedad Óptima:	15,7	%											
Densidad Máxima:	1,656	gr/cm3											
DATOS													
DATOS DEL MOLDEO													
Molde N°	10		11		12								
N° de Capas	5		5		5								
N° de golpes por capa	56		27		11								
Diametro de molde	15,1		15,1		15,1								
Altura de molde	11,9		11,9		11,9								
Estado de la muestra	Antes de Remojar	Después de Rem.		Antes de	Después de Rem.								
Peso muestra húmeda + molde (g)	10551,80	10755,40		10300,80	10525,20								
Peso del molde (g)	6430,00	6430,00		6433,80	6430,00								
Peso de muestra húmeda (g)	4121,80	4325,40		3867,00	4091,40								
Volumen muestra (cm³)	2131,04	2131,04		2131,04	2131,04								
Peso unit. Húmedo, g/cm³	1,934	2,030		1,815	1,920								
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD													
Recipiente N°	W-3	4-A	10	Y1	H-2	6							
Peso de muestra humedad + tarro (g)	193,16	214,90	212,25	80,33	244,60	243,25							
Peso de muestra seca + tarro (g)	173,60	189,00	187,00	73,70	205,20	203,60							
Peso del agua (g)	19,56	25,90	25,25	6,63	39,40	39,65							
Peso del tarro (g)	53,26	45,51	45,68	32,59	53,48	52,15							
Peso de la muestra seca (g)	120,34	143,49	141,32	41,11	151,72	151,45							
Contenido de humedad %	16,25%	18,05%	17,87%	16,13%	25,97%	26,18%							
Contenido de humedad Promedio %	16,25%	17,96%		16,13%	26,07%								
Peso Unit. Seco g/cm³	1,664	1,721		1,563	1,523								
Peso Unit. Seco promedio g/cm³	1,692		1,543		1,456								
0													
Molde N°	Molde N° 10			Molde N° 11			Molde N° 12						
Tiempo	Lec.Dial	H	Esponjamiento		Lec.Dial	H	Esponjamiento		Lec.Dial	H			
Hora	Dias	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	%	
16:10	0	0,11	5	0,00	0,00	0,138	5	0,00	0,00	0,094	5	0,00	0,00
16:20	1	0,11		0,20	0,04	0,142		0,36	0,07	0,100		0,56	0,11
16:20	3	0,12		0,35	0,07	0,146		0,40	0,08	0,120		1,96	0,39
,													
Molde N° :	10				11				12				
Tiempo	Penetr.	Q lec.	Presiones		CBR	Q lec.	Presiones		CBR	Q lec.	Presiones		CBR
			Leida	Correg.			Leida	Correg.			Leida	Correg.	
min/seg	(plg)	Dial	lb/plg2		%	Dial	lb/plg2		%	Dial	lb/plg2		%
0	0,000	0	0			0	0			0	0		
0'30"	0,025	240	177			40	29			39	28		
1'00"	0,050	414	304			109	80			69	51		
1'30"	0,075	614	451			209	153			106	78		
2'00"	0,100	671	493	492,96	49,30	296	218	217,61	21,76	136	100	99,77	9,98
3'00"	0,150	962	707			439	323			149	110		
4'00"	0,200	1108	814	814,30	54,29	554	407	407,01	27,13	192	141	141,06	9,40
5'00"	0,250	1228	902			599	440			217	159		
6'00"	0,300	1343	987			666	490			279	205		
8'00"	0,400	1580	1161			767	564			336	247		
10'00"	0,500	1777	1306			890	654			412	303		

PORCENTAJES CBR CORREGIDOS						
Molde N°	CBR 0.1"			CBR 0.2"		
	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm3)	Presión (PSI)	% CBR	
10	492,96	49,30	1,692	814,30	54,29	
11	217,61	21,76	1,543	407,01	27,13	
12	99,77	9,98	1,456	141,06	9,40	





CBR			
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm3)	CBR 0.1"	CBR 0.2"	% CBR MAYOR
Densidad al 100%:	1,656		
Densidad al 95%	1,573	27,0	32,5



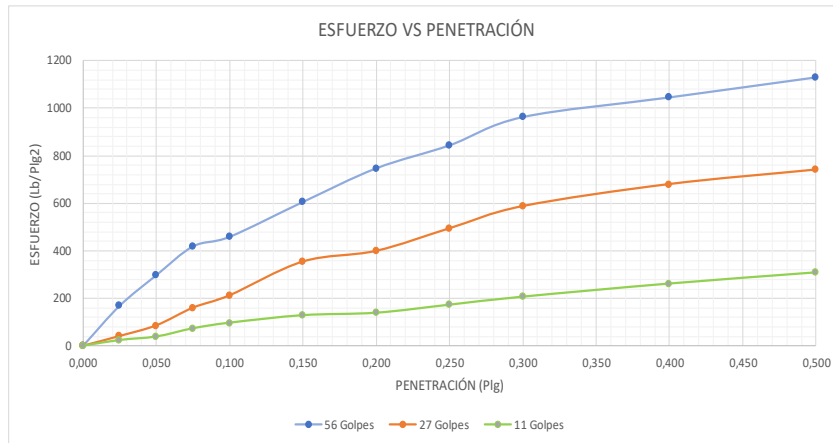
DESCRIPCION DEL ENSAYO

El CBR para el diseño de pavimento es de 32,5%

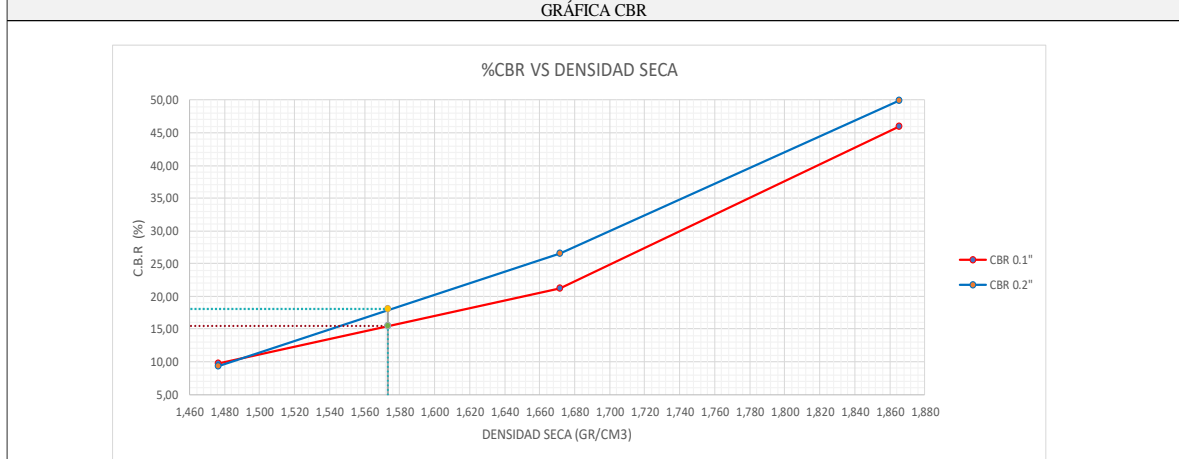
Anexo 57. CBR - Saturación:96 Horas - Unamuncho

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN												
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Parroquia: Unamuncho Profundidad: 70 cm	Coordenadas: Zona: 17 sur ;768341,59 ;9869485,04 Normas: AASHTO T 193-2013 Ensayado por: Lizbeth Villacrés Revisó: Ing.Favio Portilla												
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - CBR													
SATURACIÓN: 96 HORAS													
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO PROCTOR													
Tipo:	Proctor Modificado	Norma : AASHTO T 180											
Humedad Óptima:	15,7 %												
Densidad Máxima:	1,656 gr/cm3												
DATOS													
DATOS DEL MOLDEO													
Molde N°	10	11	12										
N° de Capas	5	5	5										
N° de golpes por capa	56	27	11										
Diametro de molde	15,1	15,1	15,1										
Altura de molde	11,9	11,9	11,9										
Estado de la muestra	Antes de Remojár	Después de Rem.	Antes de	Después de Rem.	Antes de	Después de Rem.							
Peso muestra húmeda + molde (g)	10911,00	11345,00	10635,00	10914,00	10190,00	10511,00							
Peso del molde (g)	6430,00	6430,00	6433,80	6433,80	6470,00	6470,00							
Peso de muestra húmeda (g)	4481,00	4915,00	4201,20	4480,20	3720,00	4041,00							
Volumen muestra (cm³)	2131,04	2131,04	2131,04	2131,04	2131,04	2131,04							
Peso unit. Húmedo, g/cm³	2,103	2,306	1,971	2,102	1,746	1,896							
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD													
Recipiente N°	W-3	4-A	10	Y1	H-2	6	1P	2F	3				
Peso de muestra humedad + tarro (g)	60,80	66,21	60,30	80,20	64,20	66,30	75,60	77,20	72,30				
Peso de muestra seca + tarro (g)	53,50	56,25	51,36	70,26	51,69	53,32	66,00	61,00	57,00				
Peso del agua (g)	7,30	9,96	8,94	9,94	12,51	12,98	9,60	16,20	15,30				
Peso del tarro (g)	7,60	7,20	7,50	7,30	7,20	7,30	7,80	7,20	7,10				
Peso de la muestra seca (g)	45,90	49,05	43,86	62,96	44,49	46,02	58,20	53,80	49,90				
Contenido de humedad %	15,90%	20,31%	20,38%	15,79%	28,12%	28,21%	16,49%	30,11%	30,66%				
Contenido de humedad Promedio %	15,90%	20,34%		15,79%	28,16%		16,49%	30,39%					
Peso Unit. Seco g/cm³	1,814	1,916	1,703	1,640	1,498	1,454							
Peso Unit. Seco promedio g/cm³	1,865			1,672			1,476						
DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO) LECTURA DIAL EN Plgs*10-2													
Molde N°		Molde N° 10				Molde N° 11				Molde N° 12			
Tiempo		Lec.Dial	H	Esponjamiento		Lec.Dial	H	Esponjamiento		Lec.Dial	H	Esponjamiento	
Hora	Dias	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%	Plgs.	Muest. Plgs	Pulg. *10-2	%
16:10	0	0,11	5	0,00	0,00	0,138	5	0,00	0,00	0,094	5	0,00	0,00
16:20	1	0,11		0,20	0,04	0,142		0,36	0,07	0,100		0,56	0,11
16:20	4	0,12		0,59	0,12	0,150		0,80	0,16	0,120		2,04	0,41
Molde N° :													
		10				11				12			
Tiempo	Penetr.	Q lec.	Presiones		CBR	Q lec.	Presiones		CBR	Q lec.	Presiones		CBR
			Leida	Correg.			Leida	Correg.			Leida	Correg.	
min/seg	(plg)	Dial	lb/plg2		%	Dial	lb/plg2		%	Dial	lb/plg2		%
0	0,000	0	0			0	0			0	0		
0'30"	0,025	230	169			56	41			33	24		
1'00"	0,050	405	298			117	86			53	39		
1'30"	0,075	570	419			218	160			100	73		
2'00"	0,100	625	459	459,17	45,92	289	212	212,32	21,23	132	97	96,98	9,70
3'00"	0,150	825	606			482	354			175	129		
4'00"	0,200	1018	748	747,89	49,86	543	399	398,92	26,59	189	139	138,85	9,26
5'00"	0,250	1150	845			672	494			235	173		
6'00"	0,300	1312	964			799	587			281	206		
8'00"	0,400	1425	1047			925	680			356	262		
10'00"	0,500	1540	1131			1008	741			420	309		

PORCENTAJES CBR CORREGIDOS						
Molde N°	CBR 0.1"			CBR 0.2"		
	Presión (PSI)	% CBR	Densidad Seca (g/cm ³)	Presión (PSI)	% CBR	
10	459,17	45,92	1,865	747,89	49,86	
11	212,32	21,23	1,672	398,92	26,59	
12	96,98	9,70	1,476	138,85	9,26	



CBR				
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm ³)		CBR 0.1"	CBR 0.2"	% CBR MAYOR
Densidad al 100%:	1,656			
Densidad al 95%	1,573	15,5	18,0	18,0



DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

El CBR para el diseño de pavimento es de 18%

ANEXOS

M. Registro Fotográfico

Anexo 58. Excavación de Pozo a Cielo Abierto



Anexo 59. Ensayo de Cono y Arena



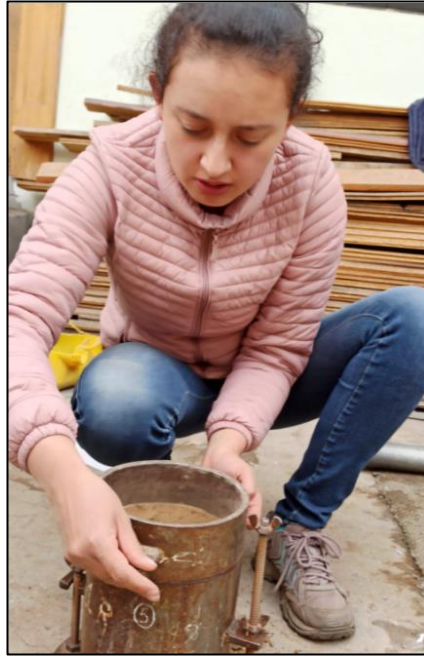
Anexo 60. Ensayo de Límites de Atterberg



Anexo 61. Ensayo Próctor Modificado Tipo B



Anexo 62. Preparación del Molde para realizar el ensayo CBR



Anexo 63. Preparación de muestras Sin Saturar



Anexo 64. Laboratorio de Suelos del GAD Municipalidad de Ambato



Anexo 65. Máquina manual para ejecutar el Ensayo CBR



Anexo 66. Muestras en Saturación



Anexo 67. Medición del Esponjamiento

