



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

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

TEMA:

**“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y
MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y
PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

AUTOR: Johanna Vanessa Amaya Arcos

TUTOR: Ing. Favio Paúl Portilla Yandú

Ambato - Ecuador

Agosto - 2020

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Favio Portilla, en mi calidad de Tutor del Trabajo de Graduación certifico que el presente trabajo: **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”** realizado por la señorita Johanna Vanessa Amaya Arcos, Egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera profesional e inédito que reúne los requisitos para ser sometido a evaluación.

Ambato, agosto 2020

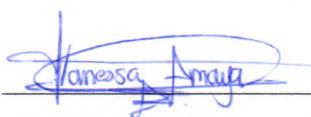


Ing. Favio Portilla
TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Johanna Vanessa Amaya Arcos, con C.I. 1805179114, egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico que el Trabajo: **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”** es de mi Autoría.

Ambato, agosto 2020



Egda. Johanna Vanessa Amaya Arcos

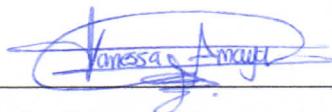
C.I. 1805179114

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 Trabajo Experimental 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.



Egda. Johanna Vanessa Amaya Arcos

C.I. 1805179114

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores calificadores, una vez revisado, aprueban el informe de investigación, sobre el Tema: **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”** de la egresada Johanna Vanessa Amaya Arcos, de la carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, agosto 2020

Por constancia firman:



Ing. Byron Cañizares



Ing. Jorge Guevara

DEDICATORIA

A mi padre Guido por ser un ejemplo de sacrificio y constante esfuerzo, porque siempre me ha apoyado en cada uno de mis sueños y objetivos, motivándome en cada momento a no darme por vencida y dar lo mejor de mí en cada decisión que tome en la vida. Gracias por ser mi fuente de fuerza.

A mi madre Amparito por su incomparable e inmenso amor, por comprenderme y ser mi compañera de tristezas y alegrías, pues gracias a sus sabios consejos he logrado superarme día tras día. Gracias por siempre estar a mi lado durante todo este camino, sin ella nada de esto hubiera sido posible.

A mis hermanas Anita y Evelyn, por su infinito cariño y complicidad en cada uno de mis planes. Por la ayuda que me han brindado durante todo el transcurso de mi vida estudiantil.

A mi sobrino Michael, por la alegría que me transmite permitiéndome ser su cómplice de grandes aventuras.

A mi novio Hugo, por el amor, paciencia y ternura que me ha brindado. Por no dejarme sola en momentos difíciles, formando parte también de los momentos alegres. Gracias por caminar siempre de mi mano ofreciéndome tu ayuda y apoyo durante todo este tiempo.

Vanessa Amaya

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por todas las bendiciones que ha derramado sobre mí, permitiéndome compartir mi vida dentro del seno de una familia amorosa y sólida. Gracias a su guía he sido capaz de culminar mi carrera universitaria.

Un profundo agradecimiento a mis padres, hermanas y sobrino por ser mi fortaleza y motivación durante todo este largo camino, apoyándome en cada caída y festejando cada triunfo. Cada uno de mis logros son por ustedes y para ustedes familia.

Un sincero agradecimiento para cada uno de mis docentes, por todos sus conocimientos y consejos impartidos durante todo el transcurso de mi carrera universitaria.

A todas las personas que formaron parte de este camino, haciendo de esta, una de las mejores experiencias vividas.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN EJECUTIVO	xvii
ABSTRACT SUMMARY	xviii

B. CONTENIDOS

CAPÍTULO I- MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes Investigativos	1
1.1.1. Antecedentes	1
1.1.2. Justificación	3
1.1.3. Fundamentación Teórica	4
1.1.3.1. Identificación y clasificación de los suelos.....	4
1.1.3.2. Métodos de exploración y muestreo de suelos.....	6
1.1.3.3. Relaciones fundamentales de los suelos	7
1.1.3.3.1. Relación de vacíos.....	7
1.1.3.3.2. Porosidad.....	7
1.1.3.3.3. Grado de saturación del agua.....	7
1.1.3.3.4. Grado de saturación del aire	7
1.1.3.3.5. Densidad seca húmeda	8
1.1.3.3.6. Densidad seca.....	8
1.1.3.4. Ensayos in situ.....	8
1.1.3.4.1. Densidad de Campo con Cono y Arena.....	8
1.1.3.4.2. Ensayo del Cono Dinámico de Penetración DCP	9
1.1.3.5. Ensayos en laboratorio	10
1.1.3.5.1. Contenido de humedad.....	10
1.1.3.5.2. Límites de Atterberg.....	11

a) Límite de Contracción.....	11
b) Límite Líquido.....	11
c) Límite Plástico.....	12
1.1.3.5.3. Granulometría.....	12
1.1.3.5.4. Gravedad Específica.....	15
1.1.3.5.5. Compactación de Suelos (Proctor Modificado “B”).....	15
1.1.3.5.6. Ensayo de Relación de Soporte de California CBR.....	17
1.1.3.6. Regresión y Correlación.....	18
1.1.3.6.1. Factor de correlación.....	19
1.1.3.6.2. Regresión y Correlación múltiple.....	19
1.1.3.7. Pavimentos.....	19
1.1.3.8. Análisis de tráfico (TPDA).....	20
1.1.3.9. Factor de hora pico.....	21
1.1.3.10. Porcentaje de la trigésima hora.....	21
1.1.3.11. Tráfico futuro.....	21
1.1.3.12. Período de diseño.....	23
1.1.3.13. Ejes equivalentes acumulados según el período de diseño (W18).....	23
1.1.3.14. Nivel de Confiabilidad R.....	24
1.1.3.15. Desviación Estándar Normal Zr.....	24
1.1.3.16. Desviación Estándar Global So.....	25
1.1.3.17. Módulo de Resiliencia Mr.....	25
1.1.3.18. Índice de Servicialidad PSI.....	26
1.1.3.19. Número Estructural (SN).....	26
1.1.3.20. Coeficiente Estructural de la Carpeta Asfáltica (a1).....	26
1.1.3.21. Coeficiente Estructural de la Base (a2).....	27
1.1.3.22. Coeficiente Estructural de la Sub Base Granular (a3).....	28
1.1.3.23. Coeficientes de Drenaje (m2, m3).....	28
1.1.3.24. Espesores (D1, D2, D3).....	29
1.1.4. Hipótesis.....	30
1.1.4.1. Hipótesis Alternativa.....	30
1.1.4.2. Hipótesis Nula.....	30
1.2. Objetivos.....	30
1.2.1. Objetivo General.....	30
1.2.2. Objetivos Específicos.....	30

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA	31
2.1. Nivel o tipo de investigación.....	31
2.1.1. Investigación Exploratoria.....	31
2.1.2. Investigación Experimental.....	31
2.1.3. Investigación Correlacional.....	31
2.1.4. Investigación Explicativa.....	31
2.2. Población y Muestra.....	31
2.3. Materiales y equipos.....	34
2.4. Métodos.....	35
2.4.1. Plan de recolección de datos.....	35
2.4.1.1. Ensayos Realizados en Campo.....	36
2.4.1.2. Ensayos Realizados en laboratorio.....	37
2.4.2. Plan de Procesamiento y Análisis de datos.....	41
2.4.2.1. Plan de procesamiento de datos.....	41
2.4.2.2. Plan de Análisis de datos.....	41
3.1. Análisis y discusión de los resultados.....	46
3.1.1. Nomenclatura.....	47
3.1.2. Rango granulométrico.....	51
3.1.3. Carta de plasticidad SUCS.....	51
3.1.4. Correlaciones.....	52
3.1.5. Cálculo del tráfico.....	88
3.1.5.1. Cálculo del TPDA.....	88
3.1.5.2. Factor hora pico.....	89
3.1.5.3. Tráfico actual.....	89
3.1.5.4. Tráfico futuro.....	90
3.1.5.5. Cálculo de los ejes equivalentes W18.....	91
3.1.6. Diseño del pavimento flexible.....	94
3.1.6.1. Primer diseño de pavimento flexible.....	94
3.1.6.2. Segundo diseño de pavimento flexible.....	101
3.1.6.3. Tercer diseño de pavimento flexible.....	106
3.1.6.4. Cuarto diseño de pavimento flexible.....	110
3.2. Verificación de hipótesis.....	114
CAPITULO IV	115
4.1. Conclusiones.....	115
4.2. Recomendaciones.....	118

BIBLIOGRAFÍA	119
ANEXOS	122
Anexo A: Tablas de ensayos de cada muestra	122
Anexo B: Tablas de conteo de tráfico	232
Anexo C: Tablas de pesos y dimensiones.....	238
Anexo D: Fotografías	240

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de Suelos AASHTO.....	6
Tabla 2. Tamaño y designación de tamices ASTM	13
Tabla 3 Esfuerzos requeridos para diferentes profundidades de penetración.....	18
Tabla 4. Tipos de correlación de acuerdo al valor del coeficiente R^2	19
Tabla 5. Tasa de crecimiento de tráfico	22
Tabla 6. Períodos de diseño de acuerdo al tipo de carretera	23
Tabla 7. Factor de distribución por carril	24
Tabla 8. Niveles de confiabilidad de acuerdo al tipo de camino.....	24
Tabla 9. Relación de confiabilidad y el valor Z_r	25
Tabla 10. Desviación Estándar según el tipo de pavimento.....	25
Tabla 11. Índice de Servicialidad	26
Tabla 12. Determinación de coeficientes m_2 , m_3 de acuerdo a la calidad de drenaje	28
Tabla 13. Espesores mínimos para capa de concreto asfáltico y base en función del tráfico esperado	29
Tabla 14. Coordenadas geográficas y tipo de suelo en la parroquia de Izamba	32
Tabla 15. Coordenadas geográficas y tipo de suelo en la parroquia de Picaihua	33
Tabla 16. Materiales y equipos empleados.....	34
Tabla 17. Plan de recolección de datos.....	35
Tabla 18. Correlación de tres variables por medio de mínimos cuadros- Método lineal	42
Tabla 19. Correlación de tres variables por medio de mínimos cuadros- Método Exponencial	43
Tabla 20. Correlación de tres variables por medio de mínimos cuadros- Método logarítmico	44
Tabla 21. Correlación de tres variables por medio de mínimos cuadros- Método Potencial.....	45
Tabla 22. Tabla resumen de las propiedades de los suelos	49
Tabla 23. Tabla resumen de las propiedades de los suelos	50
Tabla 24. Tabla resumen de las correlaciones obtenidas entre las propiedades índices, mecánicas y CBR.....	52
Tabla 25. Hora pico registrado en el conteo	88
Tabla 26. TPDA de acuerdo a la 30 ^{ava} hora	89
Tabla 27. Cálculo del TPDA actual.....	90

Tabla 28. Cálculo de los ejes equivalentes	93
Tabla 29. Valores utilizados para el cálculo	94
Tabla 30. Resumen de datos para el diseño 1	98
Tabla 31. Numero estructural y espesores para el diseño 1	100
Tabla 32. Espesores propuestos para el diseño 1	101
Tabla 33. Valores utilizados para el diseño 2	101
Tabla 34. Valor de CBR para la subrasante del diseño 2.....	101
Tabla 35. Valores asumidos para el diseño 2.....	102
Tabla 36. Resumen de datos para el diseño 2	104
Tabla 37. Numero estructural y espesores para el diseño 2	105
Tabla 38. Espesores propuestos para el diseño 2.....	106
Tabla 39. Valores utilizados para el diseño 3	106
Tabla 40. Resumen de datos para el diseño 3	108
Tabla 41. Numero estructural y espesores para el diseño 3	109
Tabla 42. Espesores propuestos para el diseño 3.....	110
Tabla 43. Valores utilizados para el diseño 4	110
Tabla 44. Resumen de datos para el diseño 4	112
Tabla 45. Número estructural y espesores para el diseño 4	113
Tabla 46. Espesores propuestos para el diseño 4.....	114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Carta de Plasticidad de la SUCS	5
Figura 2. Equipo para determinar la densidad en campo	9
Figura 3. Esquema del DCP	10
Figura 4. Límites de Atterberg	11
Figura 5. Deslizamiento de un suelo en el Límite Líquido	12
Figura 6. Distribución Granulométrica.....	13
Figura 7. Molde y Pisón del ensayo Proctor.....	16
Figura 8. Ecuaciones para la resolución de planos de regresión de mínimos cuadrados	19
Figura 9. Nomograma para estimar el coeficiente estructural de la carpeta asfáltica	27
Figura 10. Nomograma para estimar el coeficiente estructural de la base	27
Figura 11. Nomograma para estimar el coeficiente estructural de la sub base	28
Figura 12. Ubicación geográfica de muestras en la parroquia Izamba.....	32
Figura 13. Ubicación geográfica de muestras en la parroquia Picaihua.....	33
Figura 14. Ejecución del ensayo de densidad de campo.....	36
Figura 15. Ejecución del ensayo DCP en el interior de una calicata	36
Figura 16. Lectura de las profundidades en la penetración en mm.....	36
Figura 17. Tamizado de las muestras	37
Figura 18. Pesaje del suelo retenido en cada tamiz	37
Figura 19. Toma de temperatura del suelo y agua en el ensayo de gravedad específica.....	37
Figura 20. Toma de muestras para el contenido del límite líquido a los 15 golpes.....	38
Figura 21. Elaboración de rollito de 3 mm de espesor para el límite plástico	38
Figura 22. Pesaje de las muestras para el límite plástico	38
Figura 23. Preparación de muestra para el ensayo Proctor Modificado.....	39
Figura 24. Pesaje de las muestras compactadas más cilindro	39
Figura 25. Aplicación de carga en la máquina de compresión CBR.....	40
Figura 26. Sumersión de cilindros compactados en la cámara de curado	40
Figura 27. Medición del esponjamiento a las 24 horas.....	40
Figura 28. Granulometrías de los suelos ensayados	51
Figura 29. Carta de plasticidad de los suelos estudiados	51
Figura 30. Correlación N°1: LP vs LL	54
Figura 31. Correlación N°2: DN vs Ip.....	55
Figura 32. Correlación N°3: DN vs LL	56

Figura 33. Correlación N°4: DN vs W_{opt}	57
Figura 34. Correlación N°5: CBR 0.1'' vs LP	58
Figura 35. Correlación N°6: CBR mayor vs. Yd máx	59
Figura 36. Correlación N°7: Yd in situ vs. W_{opt}	60
Figura 37. Correlación N°8: CBR mayor vs. Gs.....	61
Figura 38. Correlación N° 9: Yd max vs. LL.....	62
Figura 39. Correlación N° 10: LP vs W_{nat}	63
Figura 40. Correlación N° 11: Yd in situ vs. Gc	64
Figura 41. Correlación N° 12: Cu vs. W_{nat}	65
Figura 42. Correlación N° 13: Cu vs. LL.....	66
Figura 43. Correlación N° 14: Cu vs. LP	67
Figura 44. Correlación N° 15: Cu vs. Gw.....	68
Figura 45. Correlación N° 16: Cu vs. Ga.....	69
Figura 46. Correlación N° 17: Cu vs. W_{opt}	70
Figura 47. Correlación N° 18: Cc vs. Pasa #200.....	71
Figura 48. Correlación N° 19: Cc vs. LL.....	72
Figura 49. Correlación N° 20: Cc vs. LP	73
Figura 50. Correlación N° 21: Cc vs. W_{nat}	74
Figura 51. Correlación N° 22: e vs. Gc.....	75
Figura 52. Correlación N° 23: Gw vs W_{nat}	76
Figura 53. Correlación N° 24: Gw vs LP.....	77
Figura 54. Correlación N° 25: Yh in situ vs. Gw	78
Figura 55. Correlación N° 26: Yd max vs. LL - LP	79
Figura 56. Correlación N° 27: Yd max vs. LL – Pasa #200.....	80
Figura 57. Correlación N° 28: W_{opt} vs LL - LP.....	81
Figura 58. Correlación N° 29: W_{opt} vs Ga - Gw.....	82
Figura 59. Correlación N° 30: LL vs. Gw - Ga.....	83
Figura 60. Correlación N° 31: LP vs. Gw - Ga.....	84
Figura 61. Correlación N° 32: Gc vs e – Yd in situ	85
Figura 62. Correlación N° 33: CBR mayor vs. Ydmax – W_{opt}	86
Figura 63. Correlación N° 34: CBR mayor vs. Ydmax – Pasa #200.....	87
Figura 64. Composición del Tráfico.....	88
Figura 65. Excavación de calicata y toma de muestrars	240
Figura 66. Colocaión de la arena de Ottawa en el agujero	240

Figura 67. Tamizado para el ensayo granulométrico	241
Figura 68. Tamizado de suelo para la realización de ensayos	241
Figura 69. Sumersión de cilindros para el ensayo CBR	242
Figura 70. Conteo de tráfico en la vía Izamba- San Vicente	242

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo experimental tiene como objetivo determinar una correlación entre el ensayo CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, por medio de ensayos in situ y en laboratorio, permitiendo así conocer las características de los distintos suelos de las parroquias Izamba y Picaihua, obteniendo una base de datos con la finalidad de aplicar los datos obtenidos en el diseño de un pavimento flexible.

En una primera instancia se realizó una selección visual de tres vías en cada parroquia, las mismas que tuvieron una longitud promedio de 3 km aproximadamente. Se procedió a una exploración del suelo por medio de dos calicatas tanto al inicio como al final de cada vía. Se realizaron ensayos in situ como: densidad de campo con Cono y Arena, el ensayo de Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP), con la respectiva obtención de muestras.

En laboratorio se realizaron ensayos de Granulometría, Gravedad Específica y Límites de Atterberg, los mismos que permitieron caracterizar y clasificar a los suelos. Los ensayos de compactación con Proctor Modificado permitieron obtener una densidad seca máxima y un contenido de humedad óptimos para posteriormente realizar el ensayo de Relación de Soporte de California (CBR). Se procesaron y analizaron estadísticamente los datos obtenidos para determinar una correlación entre las propiedades índice y mecánicas con el ensayo de CBR, para su posterior aplicación en el diseño de pavimentos flexibles.

ABSTRACT SUMMARY

The present experimental work has as objective to determine a correlation between the CBR test and the index and mechanical properties in granular soils, through in situ and laboratory tests, thus allowing to know the characteristics of the different soils of the Izamba and Picaihua parishes, obtaining a database with the purpose of applying the data obtained in the design of a flexible pavement.

In the first instance, a three-way visual selection was made in each parish, which had an average length of approximately 3 km. A soil exploration was carried out by means of two soil pits both at the beginning and at the end of each road. In situ tests were carried out such as: field density with Cone and Sand, the Dynamic Cone Penetrometer (DCP) test, with the respective sampling.

In the laboratory, tests of Granulometry, Specific Gravity and Atterbetg Limits were performed, which allowed characterizing and classifying the soils. The compaction tests with Modified Proctor made it possible to obtain a maximum dry density and optimum moisture content to subsequently perform the California Support Ratio (CBR) test. The data obtained were processed and analyzed statistically to determine a correlation between the index and mechanical properties with the CBR test, for later application in the design of flexible pavements.

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

1.1.1. Antecedentes

Los elementos que componen la estructura de los pavimentos de calles y carreteras se ven sometidos constantemente a cargas dinámicas repetitivas de corta duración, las mismas que son impuestas por los vehículos que las transitan y ocasionan que la estructura del pavimento se fatigue en un cierto período de tiempo, el mismo que depende de las características y propiedades geomecánicas del suelo sobre el cual está apoyado. [1]

Cuando a pruebas de carga se refiere, en el campo existen diferentes opciones, como pruebas de carga dinámica que son las más usadas por abaratar costos y garantizar rapidez, al igual que existen pruebas de carga estática que a pesar de que su costo es mucho mayor en relación al anterior permiten un análisis más directo de los resultados. [2]

Los ensayos en los que se ha empleado el Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP) son extensos dado que en la actualidad es una herramienta utilizada para realizar exploraciones in situ, especialmente en el ámbito de la geotecnia, pues consiste en la penetración mediante golpes con el DCP, el mismo que depende de la densidad relativa de los materiales y el perfil de resistencia del suelo a distintas profundidades, lo cual se obtiene contando el número de golpes necesarios para penetrar una distancia determinada.

En lo que a usos viales se refiere, se han desarrollado diferentes correlaciones entre los resultados del DCP y parámetros característicos del suelo, como el Valor Soporte Relativo (CBR), el Módulo Resiliente y la Resistencia a la Compresión no confinada. [3]

En la ciudad de Ludhiana de la India se realizaron pruebas a lo largo de 8 Km de carretera con el fin de realizar una ampliación y rehabilitación del camino ya existente.

Durante el proceso se determinó que es necesario obtener una estimación del valor de CBR, pero las condiciones consideradas en laboratorio durante la ejecución de las pruebas no simulan completamente el estado ni las condiciones reales que la carretera enfrenta durante su vida útil, es por ello que los ensayos de CBR deben ser llevados a cabo después de saturar completamente los subgrados existentes, sin embargo, las muestras realizadas en laboratorio simulando las densidades in situ tienden a dar valores más altos de CBR que las obtenidas generalmente para suelos arenosos.

Debido a esas limitaciones es necesario realizar ensayos de penetración de cono dinámico DCP para poder estimar los valores de CBR siempre y cuando exista una relación adecuada entre ambos ensayos. [4]

El desarrollo de nuevas carreteras, la mejora de las carreteras existentes y las nuevas pistas son parte del auge de la infraestructura vial en la India, así como en Gujarat. Para garantizar que estas estructuras viales se encuentren óptimas condiciones, su calidad dependerán en gran medida de las características del material de la subrasante en donde su resistencia al corte es un importante factor para el pavimento de carreteras durante las etapas de diseño, construcción y servicio.

Es por ello que, para la realización de un diseño de pavimento óptimo, preciso y técnico, la representación más cercana a las características reales del material es esencial; esta técnica de estudio sería más aceptable si es simple, rápida y económica.

La prueba de Penetración Dinámica de Cono puede ser la forma más rápida y fácil de evaluar la resistencia de la subrasante. En varios lugares de Gujarat, en la India se ha llevado a cabo una investigación sobre los parámetros de resistencia para el suelo, en donde las condiciones in situ se han recreado en el laboratorio complementando el estudio con varias pruebas como Límite Líquido, Límite Plástico, CBR, PBT, UCS y DCP. Estableciendo así correlaciones empíricas entre los resultados de las pruebas utilizando el procedimiento de regresión lineal. [5]

Por todo ello, el presente estudio tiene como finalidad determinar una correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas por medio de varios ensayos tanto en

campo como en laboratorio, tratando de replicar las condiciones reales del suelo para un futuro diseño de pavimentos flexibles.

1.1.2. Justificación

El propósito de cualquier estructura es garantizar su funcionalidad y seguridad, tal es el caso de obras viales en donde las estructuras de los pavimentos son directamente proporcionales a las condiciones y características del suelo. Es por ello que resulta imprescindible determinar sus propiedades a partir de un conjunto de ensayos o pruebas establecidas precisamente para comprobar que el suelo en estudio cumpla los rangos, límites y valores estándares. [6]

Es importante considerar que las condiciones que tiene el suelo en campo y en laboratorio son diferentes, debido a que en laboratorio las condiciones ambientales son controladas, mientras que en campo existe variabilidad. Por tal motivo el contenido de humedad y el grado de compactación tiene gran influencia sobre la resistencia del suelo. [7]

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. El CBR (California Bearing Ratio) es un ensayo que determina la capacidad portante del suelo, base y sub base de un pavimento, sin embargo, su aplicación in situ resulta costosa y relativamente lenta al llevarla a cabo. [8]

Además, existe el ensayo DCP (Penetración Dinámica de Cono), el cual consiste en un instrumento diseñado para el rápido uso en pavimentos por ser ligero y portátil, permitiendo conocer las propiedades del suelo en campo de manera fácil y rápida. [9]

Las propiedades índice y mecánicas de un suelo varían entre sí dependiendo de la zona de estudio, por ello resulta imprescindible realizar ensayos de varias muestras tomadas en diferentes puntos para determinar un comportamiento más real. Ensayos como los granulométricos permiten establecer la capacidad de carga, permeabilidades altas y densidades, logrando obtener una visión general de la resistencia a corte de suelos sometidos a ciertas cargas [10].

Con estos antecedentes el fin de la presente investigación es obtener las correlaciones entre el CBR de laboratorio y las propiedades índice y mecánicas de los suelos granulares de las parroquias Izamba y Picaihua. Con esto se complementa el estudio macro de las propiedades de los suelos de las parroquias rurales del cantón Ambato, y que de esta manera la obtención del CBR sea más rápida y a un costo moderado, ya que este valor es uno de los principales factores en el diseño de un pavimento flexible.

1.1.3. Fundamentación Teórica

1.1.3.1. Identificación y clasificación de los suelos

El suelo en la naturaleza se presenta en variadas formas y estados, es por ello que tratar de clasificarlo y sistematizarlo implica un gran esfuerzo, sin embargo gracias a los estudios realizados por el Doctor Arturo Casagrande, se puede establecer que las partículas menores al tamiz N° 200 son consideradas como suelos finos en donde su comportamiento se ve regido principalmente por sus características de plasticidad, mientras que las partículas mayores a este tamiz son consideradas como suelos gruesos en donde el criterio básico de su clasificación es la granulometría. [11]

- **Suelos gruesos:**

A este grupo pertenecen las gravas (G) y las arenas (S), en donde el tamiz que los clasifica es el N° 4, si más del 50% pasa dicho tamiz se trata de arenas, caso contrario de tratará de gravas.

- Si estos suelos están bien graduados con pocos finos y limpios, sus abreviaturas serán GW y SW.
- Si estos suelos presentan el predominio de un solo tamaño, faltando así valores intermedios en su graduación, quiere decir que están mal graduados y sus abreviaturas serán: GP y SP respectivamente.
- Si la presencia de suelos finos es mayor a un 12% de la masa total del suelo, la resistencia y la relación esfuerzo-deformación del suelo se puede ver afectada, por lo tanto, se considerará como suelos con alta presencia de finos no plásticos, siendo sus iniciales GM y SM. [11]

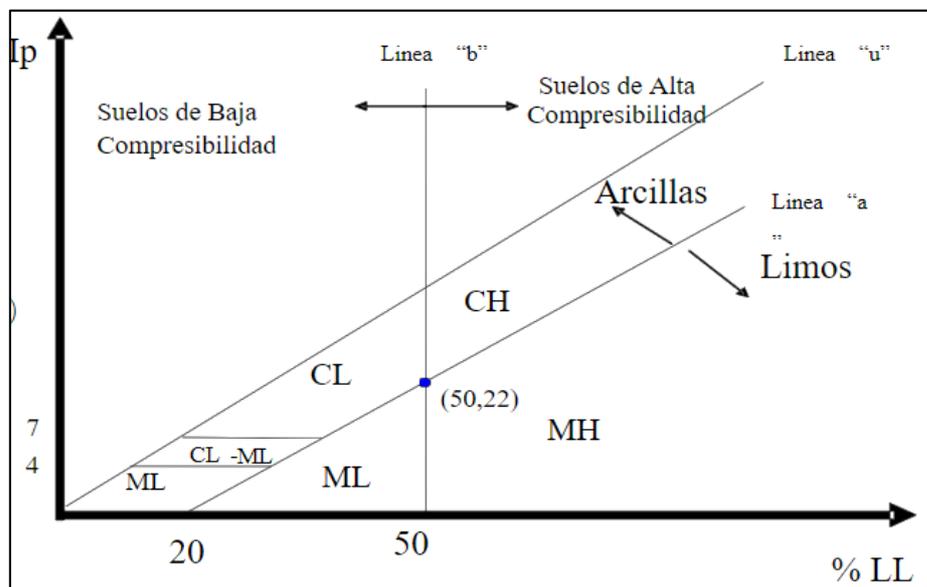
- **Suelos finos:**

Pertencen los limos inorgánicos (M), arcillas inorgánicas (C), arcillas y limos orgánicos (O). Este grupo se caracteriza por pasar el tamiz N° 200.

- Si el límite líquido es menor a 50%, estos suelos tienen baja o media compresibilidad y sus abreviaturas serán: ML, CL, OL respectivamente.
- Si el límite líquido es mayor a 50%, estos suelos tienen alta compresibilidad y sus abreviaturas serán: MH, CH, OH respectivamente. [11]

Para una correcta clasificación de los suelos finos como gruesos se creó una carta de clasificación en grupos y subgrupos de suelos AASHTO (Asociación Americana de Vías Estatales y Transporte Oficial), que poco tiempo después dicho sistema se universalizó llamándose SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

Figura 1. Carta de Plasticidad de la SUCS



Fuente: Mecánica de Suelos de Juárez Badillo

Tabla 1. Clasificación de Suelos AASHTO

Clasificación General	Materiales Granulares (35 % o menos del total pasa el tamiz No. 200)							Materiales limo-arcillosos (más del 35 % del total pasa el tamiz No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Clasificación de Grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 ^a A-7-6
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 10	50 max										
No. 40	30 max	50 max	51 min								
No. 200	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min
Características de la fracción que pasa el tamiz No. 40 Límite líquido, w_L Índice Plástico, I_p				40 max 10 max	41 min 10 max	40 max 11 min	41 min 11 min	40 max 10 max	41 min 10 max	40 max 11 min	41 min 11 min
Índice de Grupo ^b	0		0	0		4 max		8 max	12 max	16 max	20 max

Fuente: Mecánica de Suelos de Juárez Badillo

1.1.3.2. Métodos de exploración y muestreo de suelos

Para la realización de los ensayos en laboratorio o para el conocimiento de la composición del subsuelo, es necesario la obtención de muestras representativas, las mismas que pueden ser alteras, inalteradas o integrales.

Para la ejecución de este proyecto se recolectaron muestras alteradas del lugar por medio de calicatas o pozos de excavación.

- **Pozos a cielo abierto con muestra alterada**

Este tipo de sondeo resulta el más factible al momento de determinar las condiciones del subsuelo, su ejecución consiste en la excavación de un pozo de dimensiones tales que permita el ingreso de un técnico que pueda constatar y examinar el estado actual y natural del suelo. En estos pozos se pueden obtener las muestras alteradas para un posterior análisis en laboratorio, cuidando siempre que existan pérdidas mínimas o nulas de humedad, por ello es necesario colocar las muestras en frascos o bolsas. [11]

Para el presente estudio las dimensiones de las calicatas fueron de 1 metro por 1 metro y por una profundidad tal, en la que ya no se visualice un estrato vegetal, obteniendo

profundidades de 50 cm a 80 cm aproximadamente, evitando suelos en los que se hallen escombros o rellenos.

1.1.3.3. Relaciones fundamentales de los suelos

Para un manejo comprensible de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos es necesario conocer las relaciones básicas que se dan entre las distintas fases del suelo siendo estas: sólido, líquido y gaseoso.

1.1.3.3.1. Relación de vacíos

Se refiere a la relación que existe entre el volumen de vacíos con respecto al volumen de sólido. Los valores pueden variar de 0.25 para arenas muy compactas y 15 para arcillas altamente comprensibles. [11]

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad \text{Ec. 1}$$

1.1.3.3.2. Porosidad

Se refiere al valor porcentual de la relación que existe entre el volumen de vacíos y el volumen de la masa del suelo. Porcentajes bajos significarán que el suelo es muy denso y para valores altos representarán suelos con muchos vacíos y muy comprensibles. [11]

$$n(\%) = \frac{V_v}{V_m} * 100 \quad \text{Ec. 2}$$

1.1.3.3.3. Grado de saturación del agua

Es un valor porcentual obtenido de la relación entre el volumen que ocupa el agua con respecto al volumen de vacíos. Los valores pueden variar entre 0 % y 100%. Valores bajos representan suelos secos y valores altos significan suelos saturados. [11]

$$G_w(\%) = \frac{V_w}{V_v} * 100 \quad \text{Ec. 3}$$

1.1.3.3.4. Grado de saturación del aire

Es el valor porcentual en la relación entre el volumen que ocupa el aire y el volumen de vacíos de una muestra de suelo. [11]

$$G_a(\%) = \frac{V_a}{V_v} * 100 \quad \text{Ec. 4}$$

1.1.3.3.5. Densidad seca húmeda

Se refiere a la densidad del suelo cuando todos los vacíos que tiene una muestra de suelo están llenos de agua o cuando los poros de las partículas están saturados. [11]

$$\gamma_h = \frac{W_m}{V_m} \quad Ec.5$$

1.1.3.3.6. Densidad seca

Está relacionado directamente con la compactación, y representa la relación entre el peso de los sólidos y el volumen de la masa del suelo. También se puede establecer como una relación entre la densidad húmeda y el contenido de humedad. [11]

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V_m} \quad Ec.6 \quad \text{ó} \quad \gamma_d = \frac{\gamma_h}{1 + w} \quad Ec.7$$

1.1.3.4. Ensayos in situ

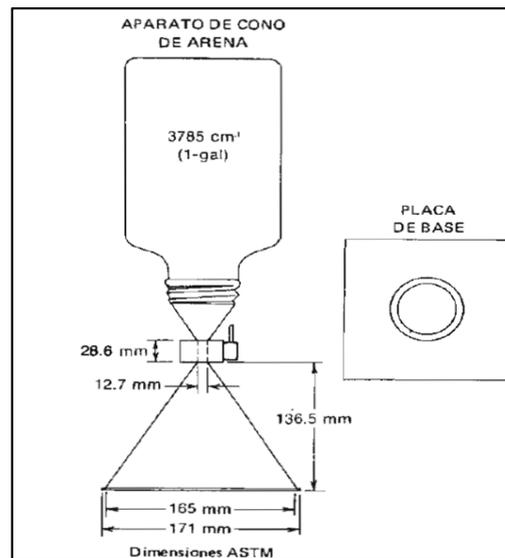
Son aquellos ensayos que se realizan en el entorno natural del suelo, pudiendo conseguir la materia en su medio natural evitando así que las muestras se alteren. Estos tipos de ensayos generalmente son más factibles gracias a su rapidez de ejecución y su bajo costo. Son considerados como un complemento para la ejecución de ensayos en laboratorio. [12]

1.1.3.4.1. Densidad de Campo con Cono y Arena

NORMA: AASHTO T 191 2014

Este ensayo se utiliza para verificar resultados en donde los criterios de compactación tienen ciertas limitaciones debido a la humedad y densidad. Consiste en realizar sobre el suelo en estudio una pequeña excavación de un hoyo, con dimensiones que pueden oscilar de 7-10 cm de profundidad, en el cual se deposita arena de Ottawa con una densidad conocida en la excavación reemplazando así el suelo extraído del hoyo, con el propósito de determinar densidades secas y húmedas in situ, para una posterior verificación en la compactación. El equipo para la realización de este ensayo consta de un frasco de plástico lleno de arena de Ottawa, con un cono metálico en un extremo el mismo que se debe apoyar sobre una placa metálica hueca en el centro para agregar la arena sobre el agujero a ensayar. [13]

Figura 2. Equipo para determinar la densidad en campo



Fuente: Manual de laboratorio de Suelos de Joseph Bowles

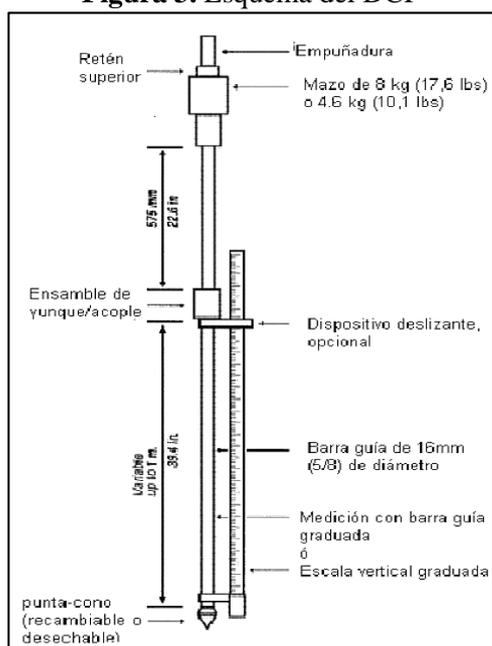
1.1.3.4.2. Ensayo del Cono Dinámico de Penetración DCP

NORMA: ASTM D 6951-03

Este ensayo tiene como fin valorar la resistencia al corte de suelos inalterados o compactados in situ, la diferenciación entre los estratos y la identificación de los mismos. Este ensayo puede ser usado para estimar el valor del ensayo CBR in situ sin la necesidad de su realización [14] .

Dentro de su instrumentación se encuentra un mazo de 8 kg que se posiciona verticalmente en el suelo por medio de barras de acero inoxidable, con una punta cónica en el extremo inferior, la misma que penetra el suelo mediante golpes continuos del mazo, simultáneamente se toman las lecturas de penetración en mm por medio de una regleta que está anclada al equipo. Es importante realizar el ensayo en superficies horizontales, generalmente para pavimentos. En el caso que se presenten suelos más densos como materiales altamente estabilizados, cementados o con gran presencia de agregados gruesos mayores al tamiz N° 50, no resulta favorable la realización de este ensayo porque existe el riesgo de un posible daño en el equipo.

Figura 3. Esquema del DCP



Fuente: Norma ASTM D 951 03

La principal característica de este ensayo es la facilidad en su ejecución, además que los datos se obtienen de manera rápida en el lugar de ejecución de la obra, sin la necesidad de atravesar por complicados y tardados procesos solo con el fin de conseguir resultados similares.

Las lecturas registradas por la penetración de la varilla y la cantidad de golpes pueden variar dependiendo el tipo de suelo y su resistencia, es así que, para materiales suaves las lecturas iniciarán inmediatamente en el primer impacto, para materiales normales será después del quinto impacto, y para materiales más resistentes será después del décimo impacto. [15]

1.1.3.5. Ensayos en laboratorio

1.1.3.5.1. Contenido de humedad

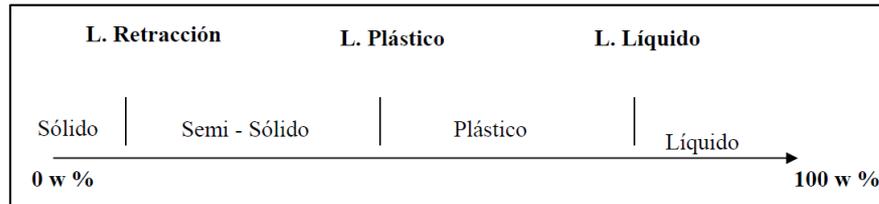
NORMA: AASHTO T 265 2015

Este ensayo es el más común y rutinario de laboratorio que consiste en determinar el porcentaje de agua presente en una muestra representativa obtenida en campo con respecto a su peso seco al horno. Es importante resaltar que al momento de extraer la muestra in situ, se la debe colocar en fundas o recipientes herméticos para evitar así una pérdida considerable de humedad [13].

1.1.3.5.2. Límites de Atterberg

Son también conocidos como los límites de consistencia y hace referencia a los diferentes estados en los que un suelo fino puede encontrarse en su entorno, dependiendo de su propia naturaleza o de la cantidad de agua que contengan, por lo tanto, sus estados pueden ser: sólido, semisólido, plástico, líquido o viscoso. [16]

Figura 4. Límites de Atterberg



Fuente: Influencia de la temperatura en el límite líquido, J. Suriol

Los límites de Atterberg junto con el análisis granulométrico, forman parte de los ensayos de identificación. Mientras que la granulometría permite cuantificar por pesos las partículas finas, los límites de Atterberg indican la calidad de estas partículas. [16]

a) Límite de Contracción

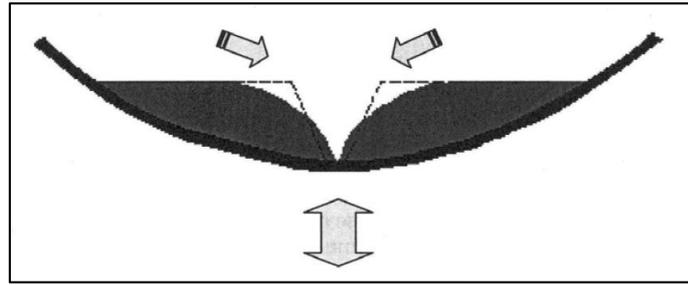
El límite de contracción es el borde entre el estado sólido y semisólido, se determina como la cantidad de agua añadida que llena los espacios vacíos en una muestra de suelo sin la disminución del volumen del suelo [16].

b) Límite Líquido

NORMA: AASHTO T 89 2013

Se define como la frontera entre el estado líquido y el estado plástico. Para su medición Arthur Casagrande desarrolló un dispositivo que lleva su nombre “Copa de Casagrande”, el cual consiste en una cuchara normalizada en la se coloca el suelo amasado con un cierto contenido de humedad y mediante un acanalador normalizado se realiza un surco dividiendo así la muestra en dos mitades, el suelo deberá fluir lo suficiente para que al haber dado por lo mínimo 25 golpes se cierre esta ranura que tiene una longitud de 13 mm [16].

Figura 5. Deslizamiento de un suelo en el Límite Líquido



Fuente: Influencia de la temperatura en el límite líquido, J. Suriol

c) Límite Plástico

NORMA: AASHTO T 90 2016

Se lo define como el contenido de humedad que contiene una muestra de suelo, el cual al formar un rollito de aproximadamente 3 mm de diámetro llegue a quebrarse o resquebrajarse, sin embargo este ensayo es algo subjetivo ya que la manipulación del rollito y el diámetro del mismo depende de la interpretación del ejecutor [13]. Por ende se puede considerar como una frontera entre los estados semisólido y plástico [16].

1.1.3.5.3. Granulometría

NORMA: AASHTO T 88 2013

La granulometría permite conocer la clase de comportamiento ingenieril, las propiedades físicas e hidráulicas que tiene un determinado suelo. Para establecer si un suelo tiene buena o mala graduación dependerá de la distribución de sus partículas y esto se consigue a través de un análisis granulométrico que consiste en pasar una muestra de suelo por medio de un grupo de tamices de mayor a menor, los mismos que tienen sus aberturas normalizadas de acuerdo a Tyler Standard, de tal manera se consigue separar dicha muestra en grupos de partículas que tiene el mismo rango de tamaños [11].

Tabla 2. Tamaño y designación de tamices ASTM

Posición	Abertura (pulg.)	Abertura (mm)	Designación tamiz	Módulo de finura
0	3/1024	0,0744 ~ 0,075	# 200	0
1	3/512	0,149 ~ 0,150	# 100	1
2	3/256	0,298 ~ 0,300	# 50	2
3	3/128	0,595 ~ 0,600	# 30	3
4	3/64	0,196 ~ 1,20	# 16	4
5	3/32	2,381 ~ 2,40	# 8	5
6	3/16	4,762 ~ 4,80	# 4	6
7	3/8	9,52 ~ 9,5	3/8"	7
8	¾	19,05 ~ 19	3/4"	8
9	3/2	38,1 ~ 38	1.5"	9
10	3	76,2 ~ 76	3"	10

Fuente: Evaluación y comparación del análisis granulométrico, O. Palacios

Los resultados de la granulometría se traducen en porcentajes de agregado retenido y agregado que pasa a través del tamiz, para un posterior análisis gráfico, obteniendo así las curvas granulométricas, compuestas en el eje de las abscisas por la abertura de tamiz y en el eje de las ordenadas el porcentaje de agregado que pasa por el tamiz correspondiente. [17]

Figura 6. Distribución Granulométrica



Fuente: Evaluación y comparación del análisis granulométrico, O. Palacios

a) Coeficiente de uniformidad

A pesar de su nombre, la relación que se presenta es lo contrario, por lo tanto, se podría considerar como un coeficiente de no-uniformidad. Dependiendo de su valor se puede establecer si la muestra ensayada es uniforme o no y si está bien graduada o no.

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad Ec. 8$$

En donde:

D_{60} : Conocido como el diámetro dimensional, representa al tamaño del grupo de partículas que constituyen el 60% que pasa de la muestra de suelo.

D_{10} : Conocido como el diámetro efectivo, representa al tamaño del grupo de partículas que constituyen el 10% que pasa de la muestra de suelo.

- Si $Cu < 3$ se trata de suelos mal graduados y uniformes.
- Si $Cu > 3$ se trata de suelos bien graduados y no uniformes. [11]

b) Coeficiente de curvatura

Dato necesario como un complemento del análisis granulométrico, su valor determina la calidad de la graduación de las partículas

$$Cu = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} * D_{10}} \quad Ec. 9$$

- Si $1 < Cu < 3$ se trata de suelos bien graduados y no uniformes.
- Si Cu se encuentra fuera del rango, se refiere a suelos mal graduados y uniformes. [11]

c) Tamaño Nominal Máximo

Se refiere a la abertura del tamiz superior en donde el porcentaje del agregado retenido acumulado es superior o igual al 15%. [17]

1.1.3.5.4. Gravedad Específica

NORMA: AASHTO T 100 2015

La gravedad específica de los sólidos del suelo se usa para calcular la densidad de los sólidos del suelo. Esto se hace multiplicando su gravedad específica por la densidad del agua a la temperatura adecuada, es decir, el frasco volumétrico mide un volumen patrón de agua a una temperatura de 20 °C, Si la temperatura del agua es mayor el volumen será levemente mayor y caso contrario si el agua tiene temperaturas menores a 20 °C, el volumen será ligeramente menor. [18]

Los errores en este ensayo suelen surgir al realizar una inadecuada desaireación de la mezcla suelo – agua, ya que el error es mínimo en el caso de haber utilizado agua común o de que la temperatura del agua no esté dentro del rango. Resulta fundamental eliminar las burbujas de aire que están atrapadas en la mezcla suelo – agua, ya que si no se lo realiza el volumen que ocupa el aire produce una variación bastante grande en el peso del picnómetro más agua (W_{bw}), lo que en consecuencia da un valor de gravedad específica mucho menor. Para evitar los errores por una mala desaireación se recomienda colocar a hervir durante 10 minutos, teniendo cuidado de que la muestra no se evapore totalmente o que el material se riegue del frasco. Este método es factible para arenas, limos y arcillas, mientras que, para suelos orgánicos se aconseja que la mezcla se hierva durante 30 minutos aumentando agua a medida que se necesite mantener el picnómetro medio lleno. Para suelos plásticos el intervalo de tiempo de aplicación del vacío puede variar entre 6 a 8 horas y de 4 a 6 horas para suelos de baja plasticidad [13].

1.1.3.5.5. Compactación de Suelos (Proctor Modificado “B”)

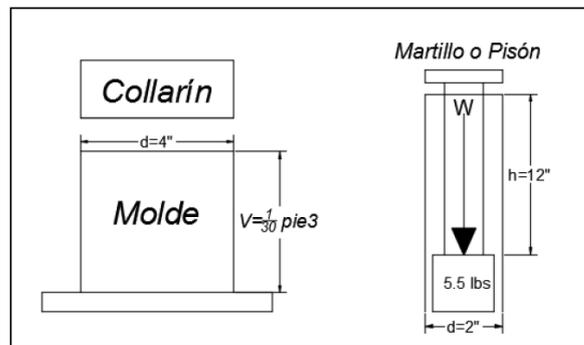
NORMA: AASHTO T 180 2018

Este ensayo radica en el aumento de la resistencia del suelo disminuyendo su capacidad de deformación mediante medios mecánicos que aumentan el peso específico del suelo reduciendo sus vacíos. Los factores más importantes que influyen en los resultados de compactación son: el contenido de agua inicial y la energía empleada en el proceso de compactación.

Durante el proceso de compactación se puede establecer que a medida que aumenta la cantidad de humedad de la muestra se obtienen valores de peso específicos secos igualmente mayores, sin embargo, al sobrepasar un cierto valor de humedad, los pesos específicos secos comenzarán a disminuir proporcionando valores erróneos en la compactación. Es por ello que para una muestra de suelo, el proceso de compactación es el adecuado cuando existe una humedad inicial óptima, obteniendo así el máximo valor de peso específico seco [11].

Este ensayo consiste en dejar caer un pisón con una energía de compactación constante desde una cierta altura con un cierto número de golpes, a través de diferentes capas, las mismas que se encuentran confinadas en un molde cilíndrico [15].

Figura 7. Molde y Pisón del ensayo Proctor



Fuente: Compactación de Suelos, Armas Noboa.

Para la ejecución de este ensayo se utilizó un pisón de 10 lb, con una altura de caída de 18", con una energía de compactación ejercida por medio de 56 golpes distribuidos en un total de 5 capas, confinadas en un cilindro con un diámetro de 15.22 cm.

a) Densidad seca máxima y Humedad Óptima

La humedad óptima W_{opt} se establece como aquella humedad en la cual el suelo por medio de un proceso de compactación y con una cierta energía de compactación alcanza su densidad máxima, es decir su mayor resistencia. A su vez el grado de compactación se representa como un porcentaje de su densidad seca. [19]

$$Gc \% = \frac{\gamma_d}{\gamma_{d_{máx}}} * 100 \quad Ec. 10$$

1.1.3.5.6. Ensayo de Relación de Soporte de California CBR

El ensayo de CBR fue creado en 1933 con el propósito de diseñar pavimentos flexibles, pues es un indicador del esfuerzo cortante o de punzonamiento en sub rasantes, sub bases y bases. La importancia de este ensayo radica en que puede ser realizado tanto en campo como en laboratorio con la desventaja de ser costoso y que conlleva largos períodos de tiempo. [20]

Una vez obtenidos los datos mencionados se procede a realizar 3 especímenes con las propiedades de humedad y densidad controladas para ser sometidas a condiciones saturadas por 4 días para recrear los estados más desfavorables, lo que supondría toda una semana para la obtención de resultados del CBR de una sola muestra de suelo.

El ensayo CBR no es una constante del suelo, por el contrario, es un indicador de resistencia al corte y su cálculo depende de 3 ensayos simultáneos que son: la determinación del contenido de humedad óptimo y determinación de la densidad máxima (obtenidas del ensayo de compactación Proctor Modificado), determinación del esponjamiento del material y por último la determinación de la resistencia a la penetración.

Durante este ensayo se pueden obtener dos resistencias a través de una superficie de contacto que son: una resistencia con respecto al corte perimetral y otra de compresión. Cuando los valores de CBR obtenidos son cercanos a 0% se refieren a suelos de calidad pobre, es decir, que no tienen una buena resistencia a esfuerzos cortantes. Por el contrario, si los valores de CBR están cercanos al 100% se refieren a suelos de mejor calidad en donde su resistencia a esfuerzos cortantes es alta. [20]

- **Penetración de 0,1'' y 0,2''**

Durante la ejecución del CBR se encuentran dos valores de penetración: 0,1'' y 0,2'' en donde la penetración de 0,1'' debe ser menor a la de 0,2''. En caso de ser mayor se debe repetir el ensayo de esa probeta. Si el valor del CBR a 0,2'' de penetración es levemente mayor a la penetración de 0,1'', entonces se registrará esta como el valor del ensayo.

Para determinar un valor de CBR se lo compara con el valor de CBR de la piedra triturada, la cual tiene un valor del 100%. Para tomar los valores de CBR de cualquier otro material será necesario realizar una regla de tres simple.

$$CBR\% = \frac{\text{carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria patrón}} * 100 \quad \text{Ec.11}$$

En donde la carga unitaria patrón dependerá de las pulgadas de penetración como se especifica en la Tabla 3.

Tabla 3 Esfuerzos requeridos para diferentes profundidades de penetración

Penetración del pistón	mm	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5
	pulg	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
Esfuerzo	MPa	6.89	10.34	13.10	15.86	17.93
	Lb/pulg ²	1000	1500	1900	2300	2600

Fuente: Ejecución de ensayos de resistencia. California Bearing Ratio. Sánchez F

1.1.3.6. Regresión y Correlación

El proceso en el cual se determina si una variable está en función de otra y si entre ambas existe alguna relación se lo conoce como un análisis de regresión y correlación.

Cuando la relación entre dos variables se las puede interpretar por medio de una ecuación matemática que genere una línea (línea de regresión) que represente la dependencia entre ambas variables se lo llamará Análisis de Regresión. Además de indicar la relación entre dos variables dependientes (causa-efecto), permite determinar el tipo de relación, como: lineal, parabólica, exponencial, logarítmica, etc. [21]

Las funciones matemáticas que representan estas relaciones pueden ser:

- Función Lineal o Recta: $Y = a + bx$
- Función Exponencial: $Y = ae^{bx}$
- Función Logarítmica: $Y = a + b * Ln(x)$

1.1.3.6.1. Factor de correlación

Es un valor porcentual que representa el grado o fuerza de la relación que existe entre las variables, se denomina como R y dependiendo del valor que tome este coeficiente se puede determinar si la correlación es excelente, buena, regular o mala.

Tabla 4. Tipos de correlación de acuerdo al valor del coeficiente R^2

TIPO DE CORRELACIÓN	VALORES DE R^2
Perfecta	$R^2 = 1$
Excelente	$0,9 < R^2 < 1$
Buena	$0,8 < R^2 < 0,9$
Regular, Aceptable	$0,6 < R^2 < 0,8$
Mala, mínima	$0,3 < R^2 < 0,6$
No hay correlación	$0 < R^2 < 0,3$

Fuente: Estadística y muestreo, Martínez C. 2012

1.1.3.6.2. Regresión y Correlación múltiple

Cuando se relacionan más de dos variables, es necesario realizar una regresión múltiple, para obtener una ecuación matemática que mejor se ajuste a la relación existente, para ello es necesario la aplicación de métodos de algebra de ecuaciones o métodos matriciales. [22]

Figura 8. Ecuaciones para la resolución de planos de regresión de mínimos cuadrados

$$\begin{aligned} \sum X_1 &= b_{1,23}N + b_{12,3} \sum X_2 + b_{13,2} \sum X_3 \\ \sum X_1X_2 &= b_{1,23} \sum X_2 + b_{12,3} \sum X_2^2 + b_{13,2} \sum X_2X_3 \\ \sum X_1X_3 &= b_{1,23} \sum X_3 + b_{12,3} \sum X_2X_3 + b_{13,2} \sum X_3^2 \end{aligned}$$

Fuente: Estadística. Murray S.

1.1.3.7. Pavimentos

Un pavimento tiene como objetivo proporcionar una superficie de rodadura estable que garantice seguridad en el tráfico y ser confortable para los vehículos que transitarán por estas vías a velocidades operacionales deseadas y ante cualquier condición climática, asegurando su correcto funcionamiento durante el lapso de su vida útil. Los pavimentos se clasifican de acuerdo al tipo de vehículos que transitarán y del volumen de tráfico [23].

Estructura de un Pavimento

Un pavimento está constituido por varias partes, pero se podría decir que consiste en una superestructura sobre una fundación, la cual debe ser el resultado de un estudio geotécnico. La superestructura está compuesta por una capa de revestimiento y una capa llamada base la cual tiene la función de absorber los esfuerzos transmitidos por los vehículos y repartirlos uniformemente a las capas subyacentes [24].

Mientras tanto, la fundación está compuesta por las capas sub-base y la subrasante. La Sub-base es aquella capa que se encarga de soportar las fuerzas transmitidas por la base, funciona como drenaje del pavimento, manteniendo bajo control los posibles cambios de volumen, elasticidad, disminuyendo así la plasticidad que puede afectar negativamente el suelo de fundación.

La subrasante es el soporte de suelo natural sobre el cual se asentará toda la estructura del pavimento, aportando de esta manera un apoyo uniforme, cuanta mayor calidad tenga esta capa el espesor del pavimento se irá reduciendo, significando un ahorro en los costos, sin reducir la calidad [24].

Diseño de un Pavimento Flexible

Este tipo de pavimento se caracteriza porque se adapta a las deformaciones del suelo sin que aparezcan tensiones adicionales. Esto se debe a que las tensiones y deformaciones que son ejercidas por cargas aplicadas por las ruedas del tráfico se distribuyen hacia las capas de revestimiento, las mismas que absorben las tensiones verticales y de compresión. Durante este proceso las deformaciones por tracción se dan en la fibra inferior del revestimiento asfáltico provocando fisuras por fatiga, debido a las constantes cargas de tráfico [23].

1.1.3.8. Análisis de tráfico (TPDA)

El diseño de un pavimento se ve influenciado principalmente por el tráfico actual que consiste en la cantidad de vehículos que transitan por una vía antes de ser mejorada, o que circulará en caso de ser nueva, con una pronosticación del tráfico en un futuro. Por ello el TPDA se encarga de la medición del volumen de tráfico promedio diario anual.

Para su medición, se contará por lo menos 4 días de la semana, días en los que esté incluido sábado y domingo durante las 24 horas con el propósito de obtener valores máximos y mínimos. El conteo de tráfico se realizará por cada sentido con el fin de conseguir el volumen de tráfico actual que pasa por esa vía. [25]

1.1.3.9. Factor de hora pico

El volumen de tráfico que circula por una vía, no siempre es constante, y sus variaciones dependen del tipo de vía, su localización, etc. Durante el transcurso de un día se pueden registrar períodos de tiempo en lo que el volumen de tráfico aumenta considerablemente y otros donde decrece. Cuando estos aumentos de tráfico se dan en períodos cortos dentro de una hora específica, recibe el nombre de factor de hora de máxima demanda o de hora pico FHP y se determina como la relación entre el volumen horario pico y el volumen máximo dentro de la hora pico, generalmente medido cada 15 minutos.

$$FHP = \frac{VHP}{4*(V15_{max})} \quad Ec. 12$$

FHP es un indicador de cómo está distribuido el flujo dentro de la hora máxima, si $FHP > 1$, significa que existe un flujo vehicular uniforme y constante, si $FHP < 1$, representa la concentración de flujos máximo en períodos cortos dentro de la hora pico. [26]

1.1.3.10. Porcentaje de la trigésima hora

El valor del tránsito horario utilizado en el diseño debe ser el de la 30^{va} hora, porque en esta hora el volumen horario que se presenta en un punto del carril o sección de la vía va a ser el mayor de todo el año. [26]

Para carreteras rurales con un flujo de tránsito promedio, la 30^{va} hora se aproxima a un 15% del TPDA. [27]

1.1.3.11. Tráfico futuro

Para carreteras que van a ser mejoradas o vías nuevas, no se puede ocupar en el diseño el tráfico que actualmente transita, sino debe considerarse el nuevo volumen de tráfico que puede ser atraído, generado o desarrollado con la ejecución de estas nuevas obras.

Su valor depende de los años para los cuales esté proyectado el diseño con un cierto valor de índice de crecimiento vehicular. [27]

$$Tf = Ta * (1 + i)^n \quad \text{Ec. 13}$$

Donde:

Tf= tráfico futuro.

Ta= Tráfico actual, siendo este a su vez la sumatoria de los tráficos atraído, generado y desarrollado.

i= índice de crecimiento.

n= número de años.

Tabla 5. Tasa de crecimiento de tráfico

TASA DE CRECIMIENTO DE TRAFICO			
PERIODO	LIVIANOS	BUSES	PESADOS
2010-2015	4.47	2.22	2.18
2015-2020	3.97	1.97	1.94
2020-2025	3.57	1.78	1.74
2025-2030	3.25	1.62	1.58

Fuente: Las condiciones de la vía La Saquea-Guaguayme, Yugcha. E

a) Tráfico generado

Son aquellos vehículos, transporte público o medio de transporte que no circularían si no existiera la nueva vía. Son aquellos viajes que se realizan solo porque se dieron las mejoras o construcción de la nueva vía. El tránsito generado se le asigna un porcentaje de la tasa de incremento del 20% del tránsito actual, con una aparición de 1 a 2 años después de que la nueva carretera haya sido puesta a disposición del público. [25]

b) Tráfico atraído

También conocido como tráfico desviado, es aquel que llega a la nueva carretera por ciertas condiciones como embotellamientos, saturaciones, accidentes o cierres temporales de vías existentes aledañas, genera que el tráfico atraído de la nueva vía sea mucho mayor por efectos en el ahorro de tiempo, distancia o costo. [26]

c) Tráfico desarrollado

Con la generación de la nueva vía, las zonas dentro de área de influencia, experimentan una mejora o desarrollo y este tráfico solo incrementará con el paso del tiempo y continuará actuando por muchos años después de que la carretera haya sido inaugurada. Se expresa como un 5% del tráfico actual. [26]

1.1.3.12. Período de diseño

Se expresa como tiempo escogido al iniciar el proyecto, tiempo que determinará las propiedades del pavimento, el nivel de servicio, los costos entre otros. Usualmente se toma como un tiempo promedio de 20 años, dependiendo del tipo de carretera se establece un cierto período de diseño y esto afectará a las futuras rehabilitaciones y mejoramientos, con el propósito de alargar la vida útil del paquete estructural. [23]

Tabla 6. Períodos de diseño de acuerdo al tipo de carretera

Tipo de Carretera	Periodo de Diseño (Años)
Urbana de tránsito elevado.	30 – 50
Interurbana de tránsito elevado	20 – 50
Pavimentada de baja intensidad de tránsito	15 – 25
De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava	10 – 20

Fuente: AASHTO, Guía para el diseño de pavimentos, 1993

1.1.3.13. Ejes equivalentes acumulados según el período de diseño (W18)

Los pavimentos se diseñan para que resistan un cierto número de cargas, mientras dure su período de vida útil. El tráfico al estar expuesto a una gran cantidad de pesos de diferentes tipos de vehículos, la AASHTO ha tomado el peso equivalente de 8.2 ton o 18kips, el cual producirá el mismo daño para cualquier composición de tráfico, aclarando que el flujo de tráfico, la composición del pavimento y la deformación en cada tramo de la vía son diferentes. [24]

$$W18 = Ta * FD * 365 \quad Ec.14$$

El valor W18 de diseño dependerá también del número de carriles que exista por sentido. Por ejemplo, si en una carretera existe un carril por sentido el valor a tomar será el 100%.

Tabla 7. Factor de distribución por carril

No. carriles en cada dirección	Porcentaje de ejes simples equivalentes de 18 kips en el carril de diseño (F_c)
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4 ó más	50 – 75

Fuente: AASHTO, Guía para el diseño de pavimentos, 1993

1.1.3.14. Nivel de Confiabilidad R

El nivel de confiabilidad depende del uso que va a recibir el pavimento. Es decir, si el nivel de confiabilidad es alto supone pavimentos que soportarán alta afluencia de tráfico y por lo tanto debe durar más tiempo, su ejecución resulta cara, pero los costos en el mantenimiento serán menores. Si el nivel de confiabilidad es bajo supone pavimentos económicos, pero con altos costos en mantenimientos. Por ello se han establecido valores óptimos en los niveles de confiabilidad. [24]

Tabla 8. Niveles de confiabilidad de acuerdo al tipo de camino

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona Rural
Rutas interestatales y autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Fuente: AASHTO, Guía para el diseño de pavimentos, 1993

1.1.3.15. Desviación Estándar Normal Z_r

Es el grado de seguridad que puede ofrecer un pavimento de que al finalizar su período de vida útil éste se encuentra aún en buenas condiciones, por ende, depende del nivel de confiabilidad. [24]

Tabla 9. Relación de confiabilidad y el valor Zr

Confiabilidad, R (%)	Desviación Estándar Normal, 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
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Fuente: AASHTO, Guía para el diseño de pavimentos, 1993

1.1.3.16. Desviación Estándar Global So

Es un valor que considera los posibles cambios que se puedan dar en el comportamiento del pavimento o en el cálculo del tránsito futuro. [28]

Tabla 10. Desviación Estándar según el tipo de pavimento

Valor de So	Tipos de Pavimento
0.30 - 0.40	Pavimentos rígidos
0.40 - 0.50	Pavimentos flexibles

Fuente: AASHTO, Guía para el diseño de pavimentos, 1993

1.1.3.17. Módulo de Resiliencia Mr

Para el diseño de los espesores de un paquete estructural es importante caracterizar los materiales de la subrasante y esto se logra a través del módulo de resiliencia o de elasticidad. Para una mayor facilidad en el cálculo, se han establecido correlaciones entre el módulo de resiliencia y el CBR de la subrasante. [23]

- Cuando el CBR de la subrasante es menor o igual 7.2%

$$Mr = 1500 * CBR \quad Ec. 15$$

- Cuando el CBR de la subrasante es mayor a 7.2% y menor a 20%

$$Mr = 3000 * CBR^{0.65} \quad Ec. 16$$

- Cuando el CBR de la subrasante es mayor a 20%

$$Mr = 4.326 * \ln(CBR) + 241 \quad Ec. 17$$

1.1.3.18. Índice de Servicialidad PSI

Es la capacidad que tiene un pavimento de servir al tipo de tráfico para el cual fue diseñado en un principio, sus valores varían de 0 a 5, en donde valores bajos demuestran que el pavimento está en pésimas condiciones y valores altos representan condiciones perfectas. La servicialidad inicial depende de las condiciones de construcción y del diseño como tal, mientras que la servicialidad final dependerá de la categoría de la vía y de los mantenimientos ejecutados. [24]

Tabla 11. Índice de Servicialidad

Servicialidad Inicial	Pavimentos rígidos	4.5
	Pavimentos flexibles	4.2
Servicialidad Final	Camino importantes	2.5
	Camino de menor tránsito	2.0

Fuente: AASHTO, Guía para el diseño de pavimentos, 1993

1.1.3.19. Número Estructural (SN)

El número estructural es un valor adimensional que se define como la resistencia que requiere la estructura de un pavimento y que se encuentra en función de una serie de factores y condiciones de la subrasante, base, sub base, cargas equivalentes y servicialidad. Su cálculo consiste en un proceso iterativo en donde se estima un valor de SN inicial hasta que ambos lados de la ecuación se igualen. [28]

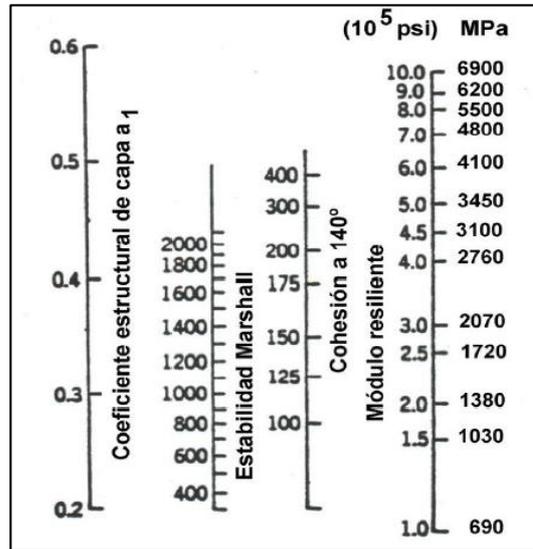
$$\log W_{18} = Z_R S_O + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log(\Delta PSI)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log M_R - 8.07 \quad Ec. 18$$

1.1.3.20. Coeficiente Estructural de la Carpeta Asfáltica (a1)

Los coeficientes estructurales dependen de las características de los materiales usados en cada una de las capas que conforman la estructura del pavimento. Estos coeficientes representan en forma general la capacidad que tiene cada material de resistir las cargas actuantes en el pavimento [29]. En el siguiente nomograma, por medio de la

estabilidad Marshall o el módulo de elasticidad de la mezcla asfáltica se puede obtener el valor de a_1 .

Figura 9. Nomograma para estimar el coeficiente estructural de la carpeta asfáltica

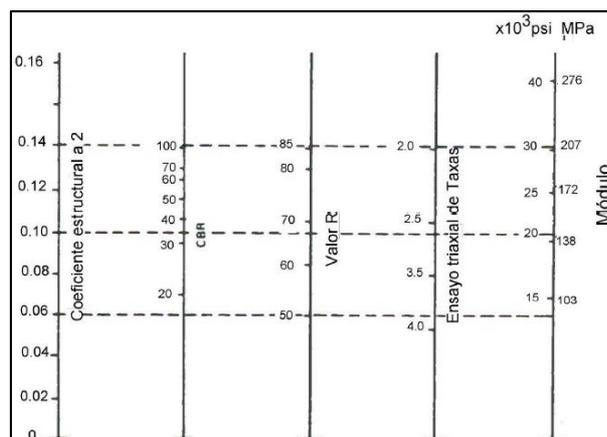


Fuente: Diseño de pavimentos con el método AASHTO 93

1.1.3.21. Coeficiente Estructural de la Base (a_2)

Para encontrar a_2 es necesario conocer el valor de CBR de la base a utilizar y éste dependerá de la calidad de los agregados, la norma MOP-001-F 2002 propone un valor mínimo CBR para bases del 80%.

Figura 10. Nomograma para estimar el coeficiente estructural de la base

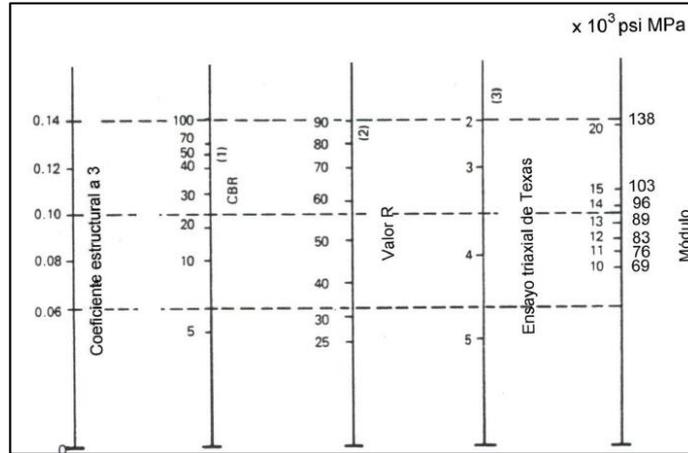


Fuente: Diseño de pavimentos con el método AASHTO 93

1.1.3.22. Coeficiente Estructural de la Sub Base Granular (a3)

Para encontrar a3 es necesario conocer el valor de CBR de la sub base a utilizar y ésta dependerá de la calidad de los agregados, la norma MOP-001-F 2002 propone un valor mínimo CBR para sub bases del 30%.

Figura 11. Nomograma para estimar el coeficiente estructural de la sub base



Fuente: Diseño de pavimentos con el método AASHTO 93

1.1.3.23. Coeficientes de Drenaje (m2, m3)

La norma AASHTO propone un ajuste de los coeficientes estructurales dependiendo de la calidad de drenaje de las capas de base (m2) y sub base (m3) en el comportamiento del futuro pavimento. Para determinar el porcentaje en el cual el pavimento estará expuesto a niveles de humedad se toma en consideración la información de la humedad regional. [28]

Tabla 12. Determinación de coeficientes m2, m3 de acuerdo a la calidad de drenaje

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	1.25-1.20	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10
Bueno	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00
Regular	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90
Pobre	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80
Muy pobre	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80-0.70	0.70

Fuente: Experimento vial de la AASHTO y guías de Diseño AASHTO, Corredor G.

1.1.3.24. Espesores (D1, D2, D3)

Un pavimento está conformado por un grupo de capas, en donde cada capa debe ser diseñada de tal manera que resista los esfuerzos verticales producidos por el paso del tránsito vehicular sin que se deformen permanentemente [28]. Para el cálculo de los espesores mínimos de cada capa la AASHTO 93, propone las siguientes ecuaciones:

$$D_{1 \text{ rodadura}} = \frac{SN_1 \text{ rodadura}}{a_1} \quad \text{Ec. 19}$$

$$D_{2 \text{ base}} = \frac{SN_2 \text{ base} - SN_1 \text{ rodadura}}{a_2 * m_2} \quad \text{Ec. 20}$$

$$D_{3 \text{ sub base}} = \frac{SN_3 \text{ sub base} - (SN_1 \text{ rodadura} + SN_2 \text{ base})}{a_3 * m_3} \quad \text{Ec. 21}$$

Resulta en muchos casos impráctico colocar espesores que resulten menores al mínimo, sin embargo, en la misma AASHTO se propone espesores mínimos recomendados que están en función del tráfico, determinando capas que tengan espesores mínimos garantizando estabilidad y cohesión adecuadas. [28]

Tabla 13. Espesores mínimos para capa de concreto asfáltico y base en función del tráfico esperado

Cargas equivalentes (período diseño)	Espesor mínimo (cm)	
	Mezcla asfáltica (todas las capas)	Base y/o sub- Base granular
< 50.000	2,5 (*)	10,0
50.000 - 150.000	5,0	10,0
150.000 - 500.000	6,25	10,0
500.000 - 2.000.000	7,5	15,0
2.000.000 - 7.000.000	8,75	15,0
> 7.000.000	10,0	15,0

(*) o tratamiento superficial, según tipo de vía

Fuente: Experimento vial de la AASHTO y guías de Diseño AASHTO, Corredor G.

1.1.4. Hipótesis

1.1.4.1. Hipótesis Alternativa

Se puede establecer una correlación entre el CBR de laboratorio y las propiedades índice y mecánicas para suelos granulares de las parroquias de Izamba y Picaihua. Cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.

1.1.4.2. Hipótesis Nula

No se puede establecer una correlación entre el CBR de laboratorio y las propiedades índice y mecánicas para suelos granulares de las parroquias de Izamba y Picaihua. Cantón Ambato. Provincia de Tungurahua

1.2. Objetivos:

1.2.1. Objetivo General

Determinar la correlación entre el CBR de laboratorio y las propiedades índice y mecánicas de los suelos granulares de las Parroquias Izamba y Picaihua del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades índice y mecánicas de los suelos granulares de las parroquias Izamba y Picaihua del cantón Ambato.
- Obtener las correlaciones experimentales entre las propiedades índice y mecánicas y el CBR de laboratorio para los suelos estudiados.
- Obtener la correlación experimental entre el factor DCP y el CBR de laboratorio para los suelos estudiados.
- Aplicar los valores de las correlaciones obtenidas en el diseño de un pavimento flexible.
- Realizar una zonificación general de los diferentes tipos de suelo de las Parroquias Izamba y Picaihua.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

2.1. Nivel o tipo de investigación

El proyecto presentado es de carácter experimental y se lo realizó bajo los siguientes niveles de investigación.

2.1.1. Investigación Exploratoria

Para la recolección de muestras, fue necesario la identificación y selección de los sitios adecuados para la realización de calicatas, con el fin de ejecutar ensayos en laboratorio de las propiedades índice y mecánicas de las muestras tomadas

2.1.2. Investigación Experimental

La base del presente trabajo es la experimentación porque al realizar una recolección de muestras en distintas zonas de las parroquias Izamba y Picaihua, se procede con la ejecución de varios ensayos en laboratorio, con el fin de obtener resultados coherentes y poder realizar distintas correlaciones entre las propiedades de los suelos estudiados.

2.1.3. Investigación Correlacional

Al obtener los resultados de los ensayos realizados, se proponen correlaciones entre las propiedades índice, mecánicas y CBR de laboratorio, para entender y evaluar la relación e influencia de cada variable que al correlacionarse entre sí pueden llegar a un resultado en común de forma directa e indirecta.

2.1.4. Investigación Explicativa

Al encontrar correlaciones entre las distintas propiedades del suelo, se propone una interpretación para que de esta manera se pueda entender cuál es la relación que se estableció entre las variables empleadas.

2.2. Población y Muestra

- **Población**

La población es todo el conjunto de suelos granulares existentes en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, en donde las zonas estudiadas fueron de las parroquias Izamba y Picaihua.

- **Muestra**

Para la ejecución de los ensayos se recolectaron en total 12 muestras de suelos de las parroquias Izamba y Picaihua. Todas las muestras fueron tomadas de lugares aledaños a una vía seleccionada con anterioridad, la ubicación geográfica y el tipo de suelo de cada muestra se detalla a continuación.

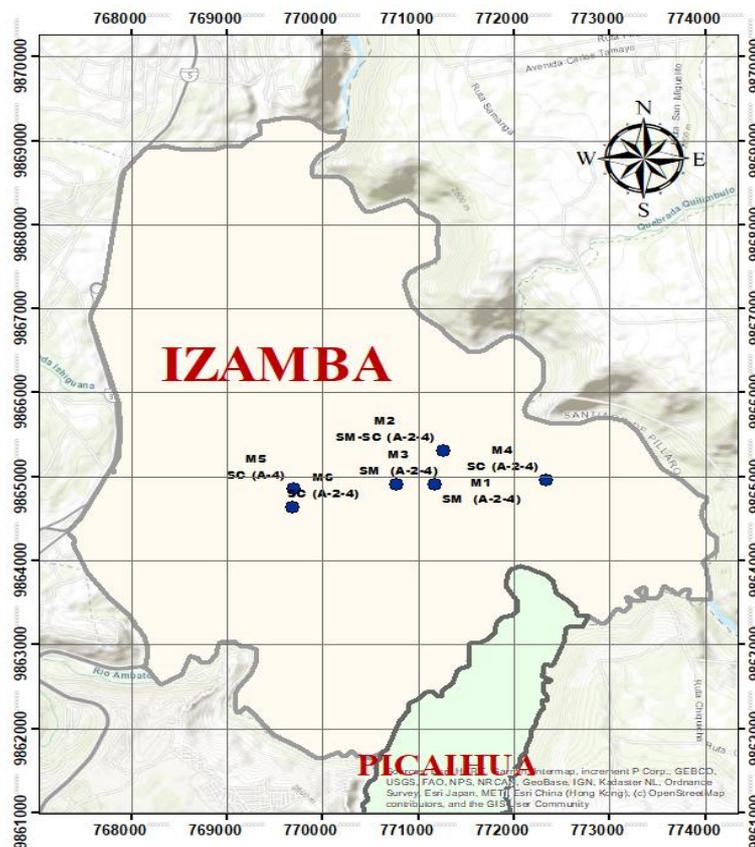
Tabla 14. Coordenadas geográficas y tipo de suelo en la parroquia de Izamba

#	NOMBRE	Nº MUESTRA	COORDENADAS	
1	Izamba - Urb. Aeropuerto	M1	771172 E	9864908 S
		M2	771258 E	9865306 S
2	Izamba - San Vicente	M3	770775 E	9864907 S
		M4	772343 E	9864965 S
3	Izamba - Viña Loma	M5	769702 E	9864858 S
		M6	769714 E	9864861 S

#	NOMBRE	Nº MUESTRA	SUCS	AASHTO
1	Izamba - Urb. Aeropuerto	M1	SM	A-2-4
		M2	SM-SC	A-2-4
2	Izamba - San Vicente	M3	SM	A-2-4
		M4	SC	A-2-4
3	Izamba - Viña Loma	M5	SC	A-4
		M6	SC	A-2-4

Autor: Vanessa Amaya

Figura 12. Ubicación geográfica de muestras en la parroquia Izamba



Autor: Vanessa Amaya

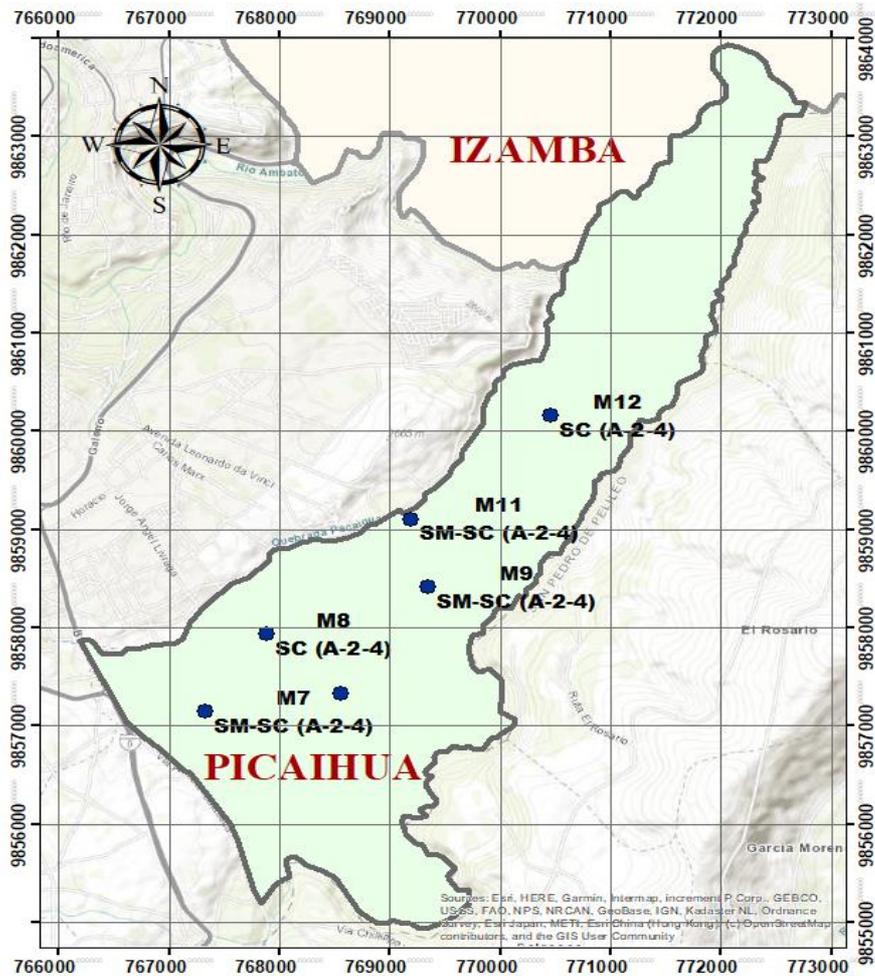
Tabla 15. Coordenadas geográficas y tipo de suelo en la parroquia de Picaihua

#	NOMBRE	Nº MUESTRA	COORDENADAS	
4	Picaihua - 3 Juanes	M7	767319 E	9857141 S
		M8	767875 E	9857933 S
5	Picaihua - Caserío 10 de Agosto	M9	769342 E	9858412 S
		M10	768551 E	9857331 S
6	Picaihua - Sigsipamba	M11	769186 E	9859102 S
		M12	770456 E	9860157 S

#	NOMBRE	Nº MUESTRA	SUCS	AASHTO
4	Picaihua - 3 Juanes	M7	SM-SC	A-2-4
		M8	SC	A-2-4
5	Picaihua - Caserío 10 de Agosto	M9	SM-SC	A-2-4
		M10	SM-SC	A-2-4
6	Picaihua - Sigsipamba	M11	SM-SC	A-2-4
		M12	SC	A-2-4

Autor: Vanessa Amaya

Figura 13. Ubicación geográfica de muestras en la parroquia Picaihua



Autor: Vanessa Amaya

2.3. Materiales y equipos

Tabla 16. Materiales y equipos empleados

ENSAYOS	MATERIALES	EQUIPOS	NORMA
POZO A CIELO ABIERTO	Muestras in situ	Pala Pico Barra Flexómetro	AASHTO T 87-70
DENSIDAD DE CAMPO (Método del Cono y Arena de Ottawa)	Muestras in situ	Cono Cinzel Cuchareta Placa metálica Balanza Clavos Martillo	AASHTO T 191 2014
CONO DINÁMICO DE PENETRACIÓN DCP	Muestras in situ	Equipo DCP Libreta de anotación	ASTMD 6951-03
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS	50 gr de suelo que pasa tamiz # 40	Tamiz #4 Mortero de porcelana Pistillo de caucho Picnómetro Embudo Termómetro Recipiente metálico Pipeta Baño Maria	AASHTO T 100 2015
GRANULOMETRÍA	Muestra cuarteada	Tamizadora Juego de Tamices Brocha Recipiente	AASHTO T 88 2013
LÍMITE LÍQUIDO (COPA DE CASAGRANDE)	150 gr de suelo que pasa tamiz # 40	Copa Casagrande Espátula Acanalador Recipientes de aluminio	AASHTO T 89 2013
LÍMITE PLÁSTICO	150 gr de suelo que pasa tamiz # 40	Placa de vidrio Fuente de mezclado Calibrador pie de rey	AASHTO T 90 2016
PRÓCTOR MODIFICADO TIPO D	18 kg de suelo que pasa el tamiz # 4	Bandeja metálica cuadrada Martillo de compactación Molde Ø 6" con extensión y Probeta graduada Palustre Regleta Metálica	AASHTO T 180 2018
CALIFORNIA BEARING RATIO CBR	18 kg de suelo que pasa el tamiz # 4	MULTISPEED 34-V1172	AASHTO T 193 2013

Fuente: Vanessa Amaya

2.4. Métodos

2.4.1. Plan de recolección de datos

Tabla 17. Plan de recolección de datos

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
¿Para qué?	Correlacionar las propiedades índices y mecánicas de diferentes suelos con su respectivo valor de CBR obtenido en laboratorio.
¿A quiénes?	A la comunidad educativa y profesionales de Ingeniería Civil.
¿Sobre qué aspectos?	Las propiedades de los suelos obtenidas mediante los diferentes ensayos de campo y laboratorio, así como el valor del CBR obtenido del ensayo de relación de soporte de California.
¿Quién?	La Investigadora.
¿Cuándo?	Ensayos de campo del 17 de junio al 24 de junio. Ensayos de laboratorio del 01 de julio al 30 de septiembre. Procesamiento y análisis de información desde octubre a noviembre.
¿Dónde?	Parroquias Izamba y Picaihua para la toma de muestras y ensayos in situ. Laboratorio de Ensayos de Materiales y Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
¿Técnicas de Recolección?	Se retira la capa vegetal y se procede a realizar el ensayo DCP bajo la norma ASTM D 6951-03 y la Densidad de Campo por el método de Cono y Arena bajo la norma AASHTO T 191, ambos ensayos realizados in situ. Posterior a ello se toma la muestra de suelo aproximadamente 50 kg, esto para los ensayos de laboratorio. La muestra de suelo es pasada a través del tamiz rectangular # 4 y colocada en la bandeja para su secado. Para el análisis granulométrico se toma una muestra representativa de suelo, la misma que debe estar totalmente seca y se la coloca en la tamizadora con el juego de tamices en forma descendente como lo establece la norma AASHTO T 88 2013. Los límites de Atterberg son realizados bajo las normas AASHTO T 89 2013 y AASHTO T 90 2016, la gravedad específica bajo la norma AASHTO T 100 2015, los ensayos mencionados anteriormente requieren una muestra de suelo que pase el tamiz #40. En la determinación del contenido óptimo de humedad es necesario mínimo cuatro puntos, tres de ellos deberán generar un pico y el otro menor al máximo, esto mediante la norma AASHTO T 180 2018 del ensayo del Proctor Modificado, este contenido de humedad es utilizado para realizar el ensayo de relación de soporte de California (CBR) este último normado mediante AASHTO T 193 2013

Fuente: Vanessa Amaya

2.4.1.1. Ensayos Realizados en Campo

- **Densidad de Campo, método del cono y arena**

Figura 14. Ejecución del ensayo de densidad de campo



Fuente: Vanessa Amaya

- **Ensayo DCP**

Figura 15. Ejecución del ensayo DCP en el interior de una calicata



Fuente: Vanessa Amaya

Figura 16. Lectura de las profundidades en la penetración en mm



Fuente: Vanessa Amaya

2.4.1.2. Ensayos Realizados en laboratorio

- **Granulometría**

Figura 17. Tamizado de las muestras



Fuente: Vanessa Amaya

Figura 18. Pesaje del suelo retenido en cada tamiz



Fuente: Vanessa Amaya

- **Gravedad específica**

Figura 19. Toma de temperatura del suelo y agua en el ensayo de gravedad específica



Fuente: Vanessa Amaya

- **Límite líquido**

Figura 20. Toma de muestras para el contenido del límite líquido a los 15 golpes



Fuente: Vanessa Amaya

- **Límite plástico**

Figura 21. Elaboración de rollito de 3 mm de espesor para el límite plástico



Fuente: Vanessa Amaya

Figura 22. Pesaje de las muestras para el límite plástico



Fuente: Vanessa Amaya

- **Ensayo de compactación Proctor Estándar tipo B.**

Figura 23. Preparación de muestra para el ensayo Proctor Modificado



Fuente: Vanessa Amaya

Figura 24. Pesaje de las muestras compactadas más cilindro



Fuente: Vanessa Amaya

- **Ensayo de Relación de soporte de California CBR**

Figura 25. Aplicación de carga en la máquina de compresión CBR



Fuente: Vanessa Amaya

Figura 26. Sumersión de cilindros compactados en la cámara de curado



Fuente: Vanessa Amaya

Figura 27. Medición del esponjamiento a las 24 horas



Fuente: Vanessa Amaya

2.4.2. Plan de Procesamiento y Análisis de datos

2.4.2.1. Plan de procesamiento de datos

Los datos recogidos de los distintos ensayos realizados in situ y en laboratorio serán tabulados de manera ordenada y entendible haciendo uso del software Excel, con el que el objetivo de que el proceso de correlacionar las distintas propiedades físicas, mecánicas y CBR resulte más sencillo.

Las correlaciones que se utilizarán serán aquellas que mayor valor del coeficiente de correlación presente, teniendo como mínimo el 50%. Las correlaciones obtenidas serán de dos y tres variables con su respectivas gráficas y ecuaciones, las mismas que pueden variar entre lineal, logarítmico, potencial y exponencial, de acuerdo al método que mejor ajuste proporcione.

2.4.2.2. Plan de Análisis de datos

Con los datos obtenidos se procederá a analizar cuáles son las correlaciones que presentan un mayor porcentaje de correlación, para que de esta manera se pueda realizar cuatro diseños de pavimentos flexibles en los cuales constarán ciertos valores de CBR obtenidos mediante las ecuaciones de correlaciones establecidas anteriormente.

Finalmente se establecerán conclusiones y recomendaciones del trabajo experimental realizado.

Correlación de tres variables – Modelo Lineal

Tabla 18. Correlación de tres variables por medio de mínimos cuadrados- Método lineal

	A	B	C						
#	X	Y	Z	XZ	YZ	XY	X ²	Y ²	Z ²
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
Σ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	X	Y	Z	XZ	YZ	XY	X ²	Y ²	Z ²

A = Variable dependiente

B = Variable dependiente

C = Variable independiente

Ecuaciones para la resolución por mínimos cuadrados.

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

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

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

La resolución de las ecuaciones se hará con la realización de una matriz inversa obteniendo los coeficientes a_0 , a_1 , a_2 , con los cuales se podrán obtener la ecuación que mejor represente la correlación entre las tres variables.

$$C = a_0 + a_1 * A + a_2 * B$$

Correlación de tres variables – Modelo Exponencial

Tabla 19. Correlación de tres variables por medio de mínimos cuadros- Método Exponencial

	A	B	C							
#	X	Y	Z	Z'=Ln(x)	XZ'	YZ'	XY	X^2	Y^2	Z'^2
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
Σ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

A = Variable dependiente

B = Variable dependiente

C = Variable independiente

Ecuaciones para la resolución por mínimos cuadrados.

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

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

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

La resolución de las ecuaciones se hará con la realización de una matriz inversa obteniendo los coeficientes a_0 , a_1 , a_2 , con los cuales se podrán obtener la ecuación que mejor represente la correlación entre las tres variables.

$$C = a_0 + e^{(a_1 * A)} + e^{(a_2 * B)}$$

Correlación de tres variables – Modelo Logarítmico

Tabla 20. Correlación de tres variables por medio de mínimos cuadrados- Método logarítmico

	A	B	C							
#	X	Y	Z	X'=log(x)	X'Z	YZ	X'Y	X'^2	Y^2	Z^2
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
Σ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

A = Variable dependiente

B = Variable dependiente

C = Variable independiente

Ecuaciones para la resolución por mínimos cuadrados.

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

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

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

La resolución de las ecuaciones se hará con la realización de una matriz inversa obteniendo los coeficientes a_0 , a_1 , a_2 , con los cuales se podrán obtener la ecuación que mejor represente la correlación entre las tres variables.

$$C = a_0 + a_1 * \text{Log}(A) + a_2 * B$$

Correlación de tres variables – Modelo Potencial

Tabla 21. Correlación de tres variables por medio de mínimos cuadrados- Método Potencial

	A	B	C									
#	X	Y	Z	X'=log(x)	Y'=log(y)	Z'=log(z)	X'Z'	Y'Z'	X'Y'	X'^2	Y'^2	Z'^2
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
Σ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

A = Variable dependiente

B = Variable dependiente

C = Variable independiente

Ecuaciones para la resolución por mínimos cuadrados.

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

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

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

La resolución de las ecuaciones se hará con la realización de una matriz inversa obteniendo los coeficientes a_0 , a_1 , a_2 , con los cuales se podrán obtener la ecuación que mejor represente la correlación entre las tres variables.

$$C = a_0 + A^{(a_1)} + B^{(a_2)}$$

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados.

Después de los diferentes ensayos realizados tanto in situ como en laboratorio de las 12 muestras tomadas en campo se han obtenido los siguientes rangos de resultados:

- La humedad natural de los suelos analizados varía entre 2% al 20%.
- Se encontraron suelos con poca o nula presencia de gravas, en donde los porcentajes oscilaban entre el 0 % y el 0.56%.
- Las arenas se encuentran en predominancia en las muestras, con valores entre 60% al 96 %.
- El porcentaje de finos varía desde el 3% al 38 %.
- Los valores de coeficiente de uniformidad varían entre 2 al 18
- El coeficiente de curvatura presenta valores entre el 0.30 al 1.90.
- El tamaño nominal máximo de las partículas oscila entre 0.40 mm a 5 mm.
- Los valores de límite líquido varían entre 18% al 28 %.
- El límite plástico varía entre 17% y 26%.
- Los valores para el índice plástico se encuentran ente 0.3 y 3.
- La gravedad específica presenta valores entre 2.123 y 2.738.
- De acuerdo a los valores anteriormente especificados, se determinó que los suelos estudiados pertenecen a las arenas limosas (SM) y arenas arcillosas (SC) de baja plasticidad, de acuerdo a la clasificación establecida en la carta de plasticidad SUCS, presentándose en algunos casos suelos arenosos limosos con presencia de arcilla (SM-SC).
- De acuerdo a la clasificación propuesta por la AASHTO, los suelos se encuentran entre los materiales granulares, correspondientes a arenas limosas y arcillosas (A-2-4), encontrándose una concordancia con respecto a la clasificación de los suelos de acuerdo a la carta de plasticidad de la SUCS.
- Por medio de la realización del ensayo densidad de campo con cono y arena, se obtuvieron valores para la relación de vacíos de 0.64% al 1.07%.
- Los porcentajes de porosidad de los suelos analizados oscilan entre 38% y 52%.

- El grado de saturación del agua presenta valores desde el 9% al 85%, indicando que los suelos ensayados estuvieron en su mayoría saturados debido a las condiciones climáticas.
- El grado de saturación del aire tiene valores entre 15% y 91%.
- La densidad húmeda in situ tiene valores entre 1.38 gr/cm³ y 1.80 gr/cm³.
- La densidad seca in situ tiene valores entre 1.28 gr/cm³ y 1.62 gr/cm³.
- Por medio del ensayo de proctor modificado tipo B, se obtuvieron los rangos de valores para la humedad óptima y densidad seca máxima, las mismas que oscilan entre 13% - 20% y 1.550 gr/cm³ - 1.685 gr/cm³ respectivamente.
- El grado de compactación de las muestras ensayadas en laboratorio presentan valores entre 78% y 99%.
- Con la realización del ensayo CBR se obtuvieron valores para 0.1'' y 0.2'' de penetración, de los cuales se han tomado como referencia el CBR mayor, valores que oscilan entre 12% al 80%.
- In situ se realizó el ensayo DCP, del cual se obtuvieron valores entre 3 mm/golpe y 45 mm/golpe.

3.1.1. Nomenclatura

- W_{nat}:	Contenido de humedad natural	(%)
- Cu:	Coeficiente de uniformidad	(adimensional)
- Cc:	Coeficiente de curvatura	(adimensional)
- TNM:	Tamaño nominal máximo	(mm)
- LL:	Límite Líquido	(%)
- Lp:	Límite plástico	(%)
- Ip:	Índice plástico	(%)
- Gs:	Gravedad Específica	(adimensional)
- e:	Relación de vacíos	(%)
- n:	Porosidad	(%)

- **Gw:** Grado de saturación del agua (%)
- **Ga:** Grado de saturación del aire (%)
- **γ_h in situ:** Densidad húmeda in situ (gr/cm^3)
- **γ_d in situ:** Densidad seca in situ (gr/cm^3)
- **γ_d max:** Densidad seca máxima (gr/cm^3)
- **W_{opt} :** Contenido de humedad óptima (%)
- **Gc:** Grado de compactación (%)
- **CBR_{0.1''}:** CBR a 0.1 pulgadas de penetración (%)
- **CBR_{0.2''}:** CBR a 0.2 pulgadas de penetración (%)
- **CBR_{mayor}:** CBR mayor entre 0.1'' y 0.2'' (%)
- **DN:** Índice de penetración (mm/golpe)

Tabla 22. Tabla resumen de las propiedades de los suelos

Nº	UBICACIÓN	POZO	%W nat	GRANULOMETRÍA						LÍMITE LÍQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)	ÍNDICE PLÁSTICO (%)	GRAVEDAD ESPECÍFICA	CLASIFICACIÓN	
				% G grava	% S arena	% F fino	Cu	Cc	TNM (mm)					SUCS	ASSHTO
1	Izamba - Urb. Aeropuerto	inicio	23,09	0,52	73,22	26,26	11,90	0,35	1,19	23,61	22,83	0,78	2,420	SM	A-2-4
		fin	20,50	0,52	69,06	30,42	7,25	0,48	1,19	21,64	20,53	1,11	2,425	SM-SC	A-2-4
2	Izamba - San Vicente	inicio	29,00	0,00	74,88	25,12	8,86	0,53	1,19	27,60	26,00	1,60	2,432	SM	A-2-4
		fin	8,03	0,00	68,42	31,58	4,00	0,79	0,595	18,62	17,36	1,26	2,461	SC	A-2-4
3	Izamba - Viña Loma	inicio	10,43	0,40	61,94	37,66	6,58	0,40	0,595	20,92	19,89	1,03	2,392	SC	A-4
		fin	20,53	0,00	72,67	27,21	9,77	0,46	0,595	20,76	19,66	1,10	2,738	SC	A-2-4
4	Picaihua - 3 Juanes	inicio	12,24	0,00	92,45	7,55	2,50	0,76	0,595	20,55	20,13	0,42	2,351	SM-SC	A-2-4
		fin	8,12	0,00	96,44	3,56	3,33	1,88	0,595	18,24	17,17	1,07	2,123	SC	A-2-4
5	Picaihua - Caserío 10 de Agosto	inicio	8,79	0,56	66,94	32,50	2,60	0,75	0,595	22,62	20,77	1,85	2,600	SM-SC	A-2-4
		fin	8,90	0,00	81,33	18,67	3,67	0,76	0,595	20,95	20,41	0,54	2,566	SM-SC	A-2-4
6	Picaihua - Sigsipamba	inicio	4,05	0,00	84,53	15,47	2,73	0,84	0,42	21,05	20,71	0,34	2,500	SM-SC	A-2-4
		fin	2,29	0,48	71,94	27,58	3,73	0,66	0,595	21,36	18,28	3,08	2,682	SC	A-2-4

Fuente: Vanessa Amaya

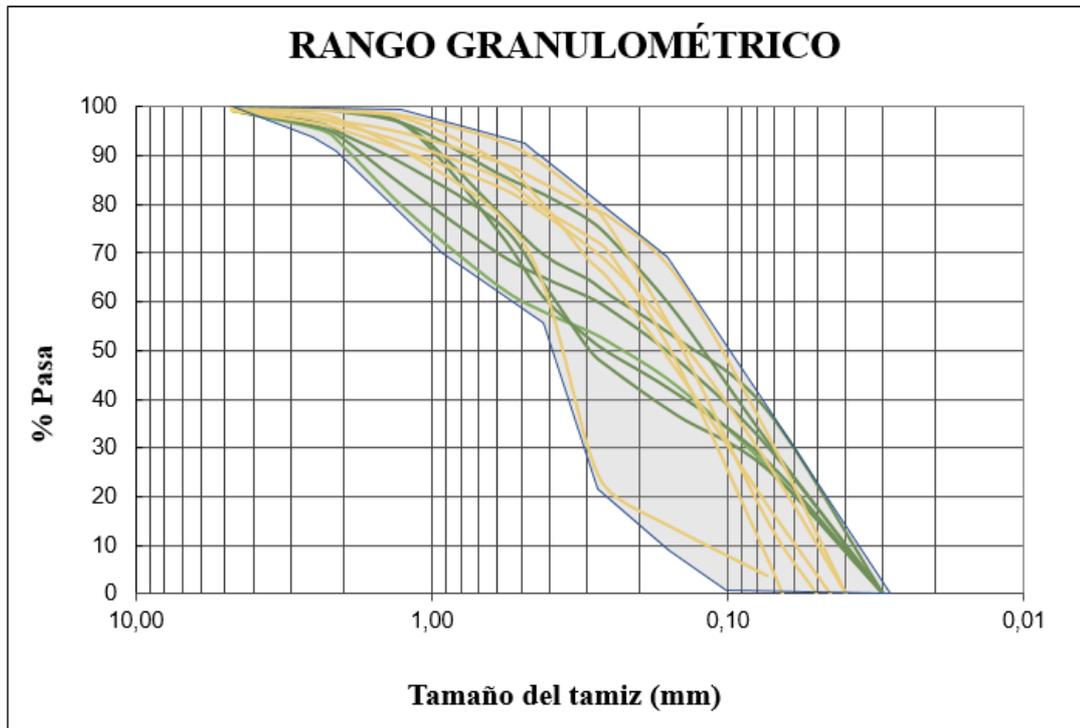
Tabla 23. Tabla resumen de las propiedades de los suelos

UBICACIÓN	POZO	DENSIDAD DE CAMPO						COMPACTACIÓN			% CBR			DCP
											95% γ_d máx			
		e (%)	n(%)	Gw (%)	Ga (%)	γ_h in situ (gr/cm ³)	γ_d in situ (gr/cm ³)	γ_d máx (gr/cm ³)	% w _{opt}	% G _c	0,1 plg (%)	0,2 plg (%)	MAYOR (%)	DN (mm/golpe)
Izamba - Urb. Aeropuerto	inicio	0,84	45,77	72,62	27,38	1,769	1,437	1,559	19,64	92	32,50	27,00	32,50	12,65
	fin	0,9	47,32	60,37	39,63	1,682	1,396	1,587	18,00	88	23,10	26,40	26,40	14,22
Izamba - San Vicente	inicio	0,91	47,68	85,13	14,87	1,792	1,387	1,563	18,95	89	40,00	41,60	41,60	3,73
	fin	1,07	51,71	20,03	79,97	1,383	1,280	1,627	16,30	79	23,70	33,50	33,50	18,95
Izamba - Viña Loma	inicio	0,96	49,06	28,84	71,16	1,491	1,349	1,646	16,20	82	39,80	58,80	58,80	5,48
	fin	0,9	47,31	60,79	39,21	1,684	1,398	1,586	16,00	88	31,20	45,80	45,80	10,66
Picaihua - 3 Juanes	inicio	0,66	39,64	49,42	50,58	1,795	1,600	1,685	13,64	95	34,30	32,30	34,30	8,71
	fin	0,88	46,9	24,55	75,45	1,522	1,407	1,672	15,50	84	12,00	21,20	21,20	15,75
Picaihua - Caserío 10 de Agosto	inicio	0,79	43,99	29,12	70,88	1,612	1,484	1,550	15,30	96	7,70	12,80	12,80	14,53
	fin	0,7	41,29	33,64	66,36	1,695	1,556	1,635	13,30	95	39,00	55,70	55,70	44,52
Picaihua - Sigsipamba	inicio	0,83	45,37	12,88	87,12	1,506	1,448	1,620	15,66	89	42,40	49,00	49,00	20,17
	fin	0,64	38,86	9,49	90,51	1,657	1,621	1,634	15,70	99	42,40	49,00	49,00	7,69

Fuente: Vanessa Amaya

3.1.2. Rango granulométrico

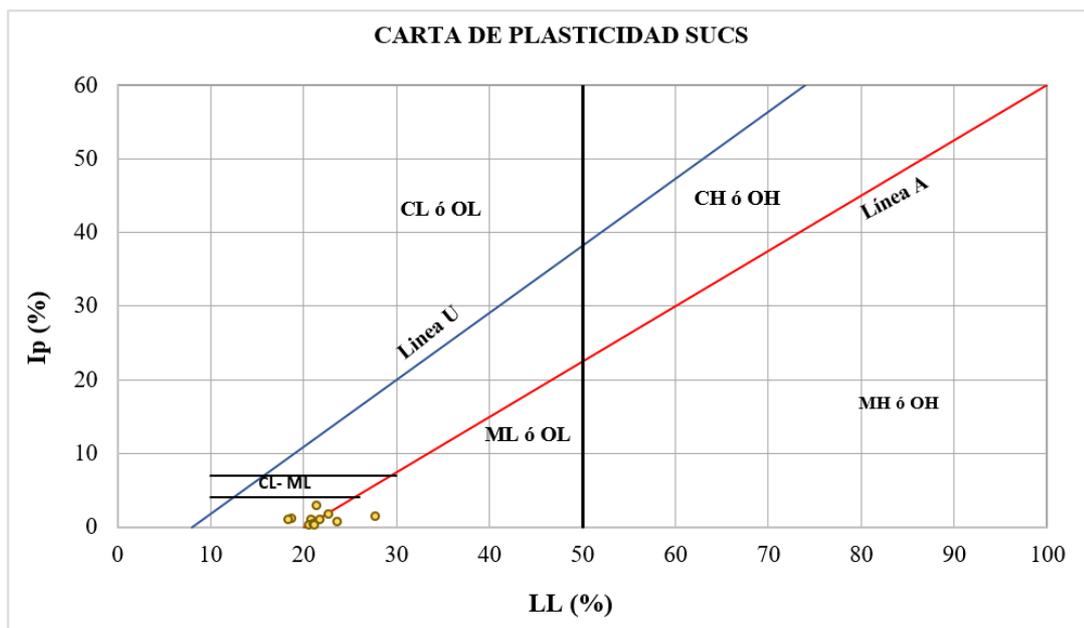
Figura 28. Granulometrías de los suelos ensayados



Fuente: Vanessa Amaya

3.1.3. Carta de plasticidad SUCS

Figura 29. Carta de plasticidad de los suelos estudiados



Fuente: Vanessa Amaya

3.1.4. Correlaciones

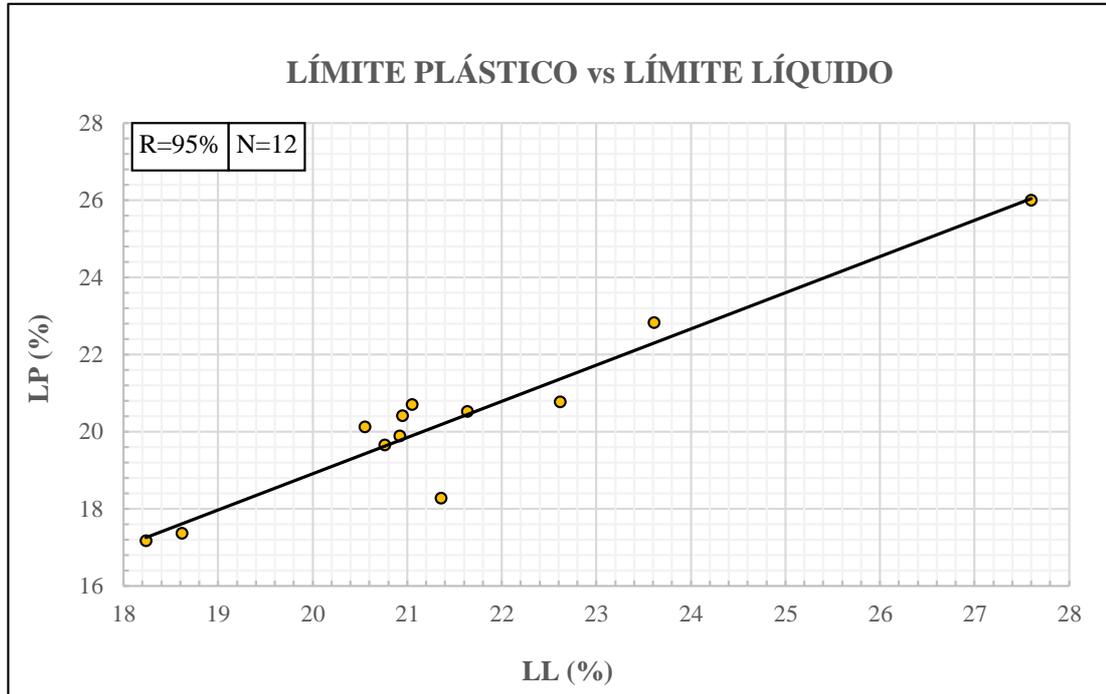
Tabla 24. Tabla resumen de las correlaciones obtenidas entre las propiedades índices, mecánicas y CBR

Nº	ECUACIÓN	COEF. R ² (%)	TIPO	MUESTRA
CORRELACIÓN ENTRE 2 VARIABLES				
1	$LP = 0,131 + 0,939 (LL)$	95%	Lineal	12
2	$DN = 17,104 - 10,747 \ln (IP)$	60%	Logarítmica	10
3	$DN = 174,882 * e^{(-0,129 LL)}$	62%	Exponencial	11
4	$DN = 185,89 - 61,946 \ln (W \text{ opt})$	57%	Logarítmica	11
5	$CBR 0,1'' = -123,516 + 51,561 \ln (LP)$	64%	Logarítmica	10
6	$CBR \text{ mayor} = 0,007 * e^{(5,368 \text{ yd max})}$	53%	Exponencial	11
7	$yd \text{ in situ} = 0,6625 + 0,0566 (W \text{ opt})$	67%	Lineal	10
8	$CBR \text{ mayor} = 1,616 * e^{(1,292 Gs)}$	67%	Exponencial	11
9	$yd \text{ max} = 2,502 - 0,29 \ln (LL)$	70%	Logarítmica	12
10	$LP = 17,556 + 0,212 (W \text{ nat})$	74%	Lineal	12
11	$yd \text{ in situ} = 0,557 * e^{(0,011 Gc (\%))}$	93%	Exponencial	12
12	$Cu = 1,369 + 0,324 (W \text{ nat})$	84%	Lineal	12
13	$Cu = -9,146 + 0,685(LL)$	52%	Lineal	12
14	$Cu = -9,103 + 0,723 (LP)$	54%	Lineal	12
15	$Cu = 1,41 + 0,103 (Gw)$	79%	Lineal	12
16	$Cu = 11,679 - 0,103 (Ga (\%))$	79%	Lineal	12
17	$Cu = -16,108 + 1,34 (W \text{ opt})$	79%	Lineal	12
18	$Cc = 1,658 - 0,326 * \ln (\text{pasa } \#200)$	65%	Logarítmica	12
19	$Cc = 7,267 - 2,138 * \ln (LL)$	57%	Logarítmica	12
20	$Cc = 6,574 - 1,947 * \ln (LP)$	55%	Logarítmica	12
21	$Cc = 0,969 * e^{(-0,031 (W \text{ nat}))}$	57%	Exponencial	12
22	$e = 2,563 - 0,019 (Gc)$	93%	Lineal	12

23	$Gw = 2,773 + 2,91 (Wnat)$	98%	Lineal	12
24	$Gw = -117,38 + 7,78 (LP)$	76%	Lineal	12
25	$yh \text{ in situ} = 1,473 + 0,004 (Gw)$	73%	Lineal	12
CORRELACIÓN ENTRE 3 VARIABLES				
26	$yd \text{ max} = 2,829 - 1,026 \text{ Log} (LL) + 0,0074 (LP)$	71%	Logarítmica	12
27	$yd \text{ max} = 1,881 - 0,01(LL) - 0,002(\text{pasa}\#200)$	79%	Lineal	12
28	$Wnat = 21,74 - 63,826 \text{ Log}(LL) + 3,748 LP$	75%	Logarítmica	12
29	$Wopt = 39,718 - 9,35 \text{ Log}(Gw) - 0,156 Ga$	75%	Logarítmica	12
30	$LL = 52,65 - 12,25 * \text{Log} (Gw) - 0,21 Ga$	81%	Potencial	12
31	$LP = 41,69 - 7,68 * \text{Log} (Gw) - 0,163 Ga$	81%	Potencial	12
32	$Gc = 220,93 - 80,29 (e \%) - 44,09 yd \text{ in situ}$	93%	Lineal	12
33	$CBR \text{ may} = 488,706 - 218,867 (yd \text{ max}) - 5,753(Wopt)$	53%	Lineal	11
34	$CBR \text{ may} = 2,59 + 144,42 * \text{Log} (yd \text{ max}) + 0,237 (\text{pasa} \#200)$	53%	Logarítmica	11

Fuente: Vanessa Amaya

Figura 30. Correlación N°1: LP vs LL



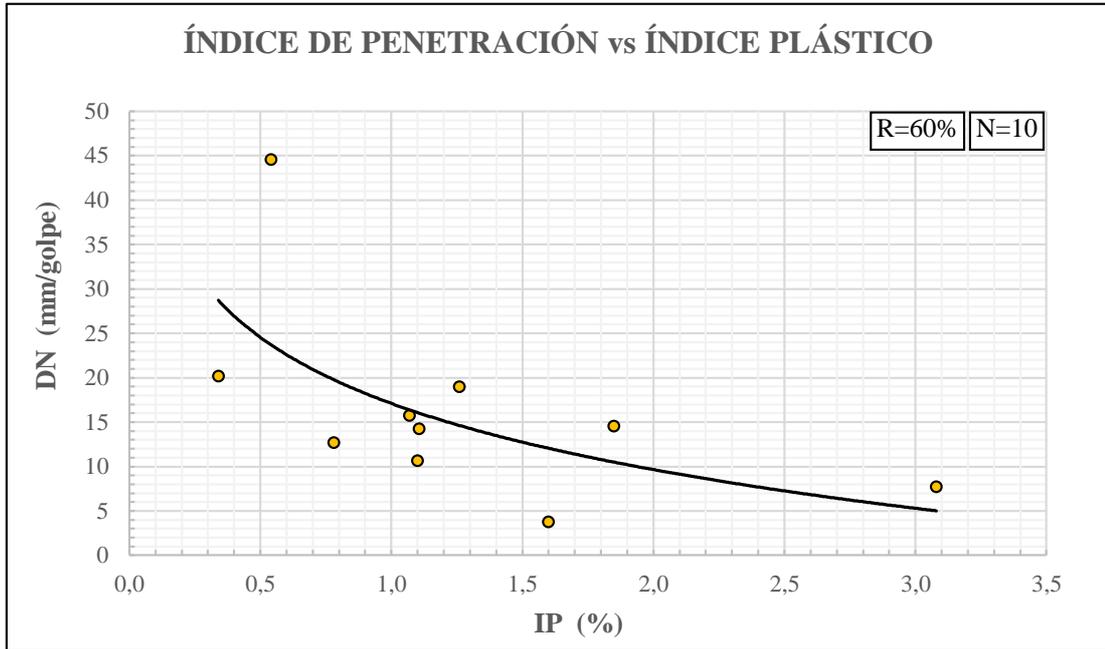
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $LP = 0,131 + 0,939 LL$

En la gráfica se puede observar que por medio de una tendencia lineal se obtuvo un valor $R = 95\%$ entre el límite líquido y límite plástico, lo que implica que existe una excelente correlación entre estas propiedades índice.

Para que exista una buena correlación entre ambas propiedades es importante que el límite líquido sea mayor al límite plástico, caso contrario los suelos serán identificados como no plásticos y el valor de correlación irá disminuyendo. La excelente correlación que existe se debe a que las muestras tomadas para la ejecución de ambos ensayos pertenecen a la fracción que pasa el tamiz N° 40.

Figura 31. Correlación N°2: DN vs Ip



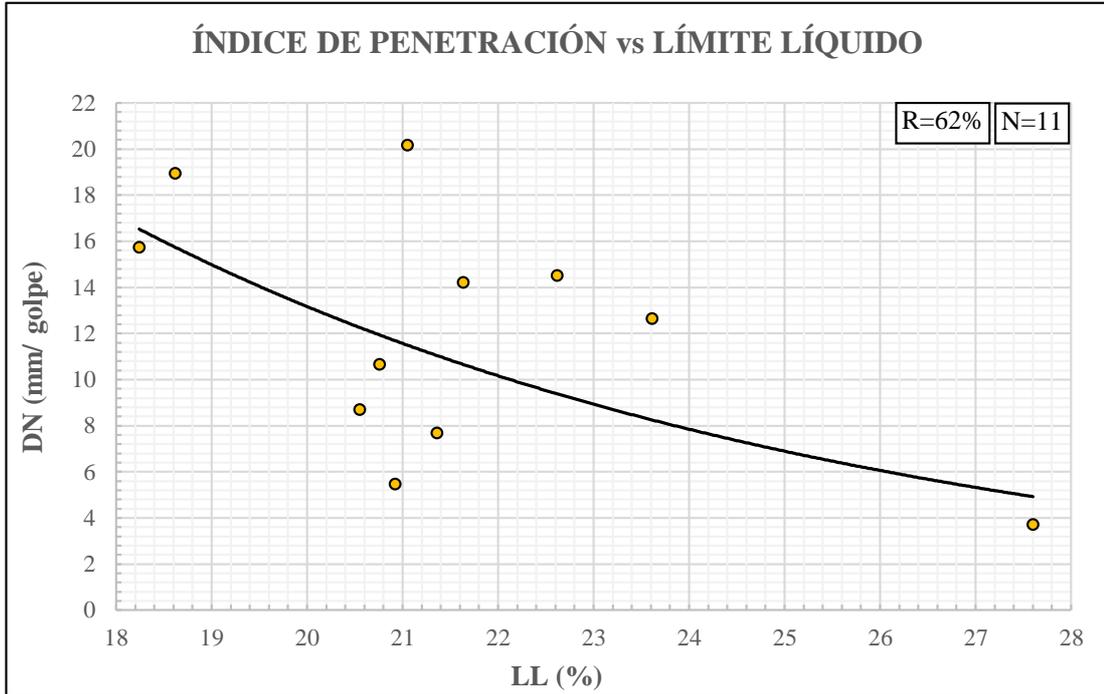
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $DN = 17,104 - 10,747 \ln (IP)$

En la gráfica se puede observar que por medio de una tendencia logarítmica se obtiene un valor R=60% entre el índice de penetración obtenido mediante el ensayo de DCP y el índice de plasticidad lo que implica que existe una correlación regular entre estas propiedades mecánica - índice.

El índice de plasticidad está en función del contenido de humedad, por ende, a medida que su valor aumenta, el suelo se vuelve más compacto y denso hasta una cierta humedad, siendo la penetración menor.

Figura 32. Correlación N°3: DN vs LL



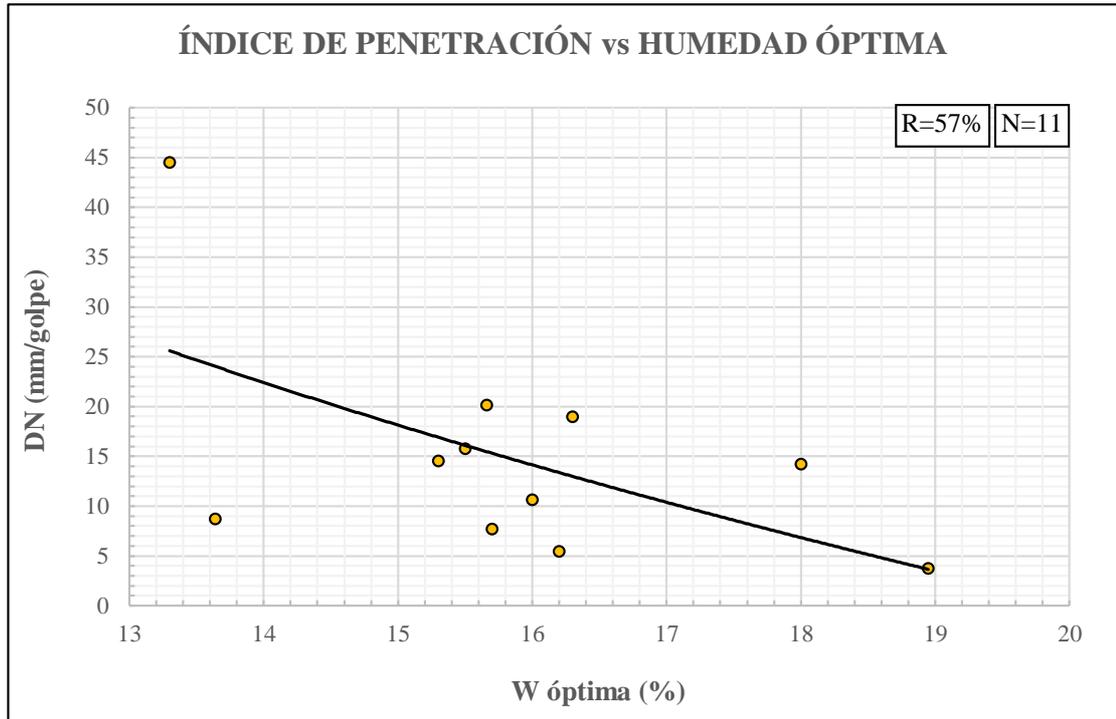
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $DN = 174,882 * e^{(-0.129 LL)}$

En la gráfica se ha determinado una correlación regular del 62%, mediante una tendencia exponencial entre el límite líquido y el índice de penetración de las muestras ensayadas.

A medida que el límite líquido aumente, el valor de penetración será menor, pues entre más cercano a la plasticidad se encuentre la muestra, la resistencia del suelo aumentará.

Figura 33. Correlación N°4: DN vs W_{opt}



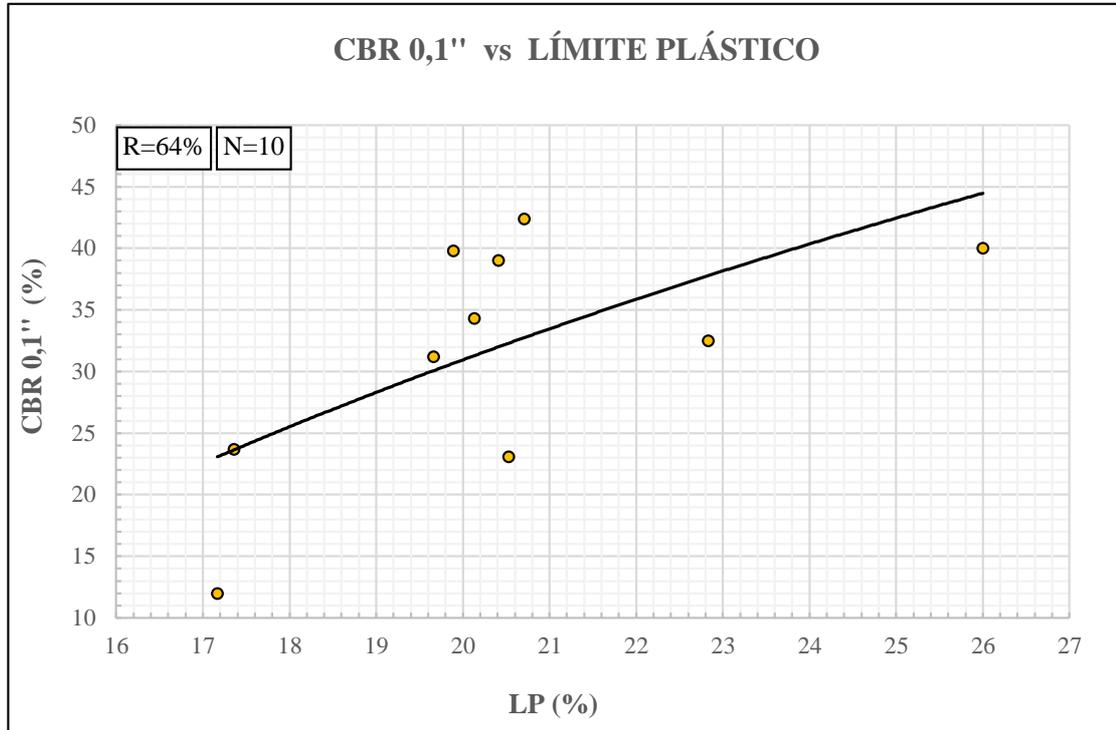
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $DN = 185,89 - 61,95 \ln(W_{opt})$

En la gráfica se puede observar que por medio de una tendencia logarítmica se obtiene un valor $R=57\%$ entre el índice de penetración y el contenido de humedad óptima.

Al determinar el contenido de humedad óptima de una muestra, se ha logrado obtener a la par una densidad seca máxima y en consecuencia su mayor resistencia. La penetración en cada golpe será cada vez menor, hasta un cierto valor de humedad óptima.

Figura 34. Correlación N°5: CBR 0.1'' vs LP



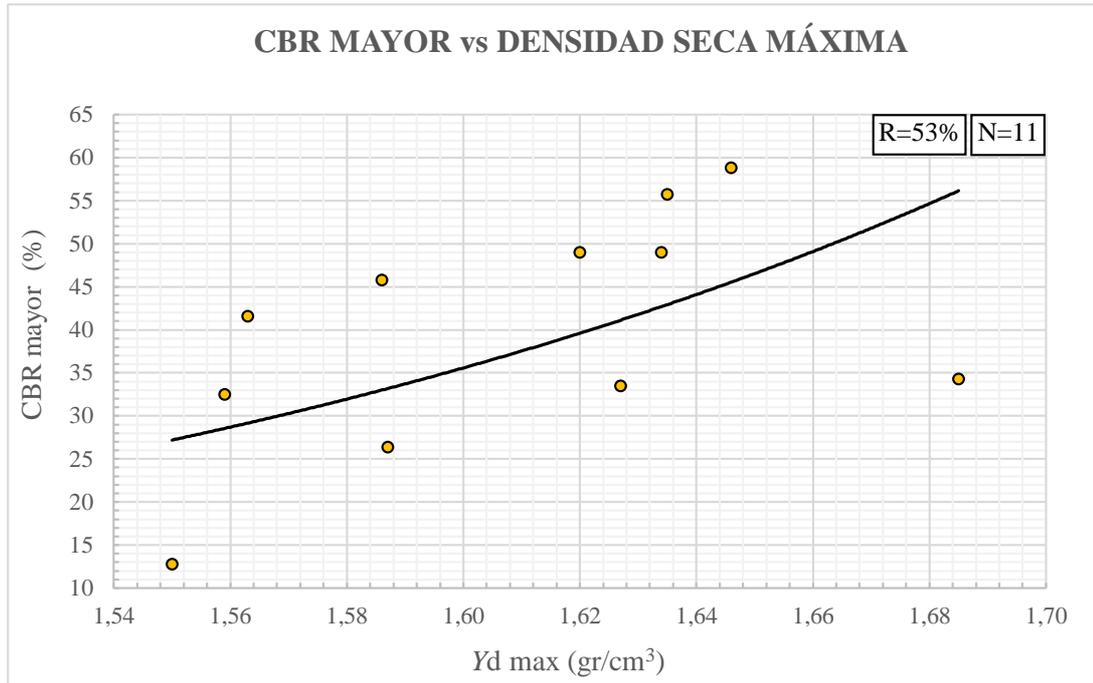
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $CBR\ 0.1'' = -123,52 + 51,56 \ln(LP)$

En la gráfica se observa una correlación regular del 64%, por medio de una tendencia logarítmica entre el límite plástico y el CBR 0.1''

Cuando los valores de CBR son altos supone suelos de gran resistencia, con una buena cohesión entre sus partículas que le proporcionan altas densidades. Por lo tanto, alcanzar valores altos de CBR significa que los suelos deben estar en un rango de valores de límite plástico

Figura 35. Correlación N°6: CBR mayor vs. Yd máx



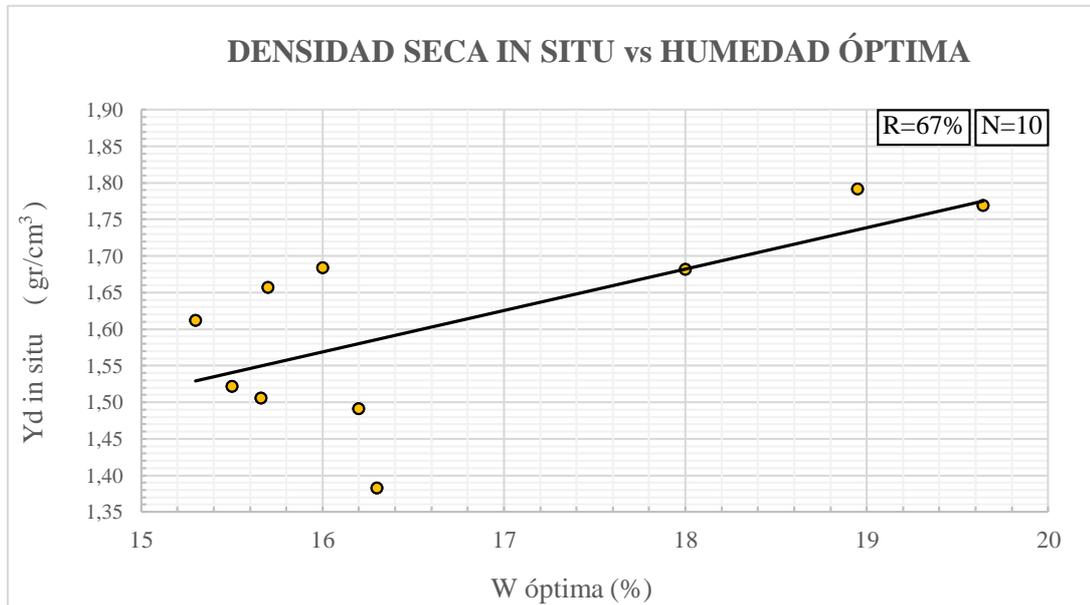
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $CBR\ mayor = 0,007 * e^{(5,3687 * \gamma d\ max)}$

En la gráfica se observa una correlación del 53%, la cual se ha obtenido mediante una tendencia exponencial entre densidad seca máxima obtenida en el ensayo proctor modificado y el CBR mayor.

La densidad seca máxima refleja que el suelo ha alcanzado su máxima resistencia siendo directamente proporcional a los valores de CBR ya que este ensayo a su vez demuestra la resistencia al corte de los suelos. Si mayor es la densidad seca máxima, más alta será la resistencia CBR.

Figura 36. Correlación N°7: Yd in situ vs. W opt



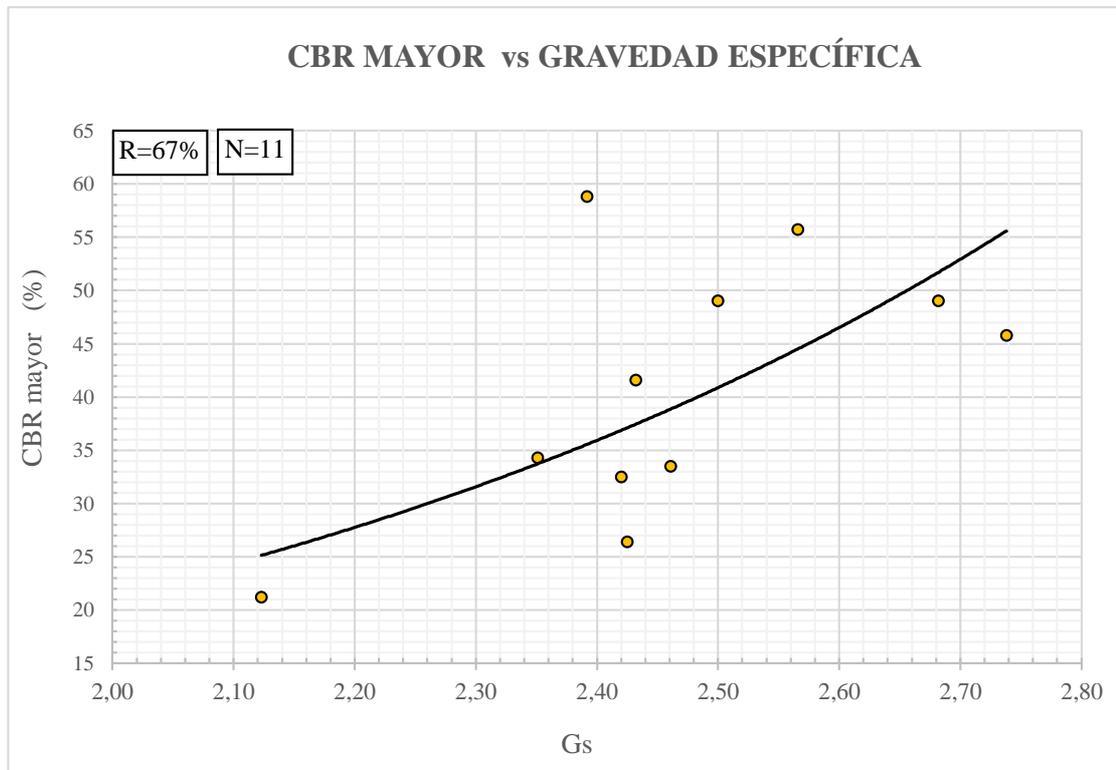
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $\gamma_d \text{ in situ} = 0,6625 + 0,0566 (W_{opt})$

En la gráfica se puede observar que por medio de una tendencia lineal se obtiene un valor $R = 67\%$ entre la densidad seca in situ y el contenido de humedad óptimo lo que implica que existe una correlación regular entre estas propiedades.

El suelo al encontrarse en su entorno natural presenta una cierta densidad seca in situ con una determinada humedad natural. Sin embargo, al relacionarlo con una humedad controlada en laboratorio se demuestra que sí existe una relación entre ambos. Si la densidad seca in situ es alta, se podría decir que requerirá de un porcentaje alto del contenido de humedad óptima, hasta un cierto valor, porque puede suceder lo contrario que al seguir aumentando la humedad óptima, las densidades tiendan a bajar.

Figura 37. Correlación N°8: CBR mayor vs. Gs



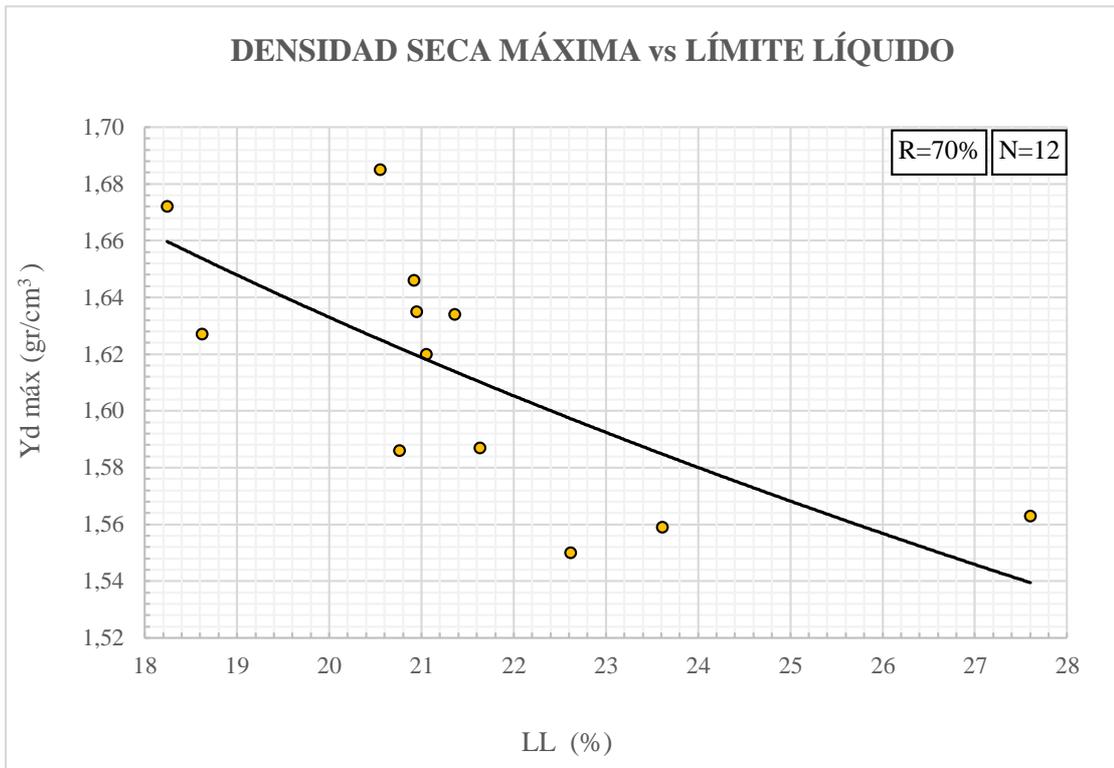
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $CBR\ mayor = 1,616 * e^{(1,292 * Gs)}$

En la gráfica se observa una correlación regular del 67%, la cual se ha obtenido mediante una tendencia exponencial entre el CBR mayor y la gravedad específica.

La gravedad específica es la relación del peso unitario de las partículas sólidas de una muestra con respecto a la densidad del agua. Entre mayor sea el valor de la gravedad específica, las densidades de las partículas serán mayores, obteniendo un suelo con altas resistencias y mayores valores de CBR.

Figura 38. Correlación N° 9: Yd max vs. LL



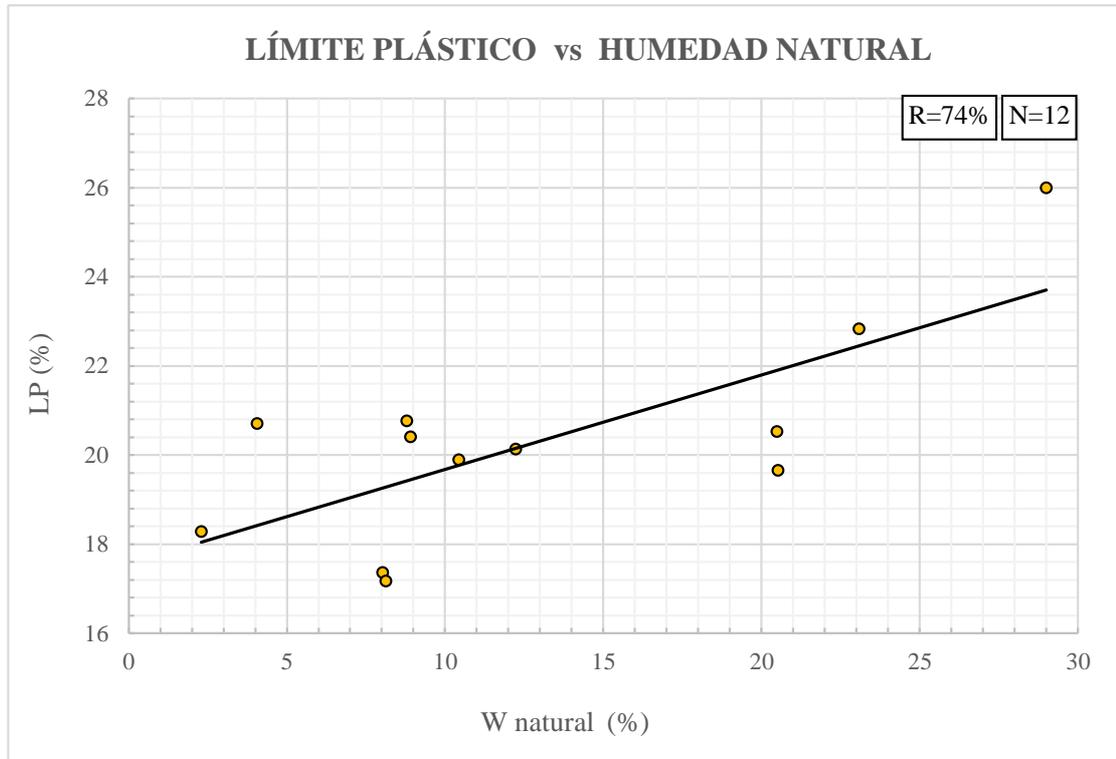
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $\gamma d \text{ máx} = 2,502 - 0,29 \ln(LL)$

En la gráfica se observa una correlación regular del 70%, la cual se ha obtenido mediante una tendencia logarítmica entre densidad seca máxima obtenida en el ensayo proctor modificado y el límite líquido.

El límite líquido permite clasificar un suelo dependiendo de la cantidad de agua presente en la muestra, pasando así del estado semilíquido al plástico, entre mayor sea el contenido de agua en el suelo, éste tendrá una consistencia líquida y por lo tanto una densidad menor. Por lo tanto, la relación entre ambas propiedades es inversamente proporcional.

Figura 39. Correlación N° 10: LP vs W nat



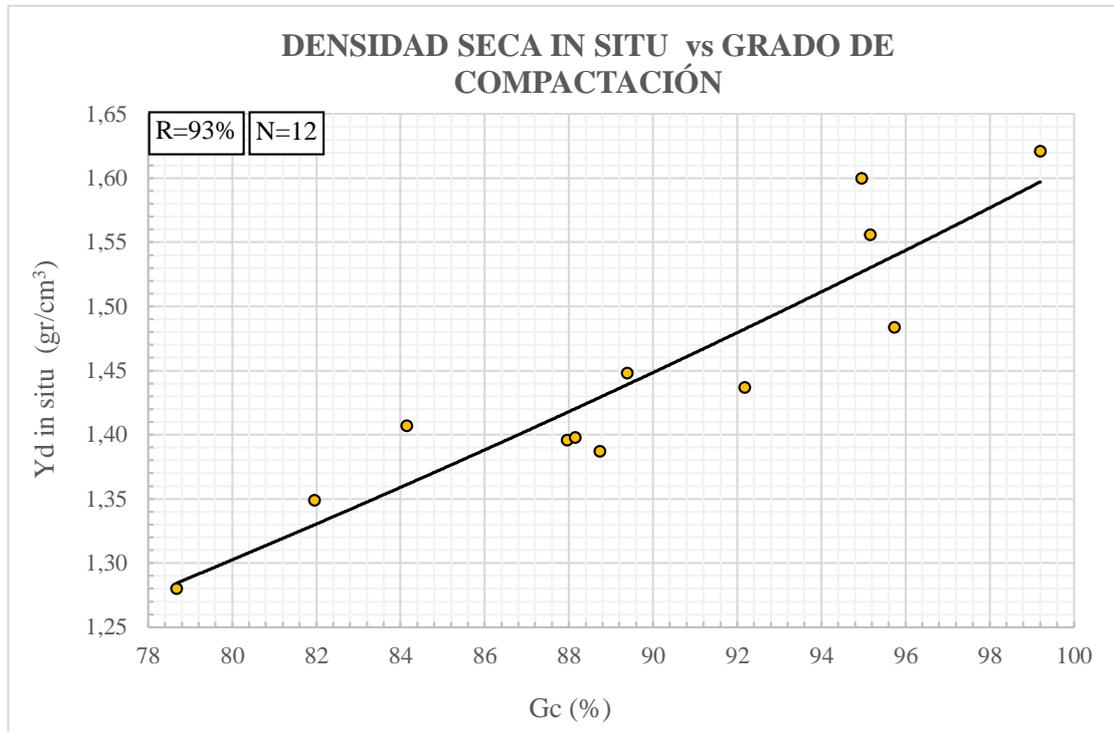
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $LP = 17,556 + 0,212 Wnat$

En la gráfica se observa una correlación regular del 74%, la cual se ha obtenido mediante una tendencia lineal entre el límite plástico y el contenido de humedad natural.

El límite plástico es el porcentaje de humedad que puede tener una muestra de suelo para poder ser amasado hasta las primeras fisuras. Si la humedad natural es baja, el límite plástico disminuirá dado que será difícil amasar el suelo, pero a medida que aumente la humedad esta acción se facilitará obteniendo mayores valores en el límite plástico.

Figura 40. Correlación N° 11: Yd in situ vs. Gc



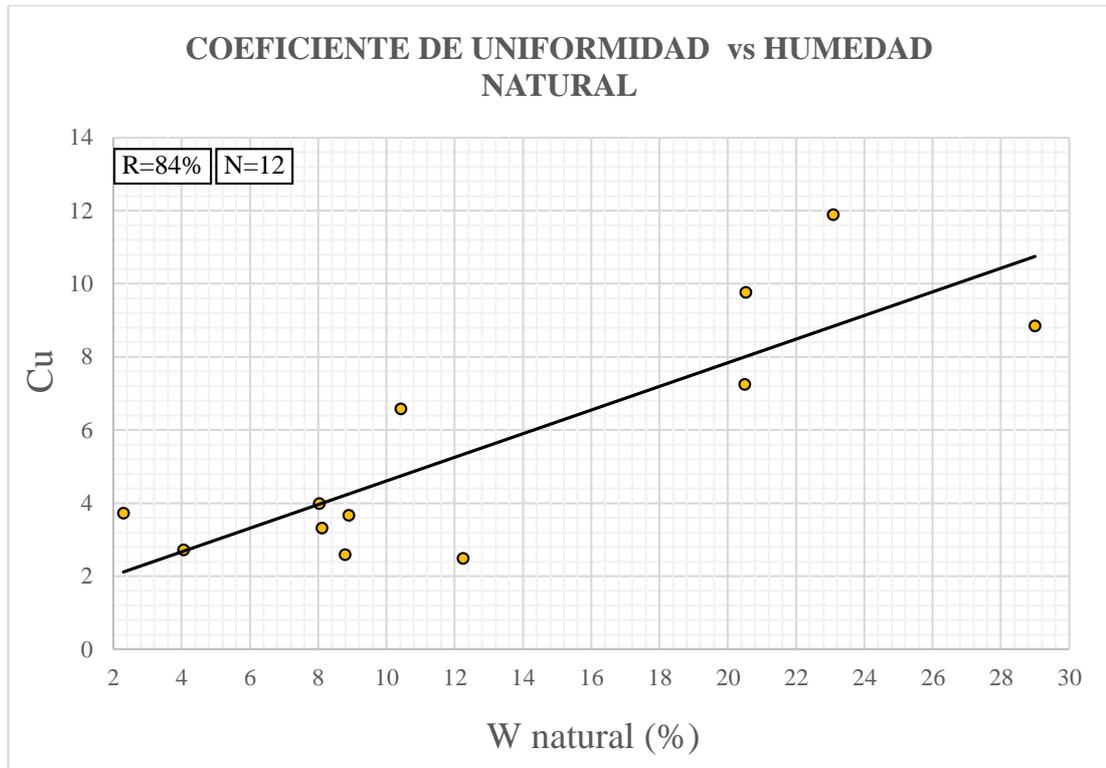
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $\gamma d \text{ in situ} = 0,557 * e^{(0,011 * Gc)}$

En la gráfica se observa una tendencia exponencial entre la densidad seca in situ y el grado de compactación, mostrando una excelente correlación del 93% entre ambas propiedades.

El grado de compactación de un suelo es medido en términos de su resistencia, mientras un suelo tenga una densidad seca in situ alta, el grado de compactación serán mucho mayor. Estas propiedades son directamente proporcionales entre sí.

Figura 41. Correlación N° 12: Cu vs. W nat



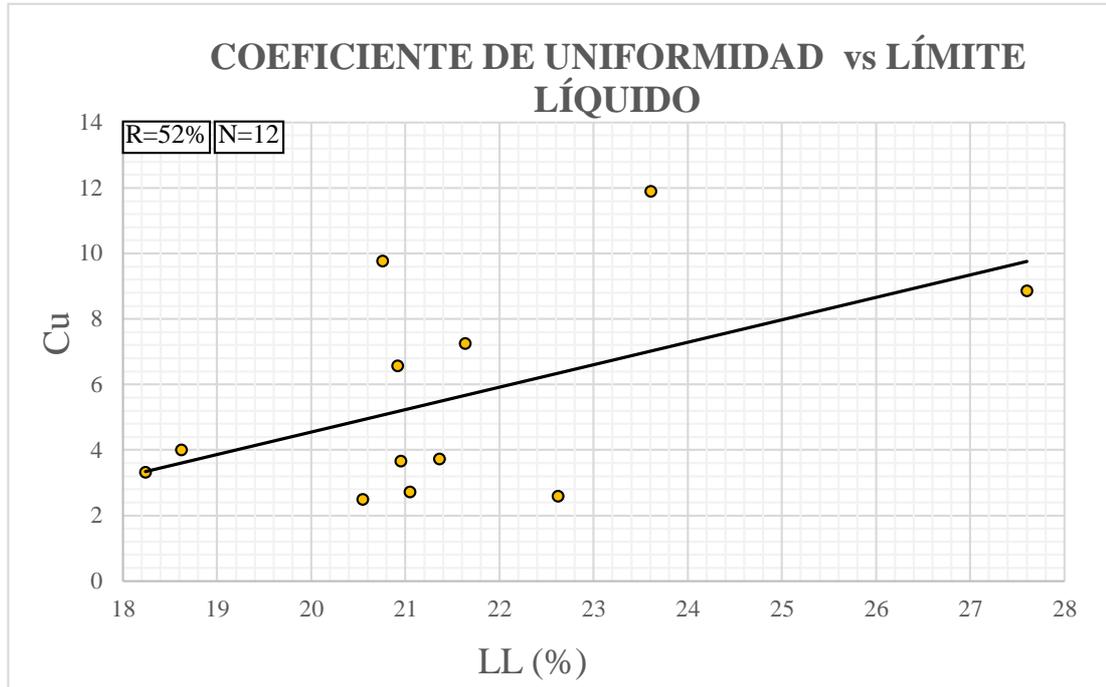
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $Cu = -1.369 + 0.324 (W nat)$

En la gráfica se observa una tendencia lineal entre el coeficiente de uniformidad y el contenido de humedad natural, mostrando una buena correlación del 84% entre ambas propiedades.

El coeficiente de uniformidad determina la uniformidad y el estado de graduación de un suelo. Al aumentar de valor se supondrá que se trata de un suelo no uniforme y bien graduado siendo capaz de absorber más agua, gracias a la presencia de finos. Caso contrario, para valores bajos de Cu se tratará de suelos uniformes donde el agua no podrá ser retenida siendo drenada por falta de cohesión entre las partículas.

Figura 42. Correlación N° 13: Cu vs. LL



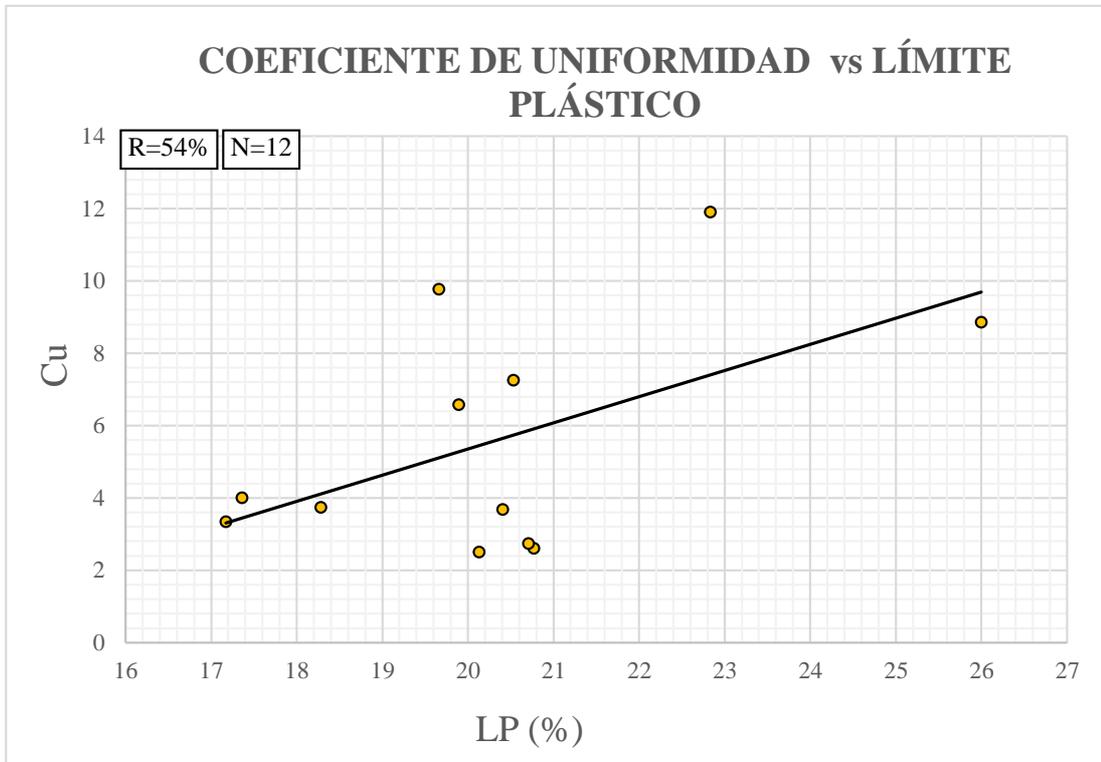
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $Cu = -9.146 + 0.685 (LL)$

En la gráfica se observa una tendencia lineal entre el coeficiente de uniformidad y el límite líquido, mostrando una correlación mínima del 52% entre ambas propiedades.

Si el valor de Cu aumenta quiere decir, que el suelo tiene una buena graduación y las partículas no son uniformes, existiendo la presencia de finos. Entre mayor sea cantidad de finos presentes en la muestra se podrá lograr un mayor valor en el límite líquido.

Figura 43. Correlación N° 14: Cu vs. LP



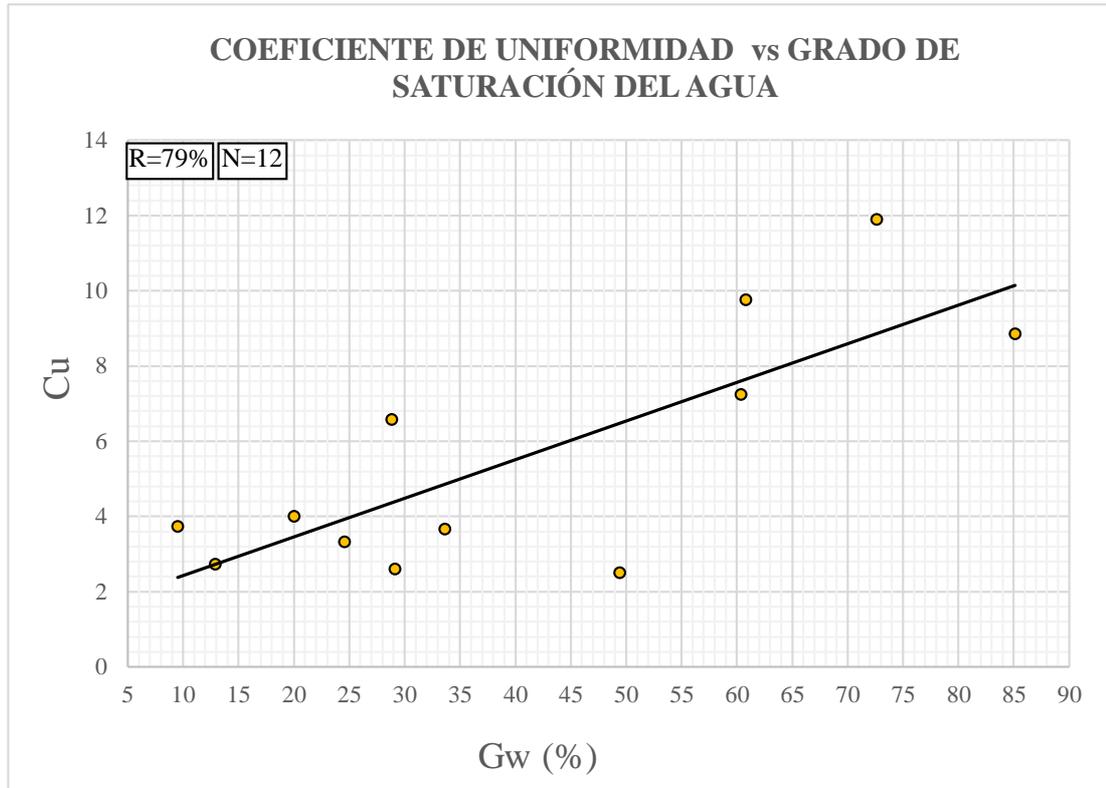
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $Cu = -9.103 + 0.723 * LP$

En la gráfica se observa una tendencia lineal entre el coeficiente de uniformidad y el límite plástico, mostrando una correlación mínima del 54% entre ambas propiedades.

A medida que el coeficiente de uniformidad aumenta, la presencia de finos es mucho mayor evidenciando una buena graduación, logrando un estado semisólido durante el amasado de la muestra obteniendo así valores altos de límite plástico.

Figura 44. Correlación N° 15: Cu vs. Gw



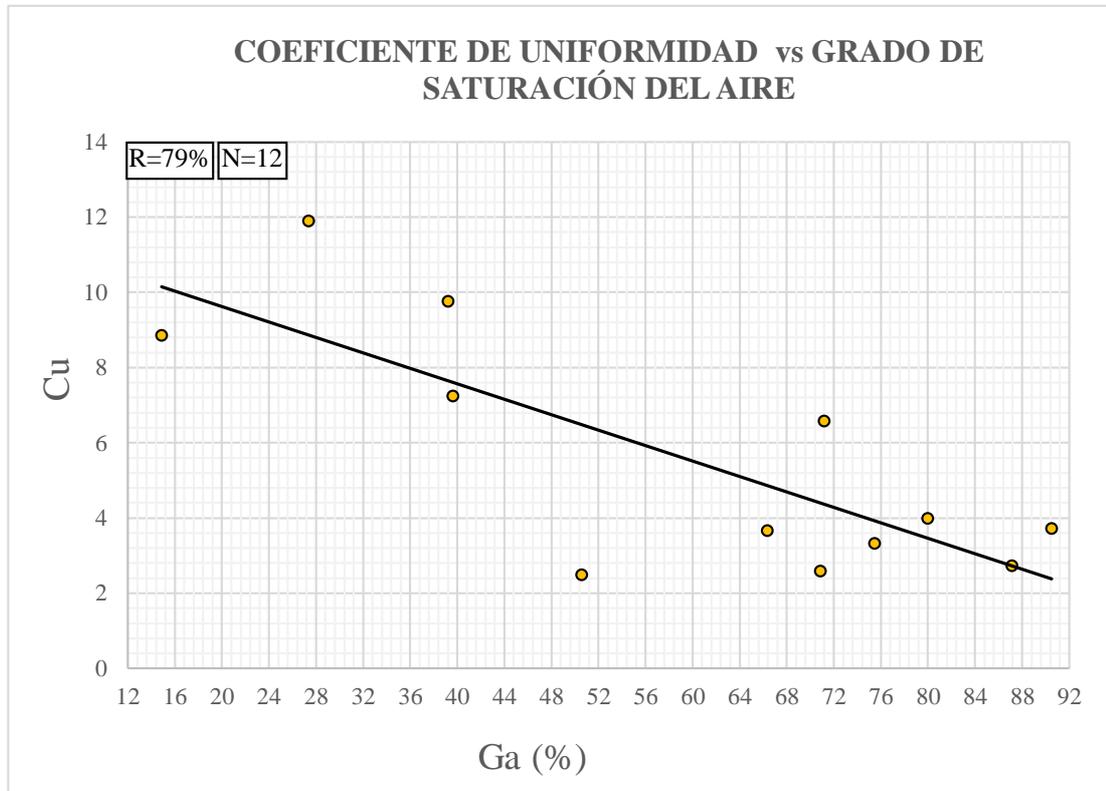
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $Cu = 1.41 + 0.103 * Gw$

En la gráfica se observa una tendencia lineal entre el coeficiente de uniformidad y el grado de saturación del agua, mostrando una correlación aceptable del 79% entre ambas propiedades.

El coeficiente de uniformidad al presentar valores altos indica una buena graduación del suelo por ende el agua puede ser retenida por los finos y saturar en mayor porcentaje la masa de suelo, en el caso de tener una mala graduación, el agua solamente será drenada y no saturará la muestra.

Figura 45. Correlación N° 16: Cu vs. Ga



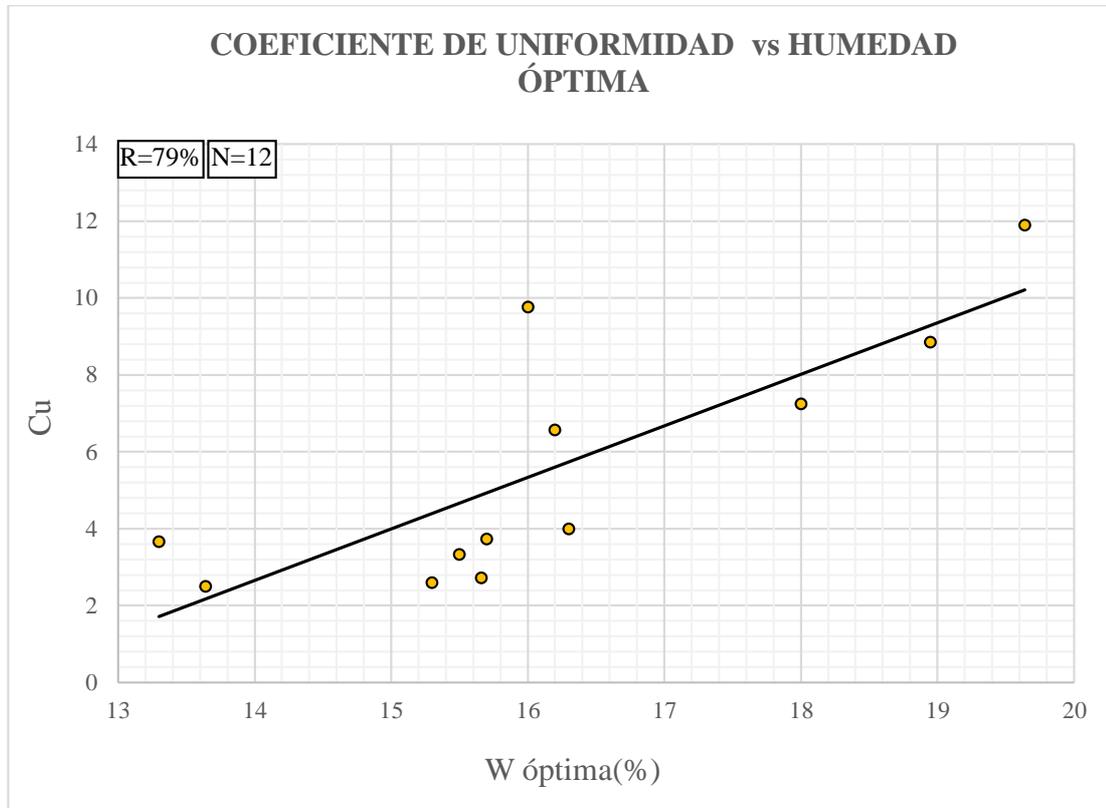
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $Cu = 11.679 - 0.103 * (Ga)$

En la gráfica se observa una tendencia logarítmica entre el coeficiente de uniformidad y el grado de saturación del aire, mostrando una correlación regular del 79% entre ambas propiedades.

Si Cu presenta valores bajos significará que un suelo tiene una mala graduación con una distribución uniforme, con alta presencia de vacíos entre las partículas y poca cohesión entre ellas. Existe una relación inversamente proporcional entre estas propiedades.

Figura 46. Correlación N° 17: Cu vs. W opt



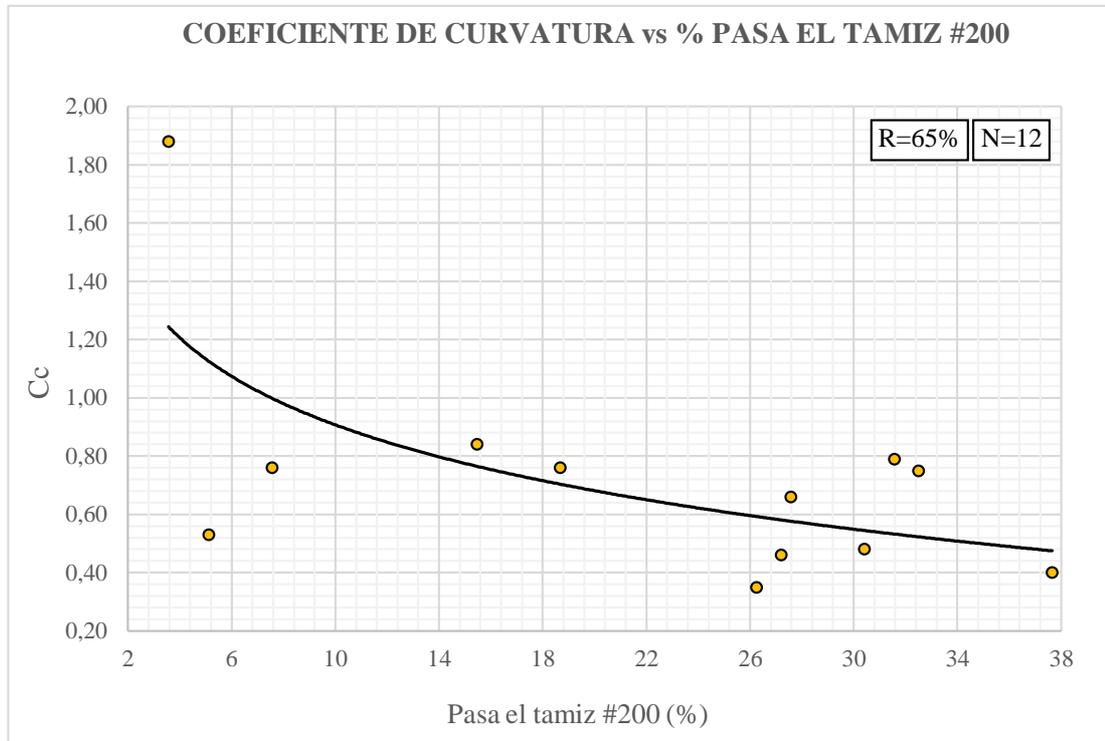
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $Cu = -16.1108 + 1.34 * (W_{opt})$

En la gráfica se observa una tendencia exponencial entre el coeficiente de uniformidad y el contenido de humedad óptimo, mostrando una correlación aceptable del 79 % entre ambas propiedades.

Cuando el coeficiente de uniformidad sea alto, el suelo tendrá una buena graduación permitiendo la absorción de agua entre sus partículas, consiguiendo un mayor valor de humedad óptima, en el que el suelo será más denso y resistente.

Figura 47. Correlación N° 18: Cc vs. Pasa #200



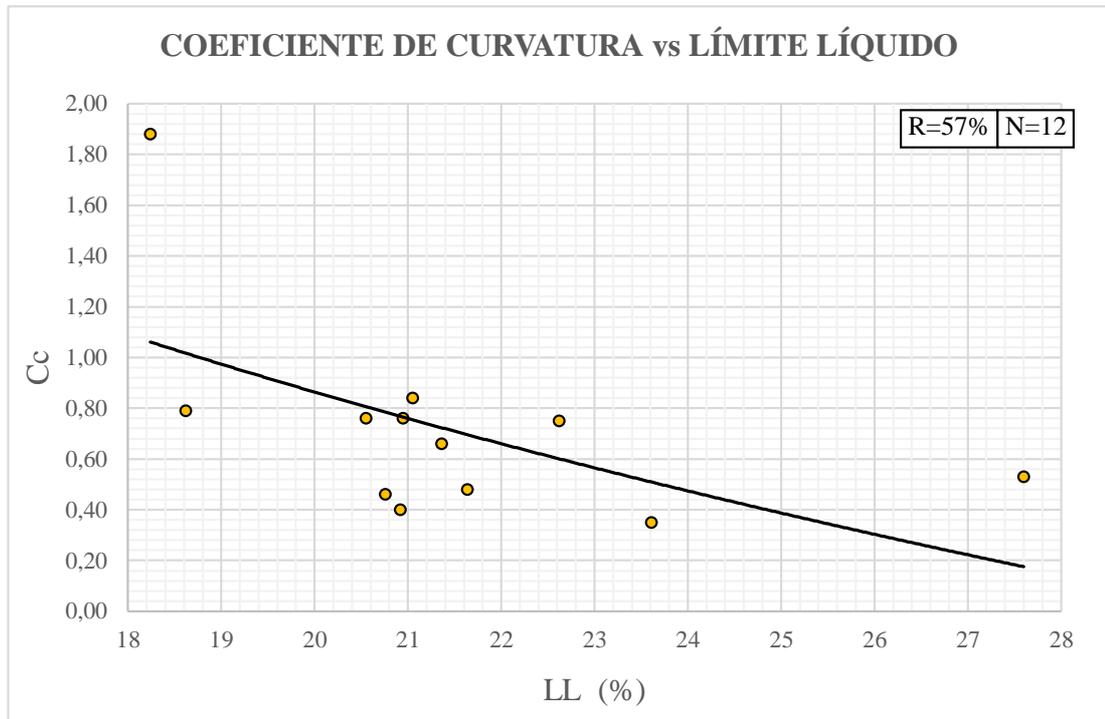
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $Cc = 1.658 - 0.326 * \ln(pasa\#200)$

En la gráfica se observa una correlación regular del 65%, la cual se ha obtenido mediante una tendencia logarítmica entre el coeficiente de curvatura y el porcentaje de suelo que pasa el tamiz N° 200.

Para considerar que existe una buena graduación en un suelo el coeficiente de curvatura debe estar entre los valores 1 y 3. En los suelos ensayados se pueden observar valores menores a 1, por lo tanto, hay una alta presencia de partículas finas lo que significa que el suelo está mal graduado. No necesariamente una alta presencia de finos significa una buena graduación, pues deberá estar dentro del rango especificado.

Figura 48. Correlación N° 19: Cc vs. LL



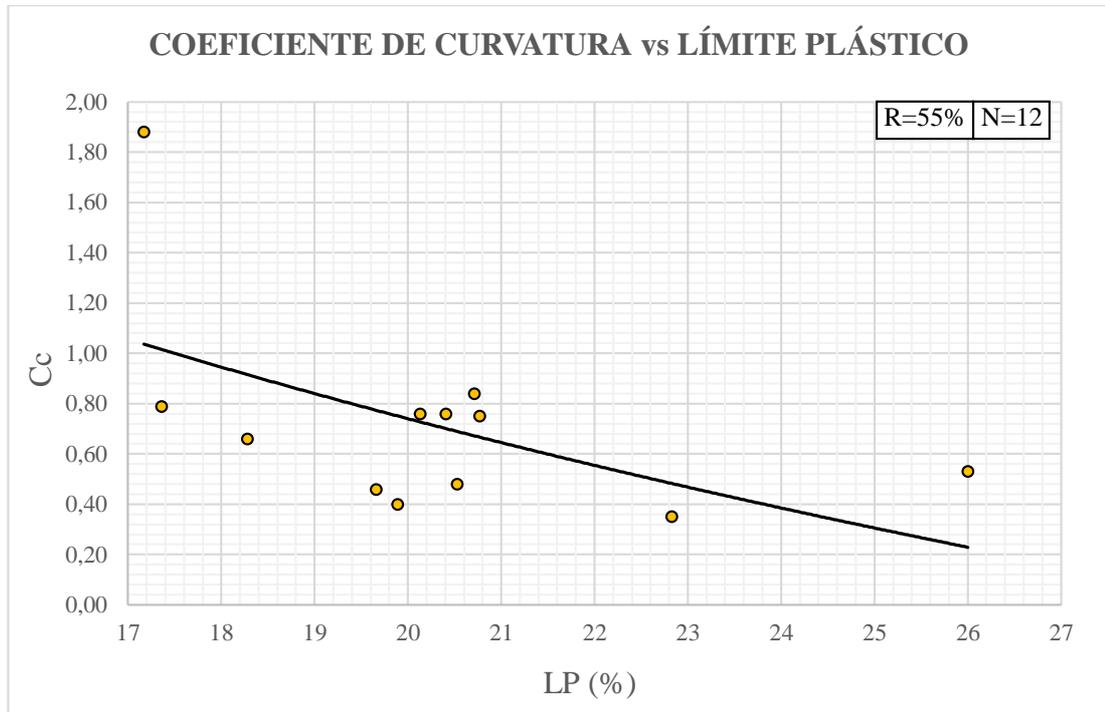
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $Cc = 7.267 - 2.138 * Ln(LL)$

En la gráfica se observa una correlación mínima del 57%, la cual se ha obtenido mediante una tendencia logarítmica entre el coeficiente de curvatura y límite líquido.

Cuando los valores del coeficiente de curvatura son bajos se trata de suelos con mala graduación y uniformes, hay una alta presencia de partículas gruesas, la muestra para el límite líquido no alcanzará el estado deseado para trabajar en la copa de Casagrande debido a la poca presencia de finos y difícilmente se llegará a los 25 golpes, dando valores bajos en el ensayo.

Figura 49. Correlación N° 20: Cc vs. LP



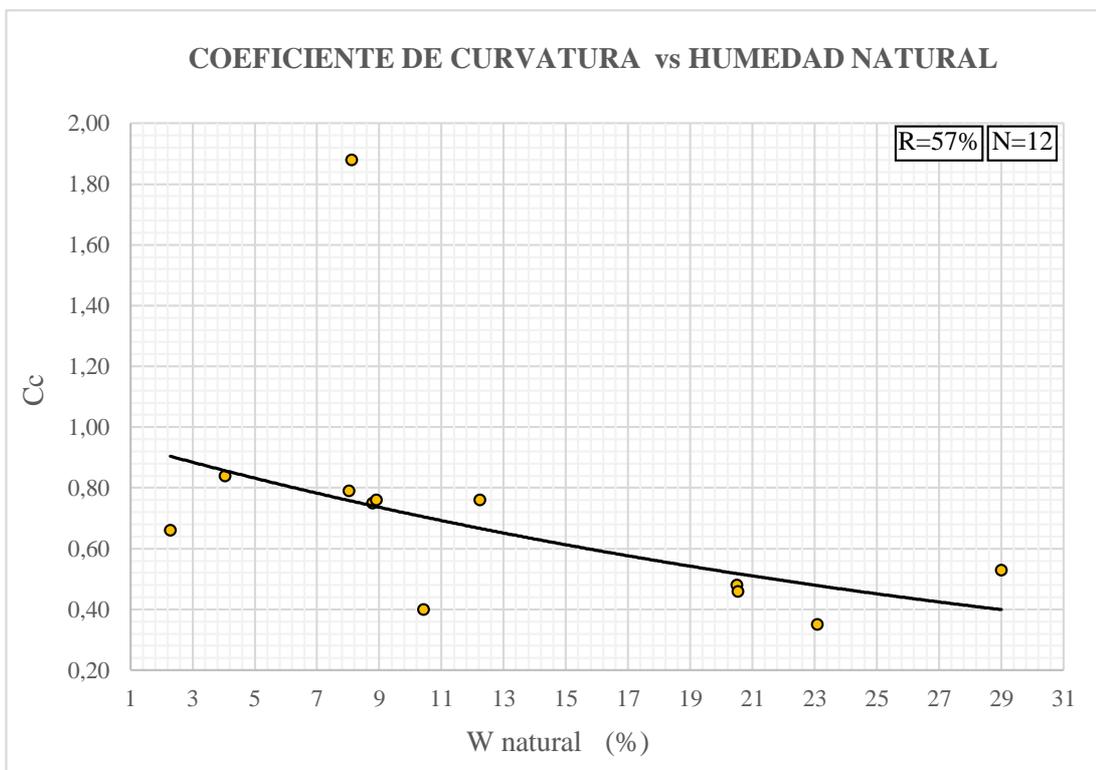
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $Cc = 6.574 - 1.947 * Ln(LP)$

En la gráfica se observa una correlación mínima del 55%, la cual se ha obtenido mediante una tendencia logarítmica entre el coeficiente de curvatura y límite plástico.

El coeficiente de curvatura al ser menor de 1, refleja la presencia de suelos mal graduados y dará valores bajos en el ensayo de límite plástico, pues por la falta de finos que garanticen una cohesión entre las partículas, no se logrará llegar al estado de consistencia esperado de la muestra para la ejecución de dicho ensayo.

Figura 50. Correlación N° 21: Cc vs. Wnat



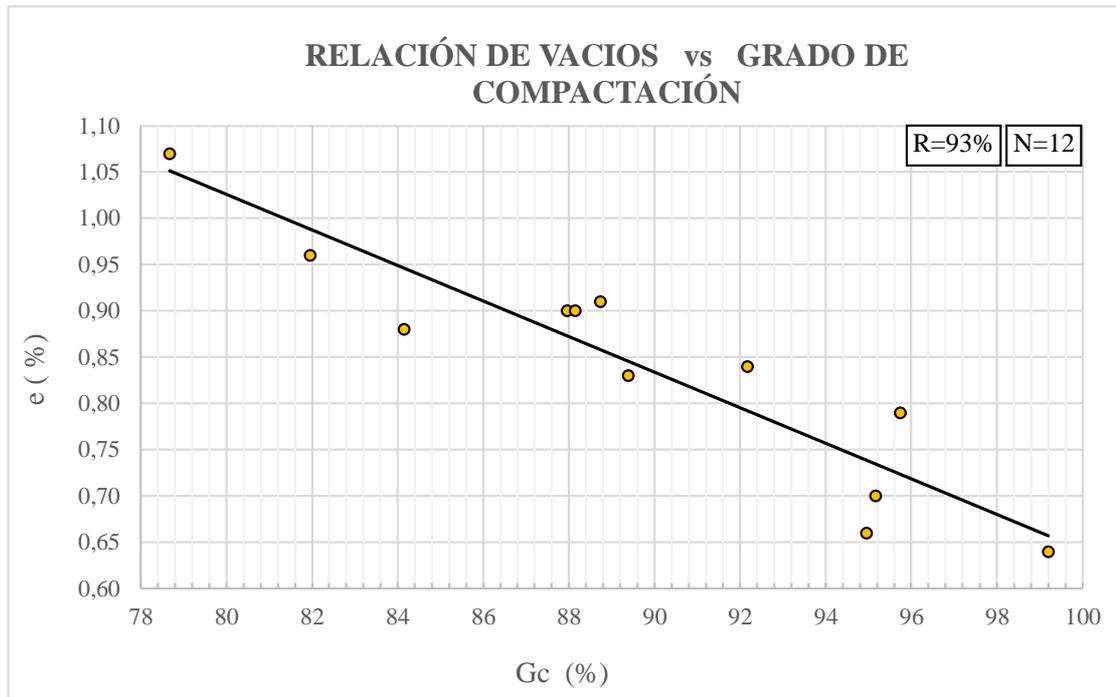
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $Cc = 0,969 * e^{(-0,031 * Wnat)}$

En la gráfica se observa una correlación mínima del 57%, la cual se ha obtenido mediante una tendencia exponencial entre el coeficiente de curvatura y la humedad natural.

Si el suelo está mal graduado y muy uniforme puede significar alta presencia de partículas finas o gruesas. En los suelos estudiados al obtener valores de Cc menores a 1, se puede decir que hay una alta presencia de finos los cuales son capaces de absorber una gran cantidad de agua. Si el contenido de humedad natural es alto, los valores de Cc disminuirán.

Figura 51. Correlación N° 22: e vs. Gc



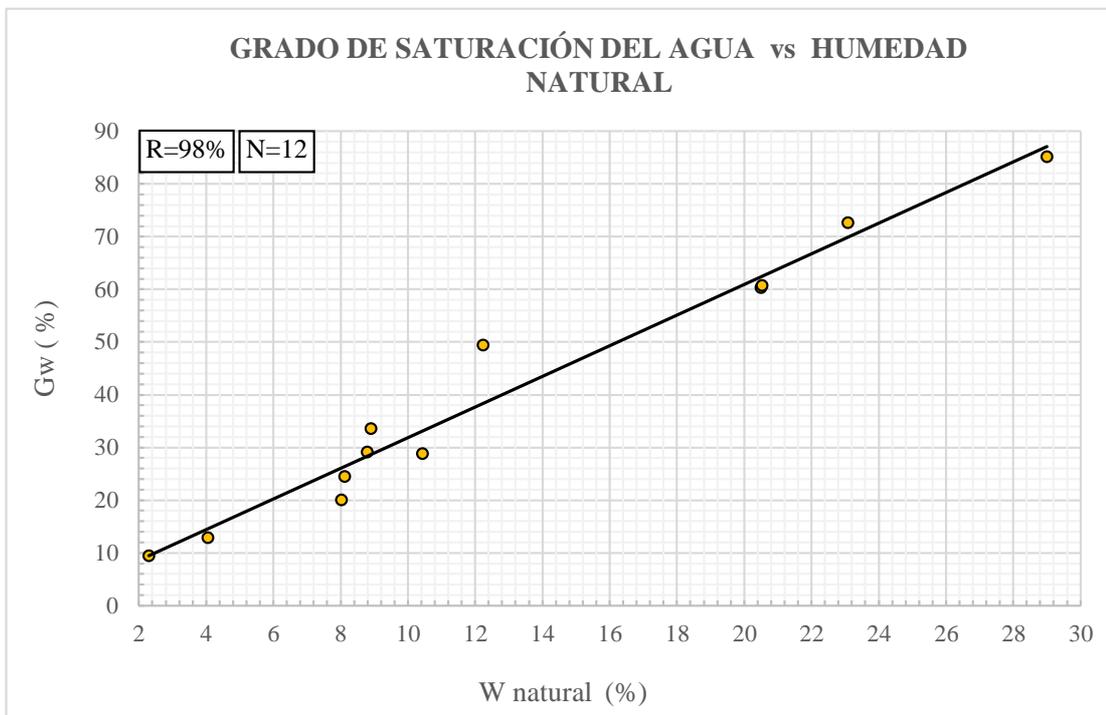
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $e\% = 2,563 - 0,0192 * Gc$

En la gráfica se observa una correlación excelente del 93%, la cual se ha obtenido mediante una tendencia lineal entre la relación de vacíos y el grado de compactación.

Aquí se muestra una relación inversamente proporcional. Si una muestra de suelo tiene un alto contenido de vacíos, el grado de compactación será muy bajo o nulo, pues las partículas estarán muy sueltas y su densidad será menor.

Figura 52. Correlación N° 23: Gw vs W nat



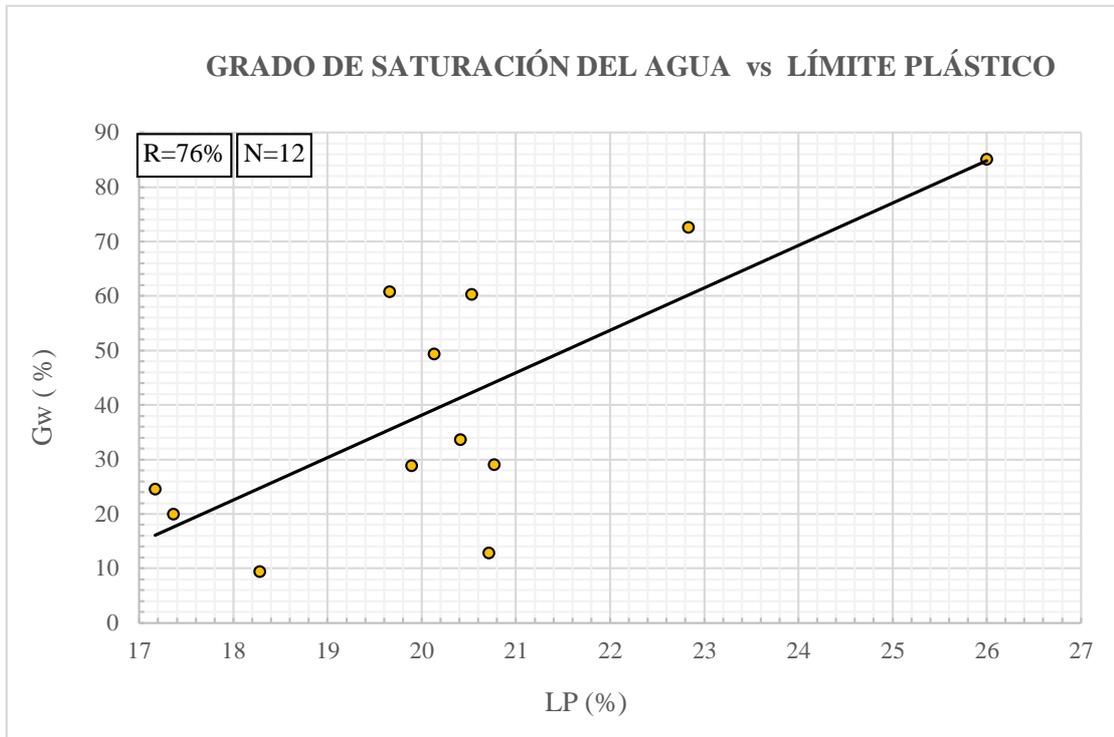
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $Gw = 2,773 + 2,908 * Wnat$

En la gráfica se observa una correlación excelente del 98%, la cual se ha obtenido mediante una tendencia lineal entre el grado de saturación del agua y el contenido de humedad natural.

Existe una relación directamente proporcional entre ambas propiedades. Si en una muestra de suelo el grado de saturación es alto implica que existe mucha agua que es capaz de saturar dicha muestra. Caso contrario si el contenido de humedad natural es poco, el grado de saturación será bajo, pues no habría suficiente agua que sature la muestra

Figura 53. Correlación N° 24: Gw vs LP



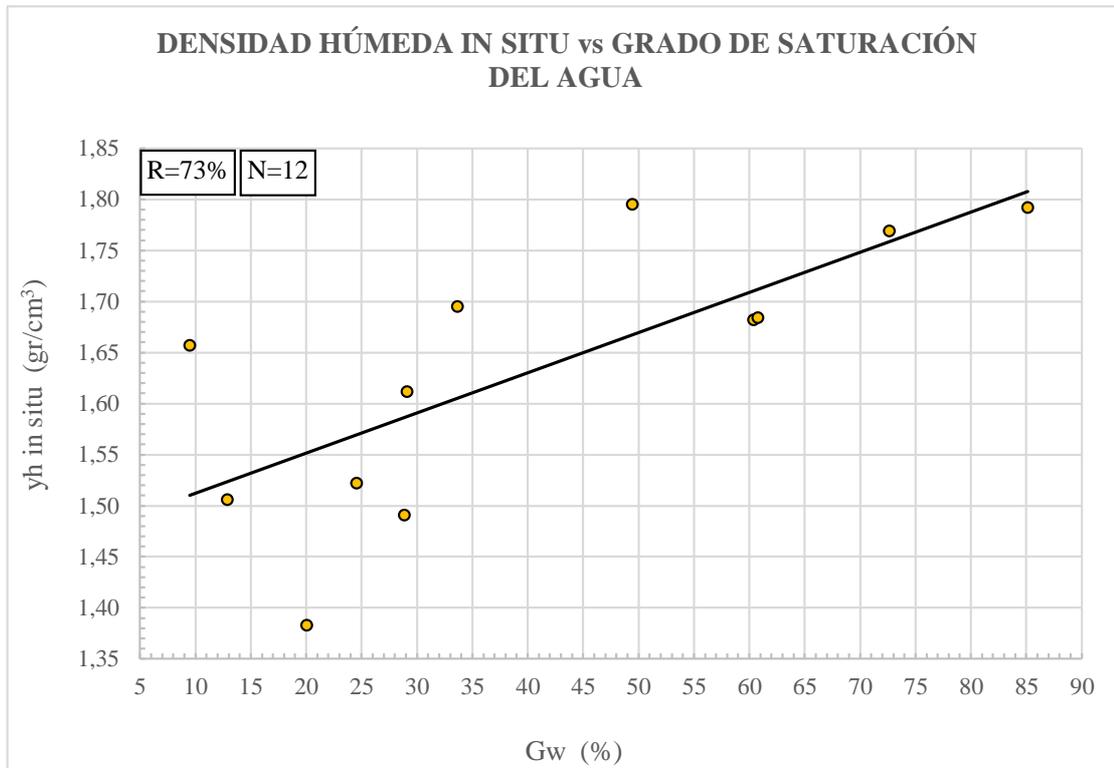
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $Gw = -117,38 + 7,776 * LP$

En la gráfica se observa una tendencia lineal entre el grado de saturación del agua y el límite plástico, mostrando una correlación regular del 76% entre ambas propiedades.

En la gráfica se muestra un relación dependiente y directa, porque para la elaboración del ensayo del límite plástico es necesario saturar de a poco la muestra para conseguir un estado plástico, por ende, entre más agua se agregue al suelo, mayor será el grado de saturación. Se puede observar que inclusive al 85% de saturación, existen muestras que se encuentran aún en un estado plástico.

Figura 54. Correlación N° 25: Yh in situ vs. Gw



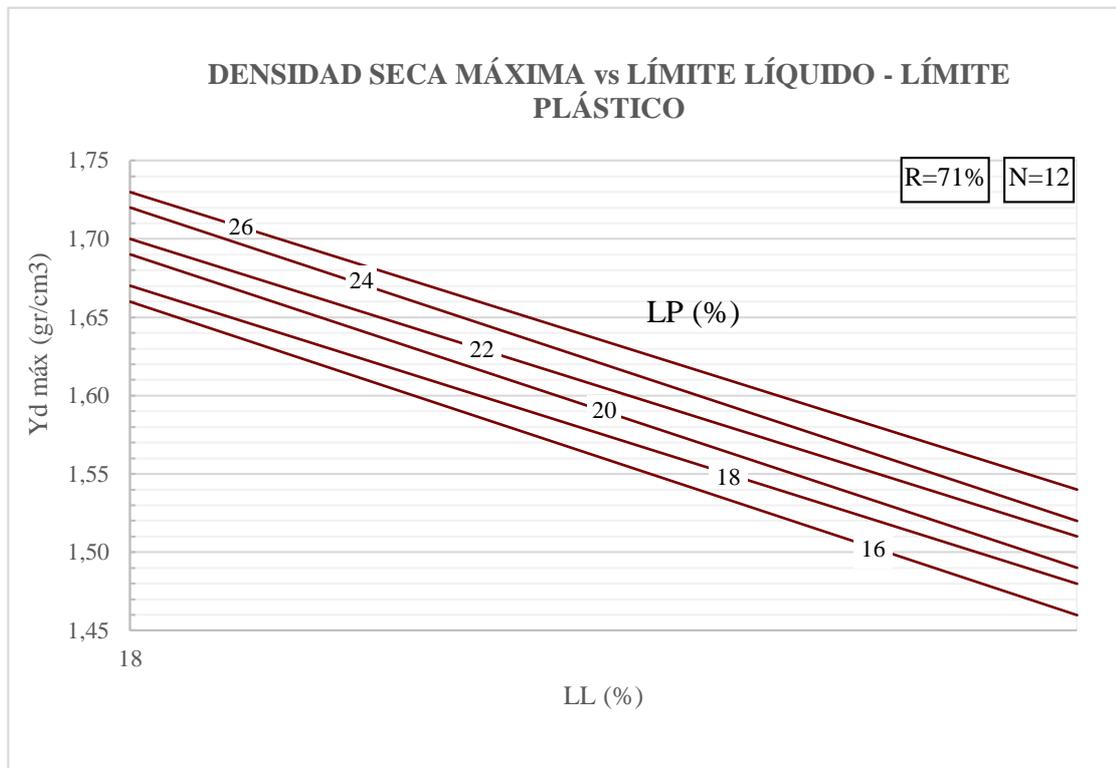
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $\gamma h \text{ in situ} = 1,473 + 0,0039 * Gw$

En la gráfica se observa una tendencia lineal entre la densidad húmeda in situ y el grado de saturación del agua, mostrando una correlación regular del 73% entre ambas propiedades.

Si el porcentaje de saturación de una muestra de suelo va en aumento, ocasiona que su densidad aumente. Si se presentan valores altos de densidad húmeda in situ, se puede deducir que un gran porcentaje de agua está saturando la muestra, hasta un cierto Gw.

Figura 55. Correlación N° 26: Yd max vs. LL - LP



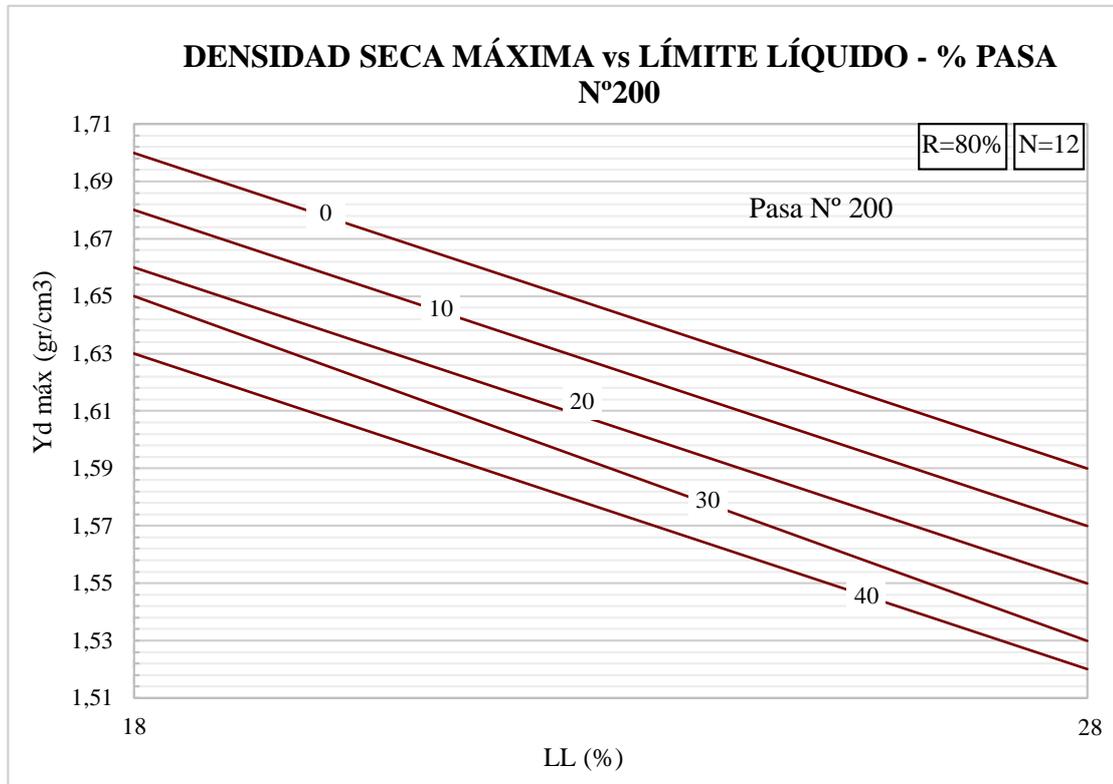
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $\gamma d \max = 2,829 - 1,026 * \text{Log} (LL) + 0,0074 (LP)$

En la gráfica se observa una tendencia logarítmica de tres variables, entre la densidad seca máxima y los límites líquido y plástico, mostrando una correlación aceptable del 71% entre estas propiedades.

La densidad seca máxima es proporcional al límite plástico, gracias a la cantidad de finos el suelo es más denso a pesar de estar en un estado plástico. A medida que aumenta el límite líquido la consistencia del suelo se vuelve más fluida y las densidades disminuyen.

Figura 56. Correlación N° 27: Yd max vs. LL – Pasa #200

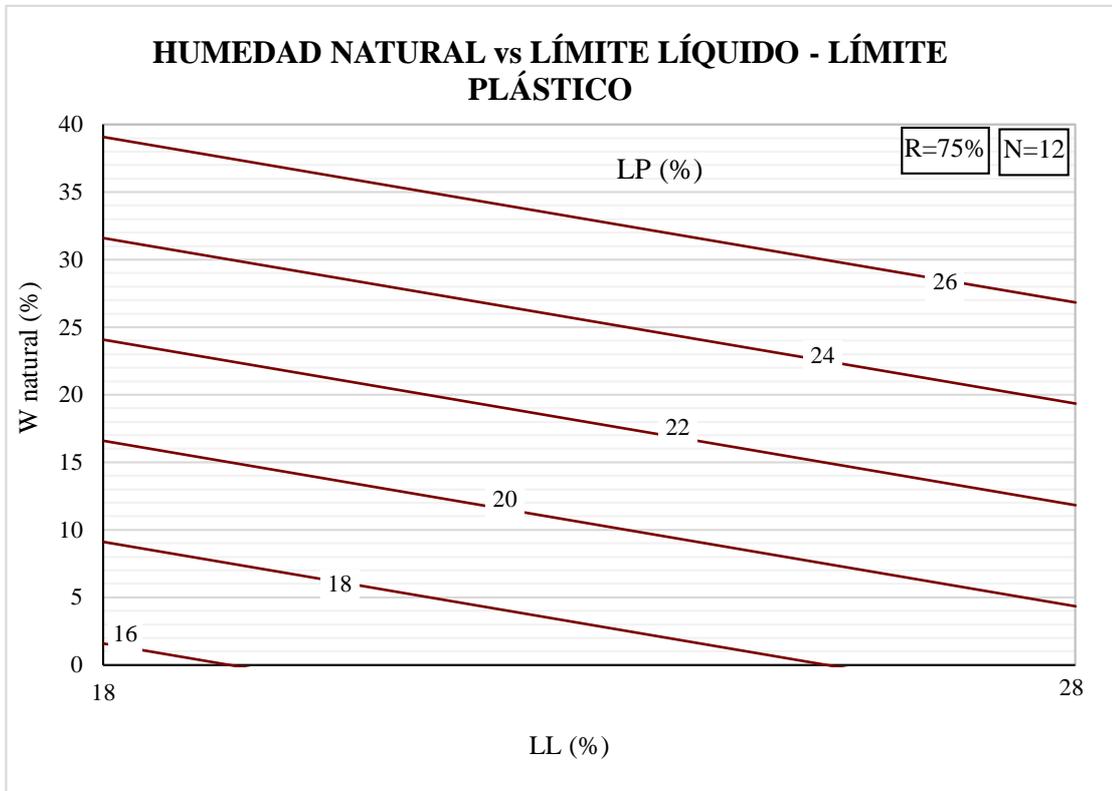


Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $\gamma d \max = 1,893 - 0,011 * LL - 0,002 * (N^{\circ} 200)$

En la gráfica se puede observar que por medio de una tendencia logarítmica se obtuvo un valor R= 80 % entre la densidad seca máxima, el límite líquido y el porcentaje que pasa el tamiz N°200, lo que implica que existe una buena correlación entre estas propiedades. El límite líquido depende en gran medida del porcentaje de finos, porque permite que la cohesión entre las partículas mejore y sea más factible obtener porcentajes altos en este ensayo. Sin embargo, existe una relación inversa entre estas propiedades y la densidad seca máxima. Para obtener valores altos en el límite líquido se debe aumentar la cantidad de agua hasta conseguir una consistencia más fluida, pero esto ocasiona una disminución en su densidad máxima. No necesariamente una gran cantidad de finos significa que un suelo sea denso.

Figura 57. Correlación N° 28: W opt vs LL - LP



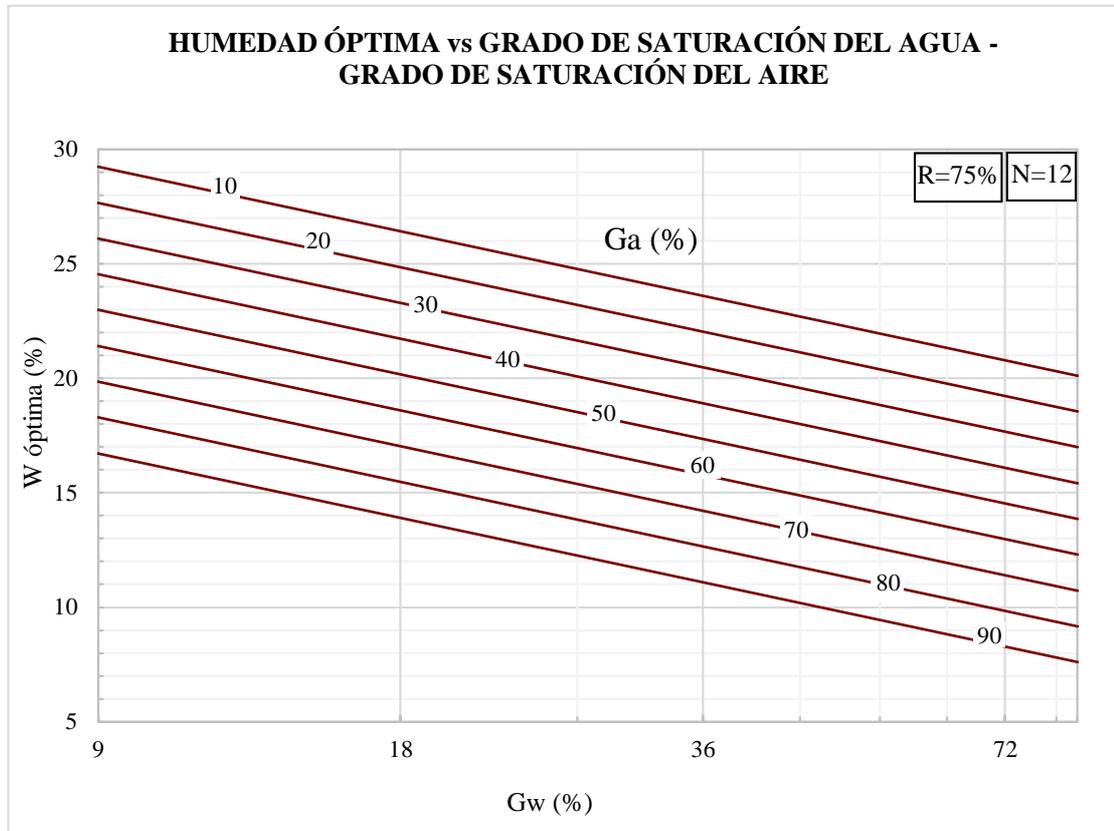
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $W_{nat} = 21,745 + 63,826 * \text{Log}(LL) + 3,748 LP$

En la gráfica se puede observar que por medio de una tendencia logarítmica se obtuvo un valor $R=75\%$ entre el contenido de humedad natural y los límites líquido y plástico, lo que implica que existe una correlación aceptable entre estas propiedades.

Tanto el límite líquido y plástico están en función de la cantidad de agua que se agregue a la muestra para ser capaces de alcanzar sus estados de consistencia correspondientes. Por ende, entre mayor sea el contenido de humedad natural del suelo, los límites líquido y plástico tendrá porcentajes altos.

Figura 58. Correlación N° 29: W_{opt} vs G_a - G_w



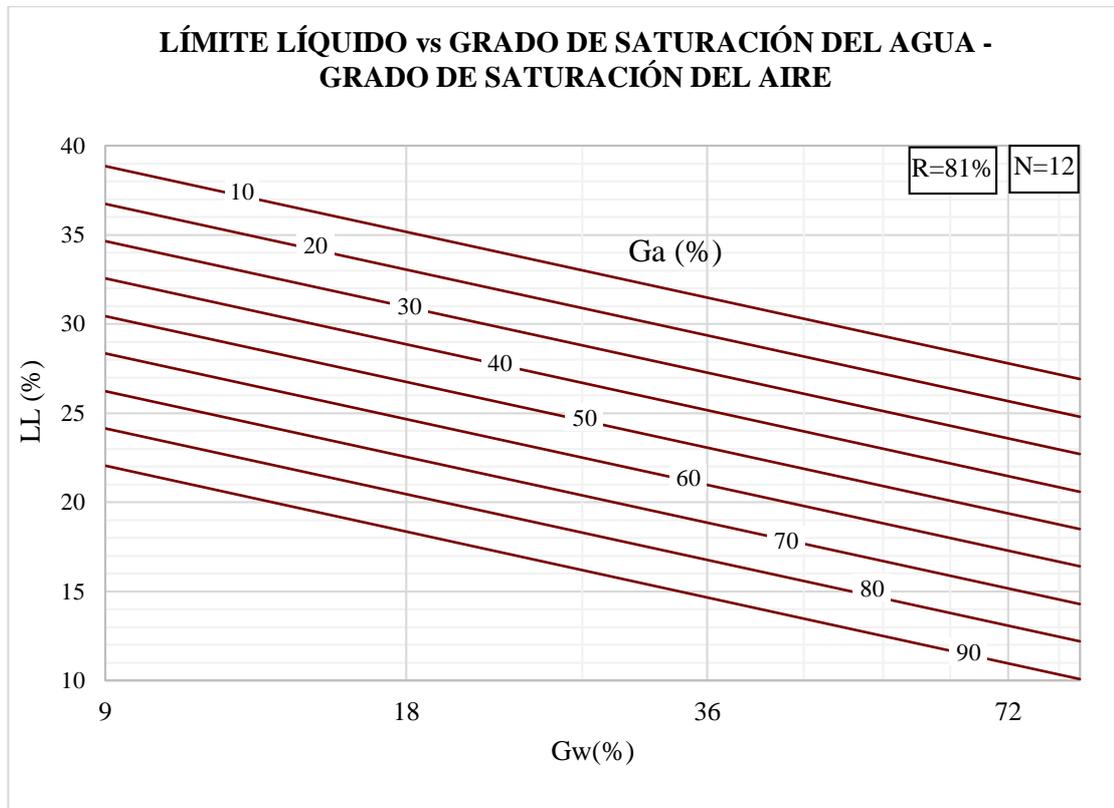
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $W_{opt} = 9,718 - 9,352 * \text{Log} (G_w) - 0,156 * (G_a)$

En la gráfica se observa una tendencia logarítmica entre el contenido de humedad óptimo y los grados de saturación del agua y aire, mostrando una correlación aceptable del 75% entre estas propiedades.

En la gráfica se puede observar que para un mismo valor de grado de saturación del agua hay mayor porcentaje en la saturación de vacíos y a su vez bajos valores de contenidos de humedad óptima. Esto se debe que al haber una mayor cantidad de vacíos se requiere de un porcentaje alto de saturación del agua para poder alcanzar una la humedad óptima deseada.

Figura 59. Correlación N° 30: LL vs. Gw - Ga



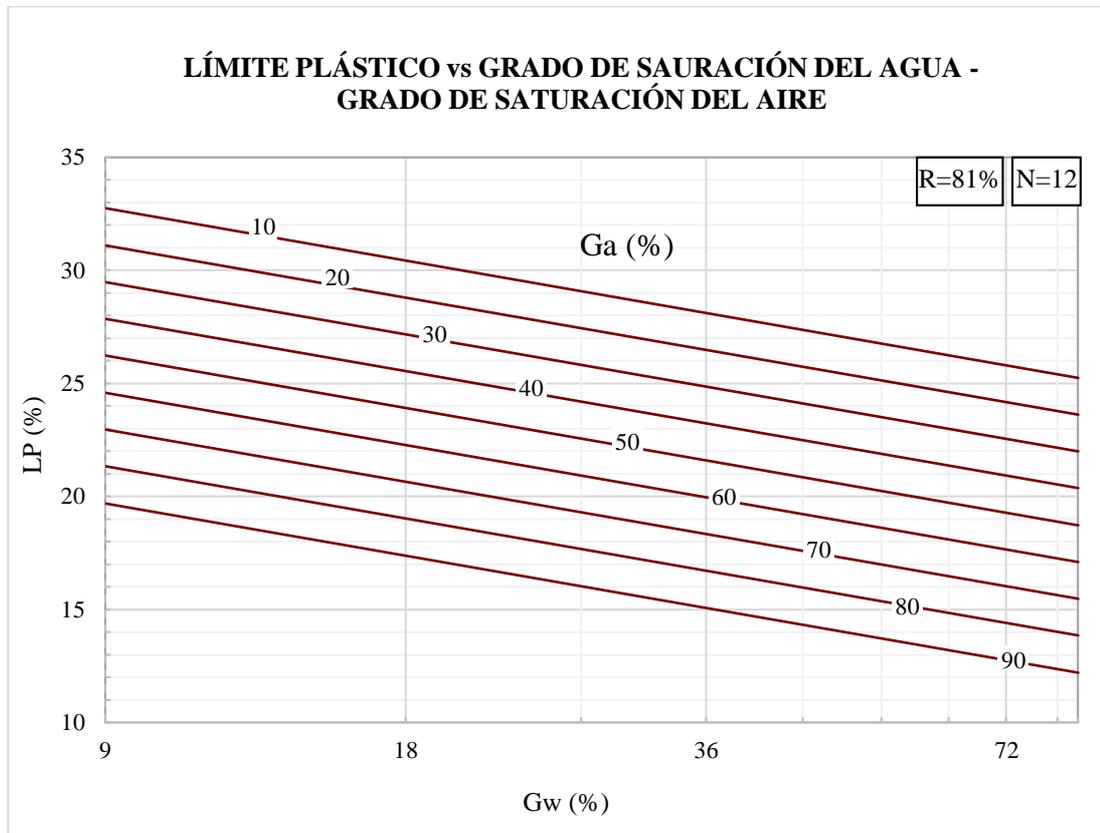
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $LL = 52,6501 - 12,251 * \text{Log} (Gw) - 0,2103 * (Ga)$

En la gráfica se observa una tendencia logarítmica entre el límite líquido y los grados de saturación del agua y aire, mostrando una buena correlación del 81% entre estas propiedades.

Si un suelo tiene alto grado de saturación del agua, los valores de límite líquido serán mayores, porque le permitirá llegar con mayor facilidad a una consistencia fluida. A su vez estas propiedades son inversamente proporcionales al grado de saturación del aire, porque a mayor presencia de vacíos, habrá menor humedad y los valores en el límite líquido serán bajos.

Figura 60. Correlación N° 31: LP vs. Gw - Ga



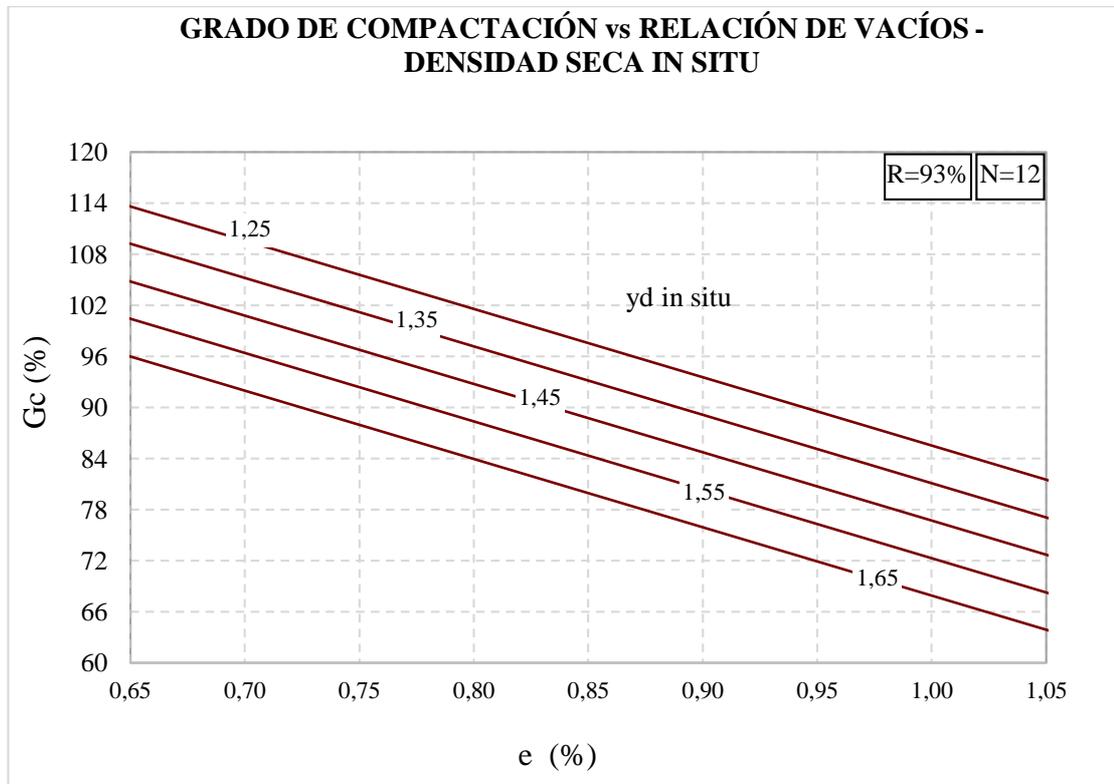
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $LP = 41,693 - 7,676 * \text{Log} (Gw) - 0,163 * (Ga)$

En la gráfica se observa una tendencia logarítmica entre el límite plástico y los grados de saturación del agua y aire, mostrando una buena correlación del 81% entre estas propiedades.

En la gráfica se puede observar que para un mismo valor de grado de saturación del agua hay mayor porcentaje en la saturación de vacíos y a su vez bajos valores de límite plástico. Si hay una mayor saturación de agua, el suelo se hace menos plástico debido a que hay una alta saturación de vacíos

Figura 61. Correlación N° 32: Gc vs e – Yd in situ



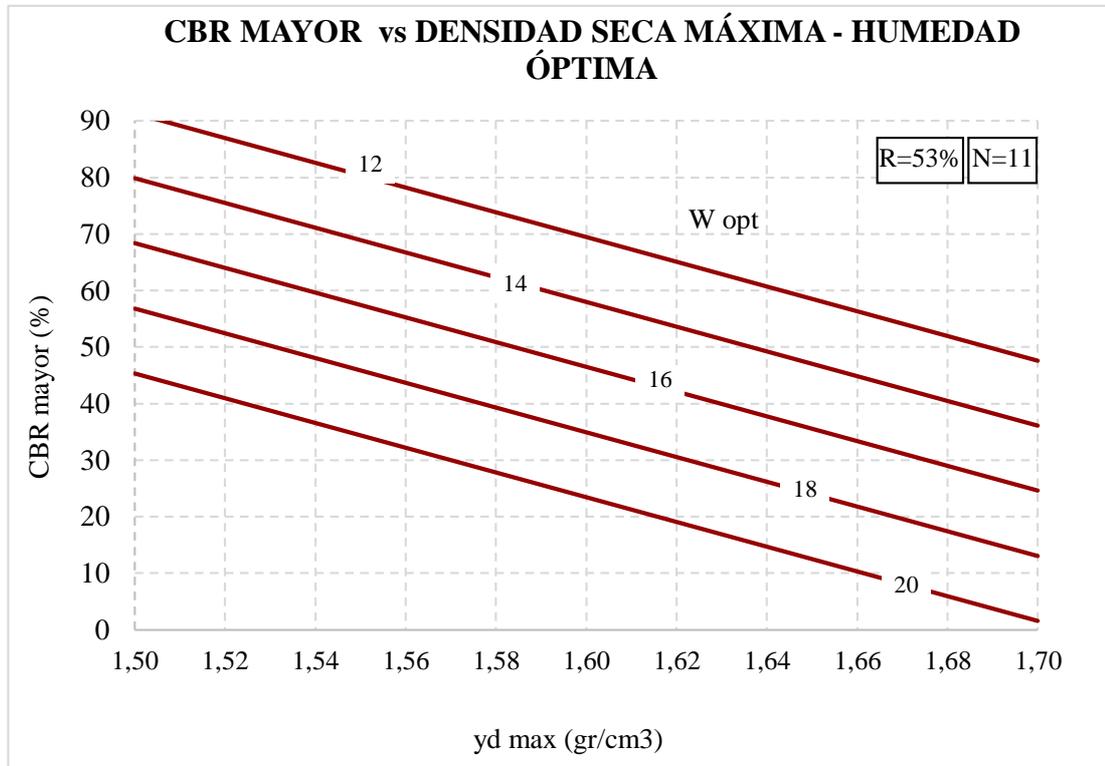
Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN: $Gc = 220.93 - 80.29(e) - 44.09 * yd \text{ in situ}$

En la gráfica se observa una tendencia lineal entre el grado de compactación, la relación de vacíos y la densidad seca in situ, mostrando una excelente correlación del 93 % entre estas propiedades.

Para una determinada densidad seca in situ el grado de compactación va a ser inversamente proporcional a la relación de vacíos. Es decir, si los vacíos aumentan el grado de compactación disminuirá para esa densidad y caso contrario si la relación de vacíos es baja, la compactación será alta. Determinados grados de compactación superiores al 100% para densidades bajas son casos excepcionales, hablando de forma teórica, puesto que para sub rasantes el grado de compactación ideal que se espera alcanzar es de 90% - 95%.

Figura 62. Correlación N° 33: CBR mayor vs. Ydmax – Wopt



Fuente: Vanessa Amaya

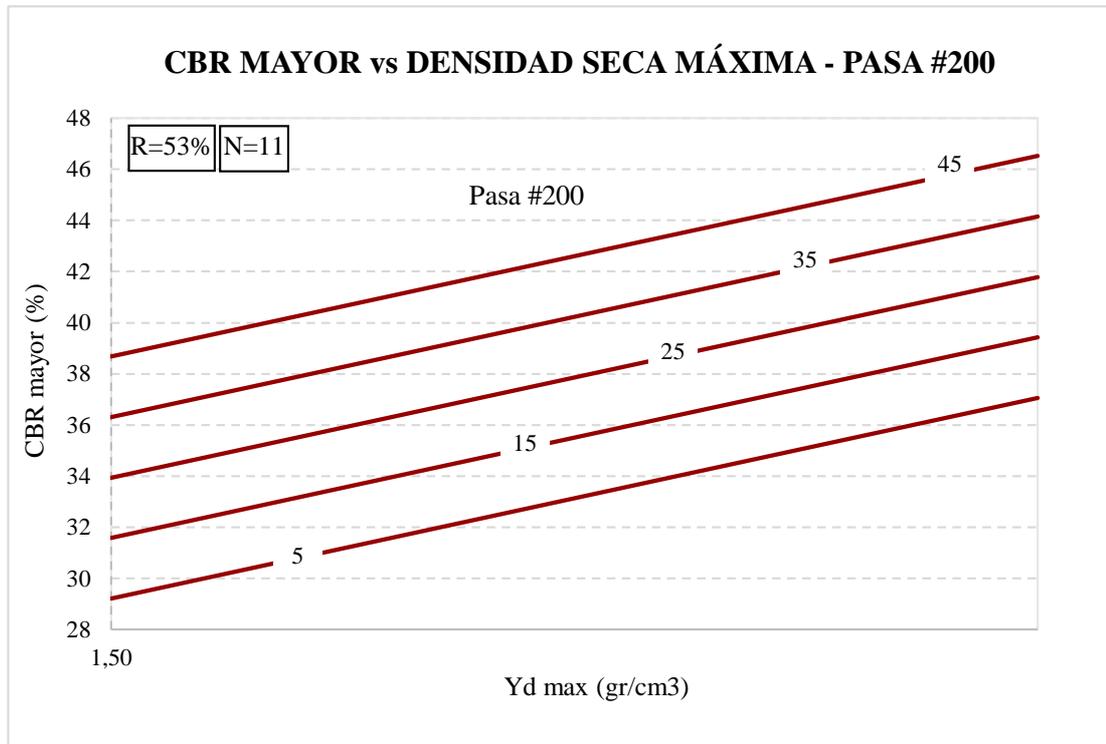
ECUACIÓN DE CORRELACIÓN:

$$CBR_{mayor} = 488.706 - 218.867(ydmax) - 5.753(W opt)$$

En la gráfica se observa una correlación mínima del 53% entre el CBR mayor, la densidad seca máxima y la humedad óptima, lograda por medio de una tendencia lineal.

La densidad seca máxima y el contenido de humedad son propiedades que afectan directamente a los valores obtenidos en el ensayo CBR. Se puede observar que para un mismo valor de densidad los valores de CBR pueden disminuir conforme aumenta el contenido de humedad del suelo, esto resulta lógico, dado que entre mayor sea el contenido de humedad, la resistencia del suelo se verá afectada y por ende disminuirá.

Figura 63. Correlación N° 34: CBR mayor vs. Ydmax – Pasa #200



Fuente: Vanessa Amaya

ECUACIÓN DE CORRELACIÓN:

$$CBR_{mayor} = 2.59 + 144.42 * \text{Log}(Ydmax) + 0.237(Pasa\#200)$$

Se puede observar que existe una correlación baja del 53% entre el CBR mayor, la densidad seca máxima y la cantidad de finos que pasan el tamiz #200, expresada por medio de una tendencia logarítmica.

Existe una relación directa entre estas propiedades, como se puede observar en la gráfica, a medida que aumenta la cantidad de finos la densidad seca máxima es mayor, permitiendo al suelo volverse más compacto y, por ende, la capacidad de soporte será alta alcanzando mayores resistencias en el ensayo CBR.

3.1.5. Cálculo del tráfico

3.1.5.1. Cálculo del TPDA

El punto de partida para el análisis del tráfico es la determinación del TPDA (tráfico promedio diario anual). El conteo de tráfico se realizó durante 12 horas del día lunes 2 de diciembre de 2019, determinando que en ese período de tiempo se registra el flujo vehicular representativo de la zona.

A continuación, se presenta la hora que registró un mayor flujo de vehículos, conocida como la hora pico. El conteo completo de las 12 horas se muestra en el anexo C.

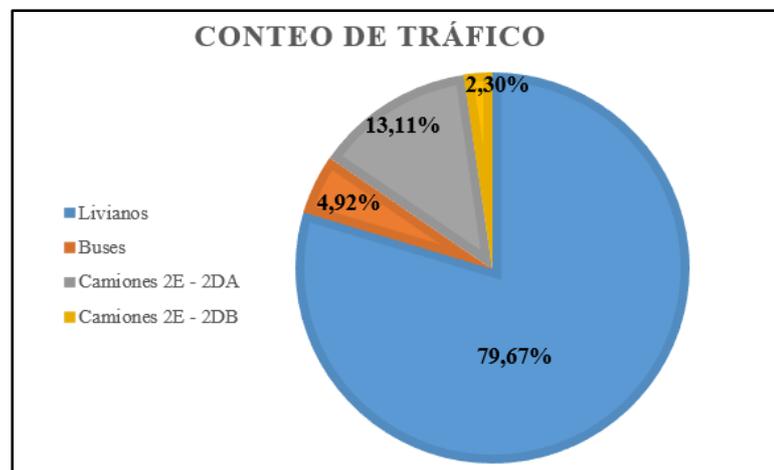
Tabla 25. Hora pico registrado en el conteo

HORA PICO EN LA VÍA IZAMBA - SAN VICENTE							
HORA	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES 2E		TOTAL CAMIONES	TOTAL	TOTAL ACUMULADO
			2DA	2DB			
13H00-13H15	67	3	10	2	12	82	82
13H15-13H30	51	4	9	3	12	67	149
13H30-13H45	71	5	10	1	11	87	236
13H45-14H00	54	3	11	1	12	69	305
TOTAL	243	15	40	7	47	305	
TOTAL (%)	79,67%	4,92%	13,11%	2,30%	15,41%	100%	

Fuente: Vanessa Amaya

La hora pico de la vía Izamba – San Vicente se determinó de 13h00 a 14h00, período de tiempo en el que se registraron un flujo vehicular compuesto del 4.92% por buses, 15.41% de camiones de dos ejes y 79,67% de livianos, siendo este tipo de vehículos los que transitan en mayor cantidad por dicha vía.

Figura 64. Composición del Tráfico



Fuente: Vanessa Amaya

3.1.5.2. Factor hora pico

$$FHP = \frac{VHP}{4*(Tráfico\ vehicular\ mayor\ en\ 15\ min)} \quad Ec. 12$$

$$FHP = \frac{305}{4*(87)} = 0.876$$

Como el valor de FHP 0,876, siendo menor a 1 es un indicador de que la concentración de flujos máximo se da en períodos cortos dentro de la hora pico, se asume un valor de 1 para asumir un tráfico fluido.

3.1.5.3. Tráfico actual

- Cálculo de la trigésima hora

La vía en estudio se trata de un camino rural por ende la trigésima hora se representa como el 15% del TPDA. [27]

$$TPDA = \frac{cantidad\ de\ vehículos * FHP}{15\%}$$

$$TPDA_{livianos} = \frac{243 * 1}{15\%} = 1620$$

$$TPDA_{buses} = \frac{15 * 1}{15\%} = 100$$

$$TPDA_{camiones} = \frac{47 * 1}{15\%} = 313$$

Tabla 26. TPDA de acuerdo a la 30^{ava} hora

TIPO	TOTAL	TPDA actual
Livianos	243	1620
Buses	15	100
Camiones 2E	47	313
TPDA total		2033

Fuente: Vanessa Amaya

Para el cálculo del tráfico actual, que transitará por esa vía, una vez que entre en funcionamiento estará conformado por el tránsito atraído, generado y desarrollado.

- Tránsito generado corresponde al 20% del TPDA

$$Tg = 20\% * TPDA_{(livianos/buses/camiones)}$$

- Tránsito atraído corresponde al 10% del TPDA

$$Tat = 10\% * TPDA_{(livianos/buses/camiones)}$$

- Tránsito desarrollado corresponde al 5% del TPDA

$$Td = 5\% * TPDA_{(livianos/buses/camiones)}$$

Tabla 27. Cálculo del TPDA actual

TIPO	TPDA	Tg (20% TPDA)	Tat (10% TPDA)	Td (5% TPDA)	TRÁFICO ACTUAL
Livianos	1620	324	162	81	2187
Buses	100	20	10	5	135
Camiones 2E	313	63	31	16	423
TOTAL	2033	407	203	102	2745

Fuente: Vanessa Amaya

3.1.5.4. Tráfico futuro

Según la tabla 6 sobre períodos de diseño de acuerdo al tipo de carretera, se optará por un período de diseño promedio de 20 años, pues la vía seleccionada se considera una carretera rural pavimentada de baja intensidad de tránsito.

De acuerdo a la ecuación 13, el tráfico futuro se expresa como:

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

El índice de crecimiento irá variando en su valor de acuerdo a la tabla 5 sobre la tasa de crecimiento del tráfico mostrada en el capítulo 1.

- Tráfico futuro para el 1er año (2019)

$$Tf_{livianos} = 2187 * (1 + 0.0397)^0 = 2187$$

$$Tf_{buses} = 135 * (1 + 0.0197)^0 = 135$$

$$Tf_{camiones} = 423 * (1 + 0.0194)^0 = 423$$

- Tráfico futuro para 10 años (2029)

$$Tf_{livianos} = 2187 * (1 + 0.0325)^{10} = 3011$$

$$Tf_{buses} = 135 * (1 + 0.0162)^{10} = 159$$

$$Tf_{camiones} = 423 * (1 + 0.0158)^{10} = 495$$

- Tráfico futuro para 20 años (2039)

$$Tf_{livianos} = 2187 * (1 + 0.0325)^{20} = 4146$$

$$Tf_{buses} = 135 * (1 + 0.0162)^{20} = 186$$

$$Tf_{camiones} = 423 * (1 + 0.0158)^{20} = 579$$

3.1.5.5. Cálculo de los ejes equivalentes W18

- Cálculo del factor de daño para buses

$$FD_{bus} = \left(\frac{4 \text{ Ton}}{6.6}\right)^4 = 1.04$$

- Cálculo del factor de daño para camiones 2DA

$$FD_{2DA} = \left(\frac{3 \text{ Ton}}{6.6}\right)^4 + \left(\frac{7 \text{ Ton}}{8.2}\right)^4 = 0.57$$

- Cálculo del factor de daño para camiones C2G

$$FD_{C2G} = \left(\frac{7 \text{ Ton}}{6.6}\right)^4 + \left(\frac{11 \text{ Ton}}{8.2}\right)^4 = 4.51$$

- Cálculo de los ejes equivalentes W18 para el primer año

$$W18 = [(Tf_{buses} * FD_{bus}) + (Tf_{2DA} * FD_{2DA}) + (Tf_{C2G} * FD_{C2G})] * 365$$

$$W18 = [(135 * 1.04) + (360 * 0.57) + (63 * 4.51)] * 365$$

$$W18 = 229851$$

- Cálculo de los ejes equivalentes W18 por sentido

$$W18_{por\ sentido} = \frac{W18}{2}$$

$$W18_{por\ sentido} = \frac{229851}{2}$$

$$W18_{por\ sentido} = 114926$$

- Cálculo de los ejes equivalentes W18 por carril de diseño

$$W18_{carril} = W18 * 100\%$$

$$W18_{carril} = 114926 * 100\% = 114926$$

Tabla 28. Cálculo de los ejes equivalentes

AÑO	% CRECIMIENTO			TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO Tf = Tactual * (1+i)^n			CAMIONES 2E		W18	W18	W18
	Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones	2DA	C2G	Acumulado	Por sentido	Carril de diseño
2019	3,97	1,97	1,94	2187	135	423	360	63	229851	114926	114926
2020	3,97	1,97	1,94	2274	138	431	367	64	464177	232089	232089
2021	3,57	1,78	1,74	2346	140	438	373	65	702139	351069	351069
2022	3,57	1,78	1,74	2430	142	445	379	66	944262	472131	472131
2023	3,57	1,78	1,74	2516	145	453	386	68	1190620	595310	595310
2024	3,57	1,78	1,74	2606	147	461	392	69	1441287	720643	720643
2025	3,57	1,78	1,74	2699	150	469	399	70	1696337	848169	848169
2026	3,25	1,62	1,58	2736	151	472	402	70	1953005	976503	976503
2027	3,25	1,62	1,58	2825	154	480	408	71	2213752	1106876	1106876
2028	3,25	1,62	1,58	2916	156	487	415	73	2478641	1239321	1239321
2029	3,25	1,62	1,58	3011	159	495	421	74	2747740	1373870	1373870
2030	3,25	1,62	1,58	3109	161	503	428	75	3021114	1510557	1510557
2031	3,25	1,62	1,58	3210	164	511	435	76	3298832	1649416	1649416
2032	3,25	1,62	1,58	3315	166	519	441	77	3580963	1790481	1790481
2033	3,25	1,62	1,58	3422	169	527	448	78	3867576	1933788	1933788
2034	3,25	1,62	1,58	3533	172	535	455	80	4158744	2079372	2079372
2035	3,25	1,62	1,58	3648	175	544	463	81	4454539	2227269	2227269
2036	3,25	1,62	1,58	3767	177	552	470	82	4755033	2377517	2377517
2037	3,25	1,62	1,58	3889	180	561	477	84	5060303	2530151	2530151
2038	3,25	1,62	1,58	4016	183	570	485	85	5370422	2685211	2685211
2039	3,25	1,62	1,58	4146	186	579	493	86	5685470	2842735	2842735

Fuente: Vanessa Amaya

3.1.6. Diseño del pavimento flexible

Para el diseño del pavimento flexible se escogió como modelo de análisis a la vía Izamba - San Vicente de la parroquia rural Izamba, ubicada en la zona norte de la ciudad Ambato.

3.1.6.1. Primer diseño de pavimento flexible

- **CBR**

El valor de CBR obtenido en laboratorio de la subrasante de la vía seleccionada tiene un valor de 33,50.

Los datos de CBR para base y sub base se tomarán los valores mínimos recomendados en las especificaciones generales para la construcción de puentes y caminos MOP-001-F 2002.

Tabla 29. Valores utilizados para el cálculo

ASUMIDO	VALOR
CBR base	80%
CBR sub base	30%
Estabilidad Marshall del asfalto	2000 lb

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de puentes y caminos MOP-001-F 2002

- **Ejes equivalentes W18**

El valor de ejes equivalentes W18 proyectado a 20 años calculado anteriormente es 2842735

- **Confiabilidad R**

De acuerdo a la tabla N° 8 especificada en el capítulo 1, la vía seleccionada se clasifica como una carretera colectora rural de 2 carriles

TIPO DE CAMINO	ZONA URBANA	ZONA RURAL
Colectora	80-95	75-95

- **Desviación estándar normal Zr**

El valor de desviación estándar depende del porcentaje de confiabilidad. De acuerdo a la tabla N° 9 especificada en el capítulo 1, a ZR le corresponde un valor de -1.037

Confiabilidad, R (%)	Desviación Estandar Normal, ZR
85	-1.037

- **Desviación estándar Global So**

El valor de desviación estándar Global So para pavimentos flexibles está dentro del rango 0.40-0.50, para el cálculo se ha tomado el valor promedio de 0.45.

- **Índice de servicialidad**

El índice de servicialidad inicial para pavimentos flexibles es 4.2 y para el índice de servicialidad final tiene un valor de 2, tal como se especifica en la tabla N° 11 del capítulo 1

- **Módulo de resiliencia**

Según la ecuación 17 detallada en el capítulo 1, si $CBR > 20\%$, el módulo de resiliencia se calcula de la siguiente manera.

$$Mr = 4326 * Ln(CBR) + 241$$

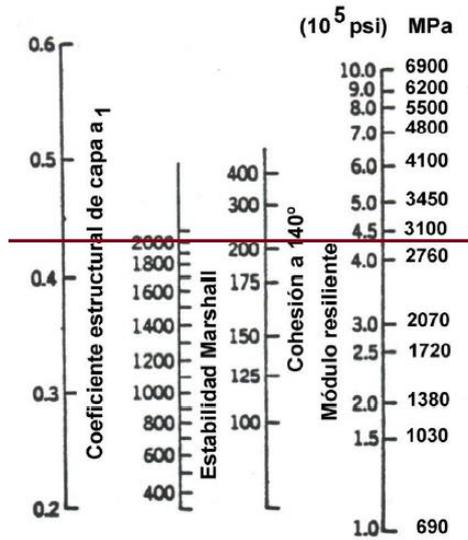
$$Mr = 4326 * Ln(33,50) + 241$$

$$Mr = 15431,95 \text{ psi} \rightarrow 15,43 \text{ ksi}$$

- **Coefficiente estructural para el asfalto (a1)**

Para la determinación del coeficiente a1 del asfalto, se asume una Estabilidad Marshall de 2000 lb tal como se especificó en la Figura N° 9.

Nomograma para el cálculo de a1

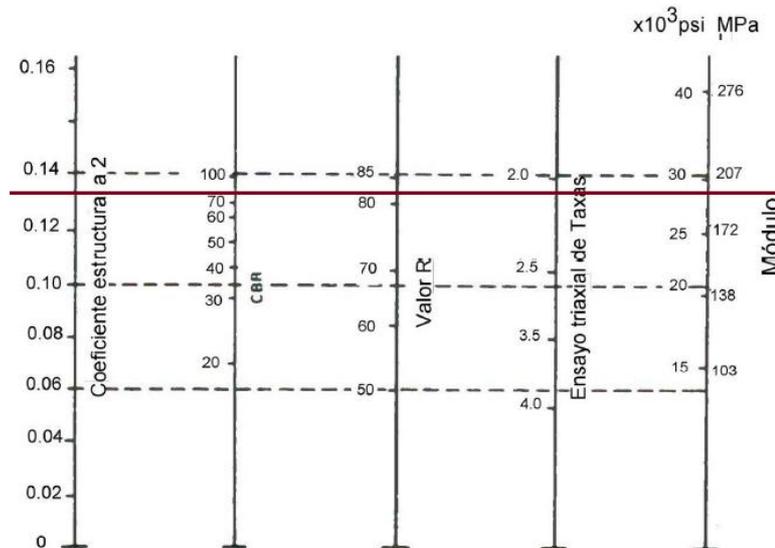


Fuente: Diseño de pavimentos AASHTO-93

De acuerdo al valor asumido de estabilidad Marshall, se han obtenido por medio del nomograma mostrado los valores para $a_1 = 0,43$ y el módulo de elasticidad $E=4,4 \times 10^5$ psi.

- **Coeficiente estructural para base (a2)**

Nomograma para el cálculo de a2

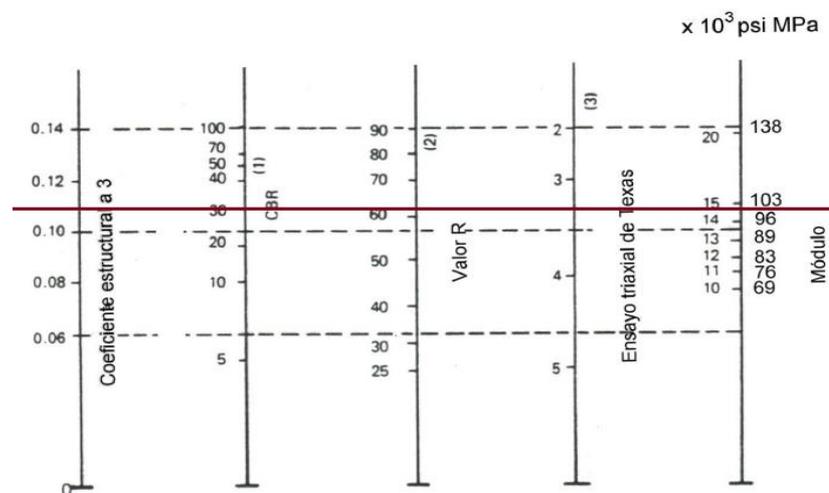


Fuente: Diseño de pavimentos AASHTO-93

De acuerdo al valor asumido de CBR para base especificado en la Figura N° 10, se han obtenido por medio del nomograma mostrado los valores para $a_2 = 0,135$ y el módulo de elasticidad $E=28 \times 10^3$ psi.

- **Coefficiente estructural para sub base (a3)**

Nomograma para el cálculo de a_2



Fuente: Diseño de pavimentos AASHTO-93

De acuerdo al valor asumido de CBR para sub base especificado en la Figura N° 11, se han obtenido por medio del nomograma mostrado los valores para $a_3 = 0,11$ y el módulo de elasticidad $E=14,8 \times 10^3$ psi.

- **Coefficientes m_1 , m_2**

En la zona de Izamba – San Vicente, se considera que la probabilidad de que el pavimento esté expuesto a precipitaciones es del 1-5%, con una condición de drenaje regular, según la Figura N°13, descrita en el capítulo 1

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%
Regular	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90

- Número estructural requerido SN

Para el cálculo del número estructural es necesario la utilización de todos los datos obtenidos anteriormente que se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 30. Resumen de datos para el diseño 1

MATERIALES		
Módulo de Elasticidad del Asfalto	(ksi)	440,00
Módulo de Elasticidad de la Base Granular	(ksi)	28,00
Módulo de Elasticidad de la Subbase	(ksi)	14,80
TRÁFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE		
Cantidad de Ejes Equivalentes	[W18]	2842735
Factor de Confiabilidad	[R]	85%
Desviación Estándar Normal	[Zr]	-1,037
Desviación Estándar Global	[So]	0,45
Módulo de Resiliencia de la Subrasante	[Mr] (ksi)	15,43
Servicialidad Inicial	[Pi]	4,20
Servicialidad Final	[Pt]	2,00
Período de diseño	(años)	20
ESTRUCTURACIÓN DEL RESUERZO		
Coeficientes Estructurales por capa		
1. Concreto Asfáltico Convencional	(a ₁)	0,430
2. Base Granular	(a ₂)	0,135
3. Subbase	(a ₃)	0,110
Coeficientes de Drenaje de cada capa		
4. Base Granular	(m ₂)	1,100
5. Subbase	(m ₃)	1,100

Fuente: Vanessa Amaya

De acuerdo al método propuesto en la guía AASHTO 93 el cálculo del número estructural, consiste en un proceso iterativo del SN hasta lograr una igualdad en ambos lados de la siguiente ecuación.

$$\log W_{18} = Z_R S_O + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log(\Delta PSI)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log M_R - 8.07$$

Para mayor facilidad en la resolución de la ecuación se reemplazará cada lado de la ecuación con una variable.

$$\log W_{18} = Z_R S_D + 9.36 \log(SN+1) - 0.20 + \frac{\log(\Delta PSI)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \log M_R - 8.07$$

\rightarrow **X**
 \rightarrow **Y**

Primer valor de Iteración= 2

$$x = \log(2842735) = 6.45$$

$$x = 6.45$$

$$Y = (-1.037 * 0.45) + 9.36 * \log(2 + 1) - 0.20 + \frac{\log(2 - 4.2)}{0.40 + \frac{1094}{(2 + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log(15.43) - 8.07$$

$$Y = 5.42$$

$$X \neq Y$$

Segundo valor de Iteración= 2.5

$$x = \log(2842735) = 6.45$$

$$x = 6.45$$

$$Y = (-1.037 * 0.45) + 9.36 * \log(2.5 + 1) - 0.20 + \frac{\log(2 - 4.2)}{0.40 + \frac{1094}{(2.5 + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log(15.43) - 8.07$$

$$Y = 6.03$$

$$X \neq Y$$

Tercer valor de Iteración= 2.9

$$x = \log(2842735) = 6.45$$

$$x = 6.45$$

$$Y = (-1.037 * 0.45) + 9.36 * \log(2.9 + 1) - 0.20 + \frac{\log(2 - 4.2)}{4.2 - 1.5} + 2.32 \log(15.43) - 8.07$$

$$0.40 + \frac{1094}{(2.9 + 1)^{5.19}}$$

$$Y = 6.45$$

$$X = Y$$

Valor estructural requerido SN=2.9

Por medio de una hoja de cálculo de Excel se calculan los valores de número estructural y espesores para la carpeta asfáltica, base y sub base.

Tabla 31. Numero estructural y espesores para el diseño 1

CÁLCULO DE NÚMEROS ESTRUCTURALES		
	Teórico	
	SN	Espesor
Número Estructural de la Carpeta Asfáltica (SN _{CA})	2,34	13,8 cm
Número Estructural de la Base Granular (SN _{BG})	0,61	10,4 cm
Número Estructural de la Subbase (SN _{SB})	-0,05	-1,0 cm
Número Estructural Requerido Total (SN _{REQ})	2,90	23,2 cm

Fuente: Vanessa Amaya

Para el diseño definitivo se han utilizado como referencia los valores mínimos de espesores para la base, sub base y carpeta asfáltica en función del tráfico esperado, especificados en la norma AASHTO.

Espesores mínimos para capas en función del tráfico esperado

Cargas equivalentes (período diseño)	Espesor mínimo (cm)	
	Mezcla asfáltica (todas las capas)	Base y/o sub- Base granular
< 50.000	2,5 (*)	10,0
50.000 - 150.000	5,0	10,0
150.000 - 500.000	6,25	10,0
500.000 - 2.000.000	7,5	15,0
2.000.000 - 7.000.000	8,75	15,0
> 7.000.000	10,0	15,0

(*) o tratamiento superficial, según tipo de vía

Fuente: Guías de diseño AASHTO

Tabla 32. Espesores propuestos para el diseño 1

DISEÑO DEL PAVIMENTO		
	Propuesta	
	SN	espesor
Esesor de la Carpeta Asfáltica	1,27	7,5 cm
Esesor de la Base Granular	0,88	15,0 cm
Esesor de la Subbase	0,95	20,0 cm
Total	3,10	42,5 cm

Fuente: Vanessa Amaya

3.1.6.2. Segundo diseño de pavimento flexible

Para este diseño se utilizará un valor de CBR obtenido por medio de correlaciones con otras propiedades índice y mecánicas del suelo adyacente a la vía en análisis.

La vía Izamba-San Vicente, tiene un valor de CBR de la subrasante obtenido en laboratorio = 33.50, conjuntamente con las siguientes propiedades:

Tabla 33. Valores utilizados para el diseño 2

PROPIEDAD	VALOR
Densidad seca máxima (ydm _{máx})	1,627
Gravedad Especifica (Gs)	2,461
Porcentaje que pasa el tamiz # 200 (Pasa #200)	31,58
Humedad Óptima (W opt)	16,3
Límite Plástico (LP)	17,36

Fuente: Vanessa Amaya

El valor de CBR determinado mediante correlaciones son los siguientes:

Tabla 34. Valor de CBR para la subrasante del diseño 2

CORRELACIÓN	REEMPLAZO	VALOR CBR
$CBR_{0,1''} = -123,516 + 51,561 \ln (W_{opt})$	$CBR_{0,1''} = -123,516 + 51,561 \ln (16,30)$	20,40
$CBR_{mayor} = 0,007 * e^{(5,368 yd \max)}$	$CBR_{mayor} = 0,007 * e^{(5,368 * 1,627)}$	43,46
$CBR_{mayor} = 1,616 * e^{(1,292 Gs)}$	$CBR_{mayor} = 1,616 * e^{(1,292 * 2,461)}$	38,84
$CBR_{may} = 488,706 - 218,867(yd \max) - 5,753(W_{opt})$	$CBR_{may} = 488,706 - 218,867(1,627) - 5,753(16,30)$	38,84
$CBR_{may} = 2,59 + 144,42 * \text{Log}(yd \max) + 0,237 (pasa \#200)$	$CBR_{may} = 2,59 + 144,42 * \text{Log}(1,627) + 0,237 * (31,58)$	40,60
PROMEDIO		36,43

Fuente: Vanessa Amaya

El valor CBR obtenido mediante correlaciones será de 36,43 el cual se obtuvo mediante un promedio de los valores CBR totales.

Para el segundo diseño se mantendrá los valores optados en el diseño 1 para el CBR de base, sub base y la estabilidad de Marshall

Tabla 35. Valores asumidos para el diseño 2

ASUMIDO	VALOR
CBR base	80%
CBR sub base	30%
Estabilidad Marshall del asfalto	2000 lb

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de puentes y caminos MOP-001-F 2002

- **Ejes equivalentes W18**

Se mantendrá el mismo valor de ejes equivalentes W18 proyectado a 20 años del diseño 1, siendo su valor = 2842735

- **Confiabilidad R**

De acuerdo a la tabla N°8 especificada en el capítulo 1, la vía seleccionada se clasifica como una carretera colectora rural de 2 carriles, con un valor R=85%

- **Desviación estándar normal Zr**

El valor de desviación estándar depende del porcentaje de confiabilidad. De acuerdo a la tabla N° 9 especificada en el capítulo 1, a ZR le corresponde un valor de -1.037

- **Desviación estándar Global So**

Para el cálculo se ha tomado el valor promedio de 0.45.

- **Índice de servicialidad**

El índice de servicialidad inicial para pavimentos flexibles es 4.2 y para el índice de servicialidad final tiene un valor de 2, tal como se especifica en la tabla N°11 del capítulo 1

- **Módulo de resiliencia**

Según la ecuación 17 detallada en el capítulo 1, si $CBR > 20\%$, el módulo de resiliencia se calcula de la siguiente manera.

$$Mr = 4326 * Ln(CBR) + 241$$

$$Mr = 4326 * Ln(36.43) + 241$$

$$Mr = 15794.668 \text{ psi} \rightarrow 15,79 \text{ ksi}$$

- **Coefficiente estructural para el asfalto (a1)**

Al tomar el mismo valor de estabilidad de Marshall, se mantiene el valor del diseño 1, donde $a1=0.43$ y el módulo de elasticidad $E=4,4 \times 10^5$ psi.

- **Coefficiente estructural para base (a2)**

Al tomar los mismos valores de CBR para la base, se mantiene el valor del diseño 1, donde $a2=0.135$ y el módulo de elasticidad $E=28 \times 10^3$ psi.

- **Coefficiente estructural para sub base (a3)**

Al tomar los mismos valores de CBR para la sub base, se mantiene el valor del diseño 1, donde $a3=0.11$ y el módulo de elasticidad $E=14,8 \times 10^3$ psi

- **Coefficientes m1, m2**

En la zona de Izamba – San Vicente, se considera que la probabilidad de que el pavimento esté expuesto a precipitaciones es del 1-5%, por lo que se opta por un valor de 1.10

- **Número estructural requerido SN**

Para el cálculo del número estructural es necesario la utilización de todos los datos obtenidos anteriormente que se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 36. Resumen de datos para el diseño 2

MATERIALES		
Módulo de Elasticidad del Asfalto	(ksi)	440,00
Módulo de Elasticidad de la Base Granular	(ksi)	28,00
Módulo de Elasticidad de la Subbase	(ksi)	14,80
TRÁFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE		
Cantidad de Ejes Equivalentes	[W18]	2842735
Factor de Confiabilidad	[R]	85%
Desviación Estándar Normal	[Zr]	-1,037
Desviación Estándar Global	[So]	0,45
Módulo de Resiliencia de la Subrasante	[Mr] (ksi)	15,79
Servicialidad Inicial	[Pi]	4,20
Servicialidad Final	[Pt]	2,00
Periodo de diseño	(años)	20
ESTRUCTURACIÓN DEL RESUERZO		
Coeficientes Estructurales por capa		
1. Concreto Asfáltico Convencional	(a ₁)	0,430
2. Base Granular	(a ₂)	0,135
3. Subbase	(a ₃)	0,110
Coeficientes de Drenaje de cada capa		
4. Base Granular	(m ₂)	1,100
5. Subbase	(m ₃)	1,100

Fuente: Vanessa Amaya

De acuerdo al método propuesto en la guía AASHTO 93 el cálculo del número estructural, consiste en un proceso iterativo del SN hasta lograr una igualdad en ambos lados de la siguiente ecuación.

$$\log W_{18} = Z_R S_O + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log(\Delta PSI)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log M_R - 8.07$$

→ X
→ Y

Para el segundo diseño se utilizará una hoja de Excel, para facilidad en el cálculo

VALOR X	VALOR Y	SN
6,45	5,45	2
6,45	6,06	2,5
6,45	6,45	2,88

Valor estructural requerido SN=2.88

Por medio de una hoja de cálculo de Excel se calculan los valores de número estructural y espesores para la carpeta asfáltica, base y sub base.

Tabla 37. Numero estructural y espesores para el diseño 2

CÁLCULO DE NÚMEROS ESTRUCTURALES		
	Teórico	
	SN	Espesor
Número Estructural de la Carpeta Asfáltica (SN_{CA})	2,34	13,8 cm
Número Estructural de la Base Granular (SN_{BG})	0,61	10,4 cm
Número Estructural de la Subbase (SN_{SB})	-0,07	-1,5 cm
Número Estructural Requerido Total (SN_{REQ})	2,88	22,8 cm

Fuente: Vanessa Amaya

Para el diseño definitivo se han utilizado como referencia los valores mínimos de espesores para la base, sub base y carpeta asfáltica en función del tráfico esperado, especificados en la norma AASHTO.

Espesores mínimos para capas en función del tráfico esperado

Cargas equivalentes (periodo diseño)	Espesor mínimo (cm)	
	Mezcla asfáltica (todas las capas)	Base y/o sub- Base granular
< 50.000	2,5 (*)	10,0
50.000 - 150.000	5,0	10,0
150.000 - 500.000	6,25	10,0
500.000 - 2.000.000	7,5	15,0
2.000.000 - 7.000.000	8,75	15,0
> 7.000.000	10,0	15,0

(*) o tratamiento superficial, según tipo de vía

Fuente: Guías de diseño AASHTO

Tabla 38. Espesores propuestos para el diseño 2

DISEÑO DEL PAVIMENTO		
	Propuesta	
	SN	espesor
Espesor de la Carpeta Asfáltica	1,27	7,5 cm
Espesor de la Base Granular	0,88	15,0 cm
Espesor de la Subbase	0,95	20,0 cm
Total	3,10	42,5 cm

Fuente: Vanessa Amaya

3.1.6.3. Tercer diseño de pavimento flexible

Para este diseño se empleará un tráfico aumentado tres veces su valor, y con el CBR obtenido en laboratorio de la vía en análisis.

$$W18_{asumido} = W18_{inicial} * 3$$

$$W18_{asumido} = 2842735 * 3$$

$$W18_{asumido} = 8528204.99$$

$$CBR_{laboratorio} = 33.50$$

Los datos de CBR para base y sub base se mantienen a los utilizados en los diseños anteriores

Tabla 39. Valores utilizados para el diseño 3

ASUMIDO	VALOR
CBR base	80%
CBR sub base	30%
Estabilidad Marshall del asfalto	2000 lb

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de puentes y caminos MOP-001-F 2002

- **Ejes equivalentes W18**

Se mantendrá un valor de ejes equivalentes W18 proyectado a 20 años ampliado tres veces, siendo su valor = 8528204.99

- **Confiabilidad R**

De acuerdo a la tabla N° 8 especificada en el capítulo 1, la vía seleccionada se clasifica como una carretera colectora rural de 2 carriles, con un valor R=85%

- **Desviación estándar normal Zr**

El valor de desviación estándar depende del porcentaje de confiabilidad. De acuerdo a la tabla N°9 especificada en el capítulo 1, a ZR le corresponde un valor de -1.037

- **Desviación estándar Global So**

Para el cálculo se ha tomado el valor promedio de 0.45.

- **Índice de servicialidad**

El índice de servicialidad inicial para pavimentos flexibles es 4.2 y para el índice de servicialidad final tiene un valor de 2, tal como se especifica en la tabla N°11 del capítulo 1

- **Módulo de resiliencia**

Según la ecuación 17 detallada en el capítulo 1, si CBR > 20%, el módulo de resiliencia se calcula de la siguiente manera.

$$Mr = 4326 * Ln(CBR) + 241$$

$$Mr = 4326 * Ln(33.50) + 241$$

$$Mr = 15431.95 \text{ psi} \rightarrow 15.43 \text{ ksi}$$

- **Coefficiente estructural para el asfalto (a1)**

Al tomar el mismo valor de estabilidad de Marshall, se mantiene el valor del diseño 1, donde a1=0.43y el módulo de elasticidad E=4,4x10⁵ psi.

- **Coefficiente estructural para base (a2)**

Al tomar los mismos valores de CBR para la base, se mantiene el valor del diseño 1, donde a2=0.135 y el módulo de elasticidad E=28 x10³ psi.

- **Coefficiente estructural para sub base (a3)**

Al tomar los mismos valores de CBR para la sub base, se mantiene el valor del diseño 1, donde $a_3=0.11$ y el módulo de elasticidad $E=14,8 \times 10^3$ psi

- **Coefficientes m1, m2**

En la zona de Izamba – San Vicente, se considera que la probabilidad de que el pavimento esté expuesto a precipitaciones es del 1-5%, por lo que se opta por un valor de 1.10

- **Número estructural requerido SN**

Para el cálculo del número estructural es necesario la utilización de todos los datos obtenidos anteriormente que se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 40. Resumen de datos para el diseño 3

MATERIALES		
Módulo de Elasticidad del Asfalto	(ksi)	440,00
Módulo de Elasticidad de la Base Granular	(ksi)	28,00
Módulo de Elasticidad de la Subbase	(ksi)	14,80
TRÁFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE		
Cantidad de Ejes Equivalentes	[W18]	8528205
Factor de Confiabilidad	[R]	85%
Desviación Estándar Normal	[Zr]	-1,037
Desviación Estándar Global	[So]	0,45
Módulo de Resiliencia de la Subrasante	[Mr] (ksi)	15,43
Servicialidad Inicial	[Pi]	4,20
Servicialidad Final	[Pt]	2,00
Período de diseño	(años)	20
ESTRUCTURACIÓN DEL RESUERZO		
Coeficientes Estructurales por capa		
1. Concreto Asfáltico Convencional	(a ₁)	0,430
2. Base Granular	(a ₂)	0,135
3. Subbase	(a ₃)	0,110
Coeficientes de Drenaje de cada capa		
4. Base Granular	(m ₂)	1,100
5. Subbase	(m ₃)	1,100

Fuente: Vanessa Amaya

De acuerdo al método propuesto en la guía AASHTO 93 el cálculo del número estructural, consiste en un proceso iterativo del SN hasta lograr una igualdad en ambos lados de la siguiente ecuación.

$$\log W_{18} = Z_R S_O + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log(\Delta PSI)}{4.2 - 1.5} + 2.32 \log M_R - 8.07$$

$$0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}$$

X
Y

Para el segundo diseño se utilizará una hoja de Excel, para facilidad en el cálculo

VALOR X	VALOR Y	SN
6,93	6,54	3
6,93	6,73	3,2
6,93	6,93	3,43

Valor estructural requerido SN=3.43

Por medio de una hoja de cálculo de Excel se calculan los valores de número estructural y espesores para la carpeta asfáltica, base y sub base.

Tabla 41. Numero estructural y espesores para el diseño 3

CÁLCULO DE NÚMEROS ESTRUCTURALES		
	Teórico	
	SN	Espesor
Número Estructural de la Carpeta Asfáltica (SN _{CA})	2,78	16,4 cm
Número Estructural de la Base Granular (SN _{BG})	0,70	12,0 cm
Número Estructural de la Subbase (SN _{SB})	-0,28	-5,9 cm
Número Estructural Requerido Total (SN _{REQ})	3,20	22,5 cm

Fuente: Vanessa Amaya

Para el diseño definitivo se han utilizado como referencia los valores mínimos de espesores para la base, sub base y carpeta asfáltica en función del tráfico esperado que para este diseño corresponde >7 000 000, especificados en la norma AASHTO.

Espesores mínimos para capas en función del tráfico esperado

Cargas equivalentes (periodo diseño)	Espesor mínimo (cm)	
	Mezcla asfáltica (todas las capas)	Base y/o sub- Base granular
< 50.000	2,5 (*)	10,0
50.000 - 150.000	5,0	10,0
150.000 - 500.000	6,25	10,0
500.000 - 2.000.000	7,5	15,0
2.000.000 - 7.000.000	8,75	15,0
> 7.000.000	10,0	15,0

(*) o tratamiento superficial, según tipo de vía

Fuente: Guías de diseño AASHTO

Tabla 42. Espesores propuestos para el diseño 3

DISEÑO DEL PAVIMENTO		
	Propuesta	
	SN	espesor
Espesor de la Carpeta Asfáltica	1,69	10,0 cm
Espesor de la Base Granular	0,88	15,0 cm
Espesor de la Subbase	0,95	20,0 cm
Total	3,52	45,0 cm

Fuente: Vanessa Amaya

3.1.6.4. Cuarto diseño de pavimento flexible

Para este diseño se empleará el valor de ejes equivalentes del diseño 3, y el valor de CBR obtenido mediante correlaciones del diseño 2

$$W18_{asumido} = 8528204.99$$

$$CBR_{correlaciones} = 36.43$$

Los datos de CBR para base y sub base se mantienen a los utilizados en los diseños anteriores

Tabla 43. Valores utilizados para el diseño 4

ASUMIDO	VALOR
CBR base	80%
CBR sub base	30%
Estabilidad Marshall del asfalto	2000 lb

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de puentes y caminos MOP-001-F 2002

- **Ejes equivalentes W18**

Se mantendrá el mismo valor de ejes equivalentes W18 proyectado a 20 años del diseño 3, siendo su valor = 8528204.99

- **Confiabilidad R**

De acuerdo a la tabla N°8 especificada en el capítulo 1, la vía seleccionada se clasifica como una carretera colectora rural de 2 carriles, con un valor R=85%

- **Desviación estándar normal Zr**

El valor de desviación estándar depende del porcentaje de confiabilidad. De acuerdo a la tabla N°9 especificada en el capítulo 1, a ZR le corresponde un valor de -1.037

- **Desviación estándar Global So**

Para el cálculo se ha tomado el valor promedio de 0.45.

- **Índice de servicialidad**

El índice de servicialidad inicial para pavimentos flexibles es 4.2 y para el índice de servicialidad final tiene un valor de 2, tal como se especifica en la tabla N° 11 del capítulo 1

- **Módulo de resiliencia**

Según la ecuación 17 detallada en el capítulo 1, si $CBR > 20\%$, el módulo de resiliencia se calcula de la siguiente manera.

$$Mr = 4326 * Ln(CBR) + 241$$

$$Mr = 4326 * Ln(36.43) + 241$$

$$Mr = 15794.668 \text{ psi} \rightarrow 15.79 \text{ ksi}$$

- **Coefficiente estructural para el asfalto (a1)**

Al tomar el mismo valor de estabilidad de Marshall, se mantiene el valor del diseño 1, donde $a1=0.43$ y el módulo de elasticidad $E=4,4 \times 10^5$ psi.

- **Coefficiente estructural para base (a2)**

Al tomar los mismos valores de CBR para la base, se mantiene el valor del diseño 1, donde $a_2=0.135$ y el módulo de elasticidad $E=28 \times 10^3$ psi.

- **Coefficiente estructural para sub base (a3)**

Al tomar los mismos valores de CBR para la sub base, se mantiene el valor del diseño 1, donde $a_3=0.11$ y el módulo de elasticidad $E=14,8 \times 10^3$ psi

- **Coefficientes m1, m2**

En la zona de Izamba – San Vicente, se considera que la probabilidad de que el pavimento esté expuesto a precipitaciones es del 1-5%, por lo que se opta por un valor de 1.10

- **Número estructural requerido SN**

Para el cálculo del número estructural es necesario la utilización de todos los datos obtenidos anteriormente que se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 44. Resumen de datos para el diseño 4

MATERIALES		
Módulo de Elasticidad del Asfalto	(ksi)	440,00
Módulo de Elasticidad de la Base Granular	(ksi)	28,00
Módulo de Elasticidad de la Subbase	(ksi)	14,80
TRÁFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE		
Cantidad de Ejes Equivalentes	[W18]	8528205
Factor de Confiabilidad	[R]	85%
Desviación Estándar Normal	[Zr]	-1,037
Desviación Estándar Global	[So]	0,45
Módulo de Resiliencia de la Subrasante	[Mr] (ksi)	15,79
Servicialidad Inicial	[Pi]	4,20
Servicialidad Final	[Pt]	2,00
Período de diseño	(años)	20
ESTRUCTURACIÓN DEL RESUERZO		
Coefficientes Estructurales por capa		
1. Concreto Asfáltico Convencional	(a ₁)	0,430
2. Base Granular	(a ₂)	0,135
3. Subbase	(a ₃)	0,110
Coefficientes de Drenaje de cada capa		
4. Base Granular	(m ₂)	1,100
5. Subbase	(m ₃)	1,100

Fuente: Vanessa Amaya

De acuerdo al método propuesto en la guía AASHTO 93 el cálculo del número estructural, consiste en un proceso iterativo del SN hasta lograr una igualdad en ambos lados de la siguiente ecuación.

$$\log W_{18} = Z_R S_O + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log(\Delta PSI)}{4.2 - 1.5} + 2.32 \log M_R - 8.07$$

$$0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}$$

→ X
→ Y

Para el segundo diseño se utilizará una hoja de Excel, para facilidad en el cálculo

VALOR X	VALOR Y	SN
6,93	6,57	3
6,93	6,76	3,2
6,93	6,93	3,4

Valor estructural requerido SN=3.40

Por medio de una hoja de cálculo de Excel se calculan los valores de número estructural y espesores para la carpeta asfáltica, base y sub base.

Tabla 45. Número estructural y espesores para el diseño 4

CÁLCULO DE NÚMEROS ESTRUCTURALES		
	Teórico	
	SN	Espesor
Número Estructural de la Carpeta Asfáltica (SN _{CA})	2,78	16,4 cm
Número Estructural de la Base Granular (SN _{BG})	0,70	12,0 cm
Número Estructural de la Subbase (SN _{SB})	-0,08	-1,7 cm
Número Estructural Requerido Total (SN _{REQ})	3,40	26,7 cm

Fuente: Vanessa Amaya

Para el diseño definitivo se han utilizado como referencia los valores mínimos de espesores para la base, sub base y carpeta asfáltica en función del tráfico esperado que para este diseño corresponde >7 000 000, especificados en la norma AASHTO.

Espesores mínimos para capas en función del tráfico esperado

Cargas equivalentes (periodo diseño)	Espesor mínimo (cm)	
	Mezcla asfáltica (todas las capas)	Base y/o sub- Base granular
< 50.000	2,5 (*)	10,0
50.000 - 150.000	5,0	10,0
150.000 - 500.000	6,25	10,0
500.000 - 2.000.000	7,5	15,0
2.000.000 - 7.000.000	8,75	15,0
> 7.000.000	10,0	15,0

(*) o tratamiento superficial, según tipo de vía

Fuente: Guías de diseño AASHTO

Tabla 46. Espesores propuestos para el diseño 4

DISEÑO DEL PAVIMENTO		
	Propuesta	
	SN	espesor
Espesor de la Carpeta Asfáltica	1,69	10,0 cm
Espesor de la Base Granular	0,88	15,0 cm
Espesor de la Subbase	0,95	20,0 cm
Total	3,52	45,0 cm

Fuente: Vanessa Amaya

3.2. Verificación de hipótesis

De las correlaciones elaboradas con respecto a las 12 muestras tomadas en campo, se obtuvieron valores altos con respecto al coeficiente de correlación R, lo que implica, que las correlaciones reflejan un grado aceptable de confiabilidad en los resultados. por ende, resulta favorable utilizar las ecuaciones obtenidas por medio de las correlaciones con el fin de obtener valores para las propiedades índice, mecánica y CBR, evitando la realización de ciertos ensayos en laboratorio, para una posterior realización de diseños de pavimentos flexibles.

- Hipótesis nula

No se puede establecer una correlación entre el CBR de laboratorio y las propiedades índice y mecánicas para suelos granulares de las parroquias de Izamba y Picaihua. Cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.

- Hipótesis Estadística

De acuerdo que más del 70% de las correlaciones realizadas presentan valores de correlaciones valorados entre un rango entre aceptable a excelente ($R^2=60\% - 90\%$) se puede establecer una correlación entre el CBR de laboratorio y las propiedades índice y mecánicas para suelos granulares de las parroquias de Izamba y Picaihua. Cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.

CAPITULO IV

4.1. Conclusiones

- Al ejecutar los ensayos de laboratorio y campo se determinó que las muestras se clasifican como suelos granulares de baja plasticidad, en donde los valores de límite líquido oscilan entre 18% al 27%, los límites plásticos se encuentran entre 17% al 26%, con índices plásticos entre 0.34% al 3.08%.

El ensayo granulométrico pudo establecer que no necesariamente un alto porcentaje de finos representa un suelo con buena graduación, como se indica en la gráfica N° 47 (Cc vs pasa #200), esto puede ser un indicativo de que la muestra tiene mala graduación y una mala distribución, pues el coeficiente de curvatura establece un rango específico que varía de 1 a 3 para suelos bien graduados.

Se estableció que un suelo con gran cantidad de finos no significa que sea más denso, pues deberá tener una cierta cantidad de finos para lograr un estado plástico óptimo, y a su vez altas densidades como se muestra en la gráfica N° 56 (yd máx. vs LL-pasa #200).

Los ensayos de proctor modificado y CBR, determinó que los suelos analizados poseen una capacidad de carga de media a baja, debido a que los porcentajes de CBR oscilan entre 12.80% al 58.80%, como se especifica en la Tabla N° 24.

- Se determinó un total de 25 correlaciones experimentales de dos variables y 9 correlaciones entre tres variables, donde se evidenció que la mayor tendencia fue lineal con un total de 16 ecuaciones, mientras que, se determinaron 10 ecuaciones logarítmicas, 10 exponenciales y 2 potenciales, siendo estas dos últimas las que mostraron coeficientes de correlación más altos.

Se estableció que, para determinar factores de correlación confiables la línea de tendencia debe ser la que mejor se ajuste a la dispersión de los datos estudiados (lineal, logarítmica, exponencial, potencial), la cantidad de muestras a correlacionar influye directamente en el tipo de tendencia de los puntos ya que una cantidad pequeña no muestra una directriz clara de datos mientras que, una mayor cantidad de datos permite saber la predisposición y acomodo de los mismos.

Las correlaciones entre las distintas propiedades con respecto al CBR varían desde 53% hasta 67%, determinando que para estas correlaciones el coeficiente R muestra los valores más bajos. Esto se debe a que las correlaciones con el CBR no están ligadas únicamente a una propiedad, sino que depende de varios factores como granulometría, densidad, humedad y límites de consistencia del suelo.

- Se concluyó que los valores altos de CBR (55.70% y 49%) corresponden a valores DN de 44.52 y 20.17 (mm/golpe) respectivamente. Determinando que no necesariamente para valores altos de CBR se registran profundidades de penetración del DCP bajos, ya que las condiciones en laboratorio son controladas, mientras que in situ las condiciones del ensayo dependen de factores externos como el clima o la densidad del suelo en estado natural. Por lo tanto, las correlaciones entre estas propiedades no son directamente proporcionales.

- Se concluyó que no existe gran variación entre el valor de CBR obtenido mediante un promedio de las correlaciones calculadas y el CBR determinado en laboratorio bajo condiciones de humedad y densidad controladas. Es así que el valor de CBR de la muestra 3 de la vía Izamba – San Vicente obtenida por correlaciones es de 36.43 %, mientras que, el valor de CBR en laboratorio es de 33.50%.

Con la ejecución de los cuatro diseños de pavimentos flexibles se estableció que el Mr de 15.43 ksi calculado con el CBR de laboratorio (33.50%) no difiere en gran medida del Mr (15.79 ksi) obtenido mediante el CBR de correlaciones (36.43%). Por lo tanto, en el primer y segundo diseño del pavimento flexible los espesores son los mismos para cualquier tipo de tráfico.

- Se determinó que mediante los ensayos realizados in situ y laboratorio se logra clasificar los suelos granulares, encontrándose que la parroquia de Izamba está compuesta en su mayoría por arenas limosas (SM) a excepción de la muestra 4 perteneciente a Izamba – San Vicente en la que se registró un suelo de arena arcillosa (SC). La parroquia de Picaihua está compuesta por arenas limosas (SM) y arenas arcillosas (SC).

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda tener cuidado en la manipulación de los equipos y aplicación de las normas durante la ejecución de los ensayos, con el fin de obtener valores reales en las correlaciones.
- Se recomienda aplicar modelos estadísticos más complejos entre las distintas propiedades índice, mecánicas y el CBR tomando en cuenta la relación existente entre dichos parámetros, las condiciones in situ y la influencia en el comportamiento del suelo, para tamaños de muestras mayores.
- Se sugiere la realización de correlaciones múltiples (más de tres variables), donde se involucre todas las propiedades que influyan en un cierto parámetro como es el caso del CBR.
- Se recomienda que los espesores de diseño de un pavimento sean mayores en la base y sub base, con el objetivo de que en un futuro se pueda reponer la capa asfáltica que tenga menor espesor y sea más accesible al mantenimiento. Esto también significará un ahorro en el costo del proyecto.
- Se recomienda utilizar las correlaciones presentadas en este trabajo solo para los suelos que cumplan con la clasificación presentada, pues los valores obtenidos para otro tipo de suelos presentarán valores medianamente confiables.

BIBLIOGRAFÍA

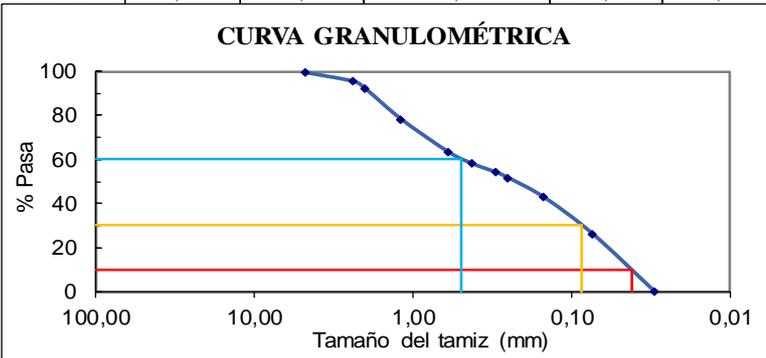
- [1] J. Vidal and R. Osorio, "Módulo resiliente dde suelos finogranulares," *EAFIT*, pp. 63–72, 2002.
- [2] E. L. Diseño, G. D. E. Cimentaciones, and Y. Valencia, "DE CIMENTACIONES OTHER USES OF STATIC LOAD TESTS IN THE GEOTECHNICAL DESIGN OF FOUNDATIONS," *DYNA*, vol. 79, pp. 182–190, 2012.
- [3] A. et al Frateschi, "Aplicación del DCP en el control de subrasantes y terraplenes," *Conf. Pap.*, no. August, p. 12, 2014.
- [4] K. S. Gill, J. N. Jha, and A. K. Choudhary, "CBR Value Estimation Using Dynamic Cone Penetrometer," *Indian Geotech. Conf. – 2010, GEOTrendz*, pp. 259–262, 2010.
- [5] M. A. Patel and H. S. Patel, "Experimental study on various soils to correlate DCP with PBT, UCS and CBR results," *Int. J. Earth Sci. Eng.*, vol. 5, no. 6 SPECIAL ISSUE 1, pp. 1702–1707, 2012.
- [6] I. Andrea and U. Calderón, "Guía de pruebas de laboratorio y muestreo en campo para la verificación de calidad en materiales de un pavimento asfáltico," pp. 39–50, 2011.
- [7] P. a Arrúa, G. M. Aiassa, and M. G. Eberhardt, "Estabilización de suelos loessicos mediante la incorporación de un aglomerante mineral," *Science (80-.).*, 2009.
- [8] T. Al-Refeai and A. Al-Suhaibani, "Prediction of CBR Using Dynamic Cone Penetrometer," *J. King Saud Univ. - Eng. Sci.*, vol. 9, no. 2, pp. 191–203, 1997.
- [9] J. Bermúdez and O. Vásquez, "Validación del método de DCP aplicado en campo en relación al ensayo CBR en laboratorio," *ResearchGate*, no. Julio, p. 6, 2016.
- [10] R. Verdugo and K. De la Hoz, "Geomechanical Characterization of Coarse Granular," *Rev. Int. Desastr. Nat. Accid. e Infraestruct. Civil.*, vol. 6, no. 2, pp. 199–214, 2006.
- [11] B. E. Juárez and A. R. Rodriguez, *mecanica-de-suelos-tomo-1-juarez-badillo.pdf*. México, 2005.

- [12] M. Devincenzi and N. Frank, “Ensayos Geotécnicos In Situ,” *Igeotest*, p. 88, 2004.
- [13] J. Bowles, *Manual de Laboratorio de suelos en Ingeniería Civil*, vol. 53, no. 9. 1981.
- [14] A. D6951-03, “Método de ensayo estándar para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono en estructuras de pavimentos 1.” [Online]. Available: https://www.academia.edu/3826506/NORMA_DCP_695103.
- [15] P. Gordillo and S. Navas, “Análisis de la aplicación de la norma ASTM D 6951-03 para estimar el índice CBR en un suelo de la ciudad de Cuenca,” Universidad del Azuay, 2012.
- [16] J. Suriol Castellví, “Influencia de la temperatura en el límite líquido para suelos con diferentes índices de plasticidad,” Universidad Politécnica de Catalunya Barcelonatech, 2005.
- [17] Ó. Palacio and Á. Chávez, “Evaluación y comparación del análisis granulométrico obtenido de agregados naturales y reciclados,” *Tecnura*, vol. 21, p. 53, 2017.
- [18] ASTM, “D854 - Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer,” *Astm D854*, vol. 2458000, no. C, pp. 1–7, 2000.
- [19] R. Armas, “Compactación de suelos, mecánica de suelos,” pp. 1–14, 1933.
- [20] W. Araujo, “Ecuaciones de Correlación del CBR con Propiedades Índice de Suelos Para la Ciudad de Piura,” Universidad de Piura, 2014.
- [21] C. Martínez Bencardino, *Estadística y Muestreo*, 13th ed. 2012.
- [22] S. Murray and S. Larry, *Estadística. Schaum*, 4th ed. 1991.
- [23] G. de Miguel, “Manual completo de Diseño de Pavimentos,” 1990.
- [24] V. Higuera, “MÉTODO AASHTO 93 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS,” Universidad Técnica de Ambato, 2015.
- [25] MTOP, “Normas de diseño geométrico de carreteras,” *Mtop*, pp. 1–475, 2003.
- [26] R. Cal and J. Cárdenas, *Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones*, 8va ed. México, 2007.
- [27] AASHTO 1994, “Diseño Geométrico De Carreteras Y Calles, Aashto 1994.” p. 486, 1994.
- [28] N. O. Reconstrucciones, *Guia AASHTO para el diseño de estructura de pavimento.* .

- [29] Escuela de Caminos de Montaña, “Diseño de Pavimentos – AASHTO 93,” p. 246, 2006.

ANEXOS

Anexo A: Tablas de ensayos de cada muestra

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
PROYECTO:					
PARROQUIA:	Izamba - Aeropuerto	CAPA VEGETAL:	5 cm		
MUESTRA:	1 INICIO	PROFUNDIDAD:	80 cm		
		COORDENADAS:	17 S 771173 m 9864908 m		
HUMEDAD IN SITU					
Identificación	W _{CÁPS.} (gf)	W _{HÚM.} (gf)	W _{SECO} (gf)	% W _{nat.}	% W _{PROM.}
#101	31,20	82,30	72,70	23,13	23,09
#103	30,60	83,00	73,20	23,00	
#106	30,80	81,90	72,30	23,13	
GRANULOMETRÍA					
NORMA:	AASHTO T-87-70 y T-88-70		W _{SECO} (gf) =		251,3
TAMIZ	mm	W _{Retenido}	W _{RET. ACUM.}	% RET. ACUM.	% PASA
# 4	4,76	1,30	1,30	0,52	99,48
# 8	2,38	10,10	11,40	4,54	95,46
# 10	2,00	8,40	19,80	7,88	92,12
# 16	1,19	34,80	54,60	21,73	78,27
# 30	0,595	37,70	92,30	36,73	63,27
# 40	0,420	13,20	105,50	41,98	58,02
# 50	0,297	9,90	115,40	45,92	54,08
# 60	0,250	6,20	121,60	48,39	51,61
# 100	0,149	22,30	143,90	57,26	42,74
# 200	0,074	41,40	185,30	73,74	26,26
# FUENTE	0,03	65,00	66,00	26,26	0,00
CURVA GRANULOMÉTRICA					
					
COEFICIENTES DEL SUELO					
D10 en mm	0,042	Cu = D60 / D10		11,90	
D30 en mm	0,086	Cc = D30 ² / (D60 * D10)		0,35	
D60 en mm	0,500	Tamaño Nominal Máximo (TNM)		1,19 mm	



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



DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE CAMPO

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN
 SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN
 AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:

PARROQUIA:	Izamba - Aeropuerto	CAPA VEGETAL:	5 cm
MUESTRA:	1	INICIO	PROFUNDIDAD: 80 cm
		COORDENADAS:	17 S 771173 m 9864908 m

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda gr. Wm+Rec		670,00	
Peso de la funda gr. Rec		4,80	
Peso de la masa del suelo gr. Wm = Wm+Rec-Rec		665,20	
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena		6270,00	
Peso final frasco + cono + arena		5330,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		343,00	
Peso arena en la perforación		597,00	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración arena)		1,588	
Volumen de la perforación Vm		375,94	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente número #		#101	#106
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	82,30	81,90
Peso seco + recipiente	Ws+rec	72,70	72,30
Peso recipiente	rec	31,20	30,80
Peso del agua	Ww	9,60	9,60
Peso de los sólidos	Ws	41,50	41,50
Contenido de humedad	w%	23,13	23,13
Contenido de humedad promedio w%		23,13	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos	Vv =	13,22	-
Va =		Va =	3,62
Vw =		Vw =	9,60
Vs =		Vs =	15,66
Vm =		Vm =	28,88
			51,10
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (γm) (densidad húmeda)		1,769	gr/cm ³
Densidad seca (γd)		1,437	gr/cm ³
Contenido de humedad w%		23,13	%
Relación de vacíos e= Vv/Vs		0,84	natural
Porosidad n% = Vv/Vm*100		45,77	%
Grado de Saturación de agua Gw%= Vw/Vv*100		72,62	%
Grado de Saturación de aire Ga%		27,38	%



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



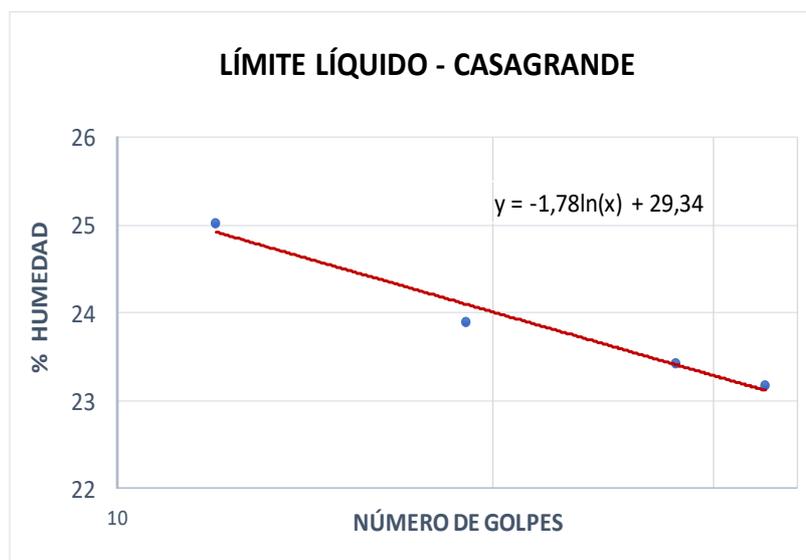
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:

PARROQUIA:	Izamba - Aeropuerto	CAPA VEGETAL:	5 cm
MUESTRA:	1 INICIO	PROFUNDIDAD:	80 cm
		COORDENADAS:	17 S 771173 m 9864908 m

LÍMITE LÍQUIDO					
Nº GOLPES	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	%W _{PROM}
12	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	
28	12,10	23,20	21,10	23,33	23,43
	11,00	23,60	21,20	23,53	
33	11,00	23,80	21,40	23,08	23,19
	11,00	23,70	21,30	23,30	
LÍMITE LÍQUIDO:				23,61	



LÍMITE PLÁSTICO				
Identificación	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w
# 13	10,60	12,70	12,30	23,53
# 4	10,50	12,40	12,00	26,67
# 8	10,70	12,80	12,40	23,53
# 74	10,70	12,70	12,30	25,00
# 3	10,60	12,30	12,00	21,43
PROMEDIO W% (LP)				22,83
IP = LL - LP	0,78			



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



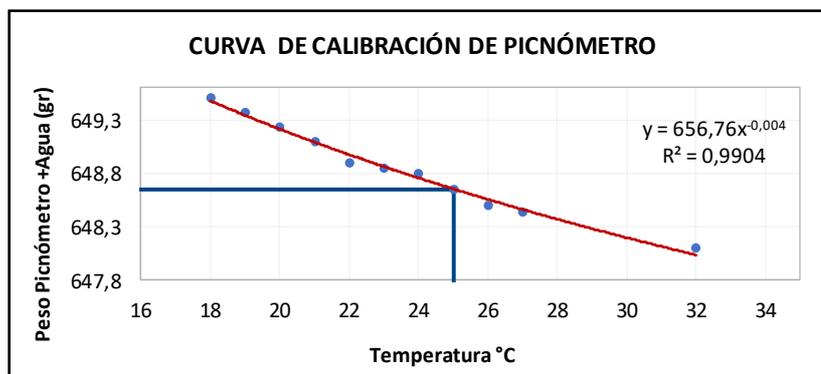
DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Izamba - Aeropuerto	CAPA VEGETAL:	5 cm
MUESTRA:	1 INICIO	PROFUNDIDAD:	80 cm
		COORDENADAS:	17 S 771173 m 9864908 m

GRAVEDAD ESPECÍFICA	
Temperatura del agua + suelo	23
Peso del recipiente + suelo seco	114,7
Peso del recipiente (Wr)	64,7
Peso del suelo seco (Ws)	50
Peso picnómetro+agua (Wbw)	648,85
Ws+Wbw	698,85
Peso picnómetro+agua+suelo (Wbws)	678,2
Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)- Wbws	20,65
Factor de correlación por temperatura K	0,99933
Gravedad específica (Gs)	2,420

Calibración del Picnómetro	
Temperatura °C	Masa (gr)
18	649,50
19	649,37
20	649,23
21	649,10
22	648,90
23	648,85
24	648,80
25	648,65
26	648,50
27	648,43
32	648,10





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO DE PENETRACIÓN (DCP)

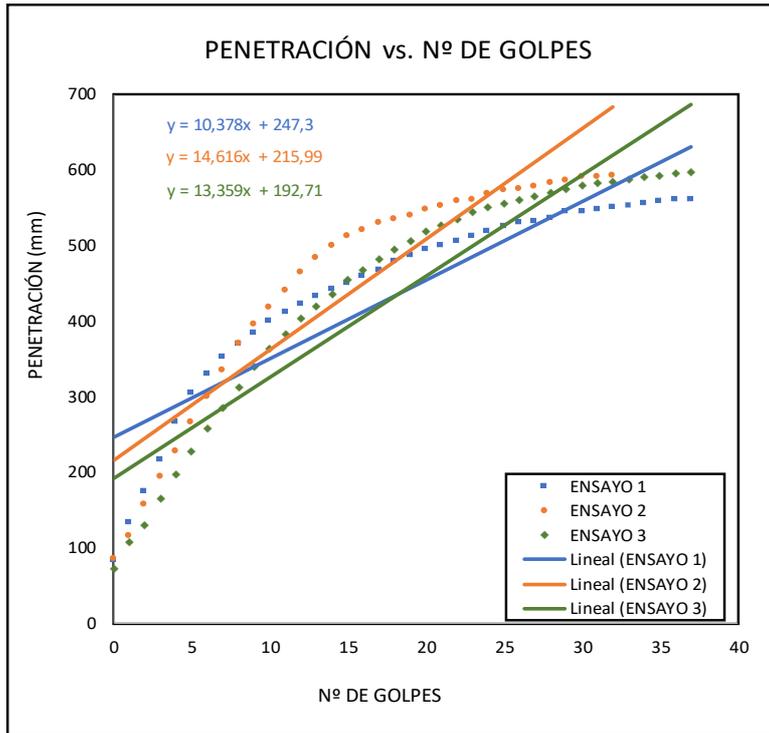


CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Izamba - Aeropuerto **CAPA VEGETAL:** 5 cm
MUESTRA: 1 INICIO **PROFUNDIDAD:** 80 cm
COORDENADAS: 17 S 771173 m 9864908 m

ENSAYO DCP			
Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	83	85	73
1	133	116	108
2	174	157	130
3	216	194	165
4	266	228	197
5	304	266	228
6	330	300	258
7	352	335	285
8	370	370	312
9	385	395	340
10	400	418	363
11	411	440	383
12	423	464	403
13	432	484	420
14	442	500	436
15	450	512	454
16	460	520	468
17	468	530	482
18	478	535	495
19	486	540	506
20	494	548	518
21	500	553	527
22	506	558	534
23	513	560	544
24	519	568	550
25	525	573	555
26	530	575	560
27	532	578	565
28	537	583	570
29	544	586	575
30	545	590	580
31	547	591	582
32	550	593	585
33	553		588
34	556		590
35	558		593
36	560		595
37	561		597



DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	12,65
2	
3	



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



ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PRÓCTOR MODIFICADO "B")

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA	Izamba - Aeropuerto	CAPA VEGETAL:	5 m
MUESTRA:	1 INICIO	PROFUNDIDAD:	80 m
		COORDENADAS	17 S 771173 m 9864908 m

ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15535	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2316,67	cm ³
Energía de Compactación (lb pie/pie ²)	55986	Normas	AASHTO	T-180	Ø _{int} (cm): 15,24	h (cm): 12,7
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	

PROCESO DE COMPACTACIÓN

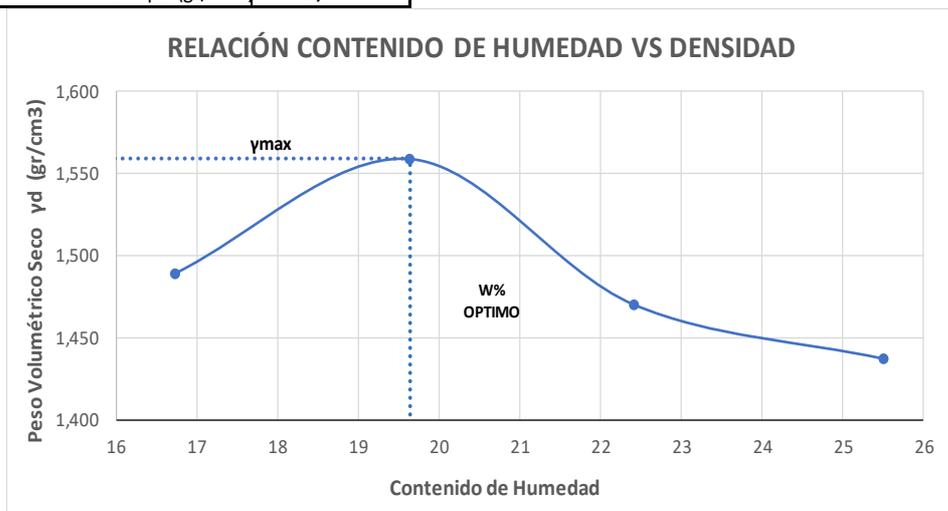
Ensayo Número	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	6%	9%	12%	15%
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19562	19856	19704	19713
Peso suelo húmedo W _m (gr)	4027	4321	4169	4178
Peso unitario húmedo γ _m (gr/cm ³)	1,738	1,865	1,800	1,803

DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente número	#102	#106	#28	#45	#101	#103	#77	#64
Peso del recipiente W _r	31,1	30,9	23,1	23,5	31,3	30,8	30,9	30,7
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	85,4	87,5	76,3	75,7	83,4	84,1	86,2	85,6
Rec+suelo seco W _s + W _m	77,6	79,4	67,5	67,2	73,7	74,5	74,8	74,6
Peso sólidos W _s	46,5	48,5	44,4	43,7	42,4	43,7	43,9	43,9
Peso del agua W _w	7,8	8,1	8,8	8,5	9,7	9,6	11,4	11
Cont. Humedad ω%	16,77	16,70	19,82	19,45	22,88	21,97	25,97	25,06
Cont. Humedad promedio ω%	16,74		19,64		22,42		25,51	
Peso Volumétrico Seco γ _d (gr/cm ³)	1,489		1,559		1,470		1,437	

DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA

Cont. Humedad promedio ω%	19,64
Peso Volumétrico Seco γ _d (gr/cm ³)	1,559





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS
GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO,
PROVINCIA DE TUNGURAHUA



PROYECTO:

PARROQUIA: Izamba - Aeropuerto **CAPA VEGETAL:** 5 m
MUESTRA: 1 INICIO **PROFUNDIDAD:** 80 m
COORDENADAS: 17 S 771173 m 9864908 m

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb		
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAÍDA:	18"		
PESO MUESTRA (gr):	6000	DENSIDAD MÁX SECA (gr/cm³)	1,559	W% ÓPTIMO	19,64 %

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

MOLDE	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo
P. Hum. + Molde (gr)	13080	13341	13291	13648	10998	11452
Peso Molde (gr)	8726	8726	9283	9283	7276	7276
P. Humedo (gr)	4354	4615	4008	4365	3722	4176
Volumen Muestra (cm ³)	2331,72	2331,72	2298,43	2298,43	2298,43	2298,43
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1,867	1,979	1,744	1,899	1,619	1,817
Densidad Seca (gr/cm ³)	1,559	1,525	1,459	1,451	1,359	1,356
Den. Seca Prom. (gr/cm ³)	1,542		1,455		1,357	

CONTENIDOS DE HUMEDAD

Cond. Muestra	Antes del Remojo		Después del Remojo		Antes del Remojo		Después del Remojo		Antes del Remojo		Después del Remojo	
Recipiente N°	# 20	# 27	# 20	# 27	# 27	# 28	# 27	# 28	# 12	# 82	# 12	# 82
P. Hum. + Recipiente (gr)	75,7	77,2	74,9	75,2	153,6	117	153,6	108,5	75,6	82,1	76,5	81,3
P. Seco + Recipiente (gr)	67,4	68,5	63,8	63,3	145,3	109	141,6	98,7	67,5	73,9	63,4	68,6
Peso Recipiente (gr)	24,7	25,2	24,7	25,2	103,2	66,5	103,2	66,5	25,3	30,9	25,3	30,9
Peso Agua (gr)	8,3	8,7	11,1	11,9	8,3	8,2	12	9,8	8,1	8,2	13,1	12,7
Peso de Sólidos (gr)	42,7	43,3	39,1	38,1	42,1	42,4	38,4	32,2	42,2	43	38,1	37,7
Contenido Humedad %	19,44	20,09	28,39	31,23	19,71	19,34	31,25	30,43	19,19	19,07	34,38	33,69
Con. Hum. Prom. %	19,77 %		29,81 %		19,53 %		30,84 %		19,13 %		34,04 %	

ESPONJAMIENTO

MOLDE	# 1				# 2				# 3			
LECTURA	DIAL	EXPANSIÓN										
		plg	mm									
17/10/2019	0	0,14	3,56	0	0,11	2,79	9,64	0,07	1,78	9,71		
18/10/2018	0,14			0,11								

MOLDE	1	2	3
Altura (cm)	12,6	12,6	12,6
Diametro (cm)	15,35	15,24	15,24
(cm ³)	2331,72	2298,43	2298,43
Peso (gr)	8726	9283	7276



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



ENSAYO CBR

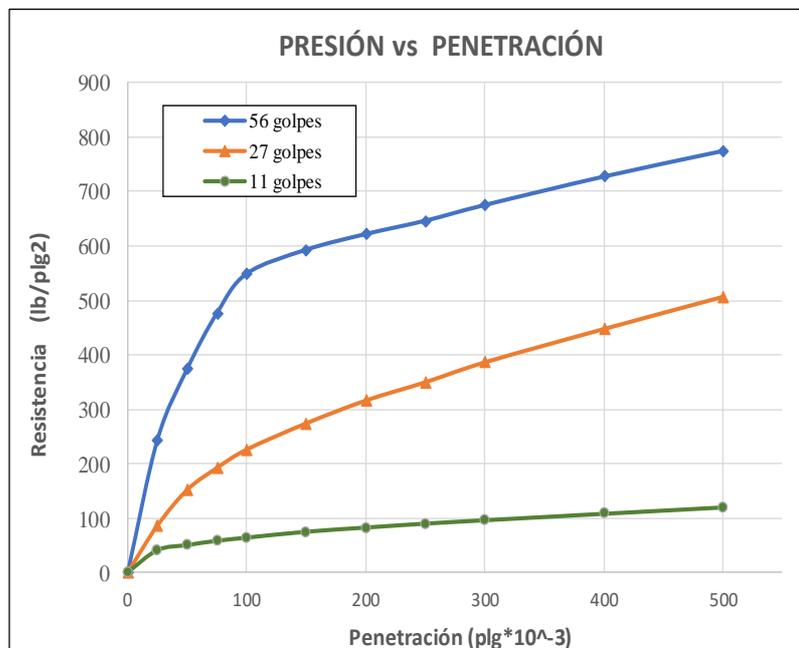
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Izamba - Aeropuerto	CAPA VEGETAL:	5 m
MUESTRA:	1 INICIO	PROFUNDIDAD:	80 m
		COORDENADAS:	17 S 771173 m 9864908 m

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)

ÁREA DE PISTÓN:		3 plg ²	NORMA:		ASTM D-1883	VELOCIDAD DE CARGA		1,27 mm/min (0,05 pulg/min)						
PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/plg ²)	MOLDE N° 1 (56 Golpes)				MOLDE N° 2 (27 Golpes)				MOLDE N° 3 (11 golpes)			
			Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
mm	plg *10 ⁻³	Leída		Corregida	Leída			Corregida	Leída			Corregida		
0	0		0	0		0	0		0	0		0	0	
0,64	25		732,9	244,3		258,6	86,2		123,8	41,27		151,8	50,6	
1,27	50		1123,0	374,3		456,0	152		175,4	58,47		193,2	64,4	
1,91	75		1430,6	476,9		576,8	192,3		226,0	75,33		249,3	83,1	
2,54	100	1000	1648,0	549,3	549,33	54,93	678,3	226,1	226,1	22,61	193,2	64,4	64,4	6,44
3,81	150		1779,4	593,1			823,0	274,3			226,0	75,33		
5,08	200	1500	1865,7	621,9	621,90	41,46	948,8	316,3	316,27	21,08	249,3	83,1	83,1	5,54
6,35	250		1939,2	646,4			1050,2	350,1			271,4	90,47		
7,62	300		2025,9	675,3			1160,0	386,7			290,1	96,7		
10,16	400		2182,6	727,5			1344,1	448			326,3	108,8		
12,70	500		2323,8	774,6			1522,0	507,3			361,6	120,5		





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

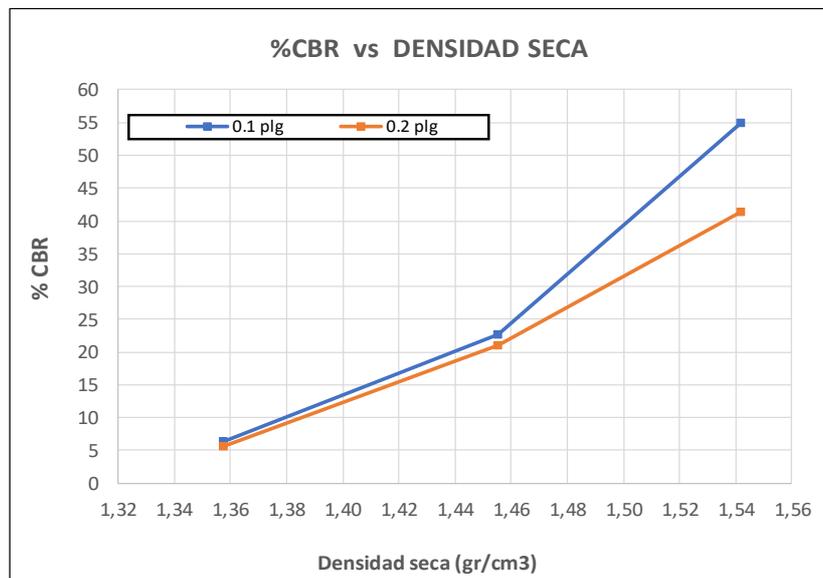


ENSAYO CBR

PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Izamba - Aeropuerto	CAPA VEGETAL:	5 m
MUESTRA:	1 INICIO	PROFUNDIDAD:	80 m
		COORDENADAS:	17 S 771173 m 9864908 m

MOLDE		1	2	3
CBR %	0,1''	54,93	22,61	6,44
	0,2''	41,46	21,08	5,54
Densidad Seca	gr/cm ³	1,542	1,455	1,357



Densidad seca máx :	1,559
---------------------	-------

Densidad seca máx	%CBR-0,1 plg	%CBR - 0,2 plg	MAYOR % CBR
90% DSM = 1,403	12,7	14,3	14,3
95% DSM= 1,481	32,5	27	32,5



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



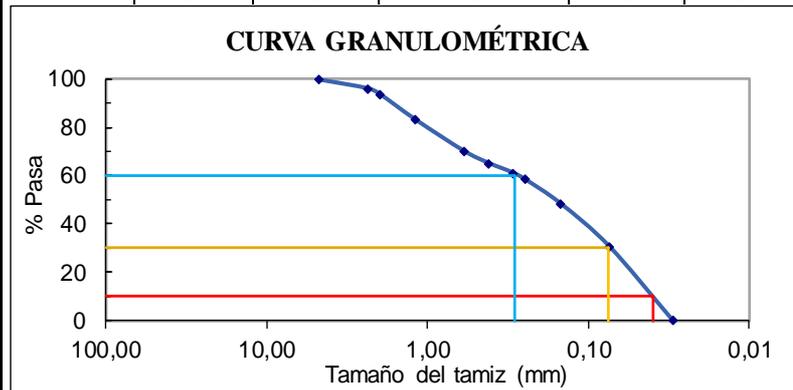
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Izamba - Aeropuerto	CAPA VEGETAL: 10 cm
MUESTRA: 2 FIN	PROFUNDIDAD: 70 cm
	COORDENADAS: 17 S 771259 m 9865307 m

HUMEDAD IN SITU					
Identificación	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% W _{nat.}	% W _{PROM.}
#101	30,80	83,60	74,70	20,27	20,50
#103	31,00	81,00	72,40	20,77	
#106	30,80	83,20	74,30	20,46	

GRANULOMETRÍA					
NORMA:	AASHTO T-87-70 y T-88-70		W _{SECO} (gr) =		250,5
TAMIZ	mm	W _{Retenido}	W _{RET. ACUM.}	% RET. ACUM.	% PASA
# 4	4,76	1,30	1,30	0,52	99,48
# 8	2,38	9,00	10,30	4,11	95,89
# 10	2,00	5,70	16,00	6,39	93,61
# 16	1,19	26,80	42,80	17,09	82,91
# 30	0,595	32,40	75,20	30,02	69,98
# 40	0,420	12,30	87,50	34,93	65,07
# 50	0,297	10,00	97,50	38,92	61,08
# 60	0,250	6,70	104,20	41,60	58,40
# 100	0,149	25,50	129,70	51,78	48,22
# 200	0,074	44,60	174,30	69,58	30,42
# FUENTE	0,03	75,50	76,20	30,42	0,00



COEFICIENTES DEL SUELO			
D10 en mm	0,040	Cu= D60 / D10	7,25
D30 en mm	0,075	Cc = D30 ² /(D60*D10)	0,48
D60 en mm	0,290	Tamaño Nominal Máximo (TNM)	1,19 mm



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



DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE CAMPO

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN
 SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN
 AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:

PARROQUIA:	Izamba - Aeropuerto	CAPA VEGETAL:	10 cm
MUESTRA:	2 FIN	PROFUNDIDAD:	70 cm
		COORDENADAS:	17 S 771259 m 9865307 m

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda gr. Wm+Rec			690,00
Peso de la funda gr. Rec			4,80
Peso de la masa del suelo gr. Wm = Wm+Rec-Rec			685,20
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena			6270,00
Peso final frasco + cono + arena			5280,00
Peso arena en el cono (Calibración del cono)			343,00
Peso arena en la perforación			647,000
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración arena)			1,588
Volumen de la perforación Vm			407,43
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente número #		#101	#106
Peso húmedo + recipiente Wm+rec		83,60	83,20
Peso seco + recipiente Ws+rec		74,70	74,30
Peso recipiente rec		31,20	30,80
Peso del agua Ww		8,90	8,90
Peso de los sólidos Ws		43,50	43,50
Contenido de humedad w%		20,46	20,46
Contenido de humedad promedio w%		20,46	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos Vv =		14,74	-
Va =	Wa =	5,84	0,00
Vw =	Ww =	8,90	8,90
Vs =	Ws =	16,42	43,50
Vm =	Wm =	31,16	52,40
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (γm) (densidad húmeda)		1,682	gr/cm ³
Densidad seca (γd)		1,396	gr/cm ³
Contenido de humedad w%		20,46	%
Relación de vacíos e= Vv/Vs		0,90	natural
Porosidad n% = Vv/Vm*100		47,32	%
Grado de Saturación de agua Gw%= Ww/Vv*100		60,37	%
Grado de Saturación de aire Ga%		39,63	%



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

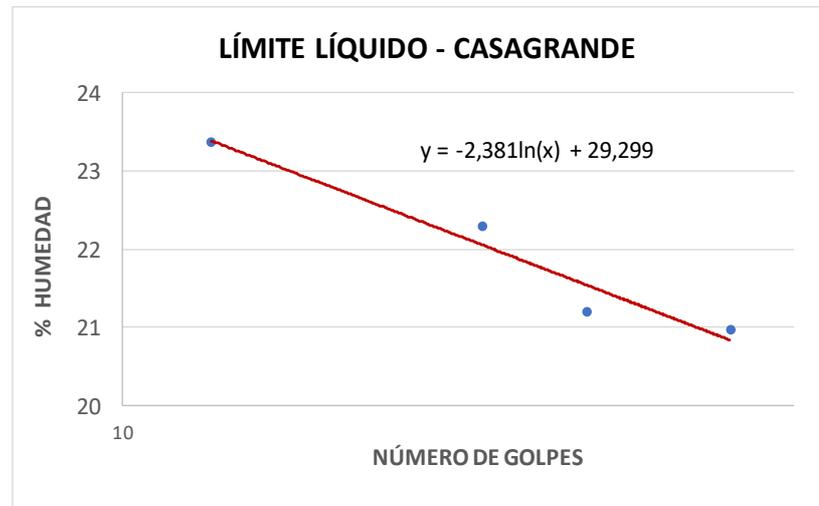


DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO
 CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Izamba - Aeropuerto **CAPA VEGETAL:** 10 cm
MUESTRA: 2 FIN **PROFUNDIDAD:** 70 cm
COORDENADAS: 17 S 771259 m 9865307 m

LÍMITE LÍQUIDO					
Nº GOLPES	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	%W _{PROM}
12	22,30	33,40	31,30	23,33	23,37
	21,50	33,10	30,90	23,40	
21	22,50	33,50	31,50	22,22	22,29
	22,80	33,20	31,30	22,35	
26	22,40	33,70	31,70	21,51	21,19
	22,40	33,40	31,50	20,88	
35	22,20	33,70	31,70	21,05	20,97
	22,50	33,50	31,60	20,88	
LÍMITE LÍQUIDO:				21,63	



LÍMITE PLÁSTICO				
Identificación	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w
# 3	10,60	12,40	12,10	20,00
# 76	10,60	12,80	12,40	22,22
# 12	10,60	12,60	12,20	25,00
# 15	10,60	12,90	12,50	21,05
# 5	10,70	12,90	12,50	22,22
PROMEDIO W% (LP)				20,53
IP = LL - LP	1,11			



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



DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:

PARROQUIA: Izamba - Aeropuerto

CAPA VEGETAL: 10 cm

MUESTRA: 2 FIN

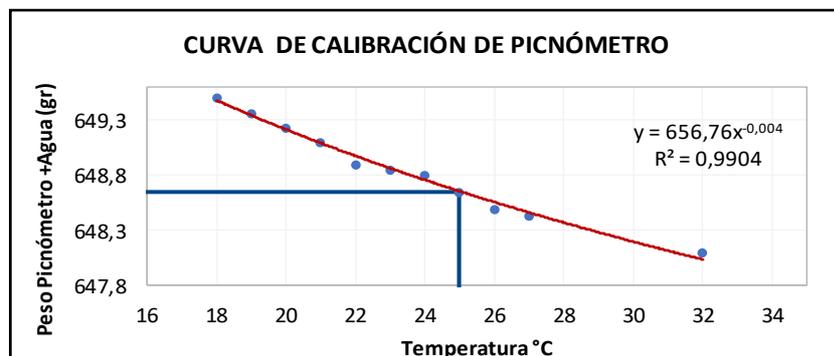
PROFUNDIDAD: 70 cm

COORDENADAS: 17 S 771259 m 9865307 m

GRAVEDAD ESPECÍFICA	
Temperatura del agua + suelo	25
Peso del recipiente + suelo seco	104,4
Peso del recipiente (Wr)	54,5
Peso del suelo seco (Ws)	49,9
Peso picnómetro+agua (Wbw)	648,65
Ws+Wbw	698,55
Peso picnómetro+agua+suelo (Wbws)	678
Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)- Wbws	20,55
Factor de correlación por temperatura K	0,99884
Gravedad específica (Gs)	2,425

Calibración del Picnómetro

Temperatura °C	Masa (gr)
18	649,50
19	649,37
20	649,23
21	649,10
22	648,90
23	648,85
24	648,80
25	648,65
26	648,50
27	648,43
32	648,10





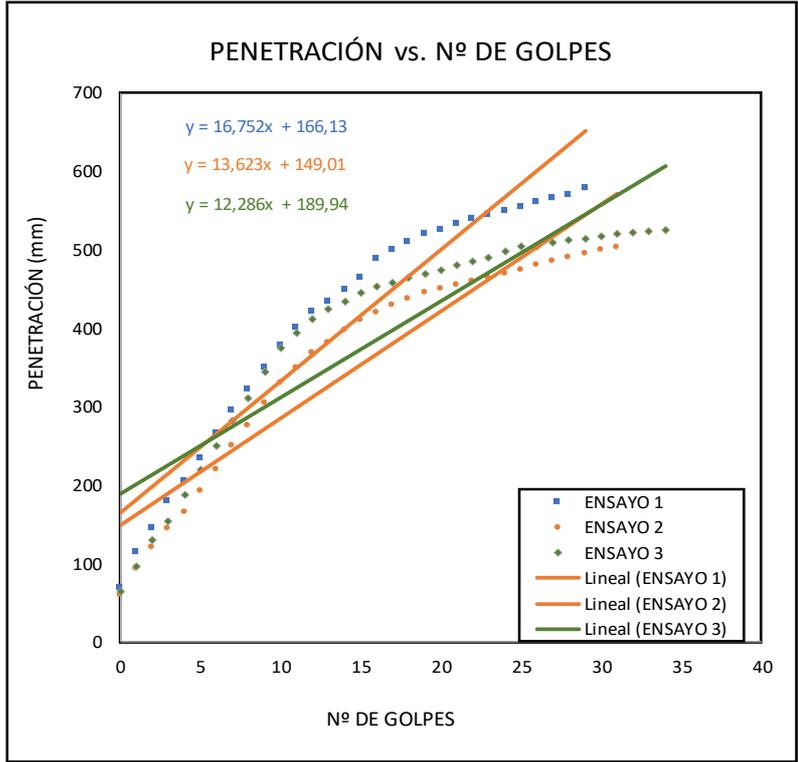
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO DE PENETRACIÓN (DCP)



CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS
PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE
 TUNGURAHUA

PARROQUIA: Izamba - Aeropuerto **CAPA VEGETAL:** 10 cm
MUESTRA: 2 FIN **PROFUNDIDAD:** 70 cm
COORDENADAS: 17 S 771259 m 9865307 m

ENSAYO DCP			
Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	70	60	65
1	115	94	97
2	145	120	130
3	180	144	155
4	205	165	188
5	235	192	220
6	266	220	250
7	295	250	282
8	322	276	311
9	350	305	344
10	378	330	375
11	400	350	395
12	422	368	412
13	435	382	425
14	448	398	435
15	465	410	445
16	488	420	453
17	500	430	458
18	510	438	465
19	520	445	470
20	526	450	475
21	534	455	480
22	540	460	485
23	544	465	490
24	550	470	498
25	555	475	504
26	560	480	505
27	565	485	509
28	570	490	513
29	578	495	515
30		500	517
31		503	520
32			523
33			524
34			525



DN (mm/golpe)		DN (prom)
1	16,752	
2	13,623	14,22
3	12,286	



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



ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PRÓCTOR MODIFICADO "B")

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA Izamba - Aeropuerto **CAPA VEGETAL:** 10 m
MUESTRA: 2 FIN **PROFUNDIDAD:** 70 m
COORDENADAS: 17 S 771259 m 9865307 m

ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15535	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2316,67	cm ³
Energía de Compactación (lb pie/pie)	55986	Normas AASHTO	T-180	ϕ_{int} (cm):	15,24	h (cm): 12,7
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	

PROCESO DE COMPACTACIÓN

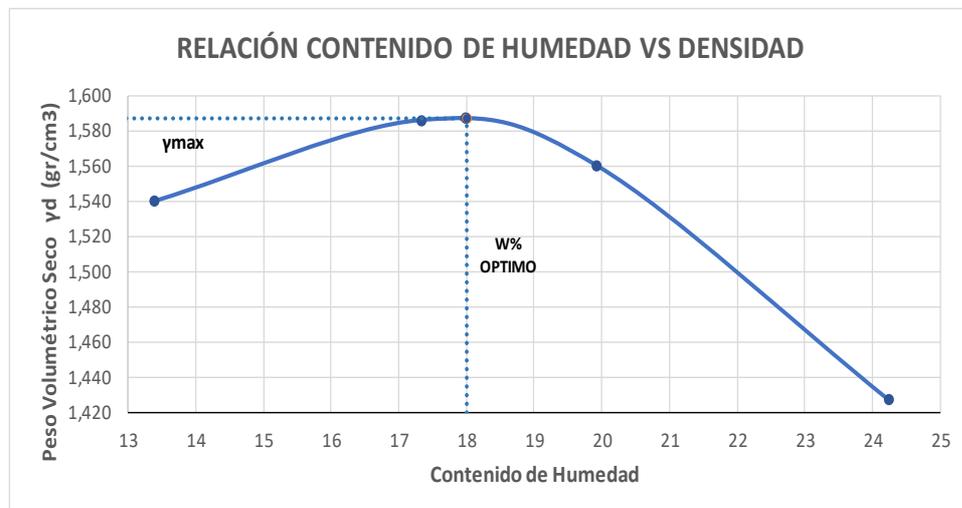
Ensayo Número	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	6%	9%	12%	15%
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19581	19846	19869	19643
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4046	4311	4334	4108
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,746	1,861	1,871	1,773

DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente número	#27	#28	#21	#22	#23	#24	#25	#26
Peso del recipiente W_r	103,1	66,5	63,7	60,8	62,5	61,6	60	60,6
Rec+suelo húmedo W_r+W_m	154,4	119,3	116,2	111,9	118	119,8	113,7	111,4
Rec+suelo seco $W_s + W_m$	148,4	113	108,6	104,2	108,7	110,2	103,1	101,6
Peso sólidos W_s	45,3	46,5	44,9	43,4	46,2	48,6	43,1	41
Peso del agua W_w	6,0	6,3	7,6	7,7	9,3	9,6	10,6	9,8
Cont. Humedad $\omega\%$	13,25	13,55	16,93	17,74	20,13	19,75	24,59	23,90
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	13,40		17,33		19,94		24,25	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,540		1,586		1,560		1,427	

DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA

Cont. Humedad promedio $\omega\%$	18
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,587





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



ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS
GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO,
PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:

PARROQUIA:	Izamba - Aeropuerto	CAPA VEGETAL:	10 m
MUESTRA:	2 FIN	PROFUNDIDAD:	70 m
		COORDENADAS:	17 S 771259 m 9865307 m

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAÍDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	DENSIDAD MÁX SECA (gr/cm³)	1,587
		W% ÓPTIMO	18 %

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

MOLDE	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo
P. Hum. + Molde (gr)	10793	10859	12524	12663	13471	13739
Peso Molde (gr)	6398	6398	8339	8339	9564	9564
P. Humedo (gr)	4395	4461	4185	4324	3907	4175
Volumen Muestra (cm ³)	2313,63	2313,63	2298,43	2298,43	2331,72	2331,72
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1,900	1,928	1,821	1,881	1,676	1,791
Densidad Seca (gr/cm ³)	1,606	1,569	1,534	1,532	1,415	1,397
Den. Seca Prom. (gr/cm ³)	1,588		1,533		1,406	

CONTENIDOS DE HUMEDAD

Cond. Muestra	Antes del Remojo		Después del Remojo		Antes del Remojo		Después del Remojo		Antes del Remojo		Después del Remojo	
Recipiente N°	# 82	# 66	# 82	# 66	# 20	# 27	# 20	# 27	# 96	# 97	# 96	# 97
P. Hum. + Recipiente (gr)	81,3	81	81,7	81,3	75,2	76,4	75,3	77	81,7	84,5	81,8	83,9
P. Seco + Recipiente (gr)	73,4	73,3	72,5	71,6	67,2	68,4	65,6	67,7	73,9	76,5	71	72,5
Peso Recipiente (gr)	30,6	30,8	30,6	30,8	24,7	25,2	24,7	25,2	31,4	33,2	31,4	33,2
Peso Agua (gr)	7,9	7,7	9,2	9,7	8	8	9,7	9,3	7,8	8	10,8	11,4
Peso de Sólidos (gr)	42,8	42,5	41,9	40,8	42,5	43,2	40,9	42,5	42,5	43,3	39,6	39,3
Contenido Humedad %	18,46	18,12	21,96	23,77	18,82	18,52	23,72	21,88	18,35	18,48	27,27	29,01
Con. Hum. Prom. %	18,29 %		22,87 %		18,67 %		22,80 %		18,41 %		28,14 %	

ESPONJAMIENTO

MOLDE	# 1				# 2				# 3			
LECTURA	DIAL	EXPANSIÓN										
		plg	mm									
18/10/2019	0	0,17	4,32	0	0,08	2,03	0	0	0,00	0	0	0,00
19/10/2019	0,17			0,08								

MOLDE	1	2	3
Altura (cm)	12,7	12,6	12,6
Diametro (cm)	15,23	15,24	15,35
(cm ³)	2313,63	2298,43	2331,72
Peso (gr)	6398	8339	9564



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

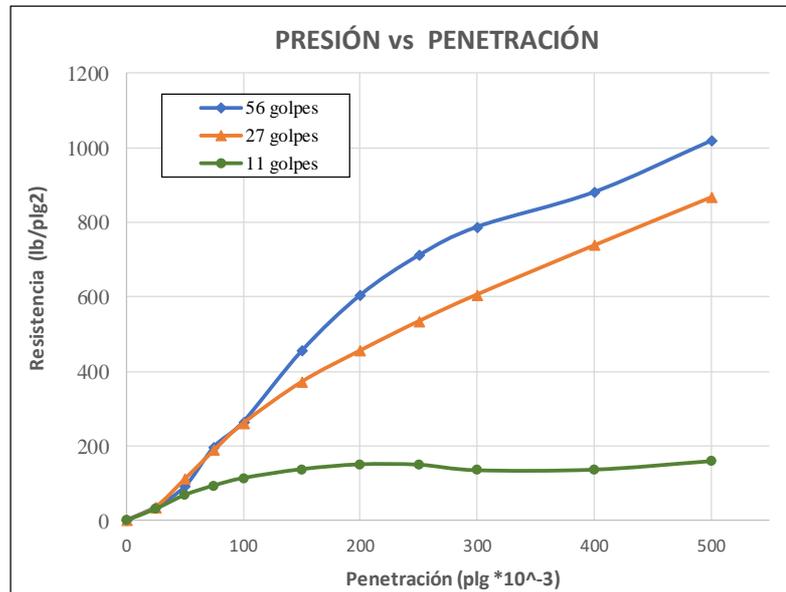


ENSAYO CBR

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Izamba - Aeropuerto	CAPA VEGETAL:	10 m
MUESTRA:	2 FIN	PROFUNDIDAD:	70 m
		COORDENADAS:	17 S 771259 m 9865307 m

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)													
ÁREA DE PISTÓN:		3 plg2	NORMA:	ASTM D-1883	VELOCIDAD DE CARGA				1,27 mm/min (0,05 pulg/min)				
PENETRACIÓN	Q Estándar (lb/plg2)	MOLDE N° 1 (56 Golpes)				MOLDE N° 2 (27 Golpes)				MOLDE N° 3 (11 golpes)			
		Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
mm	plg *10 ⁻³	Leída	Corregida		Leída	Corregida		Leída	Corregida		Leída	Corregida	
0	0	0	0		0	0		0	0		0	0	
0,64	25	108,9	36,3		108,5	36,17		93,1	31,03		205,2	68,4	
1,27	50	273,8	91,27		333,3	111,1		282,0	94		449,2	149,7	
1,91	75	593,3	197,8		566,2	188,7		404,2	134,7		499,3	159,4	
2,54	100	795,0	265	265	26,50	783,0	261	261	26,10	341,9	114	113,967	11,40
3,81	150	1366,2	455,4		1116,0	372		413,6	137,9		452,4	150,8	10,05
5,08	200	1814,5	604,8	604,83	40,32	1367,6	455,9	455,87	30,39	452,4	150,8	150,8	10,05
6,35	250	2133,9	711,3		1603,2	534,4		449,2	149,7		404,2	134,7	
7,62	300	2363,3	787,8		1818,3	606,1		404,2	134,7		409,3	136,4	
10,16	400	2643,5	881,2		2213,5	737,8		409,3	136,4		478,3	159,4	
12,70	500	3056,2	1019		2599,8	866,6		478,3	159,4				





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

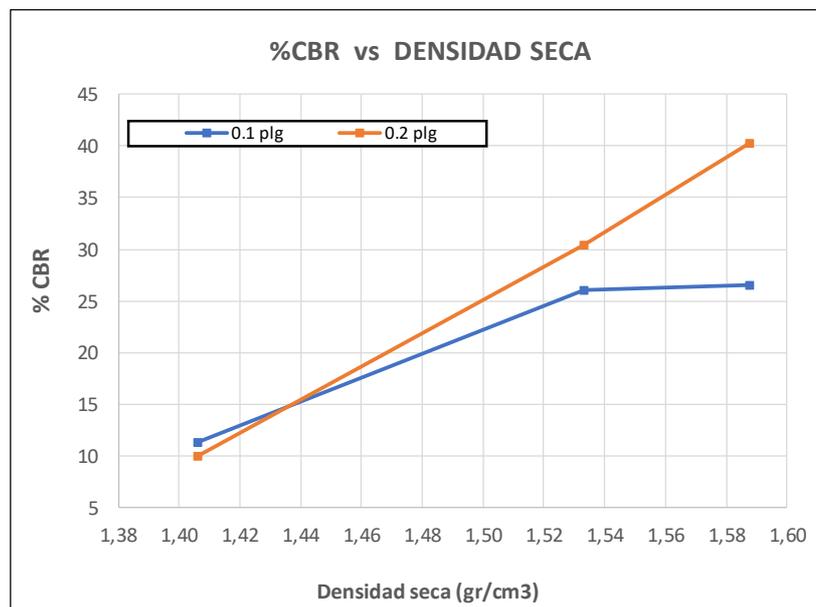


ENSAYO CBR

PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Izamba - Aeropuerto	CAPA VEGETAL:	10 m
MUESTRA:	2 FIN	PROFUNDIDAD:	70 m
		COORDENADAS:	17 S 771259 m 9865307 m

MOLDE		1	2	3
CBR %	0,1''	26,50	26,10	11,40
	0,2''	40,32	30,39	10,05
Densidad Seca	gr/cm3	1,588	1,533	1,406



Densidad seca máx :	1,587
---------------------	-------

Densidad seca máx	%CBR-0,1 plg	%CBR - 0,2 plg	MAYOR % CBR
90% DSM = 1,428	14,0	13,6	14
95% DSM = 1,508	23,1	26,4	26,4



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

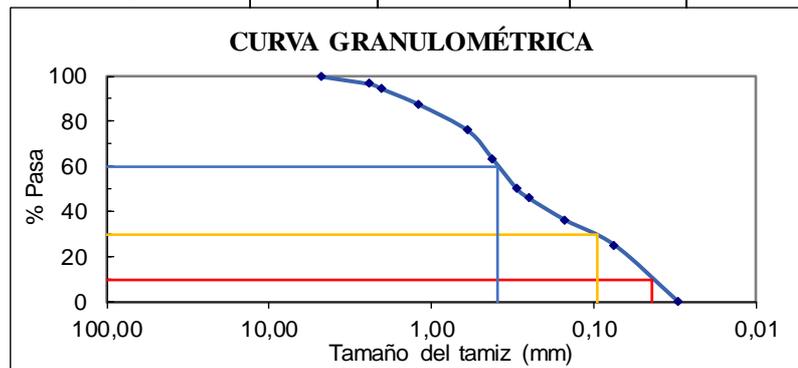


PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA	Izamba- San Vicente	CAPA VEGETAL:	10 cm
MUESTRA:	1 INICIO	PROFUNDIDAD:	80 cm
		COORDENADAS:	17 S 770775 m 9864908 m

HUMEDAD IN SITU					
Identificación	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% W _{nat.}	% W _{PROM.}
#39	25,70	77,10	65,70	28,50	29,00
#40	24,00	74,40	63,00	29,23	
#46	24,70	76,80	65,00	29,28	

GRANULOMETRÍA					
NORMA:	AASHTO T-87-70 y T-88-70		W _{SECO} (gr) =		249,5
TAMIZ	mm	W _{Retenido}	W _{RET. ACUM.}	% RET. ACUM.	% PASA
# 4	4,76	0,00	0,00	0,00	100,00
# 8	2,38	8,40	8,40	3,37	96,63
# 10	2,00	5,60	14,00	5,61	94,39
# 16	1,19	17,07	31,07	12,45	87,55
# 30	0,595	28,90	59,97	24,04	75,96
# 40	0,420	31,30	91,27	36,58	63,42
# 50	0,297	33,30	124,57	49,93	50,07
# 60	0,250	10,30	134,87	54,06	45,94
# 100	0,149	24,20	159,07	63,76	36,24
# 200	0,074	27,76	186,83	74,88	25,12
# fuente	0,03	62,67	62,67	25,12	0,00



COEFICIENTES DEL SUELO			
D10 en mm	0,044	Cu= D60 / D10	8,86
D30 en mm	0,095	Cc = D30 ² /(D60*D10)	0,53
D60 en mm	0,390	Tamaño Nominal Máximo (TNM)	4,76 mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE CAMPO



CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN
PROYECTO: SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN
 AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Izamba- San Vicente	CAPA VEGETAL:	10 cm
MUESTRA:	1	INICIO PROFUNDIDAD:	80 cm
		COORDENADAS:	17 S 770775 m 9864908 m

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda gr. Wm+Rec		440,00	
Peso de la funda gr. Rec		3,20	
Peso de la masa del suelo gr. Wm = Wm+Rec-Rec		436,80	
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena		6300,00	
Peso final frasco + cono + arena		5570,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		343,00	
Peso arena en la perforación		387,00	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración arena)		1,588	
Volumen de la perforación Vm		243,70	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente número #		#40	#46
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	74,40	76,80
Peso seco + recipiente	Ws+rec	63,00	65,00
Peso recipiente	rec	24,00	24,70
Peso del agua	Ww	11,40	11,80
Peso de los sólidos	Ws	39,00	40,30
Contenido de humedad	w%	29,23	29,28
Contenido de humedad promedio w%		29,26	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos	Vv =	13,86	-
Va = 	Wa =	2,06	0,00
Vw = 	Ww =	11,80	11,80
Vs = 	Ws =	15,21	40,30
Vm =	Wm =	29,07	52,10
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (γm) (densidad húmeda)		1,792	gr/cm ³
Densidad seca (γd)		1,387	gr/cm ³
Contenido de humedad w%		29,26	%
Relación de vacíos e= Vv/Vs		0,91	natural
Porosidad n% = Vv/Vm*100		47,68	%
Grado de Saturación de agua Gw%= Vw/Vv*100		85,13	%
Grado de Saturación de aire Ga%		14,87	%



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



DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:

PARROQUIA: Izamba- San Vicente

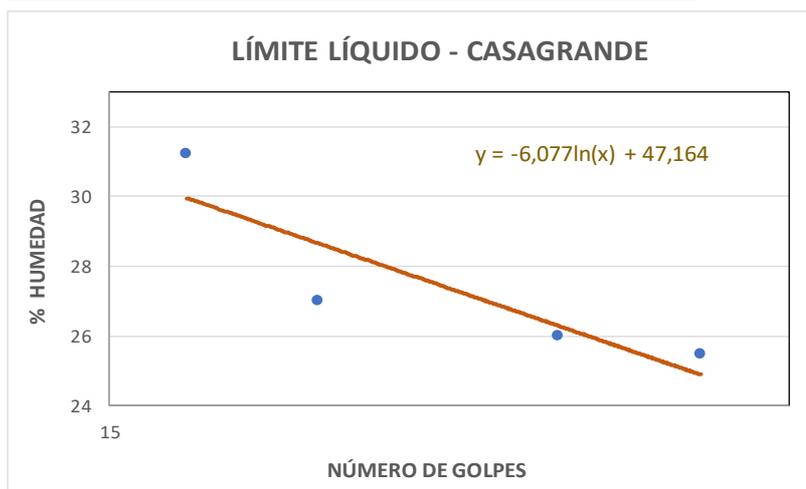
CAPA VEGETAL: 10 cm

MUESTRA: 1 INICIO

PROFUNDIDAD: 80 cm

COORDENADAS: 17 S 770775 m 9864908 m

LÍMITE LÍQUIDO					
Nº GOLPES	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	%W _{PROM}
17	10,60	23,90	20,90	29,13	31,23
	11,20	23,60	20,50	33,33	
21	11,20	23,60	21,00	26,53	27,04
	11,00	23,50	20,80	27,55	
31	11,00	23,40	20,80	26,53	26,02
	11,20	23,50	21,00	25,51	
39	10,90	23,30	20,70	26,53	25,51
	10,90	23,10	20,70	24,49	
LÍMITE LÍQUIDO:				27,60	



LÍMITE PLÁSTICO				
Identificación	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w
# 5	10,60	12,60	12,10	33,33
# 18	10,70	12,20	11,90	25,00
# 9	10,70	12,70	12,30	25,00
# 4	10,70	12,50	12,20	20,00
# 76	10,60	12,50	12,10	26,67
PROMEDIO W% (LP)				26,00
IP = LL - LP	1,60			



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



DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA

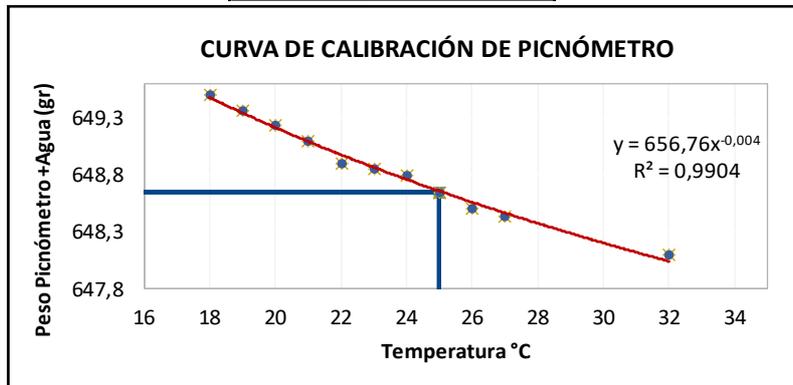
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:

PARROQUIA:	Izamba- San Vicente	CAPA VEGETAL:	10 cm
MUESTRA:	1 INICIO	PROFUNDIDAD:	80 cm
		COORDENADAS:	17 S 770775 m #####

GRAVEDAD ESPECÍFICA	
Temperatura del agua + suelo	24
Peso del recipiente + suelo seco	114,1
Peso del recipiente (Wr)	64,7
Peso del suelo seco (Ws)	49,4
Peso picnómetro+agua (Wbw)	648,8
Ws+Wbw	698,2
Peso picnómetro+agua+suelo (Wbws)	677,9
Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)- Wbws	20,3
Factor de correlación por temperatura K	0,99933
Gravedad específica (Gs)	2,432

Calibración del Picnómetro	
Temperatura °C	Masa (gr)
18	649,50
19	649,37
20	649,23
21	649,10
22	648,90
23	648,85
24	648,80
25	648,65
26	648,50
27	648,43
32	648,10





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO DE PENETRACIÓN (DCP)

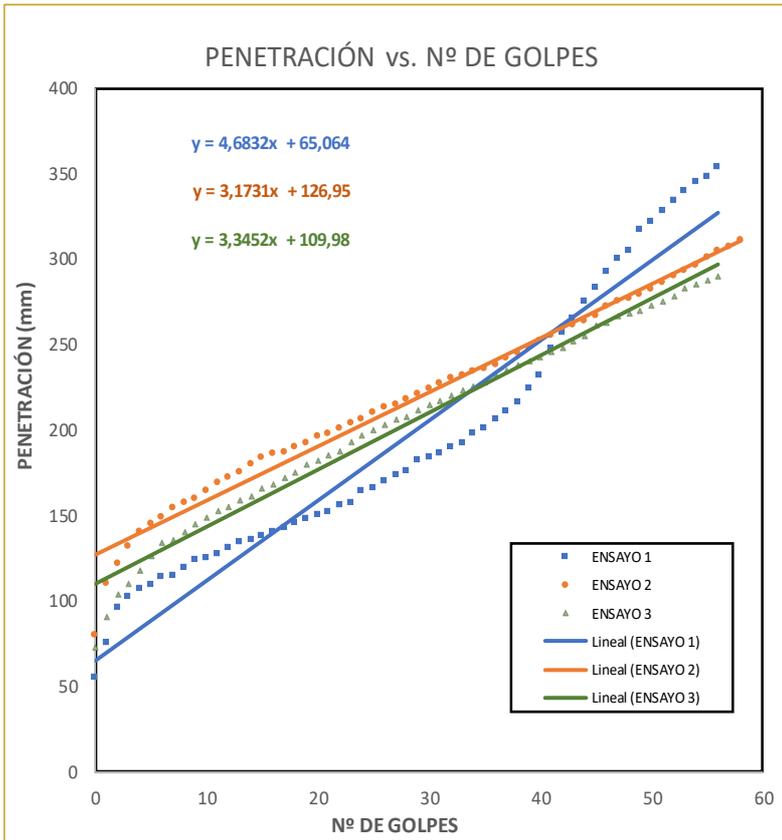


CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Izamba- San Vicente **CAPA VEGETAL:** 10 cm
MUESTRA: 1 INICIO **PROFUNDIDAD:** 80 cm
COORDENADAS: 17 S 770775 m 9864908 m

ENSAYO DCP			
Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	55	80	73
1	75	110	91
2	96	122	104
3	102	132	110
4	107	140	118
5	109	145	126
6	114	149	134
7	115	154	136
8	119	157	140
9	124	160	145
10	125	164	149
11	127	169	153
12	131	172	155
13	134	175	159
14	136	180	161
15	138	184	166
16	140	186	168
17	143	187	172
18	146	190	175
19	148	192	180
20	150	196	182
21	152	198	185
22	156	201	188
23	157	204	193
24	164	206	197
25	166	210	200
26	170	213	203
27	174	215	206
28	176	218	208
29	182	221	212
30	184	224	215
31	186	227	217
32	190	230	220
33	192	232	223
34	198	234	226
35	201	236	228
36	206	238	232
37	211	242	235



38	216	245	238
39	224	248	240
40	232	252	243
41	247	255	246
42	257	260	248
43	265	261	252
44	275	264	255
45	283	267	261
46	292	272	263
47	300	275	267
48	305	277	268
49	317	279	270
50	322	282	273
51	328	286	275
52	334	290	278
53	340	293	283
54	345	296	285
55	348	301	288
56	354	305	290
57		307	
58		311	

DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	4,683
2	3,173
3	3,345
3,73	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PRÓCTOR MODIFICADO "B")

PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS HUACHI GRANDE Y SANTA ROSA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA	Izamba- San Vicente	CAPA VEGETAL:	10 m
MUESTRA:	1 INICIO	PROFUNDIDAD:	80 m
		COORDENADAS:	17 S 770775 m 9864908 m

ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15535	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2316,67	cm ³
Energía de Compactación (lb pie/pie)	55986	Normas	AASHTO T-180	ϕ_{int} (cm):	15,24	h (cm): 12,7
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	6000

PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Número	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	9%	12%	15%	18%
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19623	19843	19838	19650
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4088	4308	4303	4115
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,765	1,860	1,857	1,776

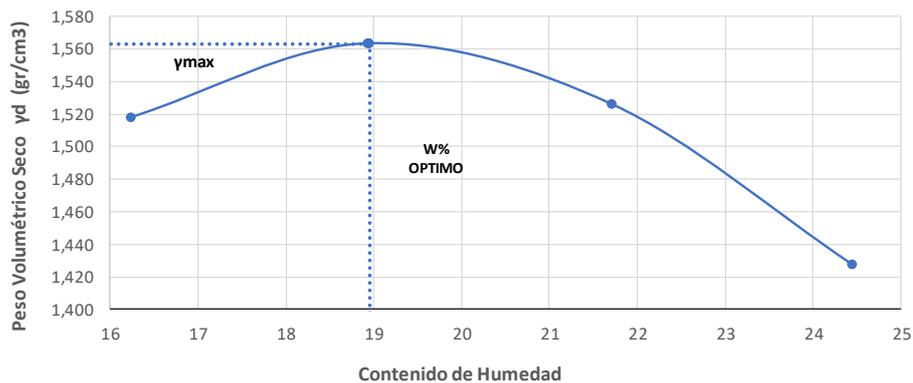
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente número	#32	#76	#66	#96	#82	#97	#5	#7
Peso del recipiente W_r	26,4	30,7	30,9	31,4	30,6	33,2	32,5	32,8
Rec+suelo húmedo W_r+W_m	80,9	85	84,6	85,1	84,8	85,5	87,2	86,5
Rec+suelo seco $W_s + W_m$	73,2	77,5	76	76,6	75	76,3	76,2	76,2
Peso sólidos W_s	46,8	46,8	45,1	45,2	44,4	43,1	43,7	43,4
Peso del agua W_w	7,7	7,5	8,6	8,5	9,8	9,2	11	10,3
Cont. Humedad $\omega\%$	16,45	16,03	19,07	18,81	22,07	21,35	25,17	23,73
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	16,24		18,94		21,71		24,45	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,518		1,563		1,526		1,427	

DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA

Cont. Humedad promedio $\omega\%$	18,95
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,563

RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR



CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:

PARROQUIA:	Izamba- San Vicente	CAPA VEGETAL:	10 m
MUESTRA:	1 INICIO	PROFUNDIDAD:	80 m
		COORDENADAS:	17 S 770775 m 9864908 m

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAÍDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	DENSIDAD MÁX SECA (gr/cm³)	1,563
		W% ÓPTIMO	18,95 %

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

MOLDE	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo
P. Hum. + Molde (gr)	12360	12931	13314	13511	12655	12946
Peso Molde (gr)	8292	8292	9283	9283	8726	8726
P. Humedo (gr)	4068	4639	4031	4228	3929	4220
Volumen Muestra (cm ³)	2304,52	2304,52	2298,43	2298,43	2331,72	2331,72
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1,765	2,013	1,754	1,840	1,685	1,810
Densidad Seca (gr/cm ³)	1,474	1,624	1,473	1,458	1,413	1,401
Den. Seca Prom. (gr/cm ³)	1,549		1,465		1,407	

CONTENIDOS DE HUMEDAD

Cond. Muestra	Antes del Remojo		Después del Remojo		Antes del Remojo		Después del Remojo		Antes del Remojo		Después del Remojo	
Recipiente N°	# 96	# 97	# 96	# 97	# 20	# 66	# 20	# 66	# 32	# 76	# 32	# 76
P. Hum. + Recipiente (gr)	82,3	84,2	83,9	84,9	75,8	82,6	75,7	81,7	78,2	82,4	77,1	81,8
P. Seco + Recipiente (gr)	73,9	75,8	74,1	74,6	67,6	74,3	65,6	70,7	70	73,9	65,8	70,1
Peso Recipiente (gr)	31,5	33,2	31,5	33,2	24,7	30,8	24,7	30,8	26,4	30,8	26,4	30,8
Peso Agua (gr)	8,4	8,4	9,8	10,3	8,2	8,3	10,1	11	8,2	8,5	11,3	11,7
Peso de Sólidos (gr)	42,4	42,6	42,6	41,4	42,9	43,5	40,9	39,9	43,6	43,1	39,4	39,3
Contenido Humedad %	19,81	19,72	23,00	24,88	19,11	19,08	24,69	27,57	18,81	19,72	28,68	29,77
Con. Hum. Prom. %	19,76 %		23,94 %		19,10 %		26,13 %		19,26 %		29,23 %	

ESPONJAMIENTO

MOLDE	# 1				# 2				# 3			
LECTURA	DIAL	EXPANSIÓN										
		plg	mm									
29/10/2019	0	0,1	2,54	0	0,14	3,56	0	0	0,00	0	0	0,00
30/10/2019	0,1			0,14								

MOLDE	1	2	3
Altura (cm)	12,7	12,6	12,6
Diametro (cm)	15,2	15,24	15,35
Volumen (cm ³)	2304,52	2298,43	2331,72
Peso (gr)	8292	9283	8726



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

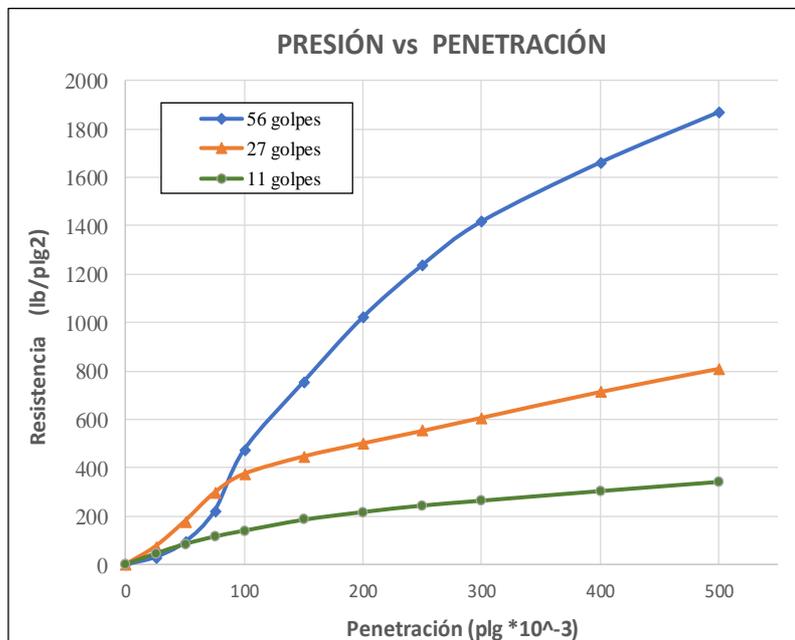


ENSAYO CBR

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS
PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE
 TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Izamba- San Vicente	CAPA VEGETAL:	10 m
MUESTRA:	1 INICIO	PROFUNDIDAD:	80 m
		COORDENADAS:	17 S 770775 m 9864908 m

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)														
ÁREA DE PISTÓN:		3 plg ²		NORMA:	ASTM D-1883		VELOCIDAD DE CARGA	1,27 mm/min (0,05 pulg/min)						
PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/plg ²)	MOLDE N° 1 (56 Golpes)				MOLDE N° 2 (27 Golpes)				MOLDE N° 3 (11 golpes)			
			Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
mm	plg *10 ⁻³	Leída		Corregida	Leída			Corregida	Leída			Corregida	Leída	
0	0		0	0			0	0			0	0		
0,64	25		89,8	29,93			222,0	74			132,8	44,27		
1,27	50		276,8	92,27			538,2	179,4			253,4	84,47		
1,91	75		659,8	219,9			892,0	297,3			346,8	115,6		
2,54	100	1000	1419,6	473,2	473,20	47,32	1126,3	375,4	375,433	37,54	420,6	140,2	140,2	14
3,81	150		2261,6	753,9			1343,0	447,7			556,8	185,6		
5,08	200	1500	3063,1	1021	1021,03	68,07	1506,0	502	502,00	33,47	653,8	217,9	217,93	14,53
6,35	250		3709,6	1237			1660,3	553,4			734,8	244,9		
7,62	300		4251,0	1417			1823,3	607,8			796,0	265,3		
10,16	400		4983,0	1661			2144,6	714,9			915,8	305,3		
12,70	500		5608,0	1869			2433,2	811,1			1030,6	343,5		





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

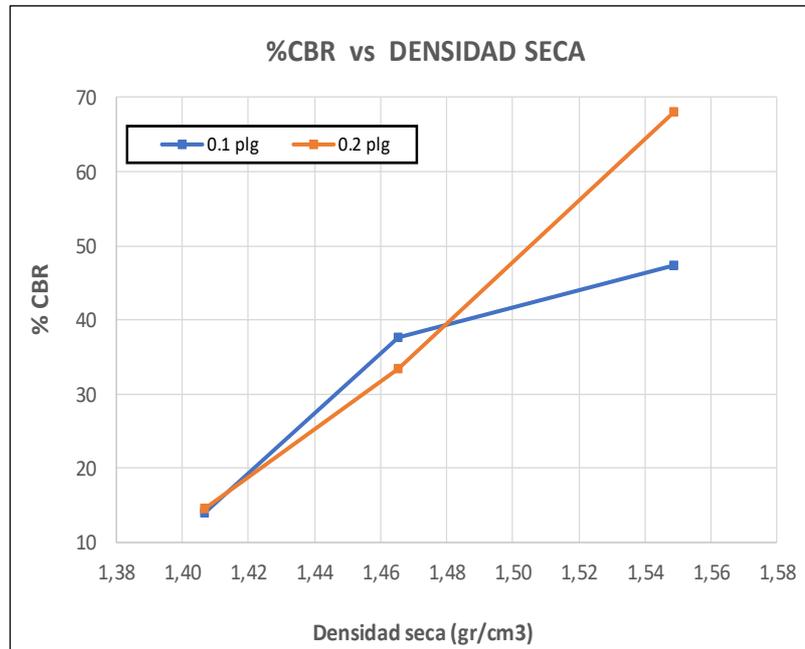


ENSAYO CBR

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS
PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE
 TUNGURAHUA

PARROQUIA: Izamba- San Vicente	CAPA VEGETAL: 10 m
MUESTRA: 1 INICIO	PROFUNDIDAD: 80 m
	COORDENADAS: 17 S 770775 m 9864908 m

MOLDE	1	2	3	
CBR %	0,1''	47,32	37,54	14,02
	0,2''	68,07	33,47	14,53
Densidad Seca	gr/cm3	1,549	1,465	1,407



Densidad seca máx :	1,563
---------------------	-------

Densidad seca máx	%CBR-0,1 plg	%CBR - 0,2 plg	MAYOR % CBR
90% DSM = 1,407	14,02	14,53	14,53
95% DSM= 1,485	40	41,6	41,6



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



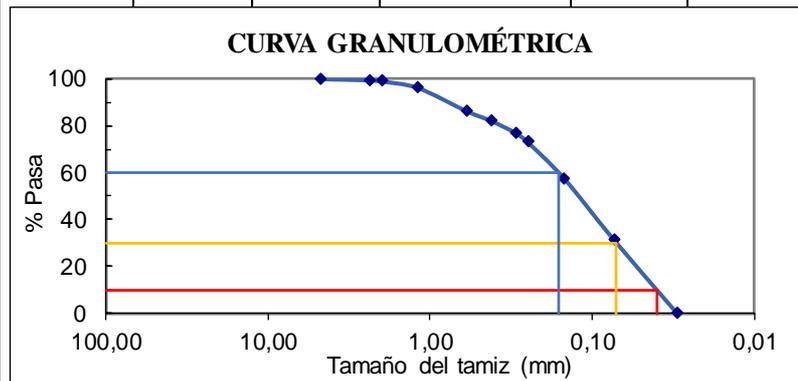
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Izamba- San Vicente	CAPA VEGETAL: 20 cm
MUESTRA: 2 FIN	PROFUNDIDAD: 75 cm
FECHA:	COORDENADAS: 17 S 772344 m 9864966 m

HUMEDAD IN SITU					
Identificación	W _{CAPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% W _{nat.}	% W _{PROM.}
#66	30,80	83,20	79,30	8,04	8,03
#102	31,00	83,10	79,20	8,09	
#77	30,80	82,30	78,50	7,97	

GRANULOMETRÍA					
NORMA:	AASHTO T-87-70 y T-88-70		W _{SECO} (gr) =	251,1	
TAMIZ	mm	W _{Retenido}	W _{RET. ACUM.}	% RET. ACUM.	% PASA
# 4	4,76	0,00	0,00	0,00	100,00
# 8	2,38	1,30	1,30	0,52	99,48
# 10	2,00	1,20	2,50	1,00	99,00
# 16	1,19	7,00	9,50	3,78	96,22
# 30	0,595	24,90	34,40	13,70	86,30
# 40	0,420	10,50	44,90	17,88	82,12
# 50	0,297	12,90	57,80	23,02	76,98
# 60	0,250	9,90	67,70	26,96	73,04
# 100	0,149	38,90	106,60	42,45	57,55
# 200	0,074	65,20	171,80	68,42	31,58
# fuente	0,03	78,80	79,30	31,58	0,00



COEFICIENTES DEL SUELO			
D10 en mm	0,040	Cu= D60 / D10	4,00
D30 en mm	0,071	Cc = D30 ² /(D60*D10)	0,79
D60 en mm	0,160	Tamaño Nominal Máximo (TNM)	0,595 mm



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



DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE CAMPO

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN

PROYECTO: SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN
 AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Izamba- San Vicente	CAPA VEGETAL:	20 cm
MUESTRA:	2 FIN	PROFUNDIDAD:	75 cm
FECHA:		COORDENADAS:	17 S 772344 m 9864966 m

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda gr. Wm+Rec			490,00
Peso de la funda gr. Rec			4,80
Peso de la masa del suelo gr. Wm = Wm+Rec-Rec			485,20
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena			6270,00
Peso final frasco + cono + arena			5370,00
Peso arena en el cono (Calibración del cono)			343,00
Peso arena en la perforación			557,00
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración arena)			1,588
Volumen de la perforación Vm			350,76
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente número #		#66	#102
Peso húmedo + recipiente Wm+rec		83,20	83,10
Peso seco + recipiente Ws+rec		79,30	79,20
Peso recipiente rec		30,80	31,00
Peso del agua Ww		3,90	3,90
Peso de los sólidos Ws		48,50	48,20
Contenido de humedad w%		8,04	8,09
Contenido de humedad promedio w%		8,07	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos	Vv =	19,47	-
Va =	Va =	15,57	0,00
Vw =	Vw =	3,90	3,90
Vs =	Vs =	18,19	48,20
Vm =	Vm =	37,66	52,10
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (γm) (densidad húmeda)		1,383	gr/cm ³
Densidad seca (γd)		1,280	gr/cm ³
Contenido de humedad w%		8,07	%
Relación de vacíos e= Vv/Vs		1,07	natural
Porosidad n% = Vv/Vm*100		51,71	%
Grado de Saturación de agua Gw% = Vw/Vv*100		20,03	%
Grado de Saturación de aire Ga%		79,97	%



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

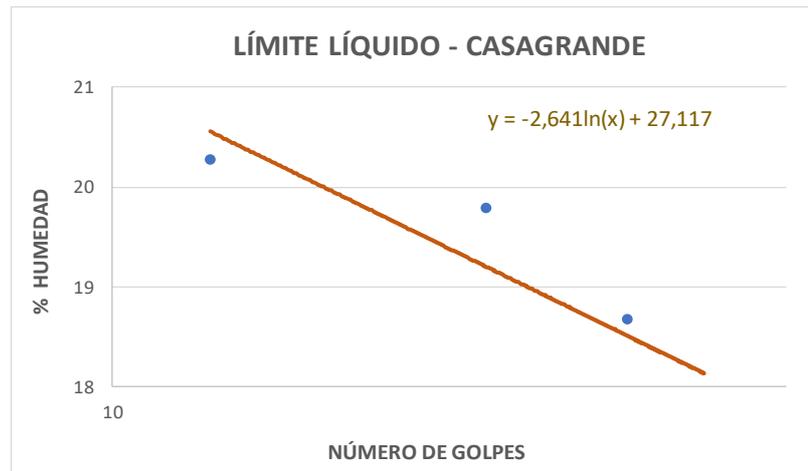


DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO
 CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS
 GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO,
 PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:

PARROQUIA:	Izamba- San Vicente	CAPA VEGETAL:	20 cm
MUESTRA:	2 FIN	PROFUNDIDAD:	75 cm
		COORDENADAS:	17 S 772344 m 9864966 m

LÍMITE LÍQUIDO					
Nº GOLPES	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	%W _{PROM}
12	11,20	26,00	23,60	19,35	20,27
	11,80	26,10	23,60	21,19	
20	11,10	25,80	23,30	20,49	19,79
	10,60	26,20	23,70	19,08	
26	10,90	25,50	23,20	18,70	18,67
	11,30	25,30	23,10	18,64	
30	11,30	25,80	23,60	17,89	17,67
	11,20	26,00	23,80	17,46	
LÍMITE LÍQUIDO:				18,62	



LÍMITE PLÁSTICO				
Identificación	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w
# 9	10,70	12,60	12,30	18,75
# 14	10,70	12,80	12,50	16,67
# 31	10,80	12,50	12,20	21,43
# 18	10,70	12,10	11,90	16,67
# 82	10,70	12,70	12,30	25,00
PROMEDIO W% (LP)				17,36
IP = LL - LP	1,25			



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



DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:

PARROQUIA: Izamba- San Vicente

CAPA VEGETAL: 20 cm

MUESTRA: 2 FIN

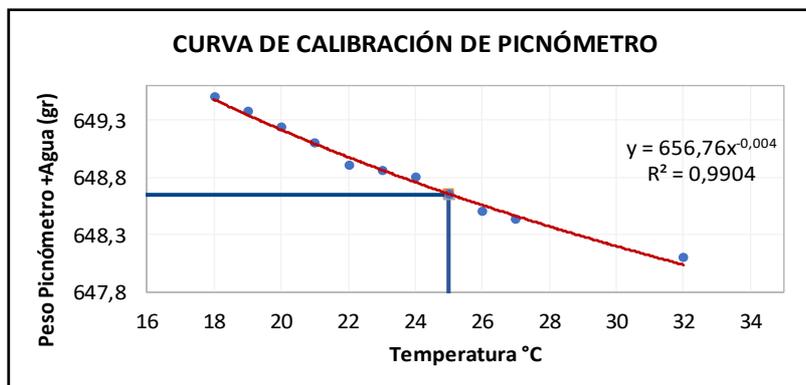
PROFUNDIDAD: 75 cm

COORDENADAS: 17 S 772344 m 9864966 m

GRAVEDAD ESPECÍFICA	
Temperatura del agua + suelo	25
Peso del recipiente + suelo seco	109,2
Peso del recipiente (Wr)	59,3
Peso del suelo seco (Ws)	49,9
Peso picnómetro+agua (Wbw)	648,65
Ws+Wbw	698,55
Peso picnómetro+agua+suelo (Wbws)	678,3
Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)- Wbws	20,25
Factor de correlación por temperatura K	0,99884
Gravedad específica (Gs)	2,461

Calibración del Picnómetro

Temperatura °C	Masa (gr)
18	649,50
19	649,37
20	649,23
21	649,10
22	648,90
23	648,85
24	648,80
25	648,65
26	648,50
27	648,43
32	648,10





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO DE PENETRACIÓN (DCP)

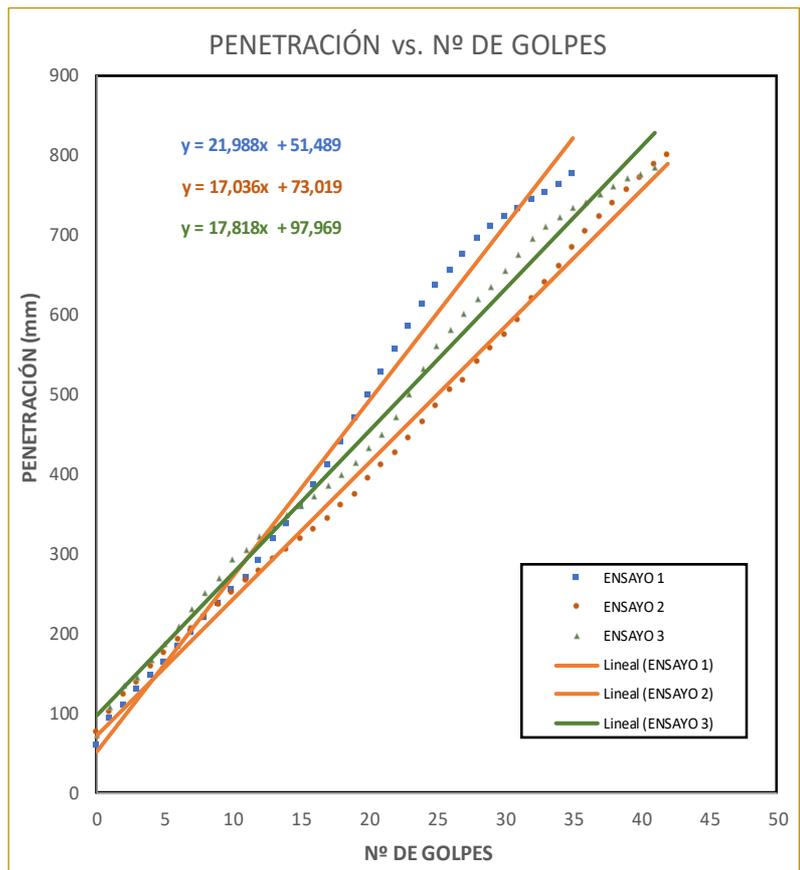


CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Izamba- San Vicente **CAPA VEGETAL:** 20 cm
MUESTRA: 2 FIN **PROFUNDIDAD:** 75 cm
COORDENADAS: 17 S 772344 m 9864966 m

ENSAYO DCP						
Golpes	Penetración (mm)					
	1	2	3			
0	58	75	72			
1	92	101	108			
2	110	122	135			
3	130	138	145			
4	146	158	167			
5	164	175	186			
6	183	192	208			
7	200	205	230			
8	218	220	250			
9	238	235	270			
10	254	250	292			
11	270	265	305			
12	291	278	322			
13	318	292	335			
14	336	305	348			
15	358	318	360			
16	385	330	372			
17	410	344	386			
18	440	360	398			
19	470	374	414			
20	498	394	433			
21	526	410	450			
22	556	425	472			
23	584	445	500			
24	613	465	532			
25	636	484	560			
26	655	504	580			
27	675	517	600			
28	695	540	620			
29	710	557	635			
30	722	574	655			
31	732	592	675			
32	743	620	695			
33	752	639	710	38	738	760
34	763	660	722	39	755	770
35	775	684	734	40	770	775
36		704	740	41	787	785
37		722	750	42	800	



DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	21,988
2	17,036
3	17,818
	18,95



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PRÓCTOR MODIFICADO "B")

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS HUACHI GRANDE Y SANTA ROSA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Izamba- San Vicente	CAPA VEGETAL:	20 m
MUESTRA:	2 FIN	PROFUNDIDAD:	75 m
		COORDENADAS:	17 S 772344 m 9864966 m

ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR

Número de Golpes	56	Altura de Caída	g	Peso del Molde	15535	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2316,67	cm ³
Energía de Compactación (lb pie/pie)	55986	Normas	AASHTO T-180	Ø _{int} (cm):	15,24	h (cm): 12,7
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	6000

PROCESO DE COMPACTACIÓN

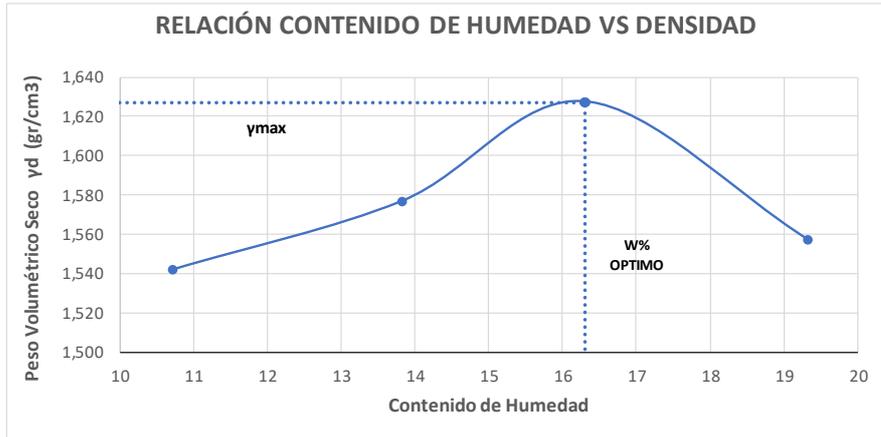
Ensayo Número	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	6%	9%	12%	15%
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19490	19693	19920	19840
Peso suelo húmedo W _m (gr)	3955	4158	4385	4305
Peso unitario húmedo γ _m (gr/cm ³)	1,707	1,795	1,893	1,858

DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente número	#77	#64	#102	#106	#28	#45	#101	#103
Peso del recipiente W _r	30,9	30,7	31,1	30,9	23,1	23,5	31,3	30,8
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	87,6	86,7	88,5	88,8	78,3	75,2	85,4	88,5
Rec+suelo seco W _s + W _m	82,2	81,2	81,7	81,6	70,4	68,1	76,6	79,2
Peso sólidos W _s	51,3	50,5	50,6	50,7	47,3	44,6	45,3	48,4
Peso del agua W _w	5,4	5,5	6,8	7,2	7,9	7,1	8,8	9,3
Cont. Humedad ω%	10,53	10,89	13,44	14,20	16,70	15,92	19,43	19,21
Cont. Humedad promedio ω%	10,71		13,82		16,31		19,32	
Peso Volumétrico Seco γ _d (gr/cm ³)	1,542		1,577		1,627		1,557	

DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA

Cont. Humedad promedio ω%	16,3
Peso Volumétrico Seco γ _d (gr/cm ³)	1,627





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR



CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:

PARROQUIA:	Izamba- San Vicente	CAPA VEGETAL:	20 m
MUESTRA:	2 FIN	PROFUNDIDAD:	75 m
		COORDENADAS:	17 S 772344 m 9864966 m

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAÍDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	DENSIDAD MÁX SECA (gr/cm³)	1,627
		W% ÓPTIMO	16,30 %

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

MOLDE	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo
P. Hum. + Molde (gr)	14155	14200	12695	12814	10281	10613
Peso Molde (gr)	9564	9564	8339	8339	6398	6398
P. Humedo (gr)	4591	4636	4356	4475	3883	4215
Volumen Muestra (cm ³)	2331,72	2331,72	2298,43	2298,43	2313,63	2313,63
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1,969	1,988	1,895	1,947	1,678	1,822
Densidad Seca (gr/cm ³)	1,700	1,692	1,642	1,627	1,452	1,459
Den. Seca Prom. (gr/cm ³)	1,696		1,635		1,455	

CONTENIDOS DE HUMEDAD

Cond. Muestra	Antes del Remojo		Después del Remojo		Antes del Remojo		Después del Remojo		Antes del Remojo		Después del Remojo	
Recipiente N°	# 5	# 7	# 5	# 7	# 82	# 82	# 82	# 82	# 12	# 27	# 12	# 27
P. Hum. + Recipiente (gr)	83,4	83,6	83,4	83,2	81,2	83	82,5	81,9	77,5	77	77,2	77,4
P. Seco + Recipiente (gr)	76,5	76,6	75,8	75,7	74,4	76,1	73,9	73,6	70,5	70	67,5	66,4
Peso Recipiente (gr)	32,5	32,8	32,5	32,8	30,7	30,9	30,7	30,9	25,5	25,2	25,5	25,2
Peso Agua (gr)	6,9	7	7,6	7,5	6,8	6,9	8,6	8,3	7	7	9,7	11
Peso de Sólidos (gr)	44	43,8	43,3	42,9	43,7	45,2	43,2	42,7	45	44,8	42	41,2
Contenido Humedad %	15,68	15,98	17,55	17,48	15,56	15,27	19,91	19,44	15,56	15,63	23,10	26,70
Con. Hum. Prom. %	15,83 %		17,52 %		15,41 %		19,67 %		15,59 %		24,90 %	

ESPONJAMIENTO

MOLDE	# 1				# 2				# 3			
LECTURA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		plg	mm		plg	mm		plg	mm		plg	mm
29/10/2019	0	0,14	3,56	0	0,07	0,07	1,78	0	0	0	0,00	
30/10/2019	0,14			0,07				0				

MOLDE	1	2	3
Altura (cm)	12,6	12,6	12,7
Diametro (cm)	15,35	15,24	15,23
Volumen (cm ³)	2331,72	2298,43	2313,63
Peso (gr)	9564	8339	6398



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

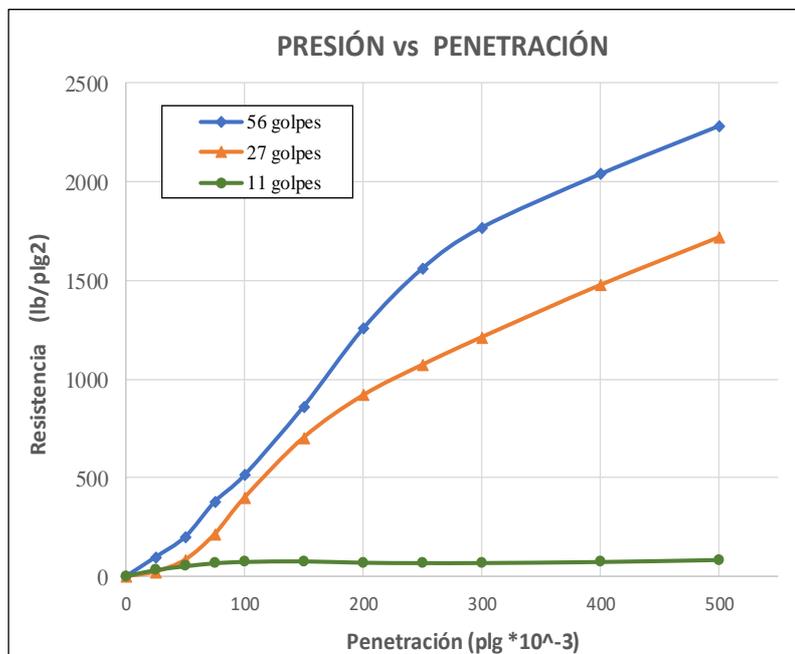


ENSAYO CBR

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS
PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE
 TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Izamba- San Vicente	CAPA VEGETAL:	20 m
MUESTRA:	2 FIN	PROFUNDIDAD:	75 m
		COORDENADAS:	17 S 772344 m 9864966 m

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)														
ÁREA DE PISTÓN:		3 plg ²	NORMA:	ASTM D-1883	VELOCIDAD DE CARGA	1,27 mm/min (0,05 pulg/min)								
PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/plg ²)	MOLDE N° 1 (56 Golpes)				MOLDE N° 2 (27 Golpes)				MOLDE N° 3 (11 golpes)			
			Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
mm	plg *10 ⁻³	Leída		Corregida	Leída			Corregida	Leída			Corregida	Leída	
0	0		0	0			0	0			0	0		
0,64	25		293,3	97,77			73,4	24,47			98,3	32,77		
1,27	50		601,2	200,4			254,8	84,93			159,3	53,1		
1,91	75		1136,3	378,8			648,0	216			207,8	69,27		
2,54	100	1000	1539,9	513,3	513,30	51,33	1199,3	399,8	399,767	39,98	229,3	76,43	76,433	7,64
3,81	150		2586,6	862,2			2115,1	705			238,7	79,57		
5,08	200	1500	3767,8	1256	1255,93	83,73	2756,3	918,8	918,77	61,25	216,6	72,2	72,2	4,81
6,35	250		4682,9	1561			3220,0	1073			211,3	70,43		
7,62	300		5304,3	1768			3639,2	1213			212,2	70,73		
10,16	400		6118,9	2040			4432,2	1477			228,8	76,27		
12,70	500		6849,3	2283			5158,3	1719			260,6	86,87		





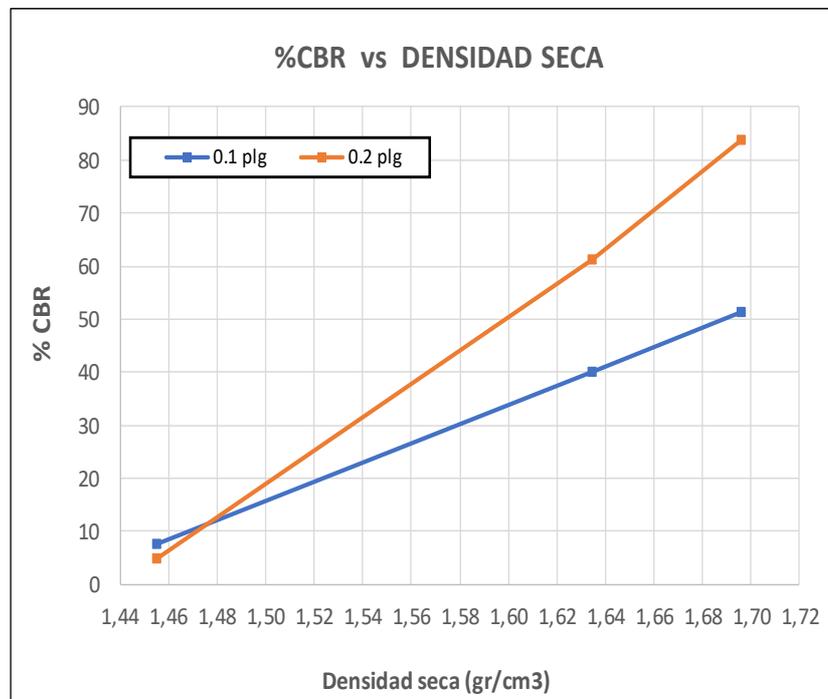
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO CBR



CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS
PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE
 TUNGURAHUA

PARROQUIA: Izamba- San Vicente	CAPA VEGETAL: 20 m		
MUESTRA: 2 FIN	PROFUNDIDAD: 75 m		
	COORDENADAS: 17 S	772344 m	9864966 m

MOLDE		1	2	3
CBR %	0,1 ''	51,33	39,98	7,64
	0,2''	83,73	61,25	4,81
Densidad Seca	gr/cm3	1,696	1,635	1,455



Densidad seca máx :	1,627
---------------------	-------

Densidad seca máx	%CBR-0,1 plg	%CBR - 0,2 plg	MAYOR % CBR
90% DSM = 1,464	10,2	7,5	10,2
95% DSM= 1,546	23,7	33,5	33,5



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



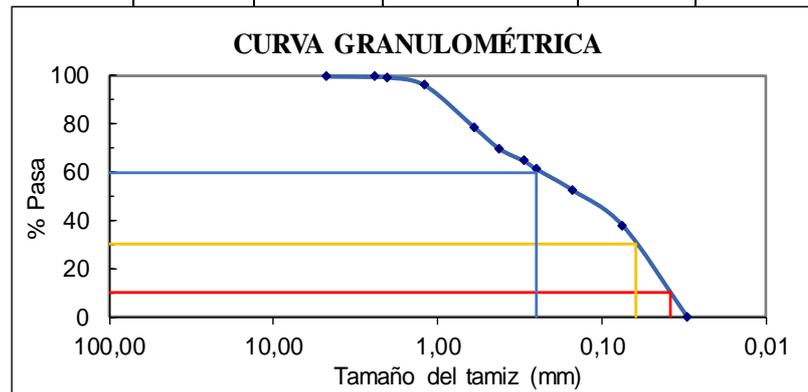
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:

PARROQUIA:	Izamba-Viña Loma	CAPA VEGETAL:	30 cm
MUESTRA:	1 INICIO	PROFUNDIDAD:	80 cm
		COORDENADAS:	17 S 769702 m 9864859 m

HUMEDAD IN SITU					
Identificación	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% W _{nat.}	% W _{PROM.}
#89	31,30	83,50	78,50	10,59	10,43
#57	31,00	83,70	78,70	10,48	
#56	30,40	84,40	79,40	10,20	

GRANULOMETRÍA					
NORMA:	AASHTO T-87-70 y T-88-70		W _{SECO} (gr) =		251,2
TAMIZ	mm	W _{Retenido}	W _{RET. ACUM.}	% RET. ACUM.	% PASA
# 4	4,76	1,00	1,00	0,40	99,60
# 8	2,38	0,50	1,50	0,60	99,40
# 10	2,00	0,50	2,00	0,80	99,20
# 16	1,19	8,70	10,70	4,26	95,74
# 30	0,595	43,80	54,50	21,70	78,30
# 40	0,420	21,90	76,40	30,41	69,59
# 50	0,297	12,70	89,10	35,47	64,53
# 60	0,250	8,30	97,40	38,77	61,23
# 100	0,149	22,20	119,60	47,61	52,39
# 200	0,074	37,00	156,60	62,34	37,66
# fuente	0,03	94,30	94,60	37,66	0,00



COEFICIENTES DEL SUELO			
D10 en mm	0,038	Cu = D60 / D10	6,58
D30 en mm	0,062	Cc = D30 ² / (D60 * D10)	0,40
D60 en mm	0,250	Tamaño Nominal Máximo (TNM)	0,595 mm



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



DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE CAMPO

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Izamba-Viña Loma	CAPA VEGETAL:	30 cm
MUESTRA:	1	INICIO PROFUNDIDAD:	80 cm
		COORDENADAS:	17 S 769702 m 9864859 m

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda gr. Wm+Rec		650,00	
Peso de la funda gr. Rec		4,80	
Peso de la masa del suelo gr. Wm = Wm+Rec-Rec		645,20	
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena		6300,00	
Peso final frasco + cono + arena		5270,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		343,00	
Peso arena en la perforación		687,00	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración arena)		1,588	
Volumen de la perforación Vm		432,62	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente número #		#89	#57
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	83,50	83,70
Peso seco + recipiente	Ws+rec	78,50	78,70
Peso recipiente	rec	31,30	31,00
Peso del agua	Ww	5,00	5,00
Peso de los sólidos	Ws	47,20	47,70
Contenido de humedad	w%	10,59	10,48
Contenido de humedad promedio	w%	10,54	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos	Vv =	17,34	-
Va =	Wa =	12,34	0,00
Vw =	Ww =	5,00	5,00
Vs =	Ws =	18,00	47,70
Vm =	Wm =	35,34	52,70
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (γm) (densidad húmeda)		1,491	gr/cm ³
Densidad seca (γd)		1,349	gr/cm ³
Contenido de humedad w%		10,54	%
Relación de vacíos e= Vv/Vs		0,96	natural
Porosidad n% = Vv/Vm*100		49,06	%
Grado de Saturación de agua Gw%= Vw/Vv*100		28,84	%
Grado de Saturación de aire Ga%		71,16	%



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

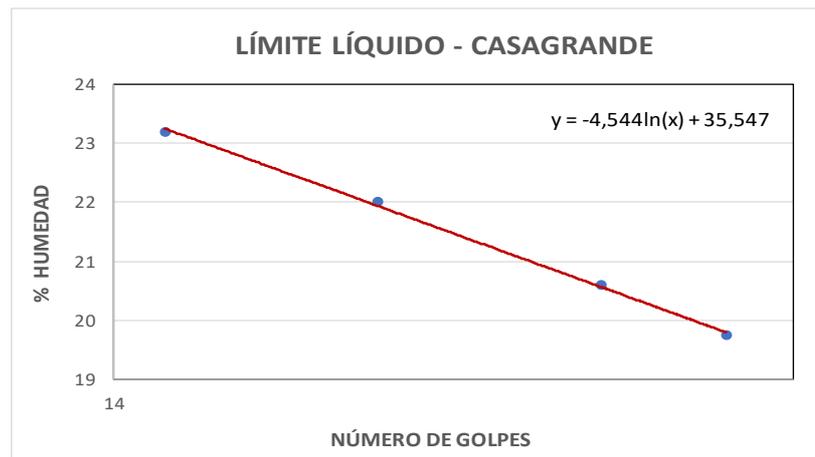


DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO
 CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS
 GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO,
 PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:

PARROQUIA: Izamba-Viña Loma **CAPA VEGETAL:** 30 cm
MUESTRA: 1 INICIO **PROFUNDIDAD:** 80 cm
FECHA: **COORDENADAS:** 17 S 769702 m 9864859 m

LÍMITE LÍQUIDO					
N° GOLPES	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	%W _{PROM}
15	10,80	25,60	22,90	22,31	23,19
	11,80	25,20	22,60	24,07	
20	11,20	25,80	23,10	22,69	22,00
	10,90	25,70	23,10	21,31	
27	11,00	25,70	23,20	20,49	20,61
	12,10	25,50	23,20	20,72	
32	11,30	25,60	23,20	20,17	19,75
	11,20	25,40	23,10	19,33	
LÍMITE LÍQUIDO:				20,92	



LÍMITE PLÁSTICO				
Identificación	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w
# 8	10,70	13,40	12,90	22,73
# 7	10,50	12,70	12,40	15,79
# 12	10,60	12,90	12,50	21,05
# 31	10,70	13,80	13,20	24,00
# 82	10,70	12,50	12,20	20,00
PROMEDIO W% (LP)				19,89
IP = LL - LP	1,03			



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



DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA

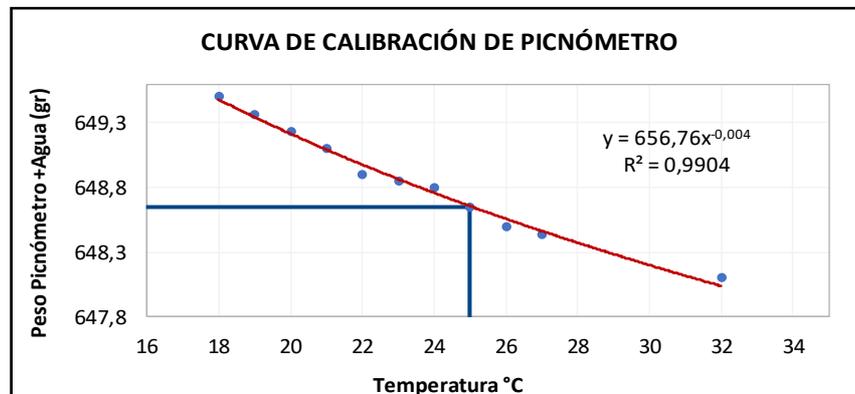
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:

PARROQUIA:	Izamba-Viña Loma	CAPA VEGETAL:	30 cm
MUESTRA:	1 INICIO	PROFUNDIDAD:	80 cm
		COORDENADAS:	17 S 769702 m 9864859 m

GRAVEDAD ESPECÍFICA	
Temperatura del agua + suelo	25
Peso del recipiente + suelo seco	118,3
Peso del recipiente (Wr)	69,8
Peso del suelo seco (Ws)	48,5
Peso picnómetro+agua (Wbw)	648,65
Ws+Wbw	697,15
Peso picnómetro+agua+suelo (Wbws)	676,9
Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)- Wbws	20,25
Factor de correlación por temperatura K	0,99884
Gravedad específica (Gs)	2,392

Calibración del Picnómetro	
Temperatura °C	Masa (gr)
18	649,50
19	649,37
20	649,23
21	649,10
22	648,90
23	648,85
24	648,80
25	648,65
26	648,50
27	648,43
32	648,10





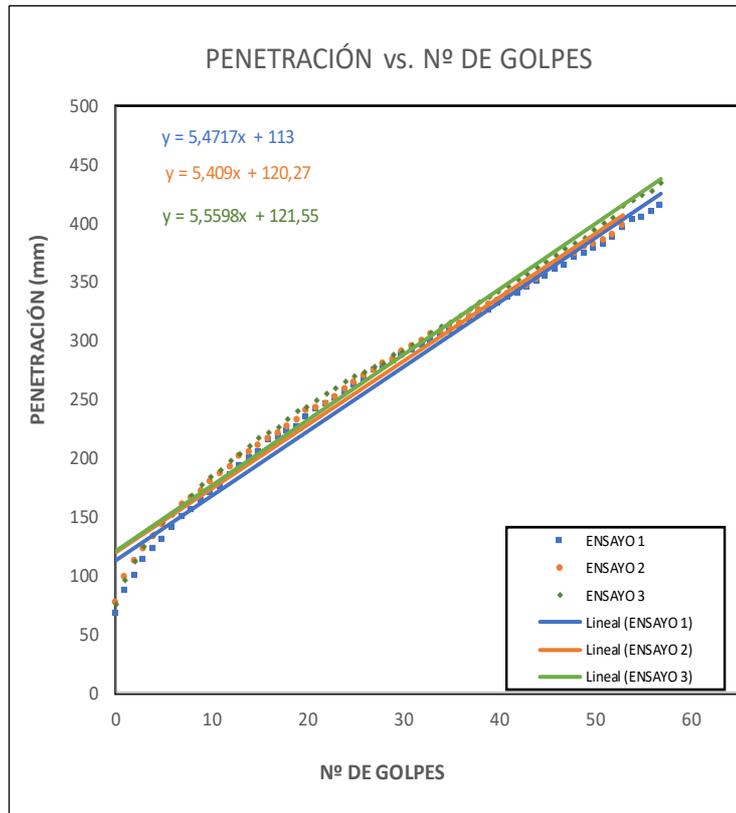
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO DE PENETRACIÓN (DCP)



CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Izamba-Viña Loma **CAPA VEGETAL:** 30 cm
MUESTRA: 1 INICIO **PROFUNDIDAD:** 80 cm
COORDENADAS: 17 S 769702 m 9864859 m

ENSAYO DCP			
Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	68	77	76
1	87	98	96
2	100	112	112
3	113	123	125
4	122	133	135
5	130	143	145
6	141	151	152
7	150	160	160
8	156	166	168
9	164	172	177
10	170	180	184
11	175	186	190
12	185	192	198
13	193	201	204
14	200	205	210
15	205	210	217
16	215	216	222
17	217	221	227
18	223	226	233
19	227	232	240
20	234	240	244
21	241	243	249
22	246	246	255
23	251	252	260
24	256	258	265
25	262	264	270
26	266	270	273
27	275	274	278
28	278	280	280
29	283	284	288
30	287	290	290
31	292	295	296
32	296	300	300
33	300	305	306
34	304	308	312
35	308	312	316
36	312	315	321
37	318	320	327



DN (mm/golpe)		DN (prom)
1	5,472	
2	5,409	
3	5,559	

38	322	326	333
39	326	330	337
40	332	334	342
41	336	340	347
42	340	343	352
43	345	347	357
44	350	352	362
45	354	359	367
46	360	365	373
47	364	370	378
48	370	374	383
49	374	380	388
50	379	382	394
51	382	385	400
52	388	390	405
53	396	398	415
54	402		420
55	405		424
56	409		428
57	415		434



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



ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO "B")

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Izamba-Viña Loma	CAPA VEGETAL:	20 cm
MUESTRA:	1 INICIO	PROFUNDIDAD:	70 cm
		COORDENADAS:	17 S 769702 m 9864859 m

ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15535	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2316,67	cm ³
Energía de Compactación (lb pie/pie ³)	55986	Normas	AASHTO	T-180	ϕ_{int} (cm):	15,24
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	h (cm): 12,7

PROCESO DE COMPACTACIÓN

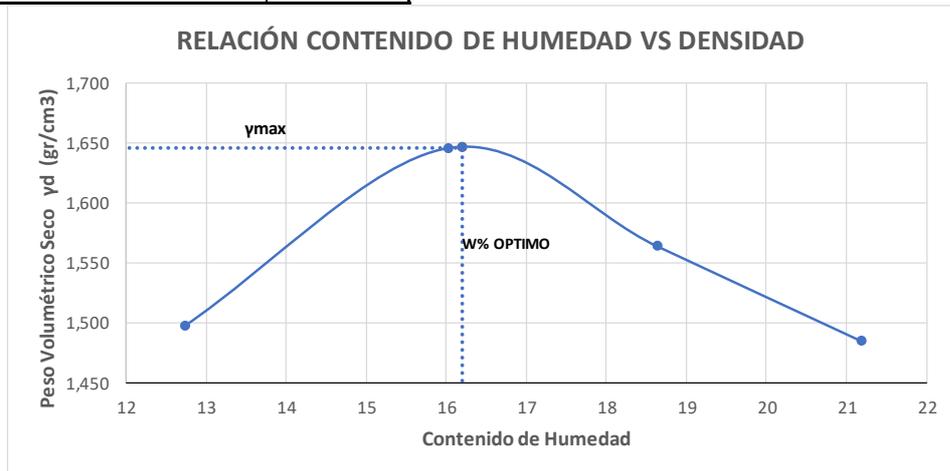
Ensayo Número	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	9%	12%	15%	18%
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19446	19958	19833	19704
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3911	4423	4298	4169
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,688	1,909	1,855	1,800

DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente número	#5	#7	#32	#76	#66	#96	#82	#97
Peso del recipiente W _r	32,5	32,8	26,4	30,7	30,9	31,4	30,6	33,2
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	87	88,1	78,8	87,7	86	88,4	87,6	89,5
Rec+suelo seco W _s + W _m	80,9	81,8	71,5	79,9	77,2	79,6	77,4	79,9
Peso sólidos W _s	48,4	49	45,1	49,2	46,3	48,2	46,8	46,7
Peso del agua W _w	6,1	6,3	7,3	7,8	8,8	8,8	10,2	9,6
Cont. Humedad ω %	12,60	12,86	16,19	15,85	19,01	18,26	21,79	20,56
Cont. Humedad promedio ω %	12,73		16,02		18,63		21,18	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,498		1,646		1,564		1,485	

DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA

Cont. Humedad promedio ω %	16,2
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,646





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR



CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:

PARROQUIA:	Izamba-Viña Loma	CAPA VEGETAL:	30 cm
MUESTRA:	1 INICIO	PROFUNDIDAD:	80 cm
		COORDENADAS:	17 S 769702 m 9864859 m

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAÍDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	DENSIDAD MÁX SECA (gr/cm³)	1,646
		W% ÓPTIMO	16,20 %

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

MOLDE	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo
P. Hum. + Molde (gr)	10784	11034	12441	12643	13338	13690
Peso Molde (gr)	6398	6398	8339	8339	9564	9564
P. Humedo (gr)	4386	4636	4102	4304	3774	4126
Volumen Muestra (cm ³)	2313,63	2313,63	2298,43	2298,43	2331,72	2331,72
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1,896	2,004	1,785	1,873	1,619	1,770
Densidad Seca (gr/cm ³)	1,641	1,628	1,544	1,517	1,398	1,385
Den. Seca Prom. (gr/cm ³)	1,635		1,531		1,392	

CONTENIDOS DE HUMEDAD

Cond. Muestra	Antes del Remojo		Después del Remojo		Antes del Remojo		Después del Remojo		Antes del Remojo		Después del Remojo	
Recipiente N°	# 96	# 66	# 96	# 66	# 29	# 30	# 29	# 30	# 31	# 32	# 31	# 32
P. Hum. + Recipiente (gr)	83,2	82,5	82,5	82,8	58,3	58,5	58,3	58,2	58,6	58,3	59,8	58,3
P. Seco + Recipiente (gr)	76,2	75,6	73,2	72,8	51,5	51,7	49	48,4	51,7	51,4	48,1	47,7
Peso Recipiente (gr)	31,4	30,9	31,4	30,9	8	7,8	8	7,8	7,8	7,7	7,8	7,7
Peso Agua (gr)	7	6,9	9,3	10	6,8	6,8	9,3	9,8	6,9	6,9	11,7	10,6
Peso de Sólidos (gr)	44,8	44,7	41,8	41,9	43,5	43,9	41	40,6	43,9	43,7	40,3	40
Contenido Humedad %	15,63	15,44	22,25	23,87	15,63	15,49	22,68	24,14	15,72	15,79	29,03	26,50
Con. Hum. Prom. %	15,53 %		23,06 %		15,56 %		23,41 %		15,75 %		27,77 %	

ESPONJAMIENTO

MOLDE	# 1				# 2				# 3			
LECTURA	DIAL	EXPANSIÓN										
		plg	mm									
21/10/2019	0	0,25	6,35	0	0,18	4,57	0	0	0,00	0	0	0,00
22/10/2019	0,25			0,18								

MOLDE	1	2	3
Altura (cm)	12,7	12,6	12,6
Diametro (cm)	15,23	15,24	15,35
(cm ³)	2313,63	2298,43	2331,72
Peso (gr)	6398	8339	9564



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

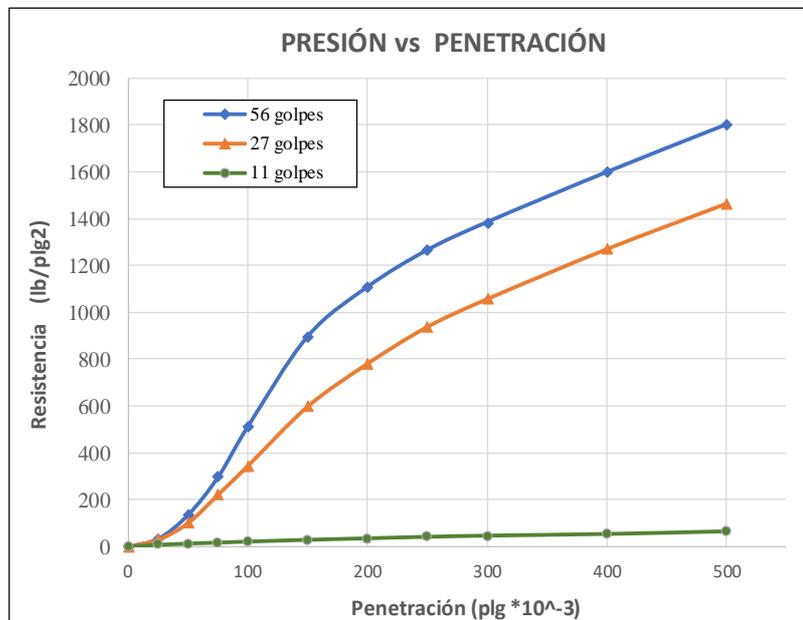


ENSAYO CBR

PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Izamba-Viña Loma **CAPA VEGETAL:** 30 cm
MUESTRA: 1 INICIO **PROFUNDIDAD:** 80 cm
COORDENADAS: 17 S 769702 m 9864859 m

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)														
ÁREA DE PISTÓN:		3 plg2		NORMA:	ASTM D-1883		VELOCIDAD DE CARGA			1,27 mm/min (0,05 pulg/min)				
PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/plg2)	MOLDE N° 1 (56 Golpes)				MOLDE N° 2 (27 Golpes)				MOLDE N° 3 (11 golpes)			
			Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
mm	plg *10 ⁻³	Leída		Corregida	Leída			Corregida	Leída			Corregida	Leída	
0	0		0	0		0	0			0	0			
0,64	25		100,8	33,6		88,3	29,43			21,9	7,3			
1,27	50		408,3	136,1		303,3	101,1			37,3	12,43			
1,91	75		890,3	296,8		666,3	222,1			49,3	16,43			
2,54	100	1000	1538,9	513	512,97	51,3	1036,8	345,6	345,6	34,56	61,6	20,53	20,5333	2,05
3,81	150		2690,8	896,9			1796,5	598,8			83,3	27,77		
5,08	200	1500	3323,2	1108	1107,73	73,85	2346,0	782	782,00	52,13	101,3	33,77	33,7667	2,25
6,35	250		3794,1	1265			2816,9	939			119,8	39,93		
7,62	300		4150,8	1384			3173,6	1058			134,0	44,67		
10,16	400		4790,5	1597			3813,3	1271			154,2	51,4		
12,70	500		5398,0	1799			4396,0	1465			186,2	62,07		





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

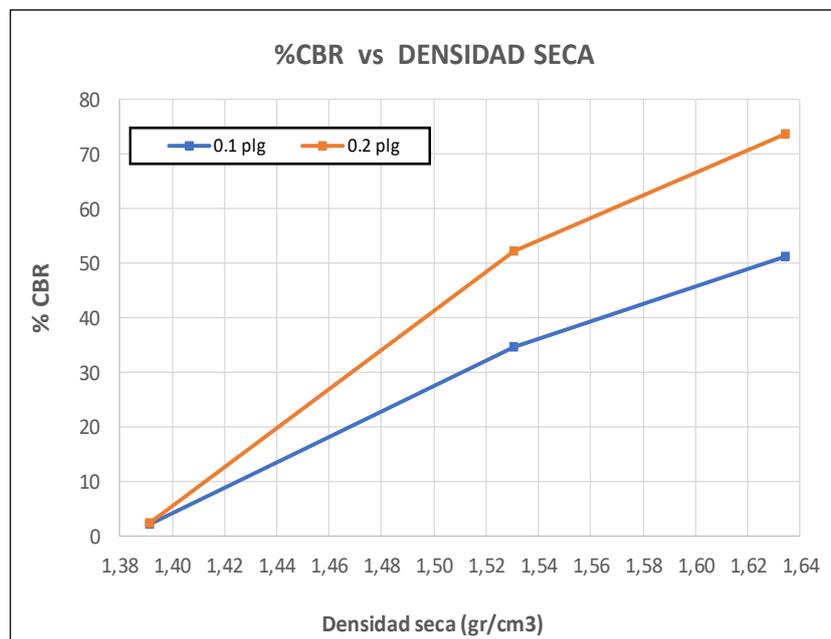


ENSAYO CBR

PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Izamba-Viña Loma	CAPA VEGETAL:	30 cm
MUESTRA:	1 INICIO	PROFUNDIDAD:	80 cm
		COORDENADAS:	17 S 769702 m 9864859 m

MOLDE		1	2	3
CBR %	0,1''	51,30	34,56	2,05
	0,2''	73,85	52,13	2,25
Densidad Seca	gr/cm ³	1,635	1,531	1,392



Densidad seca máx :	1,646
---------------------	-------

Densidad seca máx	%CBR-0,1 plg	%CBR - 0,2 plg	MAYOR % CBR
90% DSM = 1,481	23	34,8	34,8
95% DSM= 1,564	39,8	58,8	58,8



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



ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

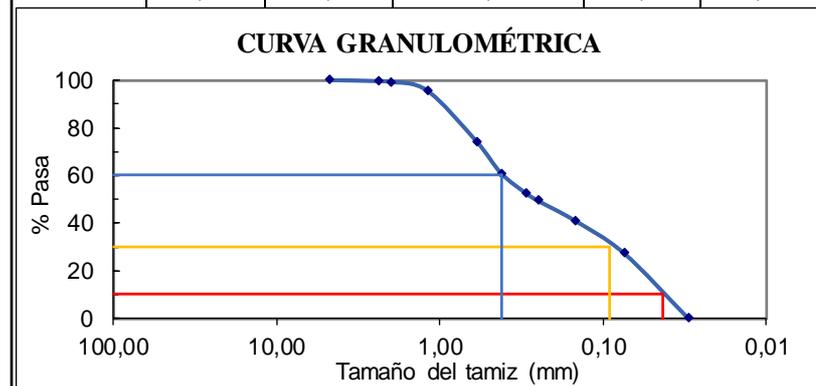
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Izamba-Viña Loma	CAPA VEGETAL:	10 cm
MUESTRA:	2 FIN	PROFUNDIDAD:	85 cm
		COORDENADAS:	17 S 769714 m 9864861 m

HUMEDAD IN SITU					
Identificación	W _{CAPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% W _{nat.}	% W _{PROM.}
#54	30,50	82,50	73,70	20,37	20,53
#1	23,70	74,60	65,90	20,62	
#41	31,00	83,70	74,70	20,59	

GRANULOMETRÍA					
NORMA:	AASHTO T-87-70 y T-88-70		W _{SECO} (gr) =		250,3
TAMIZ	mm	W _{Retenido}	W _{RET. ACUM.}	% RET. ACUM.	% PASA
# 4	4,76	0,30	0,30	0,12	99,88
# 8	2,38	1,20	1,50	0,60	99,40
# 10	2,00	0,80	2,30	0,92	99,08
# 16	1,19	9,10	11,40	4,55	95,45
# 30	0,595	53,20	64,60	25,81	74,19
# 40	0,420	33,50	98,10	39,19	60,81
# 50	0,297	20,80	118,90	47,50	52,50
# 60	0,250	8,10	127,00	50,74	49,26
# 100	0,149	20,70	147,70	59,01	40,99
# 200	0,074	34,50	182,20	72,79	27,21
# fuente	0,03	66,70	68,10	27,21	0,00



COEFICIENTES DEL SUELO			
D10 en mm	0,043	Cu = D60 / D10	9,77
D30 en mm	0,091	Cc = D30 ² / (D60 * D10)	0,46
D60 en mm	0,420	Tamaño Nominal Máximo (TNM)	0,595 mm



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



DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE CAMPO

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN
 SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN
 AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:

PARROQUIA:	Izamba-Viña Loma	CAPA VEGETAL:	10 m
MUESTRA:	2 FIN	PROFUNDIDAD:	85 m
		COORDENADAS:	17 S 769714 m 9864861 m

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda gr. Wm+Rec			500,00
Peso de la funda gr. Rec			4,80
Peso de la masa del suelo gr. Wm = Wm+Rec-Rec			495,20
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena			6300,00
Peso final frasco + cono + arena			5490,00
Peso arena en el cono (Calibración del cono)			343,00
Peso arena en la perforación			467,00
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración arena)			1,588
Volumen de la perforación Vm			294,08
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente número #		#54	#41
Peso húmedo + recipiente Wm+rec		82,50	83,70
Peso seco + recipiente Ws+rec		73,70	74,70
Peso recipiente rec		30,50	31,00
Peso del agua Ww		8,80	9,00
Peso de los sólidos Ws		43,20	43,70
Contenido de humedad w%		20,37	20,59
Contenido de humedad promedio w%		20,48	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos Vv =		14,81	-
Va =	Wa =	5,81	0,00
Vw =	Ww =	9,00	9,00
Vs =	Ws =	16,49	43,70
Vm =	Wm =	31,30	52,70
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (γm) (densidad húmeda)		1,684	gr/cm ³
Densidad seca (γd)		1,398	gr/cm ³
Contenido de humedad w%		20,48	%
Relación de vacíos e= Vv/Vs		0,90	natural
Porosidad n% = Vv/Vm*100		47,31	%
Grado de Saturación de agua Gw%= Ww/Vv*100		60,79	%
Grado de Saturación de aire Ga%		39,21	%



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



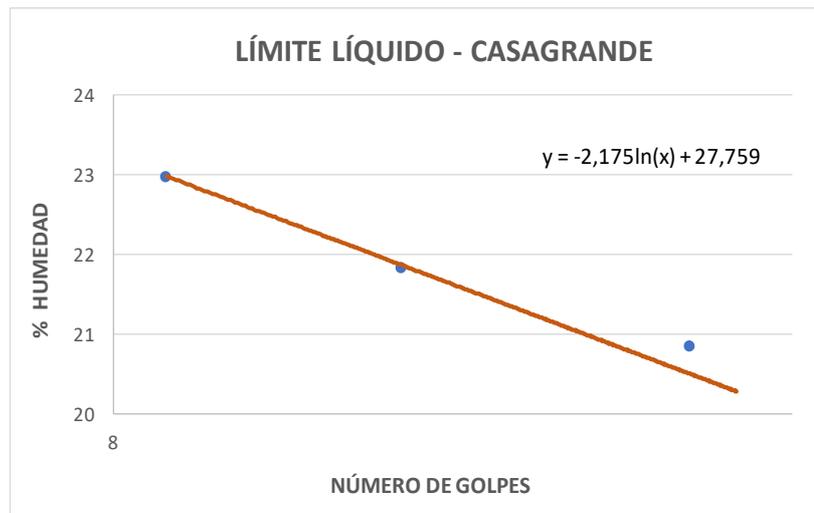
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Izamba-Viña Loma **CAPA VEGETAL:** 10 m
MUESTRA: 2 FIN **PROFUNDIDAD:** 85 m
FECHA: **COORDENADAS:** 17 S 769714 m 9864861 m

LÍMITE LÍQUIDO					
Nº GOLPES	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	%W _{PROM}
9	11,40	21,50	19,60	23,17	22,98
	11,50	21,20	19,40	22,78	
15	11,00	21,20	19,40	21,43	21,83
	11,50	21,40	19,60	22,22	
28	10,90	21,50	19,70	20,45	20,85
	12,10	21,80	20,10	21,25	
31	11,10	20,80	19,20	19,75	20,00
	11,30	21,40	19,70	20,24	
LÍMITE LÍQUIDO:				20,76	



LÍMITE PLÁSTICO				
Identificación	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w
# 13	10,50	13,00	12,60	19,05
# 73	10,50	12,30	12,00	20,00
# 17	10,80	12,70	12,40	18,75
# 3	10,60	12,70	12,30	23,53
# 4	10,40	13,30	12,80	20,83
PROMEDIO W% (LP)				19,66
IP = LL - LP	1,10			



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



DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA

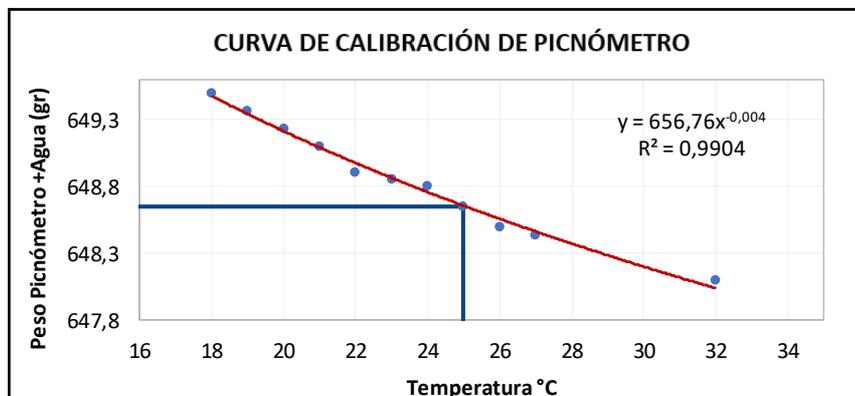
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Izamba-Viña Loma	CAPA VEGETAL:	10 m
MUESTRA:	2 FIN	PROFUNDIDAD:	85 m
		COORDENADAS:	17 S 769714 m 9864861 m

GRAVEDAD ESPECÍFICA	
Temperatura del agua + suelo	23
Peso del recipiente + suelo seco	103,4
Peso del recipiente (Wr)	54,5
Peso del suelo seco (Ws)	48,9
Peso picnómetro+agua (Wbw)	648,85
Ws+Wbw	697,75
Peso picnómetro+agua+suelo (Wbws)	679,9
Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)- Wbws	17,85
Factor de correlación por temperatura K	0,99933
Gravedad específica (Gs)	2,738

Calibración del Picnómetro	
Temperatura °C	Masa (gr)
18	649,50
19	649,37
20	649,23
21	649,10
22	648,90
23	648,85
24	648,80
25	648,65
26	648,50
27	648,43
32	648,10





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO DE PENETRACIÓN (DCP)

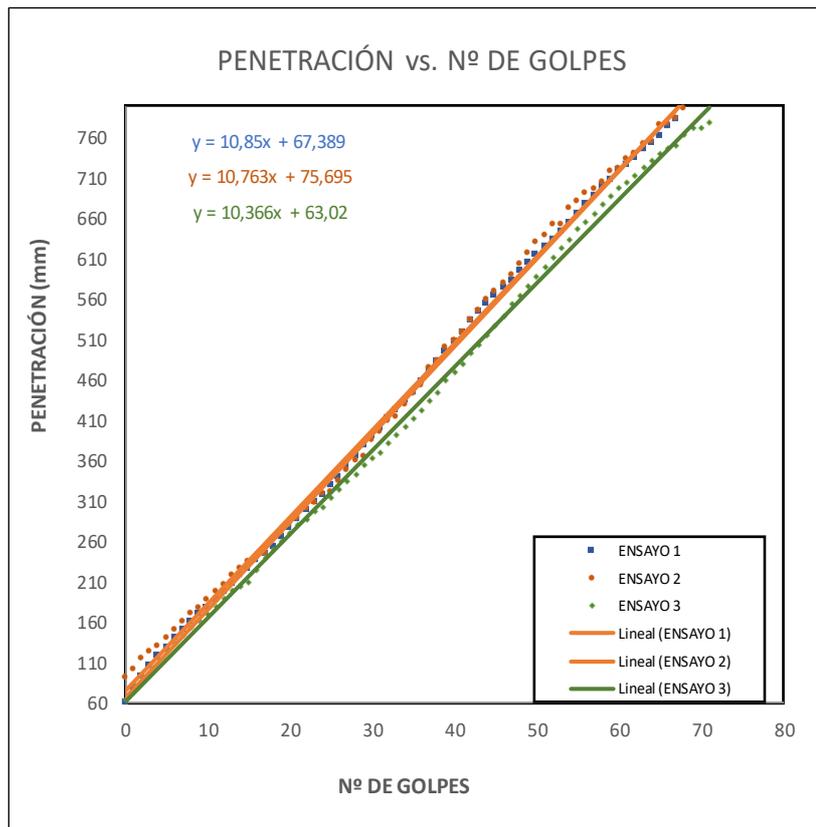


CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Izamba-Viña Loma **CAPA VEGETAL:** 10
MUESTRA: 2 FIN **PROFUNDIDAD:** 85
COORDENADAS: 17 S 769714 m 9864861 m

ENSAYO DCP			
Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	60	92	65
1	80	102	82
2	93	115	95
3	106	123	106
4	118	130	116
5	129	140	125
6	140	150	133
7	150	160	143
8	160	170	154
9	170	177	162
10	178	188	170
11	188	198	180
12	197	206	190
13	208	218	200
14	218	226	205
15	226	235	210
16	236	240	225
17	246	245	240
18	254	264	250
19	266	270	260
20	278	280	270
21	288	290	280
22	299	301	288
23	310	308	298
24	318	320	302
25	329	322	314
26	340	335	324
27	354	348	334
28	365	360	344
29	378	366	355
30	390	385	364
31	400	395	371
32	412	410	383
33	423	415	393
34	434	430	402
35	444	443	412
36	458	454	423
37	472	475	435



DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	10,66
2	
3	

38	483	484	445
39	496	500	460
40	508	509	470
41	520	520	480
42	534	535	493
43	544	546	504
44	555	560	515
45	565	570	528
46	575	580	539
47	584	590	554
48	595	604	565
49	605	618	576
50	615	630	588
51	625	640	601
52	635	653	612
53	645	652	624
54	655	673	635
55	666	682	647
56	678	692	657
57	688	697	667
58	700	705	678
59	708	718	688
60	720	723	698
61	728	734	706
62	736	740	714
63	746	753	724
64	755	756	733
65	762	776	741
66	774	778	748
67	783	785	751
68		796	764
69		815	773
70		820	773
71			780



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



ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO "B")

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Izamba-Viña Loma	CAPA VEGETAL:	20 cm
MUESTRA:	2 FIN	PROFUNDIDAD:	70 cm
		COORDENADAS:	17 S 769714 m 9864861 m

ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15535	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2316,67	cm ³
Energía de Compactación (lb pie/pi)	55986	Normas	AASHTO	T-180	ϕ_{int} (cm):	15,24
Peso Inicial Deseado	6000		6000		h (cm):	12,7

PROCESO DE COMPACTACIÓN

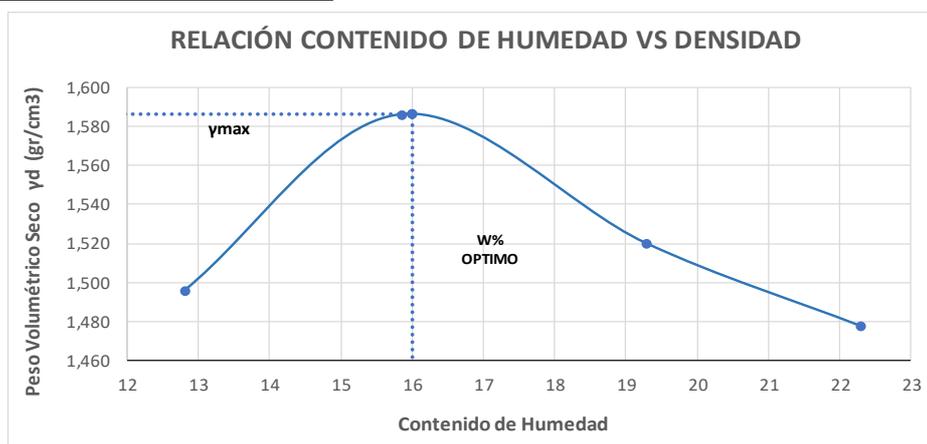
Ensayo Número	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	9%	12%	15%	18%
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19445	19792	19736	19722
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3910	4257	4201	4187
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,688	1,838	1,813	1,807

DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente número	#101	#103	#77	#64	#102	#106	#28	#45
Peso del recipiente W_r	31,3	30,8	30,9	30,7	31,1	30,9	23,1	23,5
Rec+suelo húmedo W_r+W_m	84,6	87,6	85	83,3	83,4	86,3	76,3	77,8
Rec+suelo seco $W_s + W_m$	78,5	81,2	77,6	76,1	74,8	77,5	66,5	68
Peso sólidos W_s	47,2	50,4	46,7	45,4	43,7	46,6	43,4	44,5
Peso del agua W_w	6,1	6,4	7,4	7,2	8,6	8,8	9,8	9,8
Cont. Humedad $\omega\%$	12,92	12,70	15,85	15,86	19,68	18,88	22,58	22,02
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	12,81		15,85		19,28		22,30	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,496		1,586		1,520		1,478	

DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA

Cont. Humedad promedio $\omega\%$	16
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,586





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR



CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:

PARROQUIA:	Izamba-Viña Loma	CAPA VEGETAL:	10 m
MUESTRA:	2 FIN	PROFUNDIDAD:	85 m
		COORDENADAS:	17 S 769714 m 9864861 m

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAÍDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	DENSIDAD MÁX SECA (gr/cm³)	1,586
		W% ÓPTIMO	16,00 %

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

MOLDE	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo
P. Hum. + Molde (gr)	13739	13960	12288	12577	10968	11361
Peso Molde (gr)	9564	9564	8339	8339	7276	7276
P. Humedo (gr)	4175	4396	3949	4238	3692	4085
Volumen Muestra (cm ³)	2331,72	2331,72	2283,34	2283,34	2298,43	2298,43
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1,791	1,885	1,729	1,856	1,606	1,777
Densidad Seca (gr/cm ³)	1,548	1,520	1,502	1,489	1,388	1,408
Den. Seca Prom. (gr/cm ³)	1,534		1,495		1,398	

CONTENIDOS DE HUMEDAD

Cond. Muestra	Antes del Remojo		Después del Remojo		Antes del Remojo		Después del Remojo		Antes del Remojo		Después del Remojo	
Recipiente N°	# 70	# 32	# 70	# 32	# 21	# 22	# 21	# 22	# 23	# 24	# 23	# 24
P. Hum. + Recipiente (gr)	110,7	79,2	108,1	76,8	114,4	111,2	116,6	111,6	114,8	113,2	113,5	112,1
P. Seco + Recipiente (gr)	103,3	72,3	98,8	66,6	107,7	104,6	105,8	101,9	107,8	106,1	102,5	102
Peso Recipiente (gr)	57,8	26,4	57,8	26,4	63,8	60,8	63,8	60,8	62,5	61,6	62,5	61,6
Peso Agua (gr)	7,4	6,9	9,3	10,2	6,7	6,6	10,8	9,7	7	7,1	11	10,1
Peso de Sólidos (gr)	45,5	45,9	41	40,2	43,9	43,8	42	41,1	45,3	44,5	40	40,4
Contenido Humedad %	16,26	15,03	22,68	25,37	15,26	15,07	25,71	23,60	15,45	15,96	27,50	25,00
Con. Hum. Prom. %	15,65 %		24,03 %		15,17 %		24,66 %		15,70 %		26,25 %	

ESPONJAMIENTO

MOLDE	# 1				# 2			# 3		
LECTURA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		
		plg	mm		plg	mm		plg	mm	
22/10/2019	0	0,1	2,54	0,09	0,23	5,84	0	0,03	0,76	
23/10/2019	0,1			0,32			0,03			

MOLDE	1	2	3
Altura (cm)	12,6	12,7	12,6
Diametro (cm)	15,35	15,13	15,24
(cm ³)	2331,72	2283,34	2298,43
Peso (gr)	9564	8339	7276



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

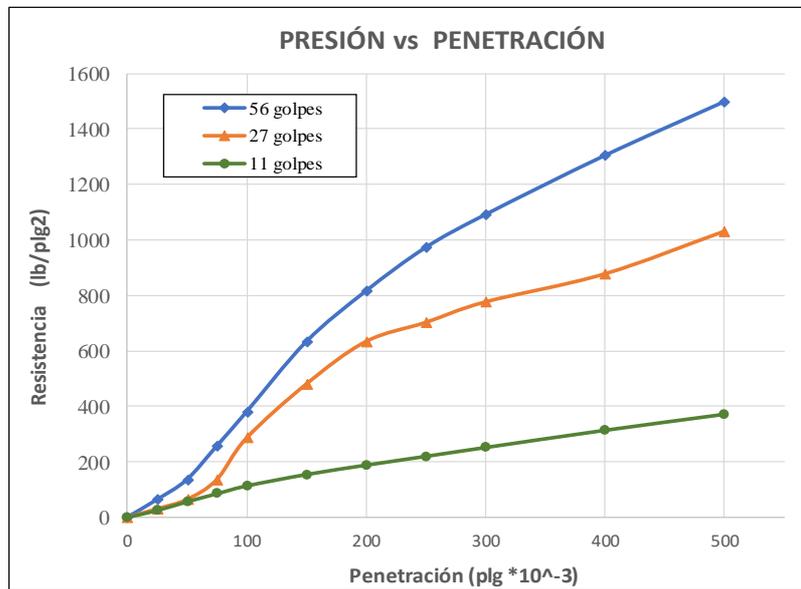


ENSAYO CBR

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Izamba-Viña Loma	CAPA VEGETAL:	10 m
MUESTRA:	2 FIN	PROFUNDIDAD:	85 m
		COORDENADAS:	17 S 769714 m 9864861 m

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)														
ÁREA DE PISTÓN:		3 plg ²	NORMA:	ASTM D-1883	VELOCIDAD DE CARGA	1,27 mm/min (0,05 pulg/min)								
PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/plg ²)	MOLDE N° 1 (56 Golpes)				MOLDE N° 2 (27 Golpes)				MOLDE N° 3 (11 golpes)			
mm	plg *10 ⁻³		Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
		Leída		Corregida	Leída			Corregida	Leída			Corregida	Leída	
0	0		0	0		0	0			0	0			
0,64	25		192,2	64,07		92,2	30,73			73,0	24,33			
1,27	50		407,2	135,7		192,6	64,2			167,2	55,73			
1,91	75		770,2	256,7		405,9	135,3			253,9	84,63			
2,54	100	1000	1140,7	380,2	380,23	38,02	856,3	285,4	285,43	28,54	339,3	113,1	113,1	
3,81	150		1900,4	633,5			1440,4	480,1			462,7	154,2		
5,08	200	1500	2449,9	816,6	816,63	54,44	1901,8	633,9	633,93	42,26	564,0	188	188	
6,35	250		2920,8	973,6			2108,8	702,9			659,3	219,8		
7,62	300		3277,5	1093			2331,0	777			755,0	251,7		
10,16	400		3917,2	1306			2634,3	878,1			941,3	313,8		
12,70	500		4499,9	1500			3094,2	1031			1114,3	371,4		





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

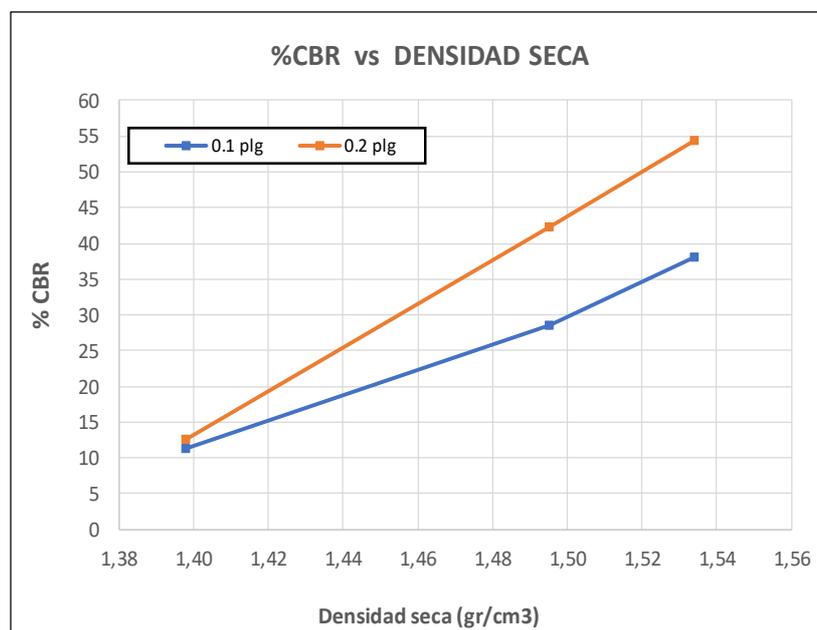


ENSAYO CBR

PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Izamba-Viña Loma	CAPA VEGETAL:	10 m
MUESTRA:	2 FIN	PROFUNDIDAD:	85 m
		COORDENADAS:	17 S 769714 m 9864861 m

MOLDE		1	2	3
CBR %	0,1 "	38,02	28,54	11,31
	0,2 "	54,44	42,26	12,53
Densidad Seca	gr/cm3	1,534	1,495	1,398



Densidad seca máx :	1,586
---------------------	-------

Densidad seca máx	%CBR-0,1 plg	%CBR - 0,2 plg	MAYOR % CBR
90% DSM = 1,427	16,5	21,8	21,8
95% DSM= 1,507	31,2	45,8	45,8



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



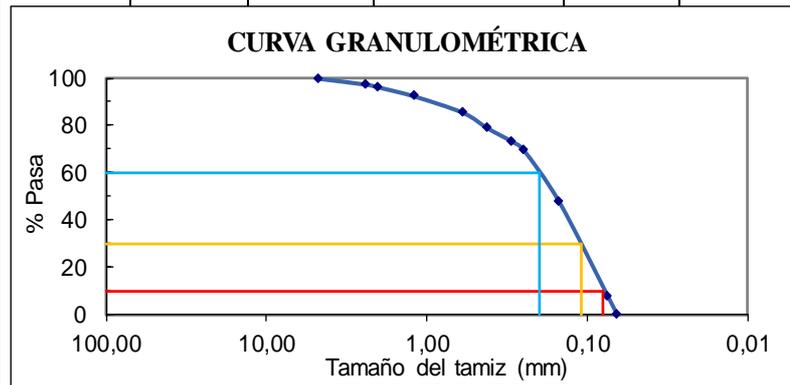
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO,
 PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Picaihua - 3 Juanes **CAPA VEGETAL:** 15 cm
MUESTRA: 1 INICIO **PROFUNDIDAD:** 90 cm
COORDENADAS: 17 S 767319 m 9857141 m

HUMEDAD IN SITU					
Identificación	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% W _{nat.}	% W _{PROM.}
#27	25,20	107,80	98,80	12,23	12,24
#29	26,60	110,00	100,90	12,25	
#40	24,10	107,50	98,40	12,25	

GRANULOMETRÍA					
NORMA:	AASHTO T-87-70 y T-88-70		W _{SECO} (gr) =		250,2
TAMIZ	mm	W _{Retenido}	W _{RET. ACUM.}	% RET. ACUM.	% PASA
# 4	4,76	0,00	0,00	0,00	100,00
# 8	2,38	6,40	6,40	2,56	97,44
# 10	2,00	2,90	9,30	3,72	96,28
# 16	1,19	9,70	19,00	7,59	92,41
# 30	0,595	17,30	36,30	14,51	85,49
# 40	0,420	16,20	52,50	20,98	79,02
# 50	0,297	14,00	66,50	26,58	73,42
# 60	0,250	9,00	75,50	30,18	69,82
# 100	0,149	55,60	131,10	52,40	47,60
# 200	0,074	100,20	231,30	92,45	7,55
# fuente	0,07	17,40	18,90	7,55	0,00



COEFICIENTES DEL SUELO			
D10 en mm	0,080	Cu= D60 / D10	2,50
D30 en mm	0,110	Cc = D30 ² /(D60*D10)	0,76
D60 en mm	0,200	Tamaño Nominal Máximo (TNM)	0,595 mm



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



DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE CAMPO
 CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS
PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA
 DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Picaihua - 3 Juanes **CAPA VEGETAL:** 15 cm
MUESTRA: 1 **INICIO** **PROFUNDIDAD:** 90 cm
COORDENADAS: 17 S 767319 m 9857141 m

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda gr. Wm+Rec		1610,00	
Peso de la funda gr. Rec		3,40	
Peso de la masa del suelo gr. Wm = Wm+Rec-Rec		1606,60	
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena		6370,00	
Peso final frasco + cono + arena		3330,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		1619,00	
Peso arena en la perforación		1421,00	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración arena)		1,588	
Volumen de la perforación Vm		894,84	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente número #		#29	#40
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	110,00	107,50
Peso seco + recipiente	Ws+rec	100,90	98,40
Peso recipiente	rec	26,60	24,10
Peso del agua	Ww	9,10	9,10
Peso de los sólidos	Ws	74,30	74,30
Contenido de humedad	w%	12,25	12,25
Contenido de humedad promedio w%		12,25	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos	Vv =	18,41	-
Va = 	Va =	9,31	0,00
Vw = 	Vw =	9,10	9,10
Vs = 	Vs =	28,04	74,30
Vm =	Vm =	46,45	83,40
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (γm) (densidad húmeda)		1,795	gr/cm ³
Densidad seca (γd)		1,600	gr/cm ³
Contenido de humedad w%		12,25	%
Relación de vacíos e= Vv/Vs		0,66	natural
Porosidad n% = Vv/Vm*100		39,64	%
Grado de Saturación de agua Gw%= Vw/Vv*100		49,42	%
Grado de Saturación de aire Ga%		50,58	%



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



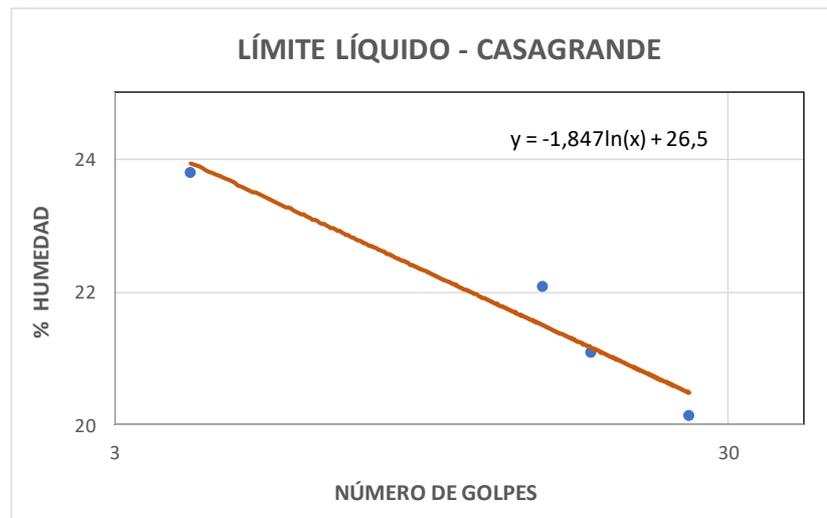
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:

PARROQUIA:	Picaihua - 3 Juanes	CAPA VEGETAL:	15 cm
MUESTRA:	1 INICIO	PROFUNDIDAD:	90 cm
		COORDENADAS:	17 S 767319 m 9857141 m

LÍMITE LÍQUIDO					
Nº GOLPES	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	%W _{PROM}
4	10,90	42,50	36,40	23,92	23,79
	11,00	47,60	40,60	23,65	
15	11,40	44,60	38,60	22,06	22,07
	11,60	48,10	41,50	22,07	
18	10,80	28,00	25,00	21,13	21,09
	10,90	31,60	28,00	21,05	
26	11,60	38,30	33,80	20,27	20,14
	11,10	33,90	30,10	20,00	
LÍMITE LÍQUIDO:				20,55	



LÍMITE PLÁSTICO				
Identificación	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w
# 1	10,70	11,90	11,70	20,00
# 90	10,70	11,80	11,60	22,22
# 3	10,60	11,50	11,30	28,57
# 4	10,80	11,80	11,60	25,00
# 5	10,60	11,90	11,70	18,18
PROMEDIO W% (LP)				20,13
IP = LL - LP	0,42			



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



DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA

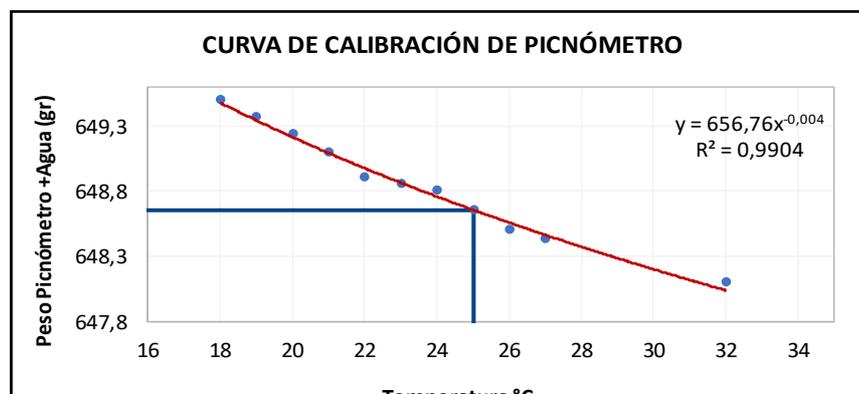
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Picaihua - 3 Juanes	CAPA VEGETAL:	15 cm
MUESTRA:	1 INICIO	PROFUNDIDAD:	90 cm
		COORDENADAS:	17 S 767319 m 9857141 m

GRAVEDAD ESPECÍFICA	
Temperatura del agua + suelo	25
Peso del recipiente + suelo seco	116,2
Peso del recipiente (Wr)	68,3
Peso del suelo seco (Ws)	47,9
Peso picnómetro+agua (Wbw)	648,65
Ws+Wbw	696,55
Peso picnómetro+agua+suelo (Wbws)	676,2
Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)- Wbws	20,35
Factor de correlación por temperatura K	0,99884
Gravedad específica (Gs)	2,351

Calibración del Picnómetro	
Temperatura °C	Masa (gr)
18	649,50
19	649,37
20	649,23
21	649,10
22	648,90
23	648,85
24	648,80
25	648,65
26	648,50
27	648,43
32	648,10





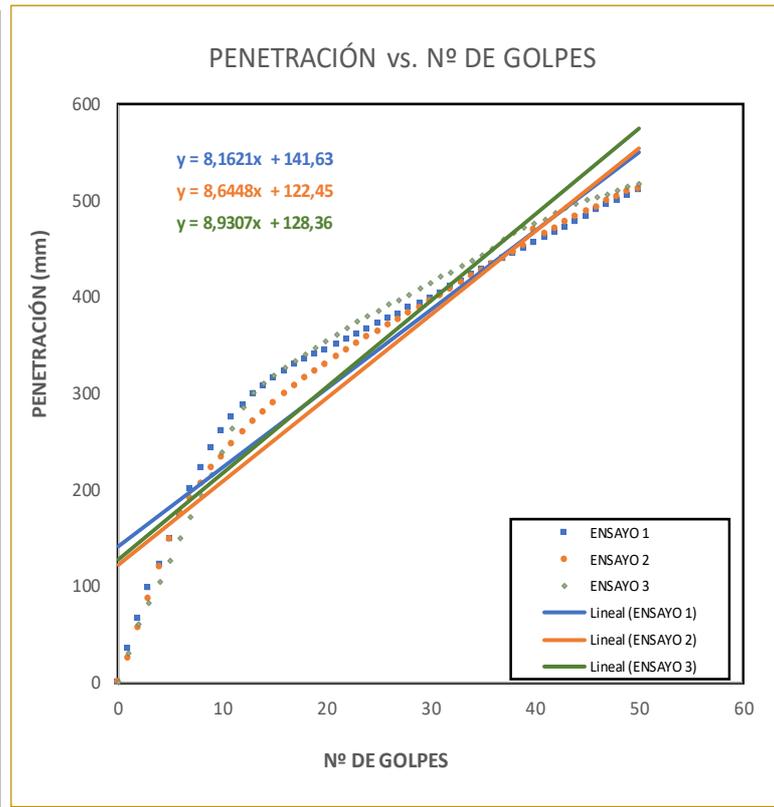
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO DE PENETRACIÓN (DCP)



CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Picaihua - 3 Juanes **CAPA VEGETAL:** 15 cm
MUESTRA: 1 **INICIO:** **PROFUNDIDAD:** 90 cm
COORDENADAS: 17 S 767319 m 9857141 m

ENSAYO DCP			
Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	34	25	31
2	66	56	60
3	97	87	82
4	122	120	105
5	149	148	127
6	174	176	150
7	200	191	172
8	222	206	193
9	243	222	215
10	261	234	239
11	275	247	264
12	287	259	285
13	299	270	300
14	308	280	310
15	316	290	319
16	323	299	327
17	330	307	334
18	335	315	341
19	340	323	347
20	345	330	354
21	350	337	361
22	355	344	368
23	361	351	375
24	366	358	380
25	372	364	386
26	377	370	392
27	382	376	397
28	388	383	402
29	392	389	409
30	398	395	414
31	404	401	421
32	410	408	426
33	416	415	432
34	422	421	438
35	428	427	443
36	433	434	450
37	439	440	460



38	445	446	466
39	450	453	472
40	456	469	476
41	461	465	480
42	466	471	487
43	472	477	492
44	477	483	497
45	483	489	501
46	490	493	504
47	495	499	506
48	500	503	511
49	505	509	515
50	511	512	517

DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	8,71
2	
3	



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



ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO "B")

PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS HUACHI GRANDE Y SANTA ROSA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Picaihua - 3 Juanes	CAPA VEGETAL:	15 cm
MUESTRA:	1 INICIO	PROFUNDIDAD:	90 cm
		COORDENADAS:	17 S 767319 m 9857141 m

ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	14033	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2328,784	cm ³
Energía de Compactación (lb pie/pie)	55986	Normas:	AASHTO	T-180	ϕ_{int} (cm):	15,22
Peso Inicial Deseado	6000		6000		h (cm):	12,8

PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Número	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	6%	9%	12%	15%
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18090	18302	18492	18477
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4057	4269	4459	4444
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,742	1,833	1,915	1,908

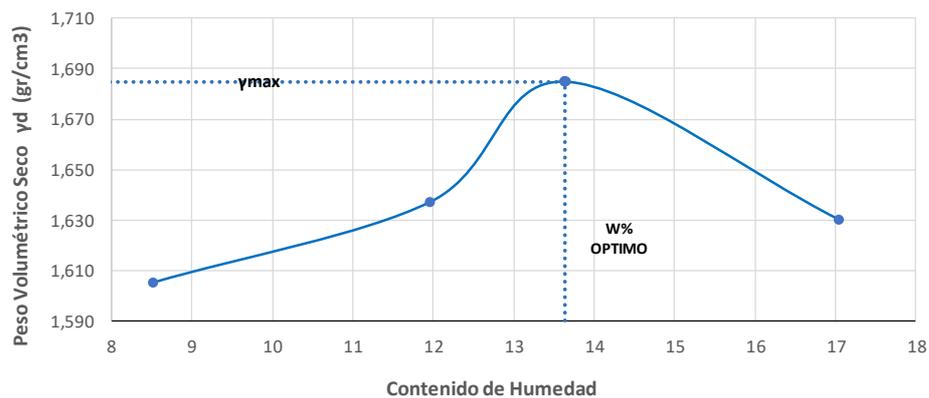
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente número	#102	#106	#32	#76	#103	#66	#45	#101
Peso del recipiente W _r	31	30,8	26,3	30,6	30,7	30,8	23,3	31,2
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	93,9	95,4	98,1	94,5	96,7	96,4	97,1	98,1
Rec+suelo seco W _s + W _m	88,9	90,4	90,4	87,7	88,7	88,6	86,2	88,5
Peso sólidos W _s	57,9	59,6	64,1	57,1	58	57,8	62,9	57,3
Peso del agua W _w	5	5	7,7	6,8	8	7,8	10,9	9,6
Cont. Humedad $\omega\%$	8,64	8,39	12,01	11,91	13,79	13,49	17,33	16,75
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	8,51		11,96		13,64		17,04	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,605		1,637		1,685		1,630	

DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA

Cont. Humedad promedio $\omega\%$	13,64
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,685

RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR



CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:

PARROQUIA:	Picaihua - 3 Juanes	CAPA VEGETAL:	15 cm
MUESTRA:	1 INICIO	PROFUNDIDAD:	90 cm
		COORDENADAS:	17 S 767319 m 9857141 m

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAÍDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	DENSIDAD MÁX SECA (gr/cm³)	1,685
		W% ÓPTIMO	13,64 %

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

MOLDE	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo
P. Hum. + Molde (gr)	12685	12841	12607	12821	13532	13835
Peso Molde (gr)	8339	8339	8339	8339	9564	9564
P. Humedo (gr)	4346	4502	4268	4482	3968	4271
Volumen Muestra (cm ³)	2298,43	2298,43	2298,43	2298,43	2331,72	2331,72
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1,891	1,959	1,857	1,950	1,702	1,832
Densidad Seca (gr/cm ³)	1,672	1,632	1,639	1,631	1,504	1,512
Den. Seca Prom. (gr/cm ³)	1,652		1,635		1,508	

CONTENIDOS DE HUMEDAD

Cond. Muestra	Antes del Remojo		Después del Remojo		Antes del Remojo		Después del Remojo		Antes del Remojo		Después del Remojo	
Recipiente N°	# 32	# 66	# 76	# 70	# 33	# 34	# 35	# 36	# 29	# 30	# 31	# 32
P. Hum. + Recipiente (gr)	78	83	82,8	109,3	59	59,7	60,8	60	60,3	59,1	60,3	61,2
P. Seco + Recipiente (gr)	72,1	76,9	74,3	100,5	53	53,6	52,5	51,1	54,2	53,1	51,1	51,9
Peso Recipiente (gr)	26,4	30,9	30,7	57,6	7,9	7,8	7,9	7,8	7,8	7,7	7,8	7,6
Peso Agua (gr)	5,9	6,1	8,5	8,8	6	6,1	8,3	8,9	6,1	6	9,2	9,3
Peso de Sólidos (gr)	45,7	46	43,6	42,9	45,1	45,8	44,6	43,3	46,4	45,4	43,3	44,3
Contenido Humedad %	12,91	13,26	19,50	20,51	13,30	13,32	18,61	20,55	13,15	13,22	21,25	20,99
Con. Hum. Prom. %	13,09 %		20,00 %		13,31 %		19,58 %		13,18 %		21,12 %	

ESPONJAMIENTO

MOLDE	# 1				# 2				# 3			
LECTURA	DIAL	EXPANSIÓN										
		plg	mm									
24/09/2019	0	0,01	0,25	0	0,04	1,02	0	0	0,00	0	0	0,00
25/09/2019	0,01			0,04								

MOLDE	1	2	3
Altura (cm)	12,6	12,6	12,6
Diametro (cm)	15,24	15,24	15,35
(cm ³)	2298,43	2298,43	2331,72
Peso (gr)	8339	8339	9564



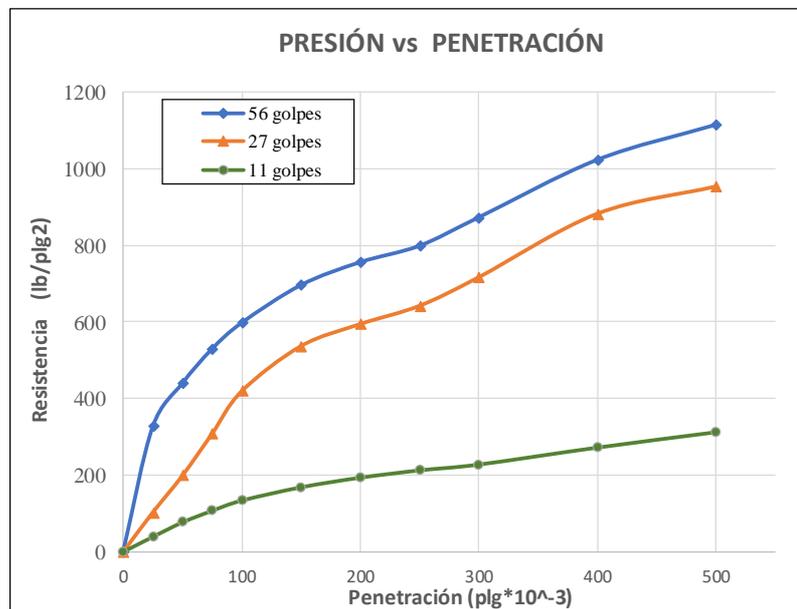
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO CBR



CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Picaihua - 3 Juanes **CAPA VEGETAL:** 15 cm
MUESTRA: 1 INICIO **PROFUNDIDAD:** 90 cm
COORDENADAS: 17 S 767319 m 9857141 m

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)														
ÁREA DE PISTÓN:		3 plg2		NORMA:		ASTM D-1883		VELOCIDAD DE CARGA		1,27 mm/min (0,05 pulg/min)				
PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/plg2)	MOLDE N° 1 (56 Golpes)				MOLDE N° 2 (27 Golpes)				MOLDE N° 3 (11 golpes)			
			Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
mm	plg *10-3	Leída		Corregida	Leída			Corregida	Leída			Corregida	Leída	
0	0		0	0			0	0			0	0		
0,64	25		980,0	326,7			308,2	102,7			116,8	38,93		
1,27	50		1319,8	439,9			596,3	198,8			230,0	76,67		
1,91	75		1588,3	529,4			923,3	307,8			320,0	106,7		
2,54	100	1000	1792,6	597,5	597,53	59,8	1256,8	418,9	418,93	41,89	399,7	133,2	133,233	13,3
3,81	150		2088,0	696			1609,8	536,6			503,2	167,7		
5,08	200	1500	2267,6	755,9	755,87	50,39	1782,3	594,1	594,10	39,61	578,2	192,7	192,733	12,85
6,35	250		2396,0	798,7			1925,2	641,7			635,3	211,8		
7,62	300		2618,0	872,7			2148,6	716,2			680,6	226,9		
10,16	400		3068,6	1023			2645,6	881,9			812,6	270,9		
12,70	500		3343,0	1114			2858,6	952,9			932,4	310,8		





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

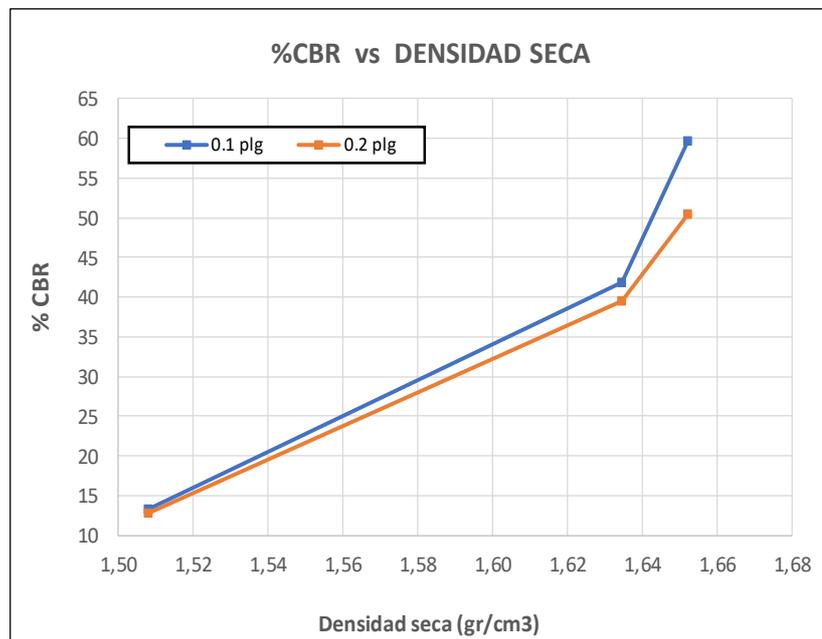


ENSAYO CBR

PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Picaihua - 3 Juanes	CAPA VEGETAL:	15 cm
MUESTRA:	1 INICIO	PROFUNDIDAD:	90 cm
		COORDENADAS:	17 S 767319 m 9857141 m

MOLDE		1	2	3
CBR %	0,1''	59,75	41,89	13,32
	0,2''	50,39	39,61	12,85
Densidad Seca	gr/cm ³	1,652	1,635	1,508



Densidad seca máx : 1,685

Densidad seca máx	%CBR-0,1 plg	%CBR - 0,2 plg	MAYOR % CBR
90% DSM = 1,517	15,3	14,5	15,3
95% DSM= 1,601	34,3	32,3	34,3



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



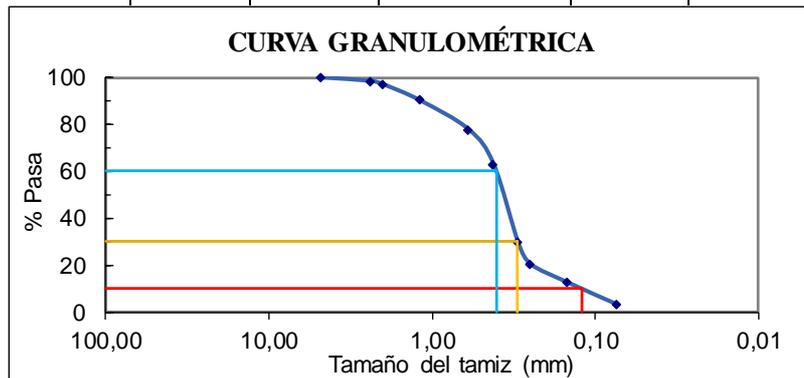
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Picaihua - 3 Juanes **CAPA VEGETAL:** 20 cm
MUESTRA: 2 FIN **PROFUNDIDAD:** 55 cm
COORDENADAS: 17 S 767875 m 9857933 m

HUMEDAD IN SITU					
Identificación	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% W _{nat.}	% W _{PROM.}
#1	23,80	107,70	101,50	7,98	8,12
#4	25,70	107,50	101,30	8,20	
#6	24,80	109,40	103,00	8,18	

GRANULOMETRÍA					
NORMA:	AASHTO T-87-70 y T-88-70		W _{SECO} (gr) =	250,2	
TAMIZ	mm	W _{Retenido}	W _{RET. ACUM.}	% RET. ACUM.	% PASA
# 4	4,76	0,00	0,00	0,00	100,00
# 8	2,38	3,70	3,70	1,48	98,52
# 10	2,00	3,50	7,20	2,88	97,12
# 16	1,19	17,00	24,20	9,67	90,33
# 30	0,595	31,20	55,40	22,14	77,86
# 40	0,420	36,80	92,20	36,85	63,15
# 50	0,297	83,70	175,90	70,30	29,70
# 60	0,250	22,50	198,40	79,30	20,70
# 100	0,149	19,40	217,80	87,05	12,95
# 200	0,074	23,50	241,30	96,44	3,56
# fuente		4,30	8,90	3,56	



COEFICIENTES DEL SUELO			
D10 en mm	0,120	Cu = D60 / D10	3,33
D30 en mm	0,300	Cc = D30 ² / (D60 * D10)	1,88
D60 en mm	0,400	Tamaño Nominal Máximo (TNM)	0,595 mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE CAMPO



PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN
 SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN
 AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Picaihua - 3 Juanes	CAPA VEGETAL:	20 cm
MUESTRA:	2 FIN	PROFUNDIDAD:	55 cm
		COORDENADAS:	17 S 767875 m 9857933 m

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda gr. Wm+Rec			1955,00
Peso de la funda gr. Rec			3,30
Peso de la masa del suelo gr. Wm = Wm+Rec-Rec			1951,70
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena			6355,00
Peso final frasco + cono + arena			2700,00
Peso arena en el cono (Calibración del cono)			1619,00
Peso arena en la perforación			2036,00
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración arena)			1,588
Volumen de la perforación Vm			1282,12
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente número #		#4	#6
Peso húmedo + recipiente Wm+rec		107,50	109,40
Peso seco + recipiente Ws+rec		101,30	103,00
Peso recipiente rec		25,70	24,80
Peso del agua Ww		6,20	6,40
Peso de los sólidos Ws		75,60	78,20
Contenido de humedad w%		8,20	8,18
Contenido de humedad promedio w%		8,19	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos	Vv =	26,07	-
Va =	Va =	19,67	0,00
Vw =	Vw =	6,40	6,40
Vs =	Vs =	29,51	78,20
Vm =	Vm =	55,58	84,60
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (γm) (densidad húmeda)		1,522	gr/cm ³
Densidad seca (γd)		1,407	gr/cm ³
Contenido de humedad w%		8,19	%
Relación de vacíos e = Vv/Vs		0,88	natural
Porosidad n% = Vv/Vm*100		46,90	%
Grado de Saturación de agua Gw% = Vw/Vv*100		24,55	%
Grado de Saturación de aire Ga%		75,45	%



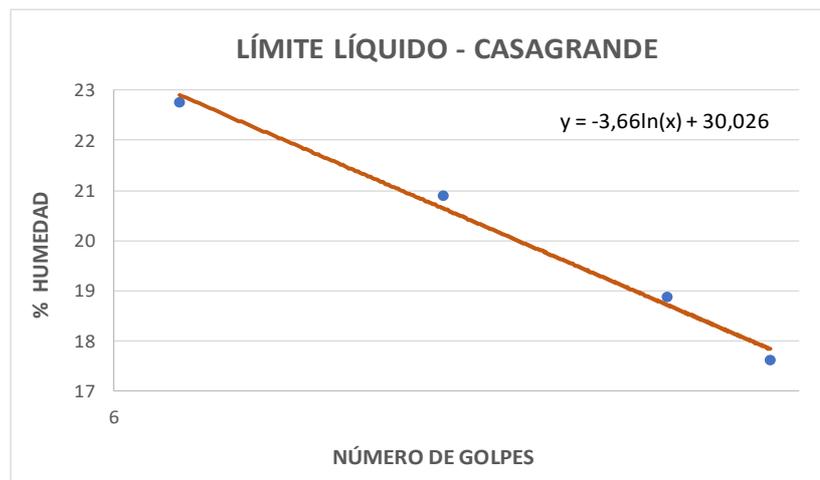
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO
 CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS
 GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO,
 PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:					
PARROQUIA:	Picaihua - 3 Juanes	CAPA VEGETAL:	20 cm		
MUESTRA:	2 FIN	PROFUNDIDAD:	55 cm		
		COORDENADAS:	17 S	767875 m	9857933 m

LÍMITE LÍQUIDO					
Nº GOLPES	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	%W _{PROM}
7	10,90	28,00	24,70	23,91	22,75
	11,00	27,90	24,90	21,58	
13	11,40	24,50	22,20	21,30	20,88
	11,60	22,20	20,40	20,45	
22	11,60	22,60	20,90	18,28	18,86
	11,10	24,00	21,90	19,44	
28	10,80	23,50	21,50	18,69	17,60
	10,90	23,60	21,80	16,51	
LÍMITE LÍQUIDO:				18,24	



LÍMITE PLÁSTICO				
Identificación	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w
# 1	10,70	12,10	11,90	16,67
# 90	10,70	11,80	11,60	22,22
# 3	10,60	12,00	11,80	16,67
# 4	10,80	11,90	11,70	22,22
# 5	10,60	11,90	11,70	18,18
PROMEDIO W% (LP)				17,17
IP = LL - LP	1,07			



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



DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:

PARROQUIA: Picaihua - 3 Juanes

CAPA VEGETAL: 20 cm

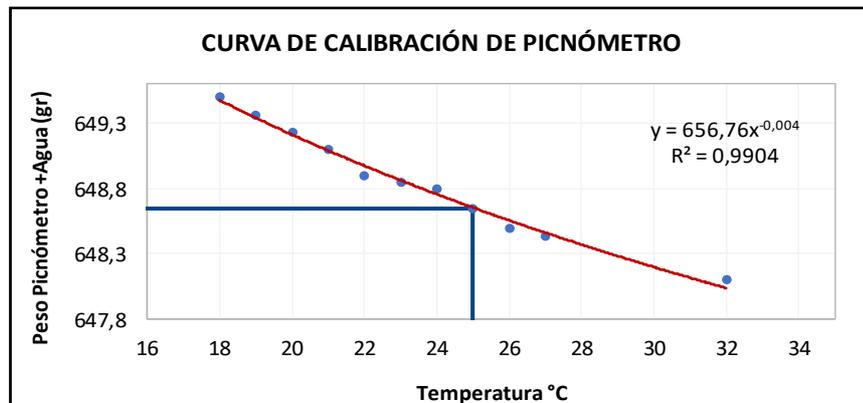
MUESTRA: 2 FIN

PROFUNDIDAD: 55 cm

COORDENADAS: 17 S 767875 m 9857933 m

GRAVEDAD ESPECÍFICA	
Temperatura del agua + suelo	25
Peso del recipiente + suelo seco	117,4
Peso del recipiente (Wr)	69,8
Peso del suelo seco (Ws)	47,6
Peso picnómetro+agua (Wbw)	648,65
Ws+Wbw	696,25
Peso picnómetro+agua+suelo (Wbws)	673,85
Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)- Wbws	22,4
Factor de correlación por temperatura K	0,99884
Gravedad específica (Gs)	2,123

Calibración del Picnómetro	
Temperatura °C	Masa (gr)
18	649,50
19	649,37
20	649,23
21	649,10
22	648,90
23	648,85
24	648,80
25	648,65
26	648,50
27	648,43
32	648,10





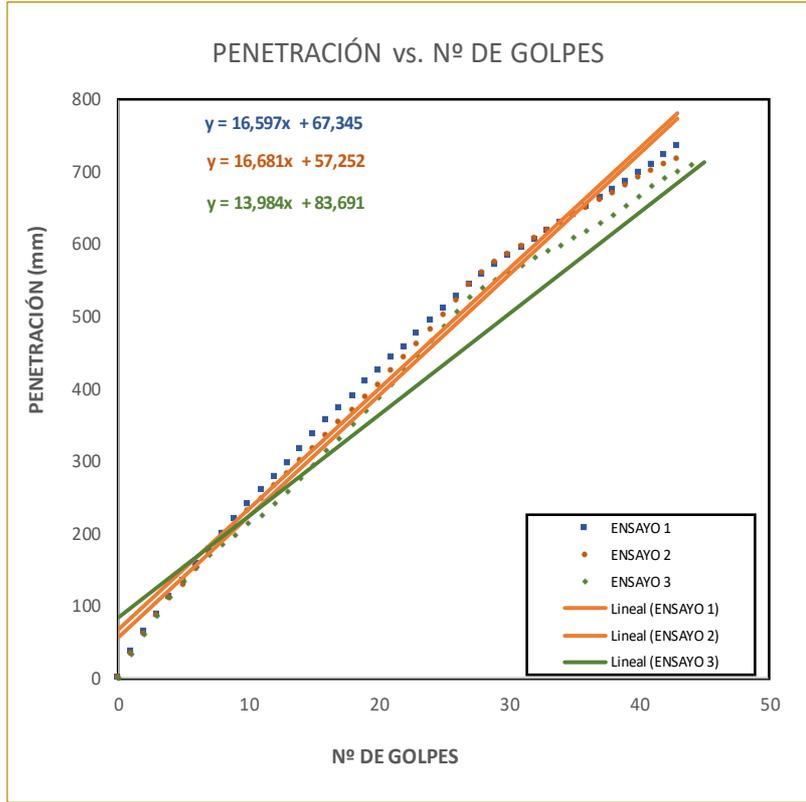
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO DE PENETRACIÓN (DCP)



CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS
PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE
 TUNGURAHUA

PARROQUIA: Picaihua - 3 Juanes **CAPA VEGETAL:** 20 cm
MUESTRA: 2 FIN **PROFUNDIDAD:** 55 cm
COORDENADAS: 17 S 767875 m 9857933 m

ENSAYO DCP			
Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	36	33	34
2	64	61	60
3	88	87	86
4	112	110	111
5	134	128	133
6	157	151	153
7	177	170	170
8	200	190	185
9	220	210	198
10	240	230	214
11	260	248	226
12	278	265	241
13	297	282	258
14	316	300	276
15	336	317	294
16	356	335	314
17	373	354	332
18	390	370	352
19	409	388	369
20	425	405	388
21	443	424	407
22	458	442	427
23	476	461	447
24	494	481	466
25	511	501	486
26	527	522	506
27	544	543	526
28	558	560	540
29	570	574	551
30	584	585	561
31	595	596	571
32	606	607	581
33	618	618	590
34	630	630	599
35	640	640	610
36	652	650	618
37	664	660	630



DN (mm/golpe)		DN (prom)
1	16,597	
2	16,681	
3	13,984	

38	675	670	640
39	686	681	653
40	698	691	666
41	710	701	680
42	722	710	691
43	735	718	701
44			710
45			71,8



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



ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO "B")

PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS HUACHI GRANDE Y SANTA ROSA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Picaihua - 3 Juanes	CAPA VEGETAL:	15 cm
MUESTRA:	2 FIN	PROFUNDIDAD:	90 cm
		COORDENADAS:	17 S 767875 m 9857933 m

ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	14033	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2328,78	cm ³
Energía de Compactación (lb pie/pie)	55986	Normas	AASHTO	T-180	ϕ_{int} (cm):	15,22
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	h (cm):	12,8

PROCESO DE COMPACTACIÓN

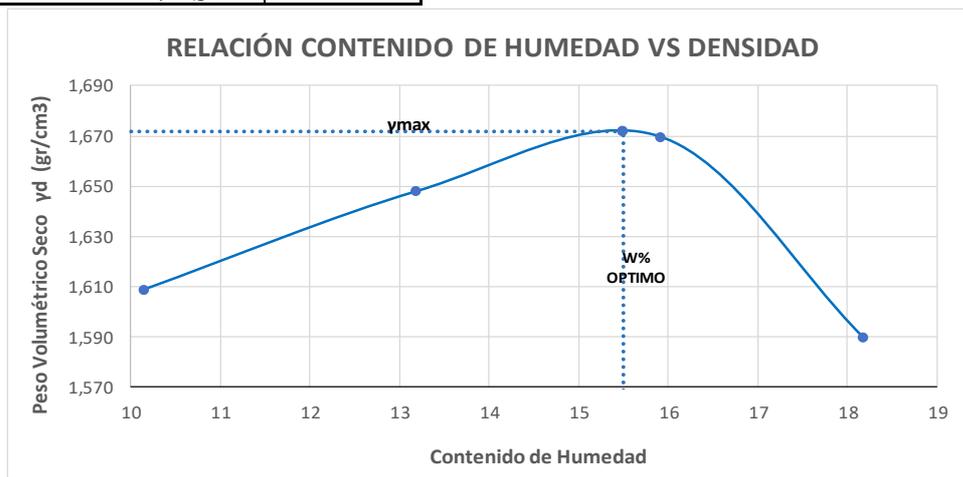
Ensayo Número	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	9%	12%	15%	18%
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18160	18377	18540	18409
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4127	4344	4507	4376
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,772	1,865	1,935	1,879

DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente número	#102	#101	#103	#32	#45	#76	#66	#106
Peso del recipiente W _r	31,1	31,3	30,8	26,4	23,5	30,7	30,9	30,9
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	98,3	97,7	98,2	90,3	97,6	97,2	95,7	96,8
Rec+suelo seco W _s + W _m	92,1	91,6	90,3	82,9	87,4	88,1	85,4	87
Peso sólidos W _s	61	60,3	59,5	56,5	63,9	57,4	54,5	56,1
Peso del agua W _w	6,2	6,1	7,9	7,4	10,2	9,1	10,3	9,8
Cont. Humedad $\omega\%$	10,16	10,12	13,28	13,10	15,96	15,85	18,90	17,47
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	10,14		13,19		15,91		18,18	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,609		1,648		1,670		1,590	

DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA

Cont. Humedad promedio $\omega\%$	15,5
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,672





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR



CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:

PARROQUIA:	Picaihua - 3 Juanes	CAPA VEGETAL:	20 cm
MUESTRA:	2 FIN	PROFUNDIDAD:	55 cm
		COORDENADAS:	17 S 767875 m 9857933 m

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAÍDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	DENSIDAD MÁX SECA (gr/cm³)	1,672
		W% ÓPTIMO	15,50 %

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

MOLDE	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo
P. Hum. + Molde (gr)	12862	12902	13912	14060	12665	12979
Peso Molde (gr)	8339	8339	9564	9564	8726	8726
P. Humedo (gr)	4523	4563	4348	4496	3939	4253
Volumen Muestra (cm ³)	2298,43	2298,43	2331,72	2331,72	2331,72	2331,72
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1,968	1,985	1,865	1,928	1,689	1,824
Densidad Seca (gr/cm ³)	1,707	1,685	1,615	1,616	1,479	1,480
Den. Seca Prom. (gr/cm ³)	1,696		1,616		1,479	

CONTENIDOS DE HUMEDAD

Cond. Muestra	Antes del Remojo		Después del Remojo		Antes del Remojo		Después del Remojo		Antes del Remojo		Después del Remojo	
Recipiente N°	# 97	# 82	# 97	# 82	# 7	# 5	# 7	# 5	# 33	# 35	# 33	# 35
P. Hum. + Recipiente (gr)	83,8	82,6	83,5	81,6	84,6	83,4	84	84,6	59,2	58,5	58,9	58,6
P. Seco + Recipiente (gr)	77	75,8	76,5	73,3	77,7	76,6	76,2	75,7	52,9	52,1	49,4	48,9
Peso Recipiente (gr)	33,2	30,7	33,2	30,7	32,9	32,6	32,9	32,6	7,9	7,9	7,9	7,9
Peso Agua (gr)	6,8	6,8	7	8,3	6,9	6,8	7,8	8,9	6,3	6,4	9,5	9,7
Peso de Sólidos (gr)	43,8	45,1	43,3	42,6	44,8	44	43,3	43,1	45	44,2	41,5	41
Contenido Humedad %	15,53	15,08	16,17	19,48	15,40	15,45	18,01	20,65	14,00	14,48	22,89	23,66
Con. Hum. Prom. %	15,30 %		17,82 %		15,43 %		19,33 %		14,24 %		23,28 %	

ESPONJAMIENTO

MOLDE	# 1				# 2				# 3			
LECTURA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		plg	mm		plg	mm		plg	mm			
15/10/2019	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00
16/10/2019	0			0			0			0		

MOLDE	1	2	3
Altura (cm)	12,6	12,6	12,6
Diametro (cm)	15,24	15,35	15,35
(cm ³)	2298,43	2331,72	2331,72
Peso (gr)	8339	9564	8726



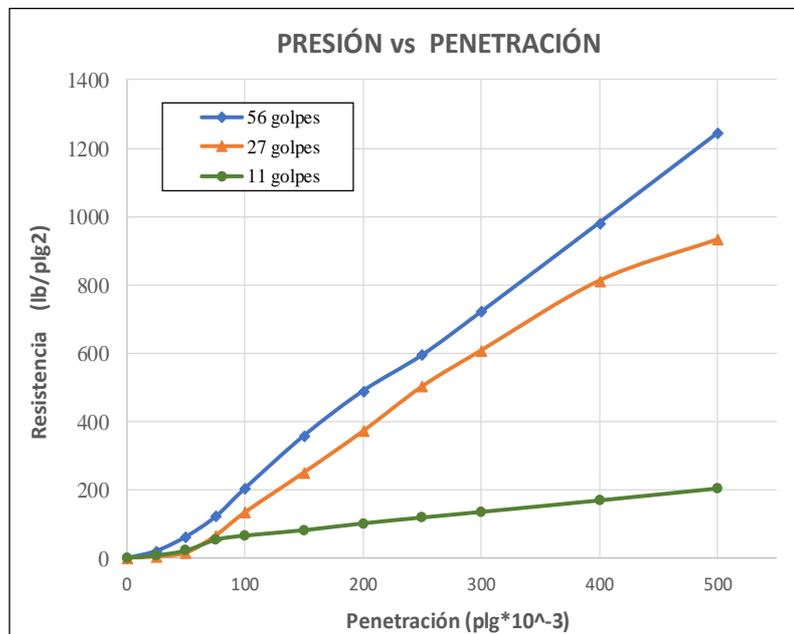
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO CBR



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Picaihua - 3 Juanes **CAPA VEGETAL:** 20 cm
MUESTRA: 2 FIN **PROFUNDIDAD:** 55 cm
COORDENADAS: 17 S 767875 m 9857933 m

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)														
ÁREA DE PISTÓN:		3 plg ²	NORMA:	ASTM D-1883	VELOCIDAD DE CARGA	1,27 mm/min (0,05 pulg/min)								
PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/plg ²)	MOLDE N° 1 (56 Golpes)				MOLDE N° 2 (27 Golpes)				MOLDE N° 3 (11 golpes)			
			Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
mm	plg *10 ⁻³	Leída	Corregida	Leída	Corregida		Leída	Corregida	Leída		Corregida	Leída	Corregida	
0	0	0	0	0		0	0			0	0			
0,64	25	63,6	21,2			14,9	4,967			23,3	7,767			
1,27	50	188,6	62,87			46,8	15,6			66,0	22			
1,91	75	363,9	121,3			198,3	66,1			158,8	52,93			
2,54	100	613,6	204,5	204,53	20,5	402,0	134	134	13,4	196,3	65,43	65,4333	6,54	
3,81	150	1076,3	358,8			751,7	250,6			243,3	81,1			
5,08	200	1468,3	489,4	489,43	32,63	1114,4	371,5	371,47	24,76	303,2	101,1	101,067	6,74	
6,35	250	1783,6	594,5			1506,4	502,1			354,2	118,1			
7,62	300	2163,1	721			1821,7	607,2			403,3	134,4			
10,16	400	2943,5	981,2			2433,3	811,1			503,6	167,9			
12,70	500	3730,3	1243			2795,3	931,8			608,0	202,7			





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

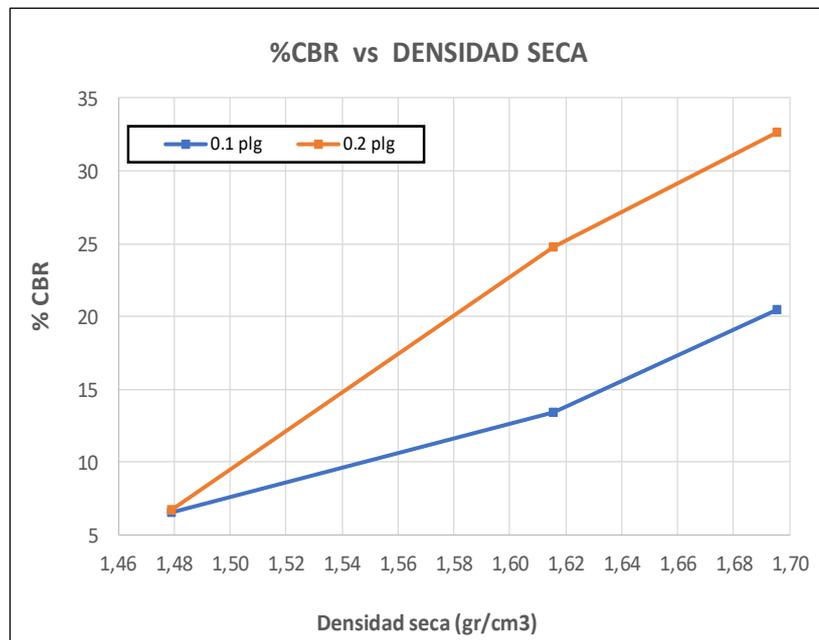


ENSAYO CBR

PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Picaihua - 3 Juanes	CAPA VEGETAL:	20 cm
MUESTRA:	2 FIN	PROFUNDIDAD:	55 cm
		COORDENADAS:	17 S 767875 m 9857933 m

MOLDE		1	2	3
CBR %	0,1''	20,45	13,40	6,54
	0,2''	32,63	24,76	6,74
Densidad Seca	gr/cm ³	1,696	1,616	1,479



Densidad seca máx :	1,672
---------------------	--------------

Densidad seca máx	%CBR-0,1 plg	%CBR - 0,2 plg	MAYOR % CBR
90% DSM = 1,505	7,8	10	10
95% DSM= 1,588	12	21,2	21,2



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



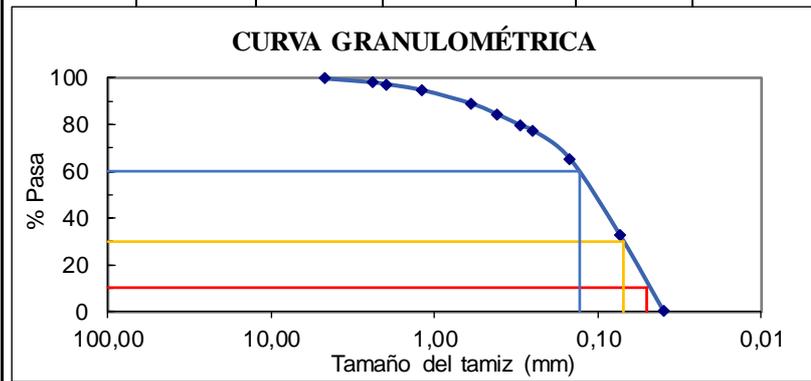
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Picaihua - 10 Agosto **CAPA VEGETAL:** 20 cm
MUESTRA: 1 INICIO **PROFUNDIDAD:** 70 cm
COORDENADAS: 17 S 769342 m 9858412 m

HUMEDAD IN SITU					
Identificación	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% W _{nat.}	% W _{PROM.}
#39	25,80	79,70	75,40	8,67	8,79
#46	24,70	76,30	72,20	8,63	
#41	30,90	86,30	81,70	9,06	

GRANULOMETRÍA					
NORMA:	AASHTO T-87-70 y T-88-70		W _{SECO} (gr) =	249,2	
TAMIZ	mm	W _{Retenido}	W _{RET. ACUM.}	% RET. ACUM.	% PASA
# 4	4,76	1,40	1,40	0,56	99,44
# 8	2,38	4,10	5,50	2,21	97,79
# 10	2,00	1,80	7,30	2,93	97,07
# 16	1,19	6,60	13,90	5,58	94,42
# 30	0,595	14,40	28,30	11,36	88,64
# 40	0,420	10,90	39,20	15,73	84,27
# 50	0,297	12,40	51,60	20,71	79,29
# 60	0,250	5,30	56,90	22,83	77,17
# 100	0,149	30,50	87,40	35,07	64,93
# 200	0,074	80,80	168,20	67,50	32,50
# fuente		80,10	81,00	32,50	



COEFICIENTES DEL SUELO			
D10 en mm	0,050	Cu= D60 / D10	2,60
D30 en mm	0,070	Cc = D30 ² /(D60*D10)	0,75
D60 en mm	0,130	Tamaño Nominal Máximo (TNM)	0,595 mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE CAMPO



CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS
PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA
 DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Picaihua - 10 Agosto **CAPA VEGETAL:** 20 cm
MUESTRA: 1 **INICIO PROFUNDIDAD:** 70 cm
COORDENADAS: 17 S 769342 m 9858412 m

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda gr. Wm+Rec		550,00	
Peso de la funda gr. Rec		4,80	
Peso de la masa del suelo gr. Wm = Wm+Rec-Rec		545,20	
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena		6290,00	
Peso final frasco + cono + arena		5410,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		343,00	
Peso arena en la perforación		537,00	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración arena)		1,588	
Volumen de la perforación Vm		338,16	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente número #		#39	#46
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	79,70	76,30
Peso seco + recipiente	Ws+rec	75,40	72,20
Peso recipiente	rec	25,80	24,70
Peso del agua	Ww	4,30	4,10
Peso de los sólidos	Ws	49,60	47,50
Contenido de humedad	w%	8,67	8,63
Contenido de humedad promedio w%		8,65	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos	Vv =	14,08	-
Va =	Wa =	9,98	0,00
Vw =	Ww =	4,10	4,10
Vs =	Ws =	17,92	47,50
Vm =	Wm =	32,00	51,60
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (γm) (densidad húmeda)		1,612	gr/cm ³
Densidad seca (γd)		1,484	gr/cm ³
Contenido de humedad w%		8,65	%
Relación de vacíos e= Vv/Vs		0,79	natural
Porosidad n% = Vv/Vm*100		43,99	%
Grado de Saturación de agua Gw%= Vw/Vv*100		29,12	%
Grado de Saturación de aire Ga%		70,88	%



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



DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO

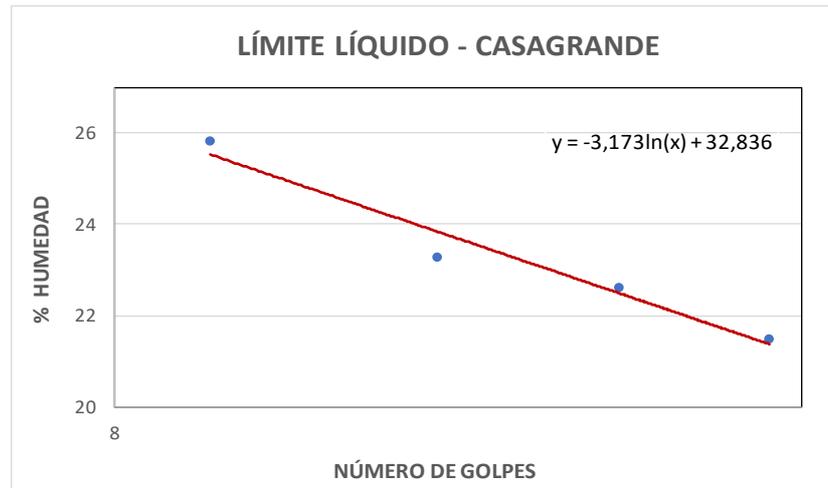
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:

PARROQUIA: Picaihua - 10 Agosto
MUESTRA: 1 INICIO

CAPA VEGETAL: 20 cm
PROFUNDIDAD: 70 cm
COORDENADAS: 17 S 769342 m 9858412 m

LÍMITE LÍQUIDO					
Nº GOLPES	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	%W _{PROM}
10	11,20	22,60	20,30	25,27	25,82
	11,00	22,50	20,10	26,37	
17	10,90	22,20	20,10	22,83	23,29
	12,10	22,00	20,10	23,75	
26	11,30	22,70	20,60	22,58	22,63
	11,00	22,90	20,70	22,68	
37	11,00	22,30	20,30	21,51	21,51
	11,40	22,70	20,70	21,51	
LÍMITE LÍQUIDO:				22,62	



LÍMITE PLÁSTICO				
Identificación	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w
# 82	10,70	12,30	12,00	23,08
# 18	10,70	12,00	11,80	18,18
# 3	10,70	12,70	12,40	17,65
# 8	10,70	12,40	12,10	21,43
# 73	10,50	12,60	12,20	23,53
PROMEDIO W% (LP)				20,77
IP = LL - LP	1,85			



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

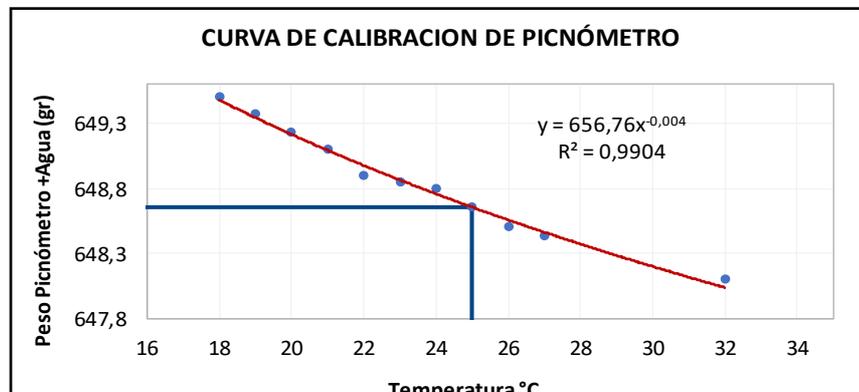


DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA
 CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS
 GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO,
 PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Picaihua - 10 Agosto	CAPA VEGETAL:	20 cm
MUESTRA:	1 INICIO	PROFUNDIDAD:	70 cm
		COORDENADAS:	17 S 769342 m 9858412 m

GRAVEDAD ESPECÍFICA	
Temperatura del agua + suelo	24
Peso del recipiente + suelo seco	115,9
Peso del recipiente (Wr)	66,2
Peso del suelo seco (Ws)	49,7
Peso picnómetro+agua (Wbw)	648,8
Ws+Wbw	698,5
Peso picnómetro+agua+suelo (Wbws)	679,4
Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)- Wbws	19,1
Factor de correlación por temperatura K	0,99909
Gravedad específica (Gs)	2,600

Calibración del Picnómetro	
Temperatura °C	Masa (gr)
18	649,50
19	649,37
20	649,23
21	649,10
22	648,90
23	648,85
24	648,80
25	648,65
26	648,50
27	648,43
32	648,10





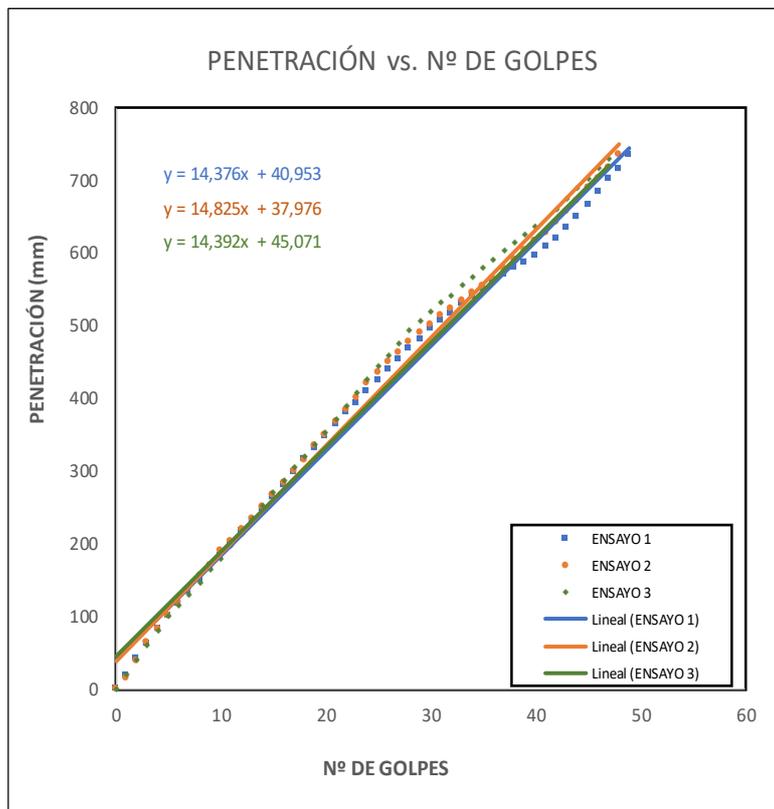
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO DE PENETRACIÓN (DCP)



CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Picaihua - 10 Agosto **CAPA VEGETAL:** 20 cm
MUESTRA: 1 INICIO **PROFUNDIDAD:** 70 cm
COORDENADAS: 17 S 769342 m 9858412 m

ENSAYO DCP			
Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	18	15	20
2	42	38	41
3	62	65	61
4	82	82	81
5	100	100	100
6	117	120	115
7	134	137	131
8	151	155	146
9	168	171	164
10	184	190	180
11	201	204	197
12	217	220	215
13	232	235	235
14	248	251	252
15	264	267	270
16	280	284	287
17	298	300	305
18	316	315	321
19	332	335	337
20	348	350	354
21	364	367	372
22	380	385	390
23	394	401	408
24	409	420	426
25	424	435	444
26	440	450	460
27	454	463	476
28	469	477	494
29	482	490	506
30	495	502	520
31	506	515	532
32	516	524	542
33	530	534	556
34	540	545	567
35	550	555	580
36	560	566	590
37	570	579	604



38	580	591	615
39	588	604	626
40	596	616	637
41	609	628	65
42	621	642	661
43	634	656	675
44	650	672	690
45	665	689	702
46	684	702	717
47	702	718	730
48	716	735	
49	736		

DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	14,53
2	
3	



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



ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO "B")

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS HUACHI GRANDE Y SANTA ROSA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Picaihua - 10 Agosto **CAPA VEGETAL:** 20 cm
MUESTRA: 1 INICIO **PROFUNDIDAD:** 70 cm
COORDENADAS: 17 S 769342 m 9858412 m

ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15535	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2316,67	cm ³
Energía de Compactación (lb pie/pie)	55986	Normas AASHTO	T-180	Ø _{int} (cm):	15,24	h (cm): 12,7
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	

PROCESO DE COMPACTACIÓN

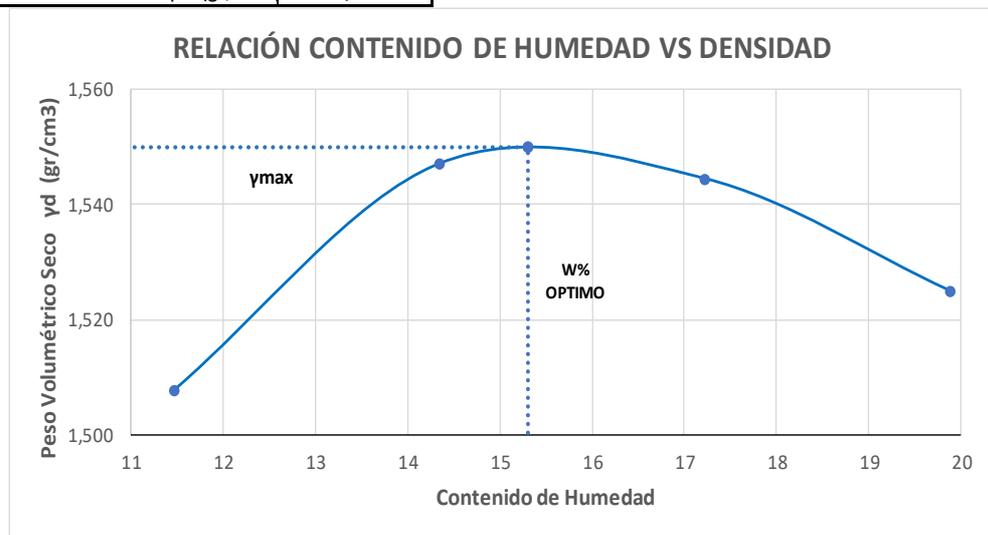
Ensayo Número	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	6%	9%	12%	15%
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19428	19633	19729	19770
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3893	4098	4194	4235
Peso unitario húmedo γm (gr/cm ³)	1,680	1,769	1,810	1,828

DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente número	#96	#77	#97	#28	#66	#45	#5	#76
Peso del recipiente W _r	31,4	30,9	33,2	23,1	30,9	23,5	32,5	30,7
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	98	94,6	97,3	95,4	93,7	96,4	96,5	97,7
Rec+suelo seco W _s + W _m	91,1	88,1	89,2	86,4	84,3	85,9	85,6	86,9
Peso sólidos W _s	59,7	57,2	56	63,3	53,4	62,4	53,1	56,2
Peso del agua W _w	6,9	6,5	8,1	9	9,4	10,5	10,9	10,8
Cont. Humedad ω%	11,56	11,36	14,46	14,22	17,60	16,83	20,53	19,22
Cont. Humedad promedio ω%	11,46		14,34		17,21		19,87	
Peso Volumétrico Seco γ _d (gr/cm ³)	1,508		1,547		1,544		1,525	

DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA

Cont. Humedad promedio ω%	15,3
Peso Volumétrico Seco γ _d (gr/cm ³)	1,55





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR



CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN
 SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN
 AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:

PARROQUIA:	Picaihua - 10 Agosto	CAPA VEGETAL:	20 cm
MUESTRA:	1 INICIO	PROFUNDIDAD:	70 cm
		COORDENADAS:	17 S 769342 m 9858412 m

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAÍDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	DENSIDAD MÁX SECA (gr/cm³)	1,55
		W% ÓPTIMO	15,30 %

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

MOLDE	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo
P. Hum. + Molde (gr)	10546	10715	12354	12641	13222	13578
Peso Molde (gr)	6398	6398	8339	8339	9564	9564
P. Humedo (gr)	4148	4317	4015	4302	3658	4014
Volumen Muestra (cm ³)	2313,63	2313,63	2298,43	2298,43	2331,72	2331,72
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1,793	1,866	1,747	1,872	1,569	1,721
Densidad Seca (gr/cm ³)	1,560	1,554	1,520	1,540	1,363	1,388
Den. Seca Prom. (gr/cm ³)	1,557		1,530		1,376	

CONTENIDOS DE HUMEDAD

Cond. Muestra	Antes del Remojo		Después del Remojo		Antes del Remojo		Después del Remojo		Antes del Remojo		Después del Remojo	
Recipiente N°	# 96	# 66	# 96	# 66	# 97	# 82	# 97	# 82	# 5	# 7	# 5	# 7
P. Hum. + Recipiente (gr)	82,6	82,9	81,5	82,0	83,9	82,2	82,7	81,3	83,3	83,4	82,9	82,2
P. Seco + Recipiente (gr)	75,9	76,2	73,1	73,5	77,4	75,4	73,2	73,1	76,7	76,7	73,3	72,5
Peso Recipiente (gr)	31,4	30,9	31,4	30,9	33,2	30,7	33,2	30,7	32,5	32,8	32,5	32,8
Peso Agua (gr)	6,7	6,7	8,4	8,5	6,5	6,8	9,5	8,2	6,6	6,7	9,6	9,7
Peso de Sólidos (gr)	44,5	45,3	41,7	42,6	44,2	44,7	40	42,4	44,2	43,9	40,8	39,7
Contenido Humedad %	15,06	14,79	20,14	19,95	14,71	15,21	23,75	19,34	14,93	15,26	23,53	24,43
Con. Hum. Prom. %	14,92 %		20,05 %		14,96 %		21,54 %		15,10 %		23,98 %	

ESPONJAMIENTO

MOLDE	# 1				# 2				# 3			
LECTURA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
		plg	mm		plg	mm		plg	mm			
17/10/2019	0	0,005	0,13	0	0	0,00	0	0	0,00			
18/10/2019	0,005			0			0					

MOLDE	1	2	3
Altura (cm)	12,7	12,6	12,6
Diametro (cm)	15,23	15,24	15,35
(cm ³)	2313,63	2298,43	2331,72
Peso (gr)	6398	8339	9564



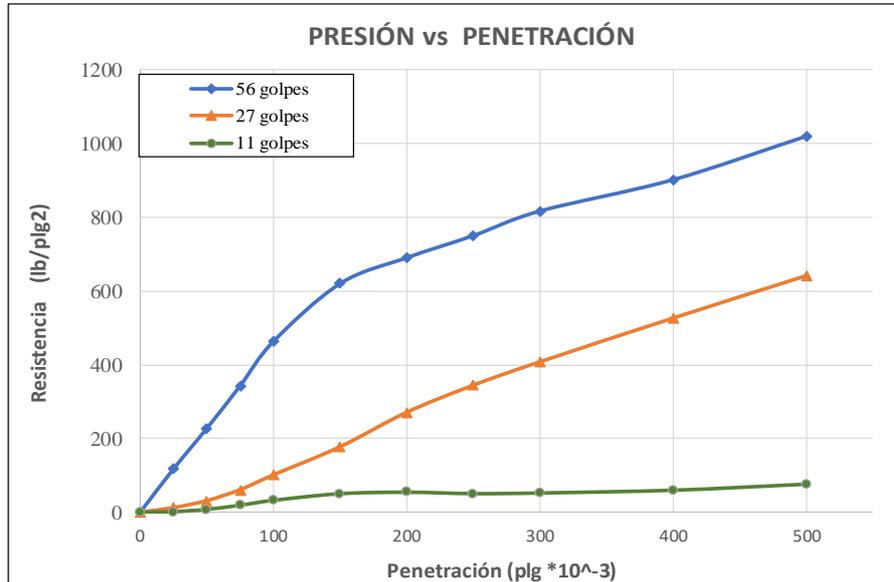
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO CBR



CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Picaihua - 10 Agosto **CAPA VEGETAL:** 20 cm
MUESTRA: 1 INICIO **PROFUNDIDAD:** 70 cm
COORDENADAS: 17 S 769342 m 9858412 m

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)														
ÁREA DE PISTÓN:		3 plg ²		NORMA:	ASTM D-1883		VELOCIDAD DE CARGA	1,27 mm/min (0,05 pulg/min)						
PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/plg ²)	MOLDE N° 1 (56 Golpes)				MOLDE N° 2 (27 Golpes)				MOLDE N° 3 (11 golpes)			
mm	plg *10 ⁻³		Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
			Leída	Corregida		Leída	Corregida			Leída	Corregida			
0	0		0	0		0	0			0	0			
0,64	25		353,3	117,8		36,6	12,2			4,1	1,367			
1,27	50		683,5	227,8		93,6	31,2			22,6	7,533			
1,91	75		1030,2	343,4		183,2	61,07			57,0	19			
2,54	100	1000	1392,3	464,1	464,10	46,4	303,7	101,2	101,23	10,12	97,3	32,43	32,4333	3,24
3,81	150		1863,0	621			532,6	177,5			152,3	50,77		
5,08	200	1500	2073,4	691,1	691,13	46,08	813,0	271	271,00	18,07	164,3	54,77	54,7667	3,65
6,35	250		2253,5	751,2			1033,8	344,6			152,8	50,93		
7,62	300		2453,7	817,9			1223,8	407,9			158,1	52,7		
10,16	400		2709,6	903,2			1579,9	526,6			181,1	60,37		
12,70	500		3064,2	1021			1925,2	641,7			231,0	77		





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

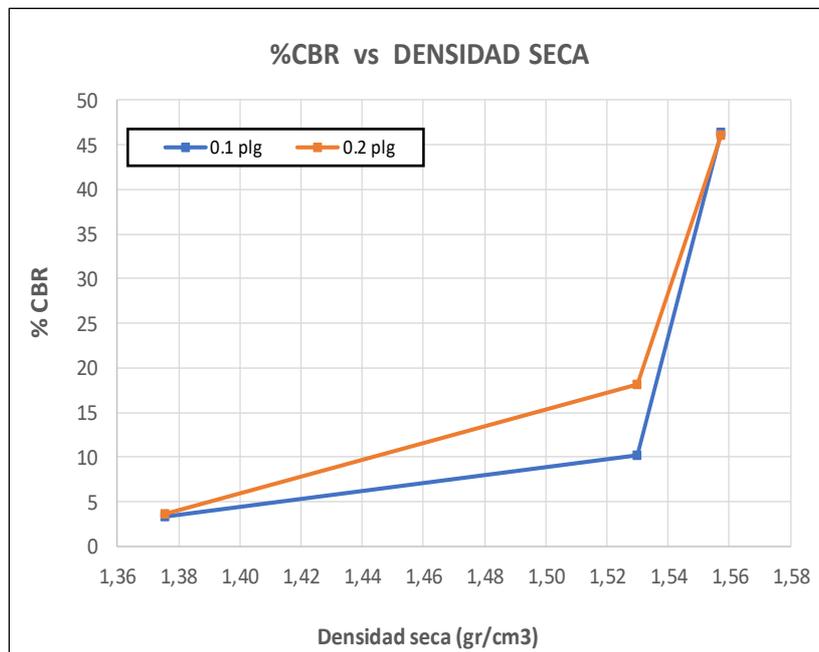


ENSAYO CBR

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Picaihua - 10 Agosto **CAPA VEGETAL:** 20 cm
MUESTRA: 1 INICIO **PROFUNDIDAD:** 70 cm
COORDENADAS: 17 S 769342 m 9858412 m

MOLDE		1	2	3
CBR %	0,1 "	46,41	10,12	3,24
	0,2 "	46,08	18,07	3,65
Densidad Seca	gr/cm3	1,557	1,530	1,376



Densidad seca máx : 1,55

Densidad seca máx	%CBR-0,1 plg	%CBR - 0,2 plg	MAYOR % CBR
90% DSM = 1,395	4	5,4	5,4
95% DSM= 1,473	7,7	12,8	12,8



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



CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Picaihua - 10 Agosto

CAPA VEGETAL: 15 cm

MUESTRA: 2 FIN

PROFUNDIDAD: 70 cm

COORDENADAS: 17 S 768551 m 9857331 m

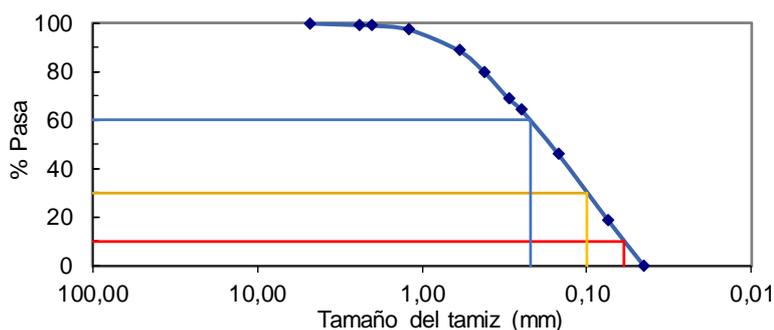
HUMEDAD IN SITU

Identificación	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% W _{nat.}	% W _{PROM.}
#56	30,40	82,80	78,50	8,94	8,90
#1	23,70	77,40	73,00	8,92	
#89	31,20	87,90	83,30	8,83	

GRANULOMETRÍA

NORMA:	AASHTO T-87-70 y T-88-70		W _{SECO} (gr) =		251,2
TAMIZ	mm	W _{Retenido}	W _{RET. ACUM.}	% RET. ACUM.	% PASA
# 4	4,76	0,00	0,00	0,00	100,00
# 8	2,38	1,60	1,60	0,64	99,36
# 10	2,00	0,60	2,20	0,88	99,12
# 16	1,19	4,30	6,50	2,59	97,41
# 30	0,595	21,70	28,20	11,23	88,77
# 40	0,420	21,90	50,10	19,94	80,06
# 50	0,297	28,10	78,20	31,13	68,87
# 60	0,250	11,20	89,40	35,59	64,41
# 100	0,149	45,90	135,30	53,86	46,14
# 200	0,074	69,00	204,30	81,33	18,67
# fuente	0,05	46,50	46,90	18,67	0,00

CURVA GRANULOMÉTRICA



COEFICIENTES DEL SUELO

D10 en mm	0,060	Cu= D60 / D10	3,67
D30 en mm	0,100	Cc = D30 ² /(D60*D10)	0,76
D60 en mm	0,220	Tamaño Nominal Máximo (TNM)	0,595 mm



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



DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE CAMPO

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN
 SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN
 AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:

PARROQUIA:	Picaihua - 10 Agosto	CAPA VEGETAL:	15 cm
MUESTRA:	2 FIN	PROFUNDIDAD:	70 cm
		COORDENADAS:	17 S 768551 m 9857331 m

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda gr. Wm+Rec		610,00	
Peso de la funda gr. Rec		4,80	
Peso de la masa del suelo gr. Wm = Wm+Rec-Rec		605,20	
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena		6290,00	
Peso final frasco + cono + arena		5380,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		343,00	
Peso arena en la perforación		567,00	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración arena)		1,588	
Volumen de la perforación Vm		357,05	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente número #		#56	#1
Peso húmedo + recipiente Wm+rec		82,80	77,40
Peso seco + recipiente Ws+rec		78,50	73,00
Peso recipiente rec		30,40	23,70
Peso del agua Ww		4,30	4,40
Peso de los sólidos Ws		48,10	49,30
Contenido de humedad w%		8,94	8,92
Contenido de humedad promedio w%		8,93	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos	Vv =	13,08	-
Va =	Va =	8,68	0,00
Vw =	Vw =	4,40	4,40
Vs =	Vs =	18,60	49,30
Vm =	Vm =	31,68	53,70
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (γm) (densidad húmeda)		1,695	gr/cm ³
Densidad seca (γd)		1,556	gr/cm ³
Contenido de humedad w%		8,93	%
Relación de vacíos e = Vv/Vs		0,70	natural
Porosidad n% = Vv/Vm*100		41,28	%
Grado de Saturación de agua Gw% = Vw/Vv*100		33,64	%
Grado de Saturación de aire Ga%		66,36	%



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



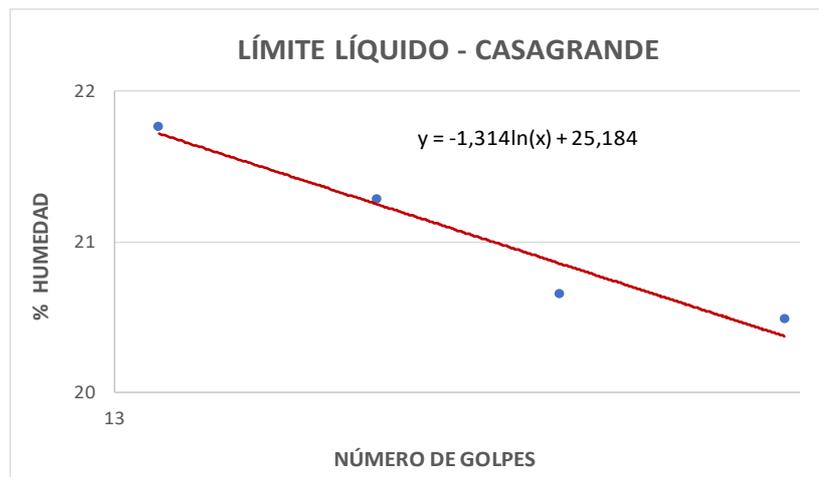
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO,
 PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Picaihua - 10 Agosto **CAPA VEGETAL:** 15 cm
MUESTRA: 2 FIN **PROFUNDIDAD:** 70 cm
COORDENADAS: 17 S 768551 m 9857331 m

LÍMITE LÍQUIDO					
Nº GOLPES	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	%W _{PROM}
14	11,00	24,10	21,70	22,43	21,77
	11,30	24,50	22,20	21,10	
20	10,80	24,30	21,90	21,62	21,29
	11,00	23,70	21,50	20,95	
27	10,90	22,00	20,10	20,65	20,65
	11,40	22,50	20,60	20,65	
39	11,00	23,40	21,30	20,39	20,49
	11,60	23,90	21,80	20,59	
LÍMITE LÍQUIDO:				20,95	



LÍMITE PLÁSTICO				
Identificación	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w
# 3	10,60	12,10	11,80	25,00
# 5	10,60	12,20	11,90	23,08
# 7	10,50	12,80	12,40	21,05
# 14	10,60	12,50	12,20	18,75
# 16	10,70	12,40	12,10	21,43
PROMEDIO W% (LP)				20,41
IP = LL - LP	0,54			



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



DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA

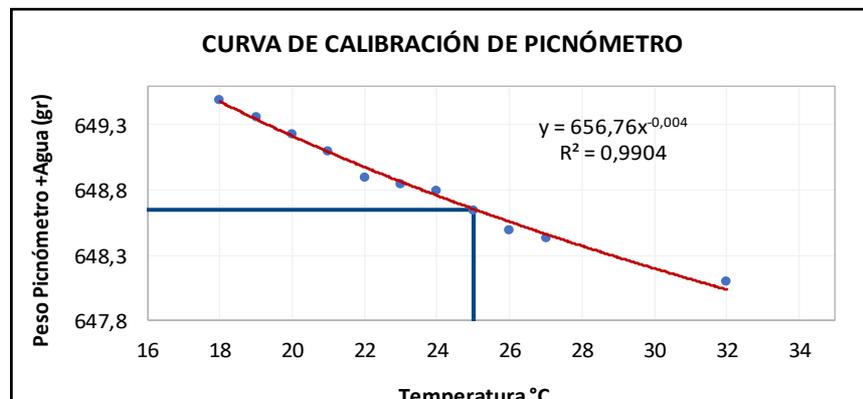
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Picaihua - 10 Agosto	CAPA VEGETAL: 15 cm
MUESTRA: 2 FIN	PROFUNDIDAD: 70 cm
	COORDENADAS: 17 S 768551 m 9857331 m

GRAVEDAD ESPECÍFICA	
Temperatura del agua + suelo	25
Peso del recipiente + suelo seco	251,3
Peso del recipiente (Wr)	202,1
Peso del suelo seco (Ws)	49,2
Peso picnómetro+agua (Wbw)	648,65
Ws+Wbw	697,85
Peso picnómetro+agua+suelo (Wbws)	678,7
Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)- Wbws	19,15
Factor de correlación por temperatura K	0,99884
Gravedad específica (Gs)	2,566

Calibración del Picnómetro	
Temperatura °C	Masa (gr)
18	649,50
19	649,37
20	649,23
21	649,10
22	648,90
23	648,85
24	648,80
25	648,65
26	648,50
27	648,43
32	648,10





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO DE PENETRACIÓN (DCP)

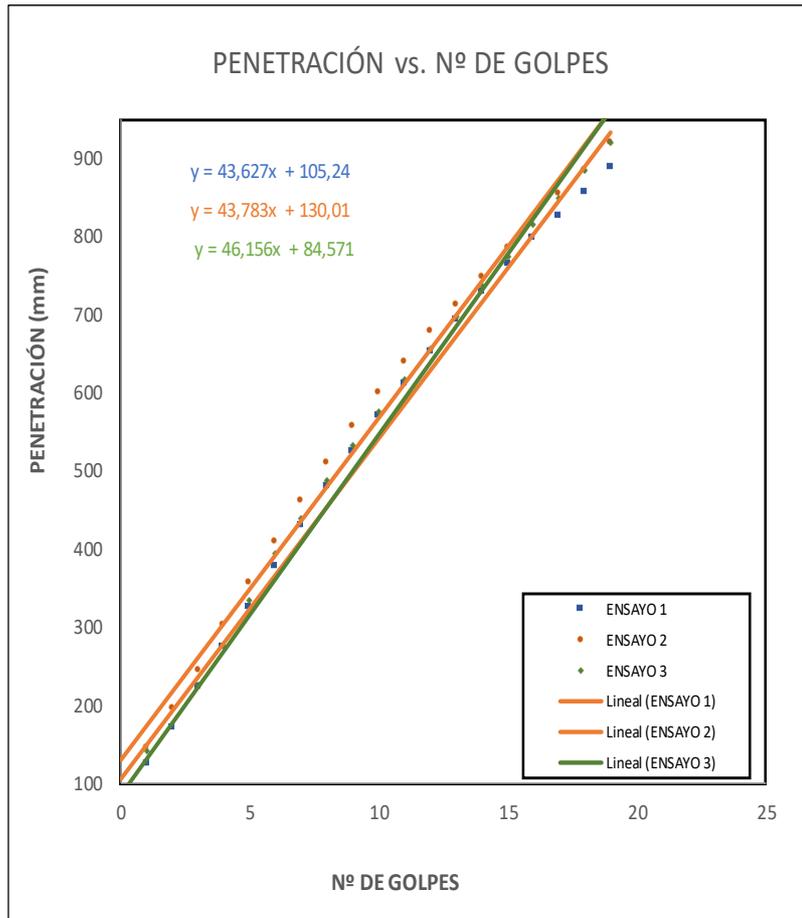


CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Picaihua - 10 Agosto **CAPA VEGETAL:** 15 cm
MUESTRA: 2 FIN **PROFUNDIDAD:** 70 cm
COORDENADAS: 17 S 768551 m 9857331 m

ENSAYO DCP			
Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	73	90	83
1	125	145	142
2	171	195	18
3	223	245	226
4	274	302	277
5	325	357	335
6	378	410	394
7	430	461	440
8	480	510	487
9	525	557	533
10	570	600	575
11	611	640	616
12	652	678	657
13	694	713	697
14	730	748	737
15	764	786	775
16	798	823	815
17	826	854	849
18	857	885	885
19	888	920	920



DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	44,52
2	
3	



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



ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO "B")

PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS HUACHI GRANDE Y SANTA ROSA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Picaihua - 10 Agosto	CAPA VEGETAL: 15 cm
MUESTRA: 2 FIN	PROFUNDIDAD: 70 cm
COORDENADAS: 17 S 768551 m 9857331 m	

ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	14033	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2328,78	cm ³
Energía de Compactación (lb pie/pie)	55986	Normas:	AASHTO	T-180	Ø _{int} (cm): 15,22	h (cm): 12,8
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	

PROCESO DE COMPACTACIÓN

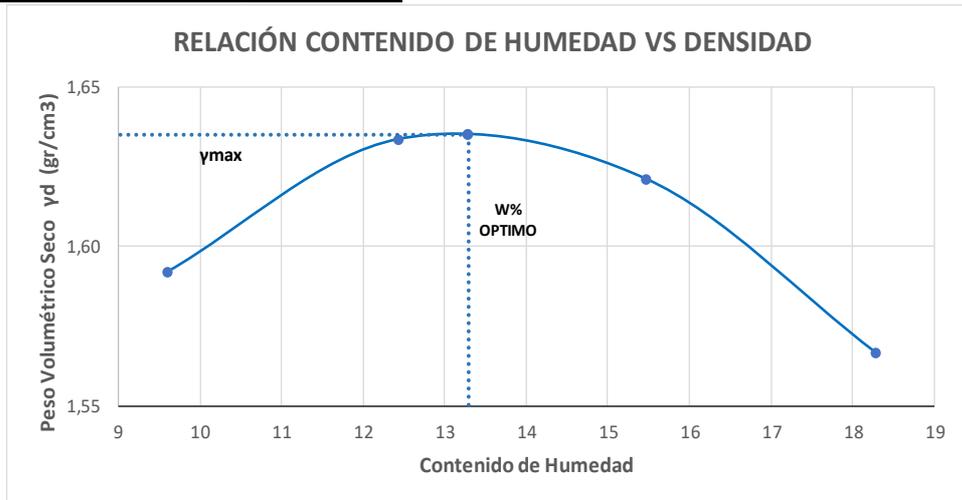
Ensayo Número	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	7%	10%	13%	16%
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18097	18310	18392	18349
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4064	4277	4359	4316
Peso unitario húmedo γ _m (gr/cm ³)	1,745	1,837	1,872	1,853

DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente número	#102	#101	#103	#32	#64	#106	#29	#30
Peso del recipiente W _r	31,1	31,3	30,8	26,4	30,7	30,9	7,9	7,7
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	82,4	98,6	92,9	94,5	96,3	95,2	66,7	66
Rec+suelo seco W _s + W _m	77,9	92,7	86	87	87,4	86,7	57,1	57,5
Peso sólidos W _s	46,8	61,4	55,2	60,6	56,7	55,8	49,2	49,8
Peso del agua W _w	4,5	5,9	6,9	7,5	8,9	8,5	9,6	8,5
Cont. Humedad ω%	9,62	9,61	12,50	12,38	15,70	15,23	19,51	17,07
Cont. Humedad promedio ω%	9,61		12,44		15,46		18,29	
Peso Volumétrico Seco γ _d (gr/cm ³)	1,592		1,633		1,621		1,567	

DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA

Cont. Humedad promedio ω%	13,3
Peso Volumétrico Seco γ _d (gr/cm ³)	1,635





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Picaihua - 10 Agosto **CAPA VEGETAL:** 15 cm
MUESTRA: 2 FIN **PROFUNDIDAD:** 70 cm
COORDENADAS: 17 S 768551 m 9857331 m

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb		
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAÍDA:	18"		
PESO MUESTRA (gr):	6000	DENSIDAD MÁX SECA (gr/cm³)	1,635	W% ÓPTIMO	13,30 %

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

MOLDE	1	2	3
N° de Capas	5	5	5
N° de Golpes	56	27	11

Cond. Muestra	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo
P. Hum. + Molde (gr)	13054	13254	10376	10666	13060	13431
Peso Molde (gr)	8726	8726	6398	6398	9283	9283
P. Humedo (gr)	4328	4528	3978	4268	3777	4148
Volumen Muestra (cm ³)	2331,72	2331,72	2313,63	2313,63	2298,43	2298,43
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1,856	1,942	1,719	1,845	1,643	1,805
Densidad Seca (gr/cm ³)	1,645	1,650	1,524	1,535	1,456	1,458
Den. Seca Prom. (gr/cm ³)	1,648		1,529		1,457	

CONTENIDOS DE HUMEDAD

Cond. Muestra	Antes del Remojo		Después del Remojo		Antes del Remojo		Después del Remojo		Antes del Remojo		Después del Remojo	
	# 32	# 76	# 32	# 76	# 96	# 66	# 96	# 66	# 29	# 30	# 29	# 30
P. Hum. + Recipiente (gr)	77,1	82,3	78,6	81,8	83,6	81	82,5	81,5	59,2	58,3	58,9	58,3
P. Seco + Recipiente (gr)	71,3	76,5	70,4	74,5	77,7	75,3	74	72,9	53,3	52,6	49,1	48,6
Peso Recipiente (gr)	26,5	30,8	26,5	30,8	31,4	30,9	31,4	30,9	8	7,8	8	7,8
Peso Agua (gr)	5,8	5,8	8,2	7,3	5,9	5,7	8,5	8,6	5,9	5,7	9,8	9,7
Peso de Sólidos (gr)	44,8	45,7	43,9	43,7	46,3	44,4	42,6	42	45,3	44,8	41,1	40,8
Contenido Humedad %	12,95	12,69	18,68	16,70	12,74	12,84	19,95	20,48	13,02	12,72	23,84	23,77
Con. Hum. Prom. %	12,82 %		17,69 %		12,79 %		20,21 %		12,87 %		23,81 %	

ESPONJAMIENTO

MOLDE	# 1				# 2				# 3				
	LECTURA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
			plg	mm		plg	mm		plg	mm			
15/10/2019	0	0	0,00	0	0	0,00	9,76	0,09	2,29	9,85			
16/10/2019	0			0									

MOLDE	1	2	3
Altura (cm)	12,6	12,7	12,6
Diametro (cm)	15,35	15,23	15,24
(cm ³)	2331,72	2313,63	2298,43
Peso (gr)	8726	6398	9283



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

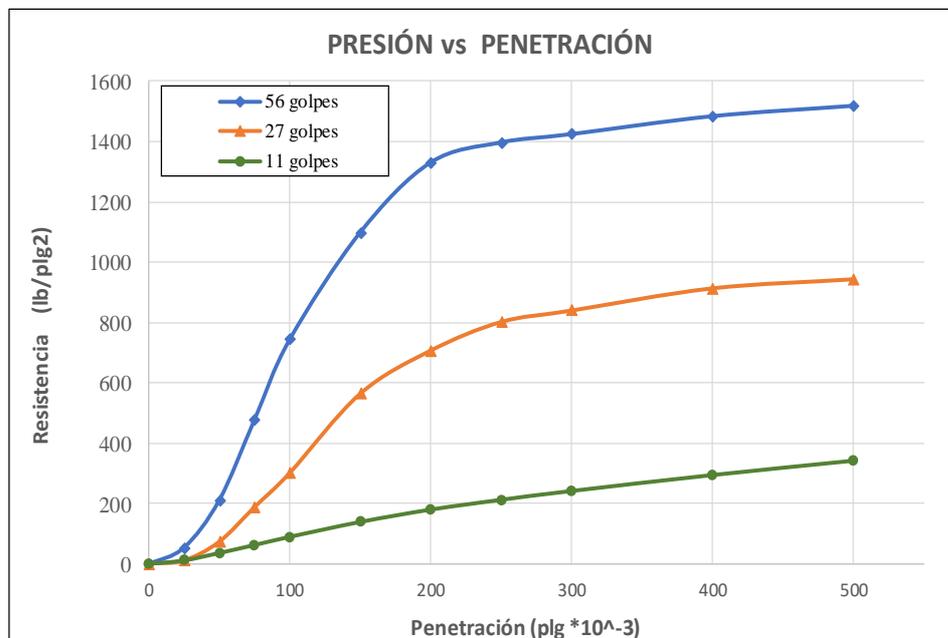


ENSAYO CBR

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Picaihua - 10 Agosto	CAPA VEGETAL:	15 cm
MUESTRA:	2 FIN	PROFUNDIDAD:	70 cm
		COORDENADAS:	17 S 768551 m 9857331 m

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)														
ÁREA DE PISTÓN:		3 plg ²		NORMA:	ASTM D-1883		VELOCIDAD DE CARGA	1,27 mm/min (0,05 pulg/min)						
PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/plg ²)	MOLDE N° 1 (56 Golpes)				MOLDE N° 2 (27 Golpes)				MOLDE N° 3 (11 golpes)			
			Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
mm	plg *10 ⁻³	Leída		Corregida	Leída			Corregida	Leída			Corregida	Leída	
0	0		0	0		0	0		0	0		0	0	
0,64	25		163,3	54,43		33,8	11,27		35,6	11,87				
1,27	50		633,3	211,1		219,2	73,07		109,0	36,33				
1,91	75		1433,3	477,8		563,8	187,9		188,0	62,67				
2,54	100	1000	2232,3	744,1	744,10	74,4	903,8	301,3	301,27	30,13	269,0	89,67	89,6667	8,97
3,81	150		3296,3	1099			1693,2	564,4			416,5	138,8		
5,08	200	1500	3993,3	1331	1331,10	88,74	2123,3	707,8	707,77	47,18	538,8	179,6	179,6	11,97
6,35	250		4193,6	1398			2408,6	802,9			636,0	212		
7,62	300		4276,2	1425			2522,6	840,9			723,5	241,2		
10,16	400		4454,2	1485			2743,9	914,6			881,3	293,8		
12,70	500		4557,8	1519			2834,6	944,9			1023,4	341,1		





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

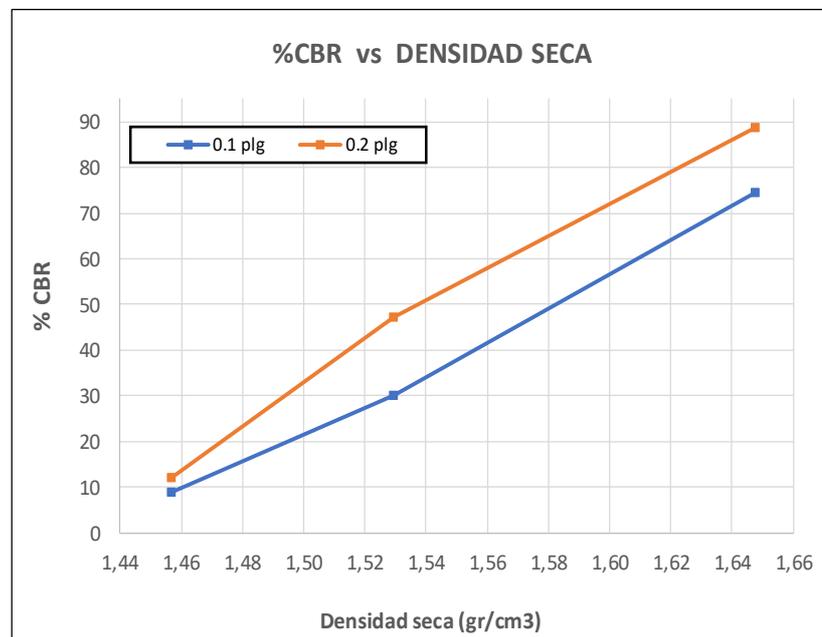


ENSAYO CBR

PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Picaihua - 10 Agosto	CAPA VEGETAL:	15 cm
MUESTRA:	2 FIN	PROFUNDIDAD:	70 cm
		COORDENADAS:	17 S 768551 m 9857331 m

MOLDE		1	2	3
CBR %	0,1 "	74,41	30,13	8,97
	0,2 "	88,74	47,18	11,97
Densidad Seca	gr/cm3	1,648	1,529	1,457



Densidad seca máx :	1,635
---------------------	-------

Densidad seca máx	%CBR-0,1 plg	%CBR - 0,2 plg	MAYOR % CBR
90% DSM = 1,472	13	19,7	19,7
95% DSM= 1,553	39	55,7	55,7



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



ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

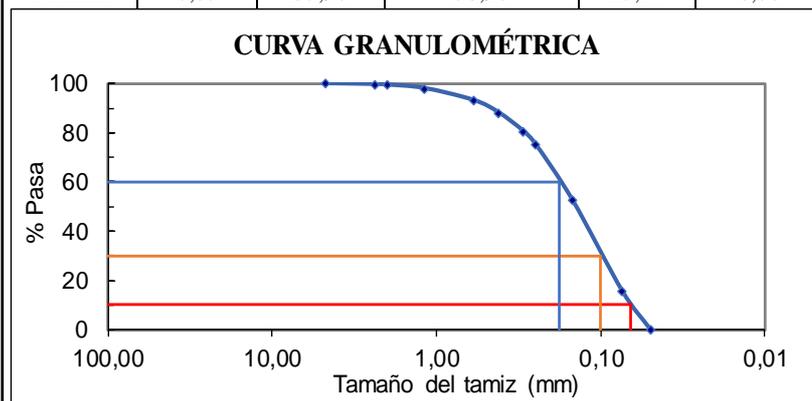
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO,
 PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Picaihua - Sigsipamba **CAPA VEGETAL:** 20 cm
MUESTRA: 1 INICIO **PROFUNDIDAD:** 70 cm
COORDENADAS: 17 S 769186 m 9859102 m

HUMEDAD IN SITU					
Identificación	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% W _{nat.}	% W _{PROM.}
#32	26,40	111,80	108,50	4,02	4,05
#15	25,60	108,10	104,90	4,04	
#37	26,00	110,10	106,80	4,08	

GRANULOMETRÍA					
NORMA:	AASHTO T-87-70 y T-88-70		W _{SECO} (gr) =		251,4
TAMIZ	mm	W _{Retenido}	W _{RET. ACUM.}	% _{RET. ACUM.}	% PASA
# 4	4,76	0,00	0,00	0,00	100,00
# 8	2,38	0,80	0,80	0,32	99,68
# 10	2,00	0,60	1,40	0,56	99,44
# 16	1,19	3,50	4,90	1,95	98,05
# 30	0,595	12,30	17,20	6,84	93,16
# 40	0,420	12,50	29,70	11,81	88,19
# 50	0,297	19,00	48,70	19,37	80,63
# 60	0,250	13,50	62,20	24,74	75,26
# 100	0,149	57,10	119,30	47,45	52,55
# 200	0,074	93,20	212,50	84,53	15,47
# fuente	0,05	35,90	38,90	15,47	0,00



COEFICIENTES DEL SUELO			
D10 en mm	0,066	Cu= D60 / D10	2,73
D30 en mm	0,100	Cc = D30 ² / (D60 * D10)	0,84
D60 en mm	0,180	Tamaño Nominal Máximo (TNM)	0,42 mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE CAMPO



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Picaihua - Sigsipamba **CAPA VEGETAL:** 20 cm
MUESTRA: 1 **INICIO PROFUNDIDAD:** 70 cm
COORDENADAS: 17 S 769186 m 9859102 m

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda gr. Wm+Rec		1555,00	
Peso de la funda gr. Rec		3,30	
Peso de la masa del suelo gr. Wm = Wm+Rec-Rec		1551,70	
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena		6370,00	
Peso final frasco + cono + arena		3115,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		1619,00	
Peso arena en la perforación		1636,00	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración arena)		1,588	
Volumen de la perforación Vm		1030,23	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente número #		#32	#15
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	111,80	108,10
Peso seco + recipiente	Ws+rec	108,50	104,90
Peso recipiente	rec	26,40	25,60
Peso del agua	Ww	3,30	3,20
Peso de los sólidos	Ws	82,10	79,30
Contenido de humedad	w%	4,02	4,04
Contenido de humedad promedio w%		4,03	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos	Vv =	24,85	-
Va = 	Va =	21,65	0,00
Vw = 	Vw =	3,20	3,20
Vs = 	Vs =	29,92	79,30
Vm =	Vm =	54,77	82,50
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (γm) (densidad húmeda)		1,506	gr/cm ³
Densidad seca (γd)		1,448	gr/cm ³
Contenido de humedad w%		4,03	%
Relación de vacíos e= Vv/Vs		0,83	natural
Porosidad n% = Vv/Vm*100		45,37	%
Grado de Saturación de agua Gw%= Vw/Vv*100		12,88	%
Grado de Saturación de aire Ga%		87,12	%



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



DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:

PARROQUIA: Picaihua - Sigsipamba

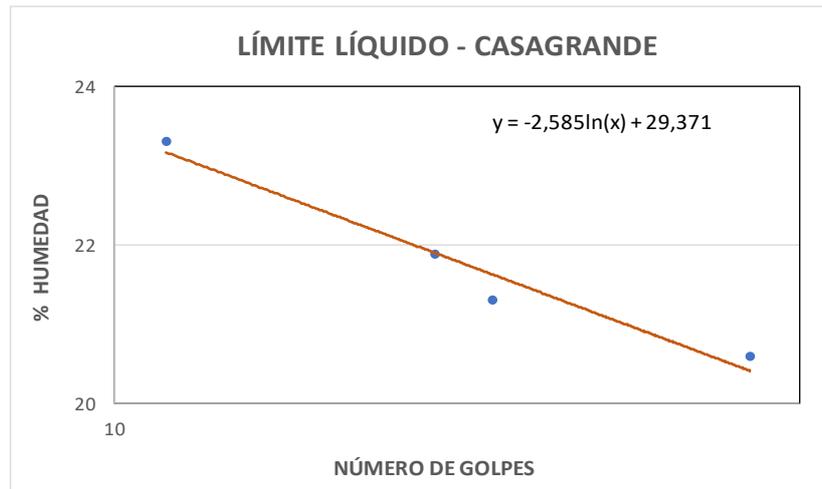
CAPA VEGETAL: 20 cm

MUESTRA: 1 INICIO

PROFUNDIDAD: 70 cm

COORDENADAS: 17 S 769186 m 9859102 m

LÍMITE LÍQUIDO					
Nº GOLPES	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	%W _{PROM}
11	10,90	21,50	19,50	23,26	23,32
	12,10	21,60	19,80	23,38	
18	11,20	21,40	19,60	21,43	21,89
	11,00	21,40	19,50	22,35	
20	11,00	21,40	19,60	20,93	21,31
	11,40	21,50	19,70	21,69	
32	11,30	21,20	19,50	20,73	20,59
	11,00	21,60	19,80	20,45	
LÍMITE LÍQUIDO:				21,05	



LÍMITE PLÁSTICO				
Identificación	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w
# 3	10,70	12,50	12,20	20,00
# 11	10,60	12,70	12,30	23,53
# 10	10,70	12,40	12,10	21,43
# 16	10,70	13,10	12,70	20,00
# 15	10,60	12,30	12,00	21,43
PROMEDIO W% (LP)				20,71
IP = LL - LP	0,34			



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



DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA

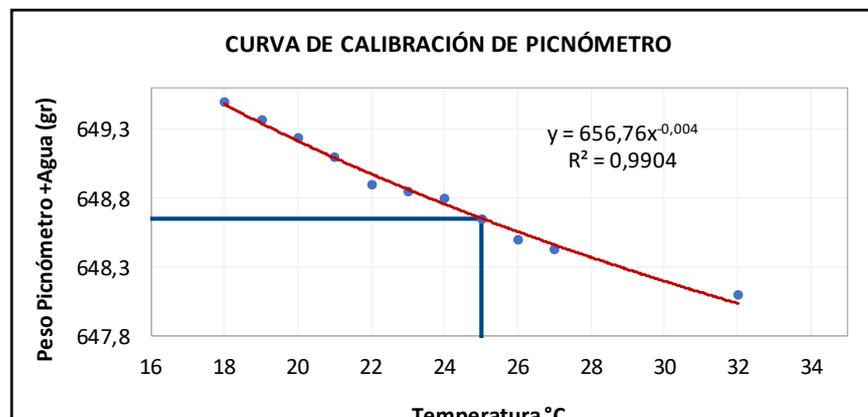
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Picaihua - Sigsipamba	CAPA VEGETAL:	20 cm
MUESTRA:	1 INICIO	PROFUNDIDAD:	70 cm
		COORDENADAS:	17 S 769186 m 9859102 m

GRAVEDAD ESPECÍFICA	
Temperatura del agua + suelo	23
Peso del recipiente + suelo seco	115,8
Peso del recipiente (Wr)	66,9
Peso del suelo seco (Ws)	48,9
Peso picnómetro+agua (Wbw)	648,85
Ws+Wbw	697,75
Peso picnómetro+agua+suelo (Wbws)	678,2
Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)- Wbws	19,55
Factor de correlación por temperatura K	0,99933
Gravedad específica (Gs)	2,500

Calibración del Picnómetro	
Temperatura °C	Masa (gr)
18	649,50
19	649,37
20	649,23
21	649,10
22	648,90
23	648,85
24	648,80
25	648,65
26	648,50
27	648,43
32	648,10





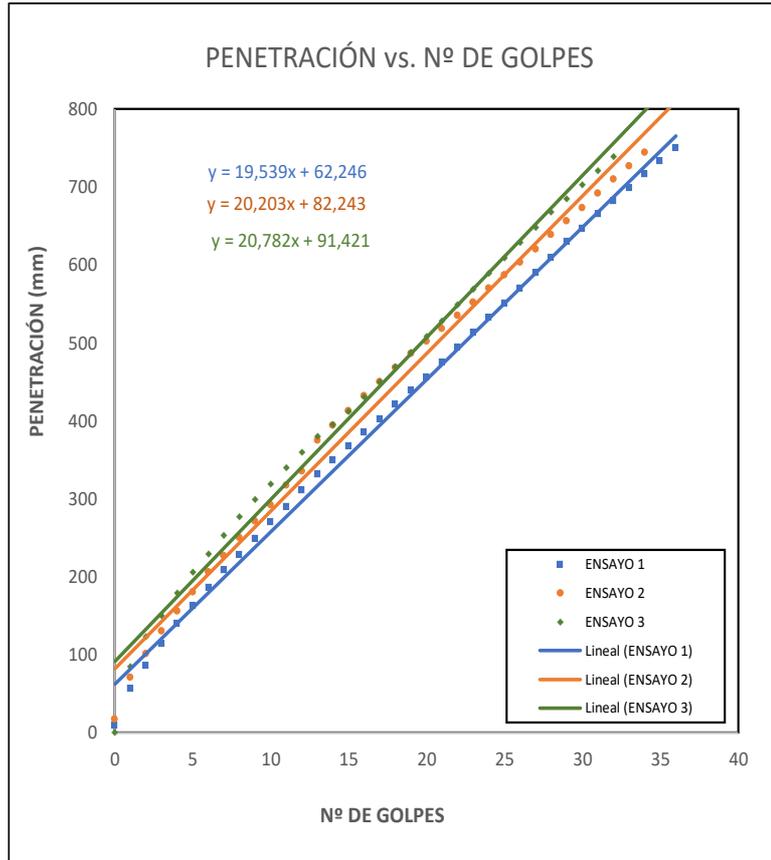
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO DE PENETRACIÓN (DCP)



CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS
PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE
 TUNGURAHUA

PARROQUIA: Picaihua - Sigsipamba **CAPA VEGETAL:** 20 cm
MUESTRA: 1 **INICIO** **PROFUNDIDAD:** 70 cm
COORDENADAS: 17 S 769186 m 9859102 m

ENSAYO DCP			
Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	9	17	0
1	56	71	85
2	86	101	123
3	114	130	150
4	140	156	179
5	163	180	206
6	186	206	229
7	208	227	253
8	228	250	277
9	249	271	299
10	270	292	319
11	290	317	340
12	311	335	360
13	331	375	380
14	349	394	395
15	367	413	412
16	385	432	431
17	402	450	450
18	421	468	469
19	439	486	488
20	456	502	508
21	475	518	528
22	494	535	549
23	513	552	569
24	532	570	589
25	551	587	609
26	570	603	629
27	590	620	648
28	609	639	668
29	630	656	685
30	647	673	703
31	665	692	721
32	682	710	739
33	699	727	
34	716	744	
35	733		
36	750		



DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	20,17
2	
3	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PRÓCTOR MODIFICADO "B")

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS HUACHI GRANDE Y SANTA ROSA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Picaihua - Sigsipamba	CAPA VEGETAL:	20 cm
MUESTRA:	1 INICIO	PROFUNDIDAD:	70 cm
FECHA:		COORDENADAS:	17 S 769186 m 9859102 m

ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	14033	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2328,78	cm ³
Energía de Compactación (lb pie/pie)	55986	Normas	AASHTO	T-180	Ø _{int} (cm):	15,22
					h (cm):	12,8
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	

PROCESO DE COMPACTACIÓN

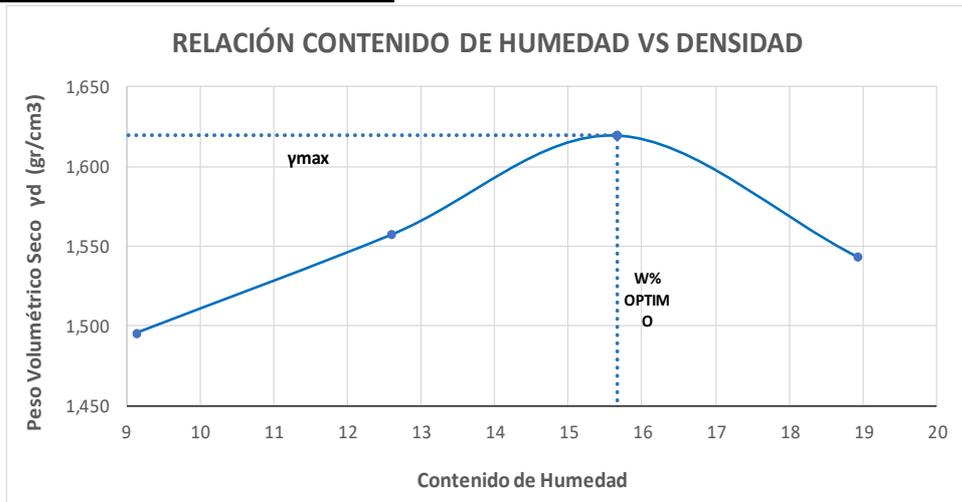
Ensayo Número	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	9%	12%	15%	18%
P. molde+Suelo húmedo (gr)	17835	18117	18396	18308
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3802	4084	4363	4275
Peso unitario húmedo γ _m (gr/cm ³)	1,633	1,754	1,874	1,836

DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente número	#28	#82	#96	#77	#64	#97	#5	#7
Peso del recipiente W _r	23,1	30,6	31,4	30,9	30,7	33,2	32,5	32,8
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	95,5	97,9	96,6	97,1	96,2	98,4	98,6	97,4
Rec+suelo seco W _s + W _m	89,4	92,3	89,3	89,7	87,4	89,5	87,7	87,5
Peso sólidos W _s	66,3	61,7	57,9	58,8	56,7	56,3	55,2	54,7
Peso del agua W _w	6,1	5,6	7,3	7,4	8,8	8,9	10,9	9,9
Cont. Humedad ω%	9,20	9,08	12,61	12,59	15,52	15,81	19,75	18,10
Cont. Humedad promedio ω%	9,14		12,60		15,66		18,92	
Peso Volumétrico Seco γ _d (gr/cm ³)	1,496		1,558		1,620		1,544	

DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA

Cont. Humedad promedio ω%	15,66
Peso Volumétrico Seco γ _d (gr/cm ³)	1,62





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR

**PROYECTO:**

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Picaihua - Sigsipamba	CAPA VEGETAL:	20 cm
MUESTRA:	1 INICIO	PROFUNDIDAD:	70 cm
		COORDENADAS:	17 S 769186 m 9859102 m

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAÍDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	DENSIDAD MÁX SECA (gr/cm³)	1,62 W% ÓPTIMO 15,66 %

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

MOLDE	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo
P. Hum. + Molde (gr)	12526	12731	12357	12643	13346	13750
Peso Molde (gr)	8339	8339	8339	8339	9564	9564
P. Humedo (gr)	4187	4392	4018	4304	3782	4186
Volumen Muestra (cm ³)	2298,43	2298,43	2298,43	2298,43	2331,72	2331,72
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1,822	1,911	1,748	1,873	1,622	1,795
Densidad Seca (gr/cm ³)	1,594	1,583	1,530	1,531	1,417	1,435
Den. Seca Prom. (gr/cm ³)	1,588		1,531		1,426	

CONTENIDOS DE HUMEDAD

Cond. Muestra	Antes del Remojo		Después del Remojo		Antes del Remojo		Después del Remojo		Antes del Remojo		Después del Remojo	
Recipiente N°	# 35	# 36	# 31	# 32	# 31	# 32	# 29	# 30	# 29	# 30	# 31	# 32
P. Hum. + Recipiente (gr)	61,5	60,7	60	60,9	58,3	59	60,7	64,3	65,3	64,9	61,5	60,1
P. Seco + Recipiente (gr)	54,8	54,1	50,7	52,1	52	52,6	51,4	53,6	57,9	57,8	50,7	49,6
Peso Recipiente (gr)	7,9	7,8	7,8	7,6	7,8	7,7	7,8	7,6	7,9	7,7	7,8	7,6
Peso Agua (gr)	6,7	6,6	9,3	8,8	6,3	6,4	9,3	10,7	7,4	7,1	10,8	10,5
Peso de Sólidos (gr)	46,9	46,3	42,9	44,5	44,2	44,9	43,6	46	50	50,1	42,9	42
Contenido Humedad %	14,29	14,25	21,68	19,78	14,25	14,25	21,33	23,26	14,80	14,17	25,17	25,00
Con. Hum. Prom. %	14,27 %		20,73 %		14,25 %		22,30 %		14,49 %		25,09 %	

ESPONJAMIENTO

MOLDE	# 1				# 2			# 3		
LECTURA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		
		plg	mm		plg	mm		plg	mm	
17/08/2019	0	0,01	0,25	0	0,005	0,13	0	0	0,00	
18/08/2019	0,01			0,005			0			

MOLDE	1	2	3
Altura (cm)	12,6	12,6	12,6
Diametro (cm)	15,24	15,24	15,35
(cm ³)	2298,43	2298,43	2331,72
Peso (gr)	8339	8339	9564



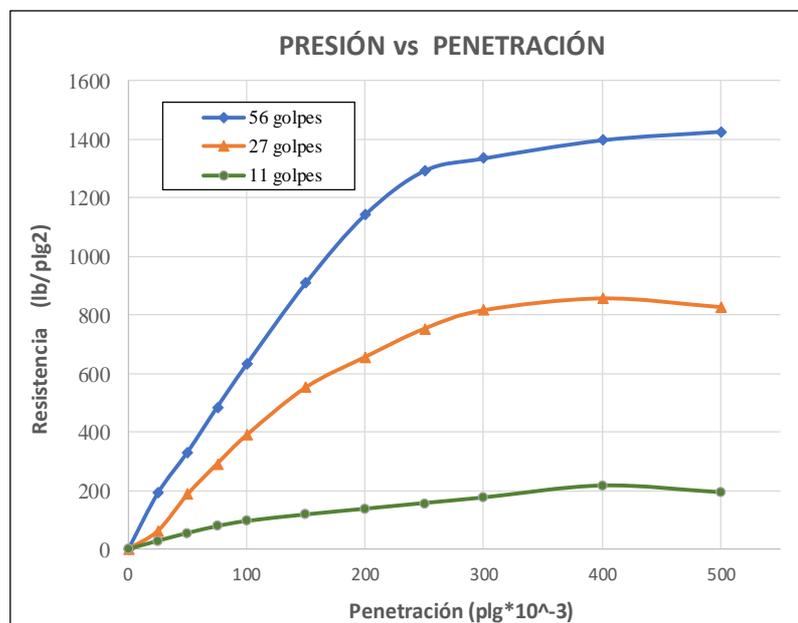
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO CBR



CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Picaihua - Sigsipamba **CAPA VEGETAL:** 20 cm
MUESTRA: 1 INICIO **PROFUNDIDAD:** 70 cm
COORDENADAS: 17 S 769186 m 9859102 m

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)														
ÁREA DE PISTÓN:		3 plg ²		NORMA:	ASTM D-1883		VELOCIDAD DE CARGA	1,27 mm/min (0,05 pulg/min)						
PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/plg ²)	MOLDE N° 1 (56 Golpes)				MOLDE N° 2 (27 Golpes)				MOLDE N° 3 (11 golpes)			
			Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
mm	plg *10 ⁻³	Leída		Corregida	Leída			Corregida	Leída			Corregida	Leída	
0	0		0	0			0	0			0	0		
0,64	25		576,3	192,1			188,6	62,87			83,8	27,93		
1,27	50		996,6	332,2			563,6	187,9			163,6	54,53		
1,91	75		1457,9	486			876,9	292,3			233,9	77,97		
2,54	100	1000	1899,0	633	633,00	63,3	1173,3	391,1	391,1	39,11	286,3	95,43	95,433	9,543
3,81	150		2732,6	910,9			1662,3	554,1			353,3	117,8		
5,08	200	1500	3430,4	1143	1143,47	76,23	1973,6	657,9	657,87	43,86	411,2	137,1	137,07	9,14
6,35	250		3879,5	1293			2263,9	754,6			469,6	156,5		
7,62	300		4006,6	1336			2453,0	817,7			526,3	175,4		
10,16	400		4193,6	1398			2573,9	858			648,1	216		
12,70	500		4280,9	1427			2484,6	828,2			579,4	193,1		





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

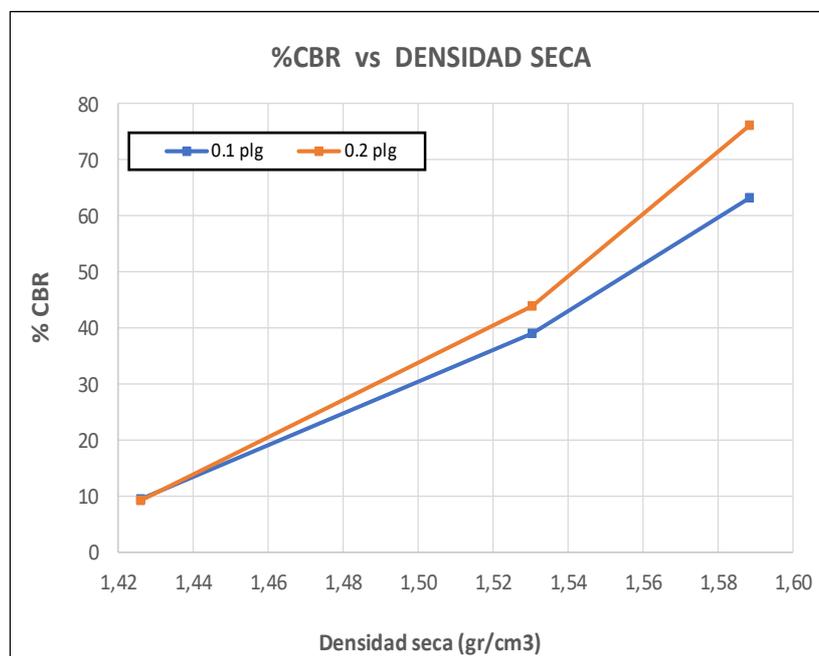


ENSAYO CBR

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Picaihua - Sigsipamba	CAPA VEGETAL:	20 cm
MUESTRA:	1 INICIO	PROFUNDIDAD:	70 cm
		COORDENADAS:	17 S 769186 m 9859102 m

MOLDE		1	2	3
CBR %	0,1''	63,30	39,11	9,54
	0,2''	76,23	43,86	9,14
Densidad Seca	gr/cm3	1,588	1,531	1,426



Densidad seca máx :	1,62
---------------------	------

Densidad seca máx	%CBR-0,1 plg	%CBR - 0,2 plg	MAYOR % CBR
90% DSM = 1,458	18,3	20	20
95% DSM = 1,539	42,4	49	49



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



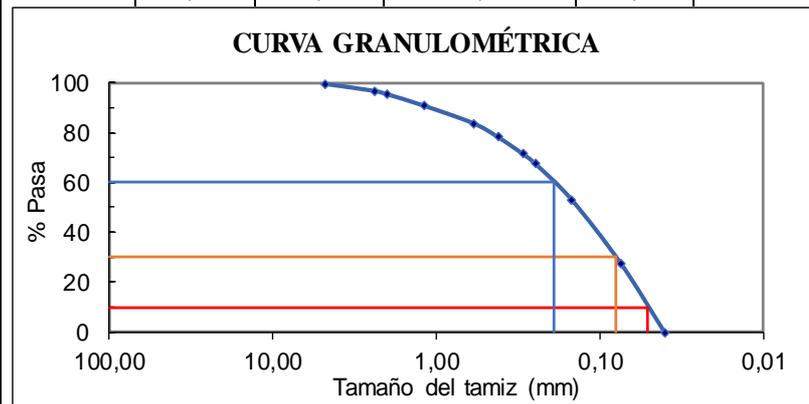
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO,
 PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Picaihua - Sigsipamba	CAPA VEGETAL: 20 cm
MUESTRA: 2 FIN	PROFUNDIDAD: 50 cm
	COORDENADAS: 17 S 770456 m 9860157 m

HUMEDAD IN SITU					
Identificación	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% W _{nat.}	% W _{PROM.}
#40	24,00	84,30	82,90	2,38	2,29
#54	30,50	81,50	80,40	2,20	
#57	30,90	89,30	88,00	2,28	

GRANULOMETRÍA					
NORMA:	AASHTO T-87-70 y T-88-70		W _{SECO} (gr) =		252
TAMIZ	mm	W _{Retenido}	W _{RET. ACUM.}	% RET. ACUM.	% PASA
# 4	4,76	1,20	1,20	0,48	99,52
# 8	2,38	7,10	8,30	3,29	96,71
# 10	2,00	3,20	11,50	4,56	95,44
# 16	1,19	11,60	23,10	9,17	90,83
# 30	0,595	17,60	40,70	16,15	83,85
# 40	0,420	13,90	54,60	21,67	78,33
# 50	0,297	16,80	71,40	28,33	71,67
# 60	0,250	9,60	81,00	32,14	67,86
# 100	0,149	36,60	117,60	46,67	53,33
# 200	0,074	64,90	182,50	72,42	27,58
# fuente	0,04	68,90	69,50	27,58	



COEFICIENTES DEL SUELO			
D10 en mm	0,051	Cu = D60 / D10	3,73
D30 en mm	0,080	Cc = D30 ² / (D60 * D10)	0,66
D60 en mm	0,190	Tamaño Nominal Máximo (TNM)	0,595 mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE CAMPO



PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN
 SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN
 AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Picaihua - Sigsipamba	CAPA VEGETAL:	20 cm
MUESTRA:	2 FIN	PROFUNDIDAD:	50 cm
		COORDENADAS:	17 S 770456 m 9860157 m

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda gr.	Wm+Rec		680,00
Peso de la funda gr.	Rec		4,80
Peso de la masa del suelo gr.	Wm = Wm+Rec-Rec		675,20
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena			6290,00
Peso final frasco + cono + arena			5300,00
Peso arena en el cono (Calibración del cono)			343,00
Peso arena en la perforación			647,00
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración arena)			1,588
Volumen de la perforación	Vm		407,43
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente número #		#54	#57
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	81,50	89,30
Peso seco + recipiente	Ws+rec	80,40	88,00
Peso recipiente	rec	30,50	30,90
Peso del agua	Ww	1,10	1,30
Peso de los sólidos	Ws	49,90	57,10
Contenido de humedad	w%	2,20	2,28
Contenido de humedad promedio	w%	2,24	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos	Vv =	13,69	-
Va =	Va =	12,39	0,00
Vw =	Vw =	1,30	1,30
Vs =	Vs =	21,55	57,10
Vm =	Vm =	35,24	58,40
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (γm) (densidad húmeda)		1,657	gr/cm ³
Densidad seca (γd)		1,621	gr/cm ³
Contenido de humedad w%		2,24	%
Relación de vacíos e = Vv/Vs		0,64	natural
Porosidad n% = Vv/Vm*100		38,86	%
Grado de Saturación de agua Gw% = Vw/Vv*100		9,49	%
Grado de Saturación de aire Ga%		90,51	%



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

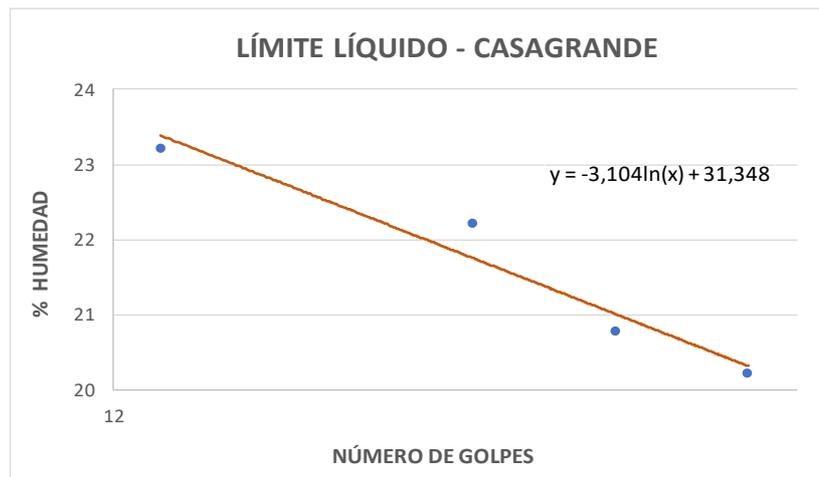


DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO
 CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS
 GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO,
 PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:

PARROQUIA: Picaihua - Sigsipamba **CAPA VEGETAL:** 20 cm
MUESTRA: 2 FIN **PROFUNDIDAD:** 50 cm
COORDENADAS: 17 S 770456 m 9860157 m

LÍMITE LÍQUIDO					
Nº GOLPES	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	%W _{PROM}
13	11,30	21,40	19,50	23,17	23,21
	11,00	21,60	19,60	23,26	
22	11,40	21,80	19,90	22,35	22,22
	11,30	21,80	19,90	22,09	
28	10,90	21,70	19,80	21,35	20,79
	10,80	21,50	19,70	20,22	
35	11,10	21,60	19,80	20,69	20,23
	11,20	21,50	19,80	19,77	
LÍMITE LÍQUIDO:				21,36	



LÍMITE PLÁSTICO				
Identificación	W _{CÁPS.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w
# 9	10,70	11,90	11,70	20,00
# 31	10,70	12,00	11,70	30,00
# 13	10,50	11,80	11,60	18,18
# 12	10,60	11,60	11,40	25,00
# 17	10,80	11,50	11,40	16,67
PROMEDIO W% (LP)				18,28
IP = LL - LP	3,07			



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



DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:

PARROQUIA: Picaihua - Sigsipamba

CAPA VEGETAL: 20 cm

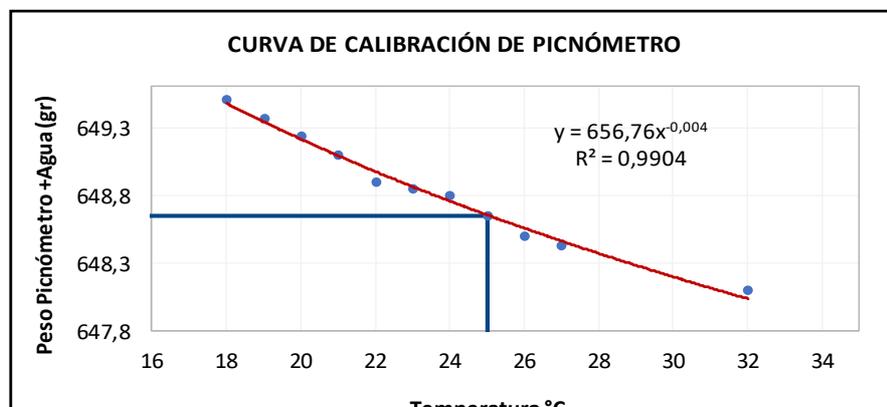
MUESTRA: 2 FIN

PROFUNDIDAD: 50 cm

COORDENADAS: 17 S 770456 m 9860157 m

GRAVEDAD ESPECÍFICA	
Temperatura del agua + suelo	25
Peso del recipiente + suelo seco	114,3
Peso del recipiente (W_r)	64,5
Peso del suelo seco (W_s)	49,8
Peso picnómetro+agua (W_{bw})	648,65
W_s+W_{bw}	698,45
Peso picnómetro+agua+suelo (W_{bws})	679,9
Deslizamiento del agua (W_s+W_{bw})- W_{bws}	18,55
Factor de correlación por temperatura K	0,99884
Gravedad específica (G_s)	2,682

Calibración del Picnómetro	
Temperatura °C	Masa (gr)
18	649,50
19	649,37
20	649,23
21	649,10
22	648,90
23	648,85
24	648,80
25	648,65
26	648,50
27	648,43
32	648,10





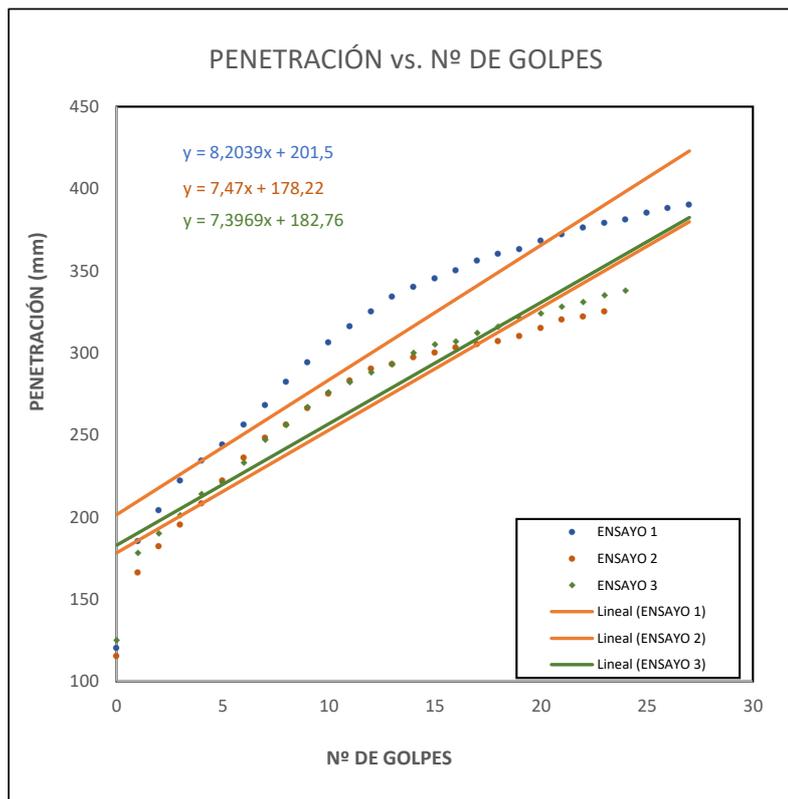
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO DE PENETRACIÓN (DCP)



CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS
PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Picaihua - Sigsipamba **CAPA VEGETAL:** 20 cm
MUESTRA: 2 FIN **PROFUNDIDAD:** 50 cm
COORDENADAS: 17 S 770456 m 9860157 m

ENSAYO DCP			
Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	120	115	125
1	185	166	178
2	204	182	190
3	222	195	201
4	234	208	214
5	244	222	221
6	256	236	233
7	268	248	247
8	282	256	256
9	294	266	267
10	306	275	276
11	316	283	282
12	325	290	288
13	334	293	293
14	340	297	300
15	345	300	305
16	350	303	307
17	356	305	312
18	360	307	316
19	363	310	321
20	368	315	324
21	372	320	328
22	376	322	331
23	379	325	335
24	381		338
25	385		
26	388		
27	390		



DN (mm/golpe)		DN (prom)
1	8,204	
2	7,47	
3	7,397	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PRÓCTOR MODIFICADO "B")

PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS HUACHI GRANDE Y SANTA ROSA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

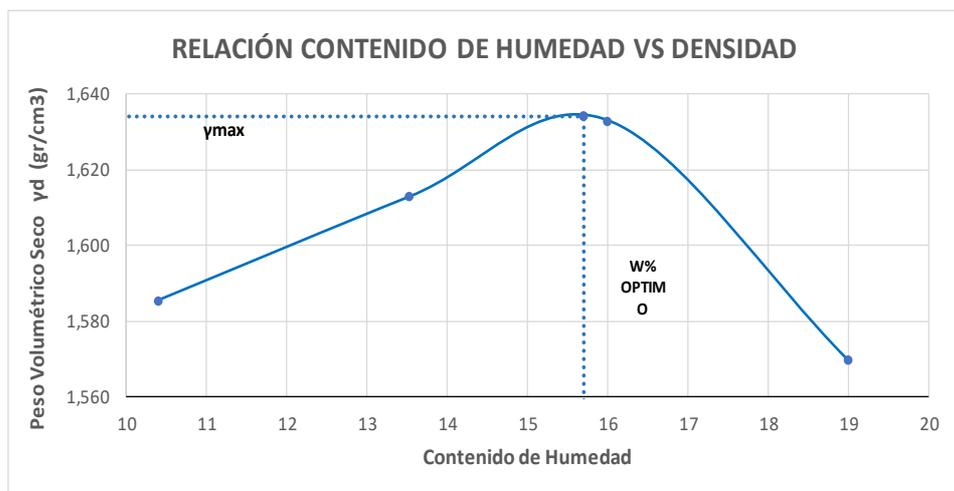
PARROQUIA:	Picaihua - Sigsipamba	CAPA VEGETAL:	20 cm
MUESTRA:	2 FIN	PROFUNDIDAD:	50 cm
FECHA:		COORDENADAS:	17 S 770456 m 9860157 m

ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR							
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	14033	gr	
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2328,78	cm ³	
Energía de Compactación (lb pie/pie ³)	55986	Normas: AASHTO	T-180	Ø _{int} (cm):	15,22	h (cm):	12,8
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000		

PROCESO DE COMPACTACIÓN				
Ensayo Número	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	9%	12%	15%	18%
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18109	18297	18444	18383
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4076	4264	4411	4350
Peso unitario húmedo γm (gr/cm ³)	1,750	1,831	1,894	1,868

DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	#103	#32	#45	#76	#66	#106	#21	#22
Peso del recipiente Wr	30,8	26,4	23,5	30,7	30,9	30,9	63,7	60,8
Rec+suelo húmedo Wr+Wm	93,8	97,2	97,8	96,5	98,4	94,5	176,4	185,9
Rec+suelo seco Ws + Wm	87,9	90,5	88,9	88,7	88,7	86,1	157,3	167,2
Peso sólidos Ws	57,1	64,1	65,4	58	57,8	55,2	93,6	106,4
Peso del agua Ww	5,9	6,7	8,9	7,8	9,7	8,4	19,1	18,7
Cont. Humedad ω%	10,33	10,45	13,61	13,45	16,78	15,22	20,41	17,58
Cont. Humedad promedio ω%	10,39		13,53		16,00		18,99	
Peso Volumétrico Seco γd (gr/cm ³)	1,585		1,613		1,633		1,570	

DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA		
Cont. Humedad promedio ω%	15,7	
Peso Volumétrico Seco γd (gr/cm ³)	1,634	





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR



CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PROYECTO:

PARROQUIA:	Picaihua - Sigsipamba	CAPA VEGETAL:	20 cm
MUESTRA:	2 FIN	PROFUNDIDAD:	50 cm
		COORDENADAS:	17 S 770456 m 9860157 m

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAÍDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	DENSIDAD MÁX SECA (gr/cm³)	1,634
		W% ÓPTIMO	15,70 %

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

MOLDE	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo
P. Hum. + Molde (gr)	12790	12914	12617	12805	13460	13733
Peso Molde (gr)	8339	8339	8339	8339	9564	9564
P. Humedo (gr)	4451	4575	4278	4466	3896	4169
Volumen Muestra (cm ³)	2298,43	2298,43	2298,43	2298,43	2331,72	2331,72
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1,937	1,990	1,861	1,943	1,671	1,788
Densidad Seca (gr/cm ³)	1,688	1,661	1,625	1,641	1,449	1,477
Den. Seca Prom. (gr/cm ³)	1,674		1,633		1,463	

CONTENIDOS DE HUMEDAD

Cond. Muestra	Antes del Remojo		Después del Remojo		Antes del Remojo		Después del Remojo		Antes del Remojo		Después del Remojo	
Recipiente N°	# 33	# 34	# 97	# 32	# 97	# 82	# 97	# 82	# 29	# 30	# 82	# 66
P. Hum. + Recipiente (gr)	61,8	63,6	86,7	79,9	85,5	82,2	85,9	81,6	62,8	61,4	84,5	83,9
P. Seco + Recipiente (gr)	55,1	56,2	77,2	71,7	78,8	75,7	77,5	73,9	55,2	54,6	74,8	75
Peso Recipiente (gr)	7,9	7,8	33,2	26,4	33,2	30,7	33,2	30,7	7,9	7,7	30,7	30,9
Peso Agua (gr)	6,7	7,4	9,5	8,2	6,7	6,5	8,4	7,7	7,6	6,8	9,7	8,9
Peso de Sólidos (gr)	47,2	48,4	44	45,3	45,6	45	44,3	43,2	47,3	46,9	44,1	44,1
Contenido Humedad %	14,19	15,29	21,59	18,10	14,69	14,44	18,96	17,82	16,07	14,50	22,00	20,18
Con. Hum. Prom. %	14,74 %		19,85 %		14,57 %		18,39 %		15,28 %		21,09 %	

ESPONJAMIENTO

MOLDE	# 1				# 2				# 3			
LECTURA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		plg	mm		plg	mm		plg	mm		plg	mm
26/09/2019	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0,03	0,03	0,76		
27/09/2019	0			0								

MOLDE	1	2	3
Altura (cm)	12,6	12,6	12,6
Diametro (cm)	15,24	15,24	15,35
(cm ³)	2298,43	2298,43	2331,72
Peso (gr)	8339	8339	9564



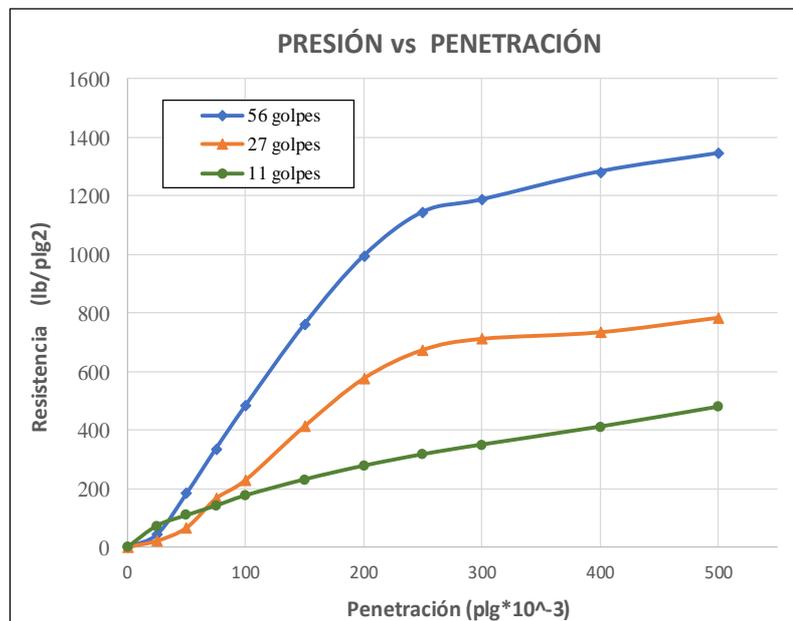
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO CBR



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA: Picaihua - Sigsipamba **CAPA VEGETAL:** 20 cm
MUESTRA: 2 FIN **PROFUNDIDAD:** 50 cm
COORDENADAS: 17 S 770456 m 9860157 m

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)														
ÁREA DE PISTÓN:			3 plg ²		NORMA:		ASTM D-1883		VELOCIDAD DE CARGA			1,27 mm/min (0,05 pulg/min)		
PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/plg ²)	MOLDE N° 1 (56 Golpes)				MOLDE N° 2 (27 Golpes)				MOLDE N° 3 (11 golpes)			
			Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
mm	plg * 10 ⁻³	Leída		Corregida	Leída			Corregida	Leída			Corregida	Leída	
0	0		0	0			0	0			0	0		
0,64	25		129,6	43,2			63,3	21,1			219,6	73,2		
1,27	50		549,9	183,3			198,3	66,1			326,6	108,9		
1,91	75		1011,2	337,1			498,4	166,1			424,6	141,5		
2,54	100	1000	1452,3	484,1	484,10	48,41	688,2	229,4	229,4	22,94	529,8	176,6	176,6	17,66
3,81	150		2285,9	762			1240,9	413,6			693,3	231,1		
5,08	200	1500	2983,7	994,6	994,57	66,30	1730,2	576,7	576,73	38,45	833,3	277,8	277,767	18,52
6,35	250		3432,8	1144			2023,8	674,6			950,8	316,9		
7,62	300		3559,9	1187			2137,6	712,5			1050,0	350		
10,16	400		3846,9	1282			2204,9	735			1233,6	411,2		
12,70	500		4034,2	1345			2353,8	784,6			1437,6	479,2		





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



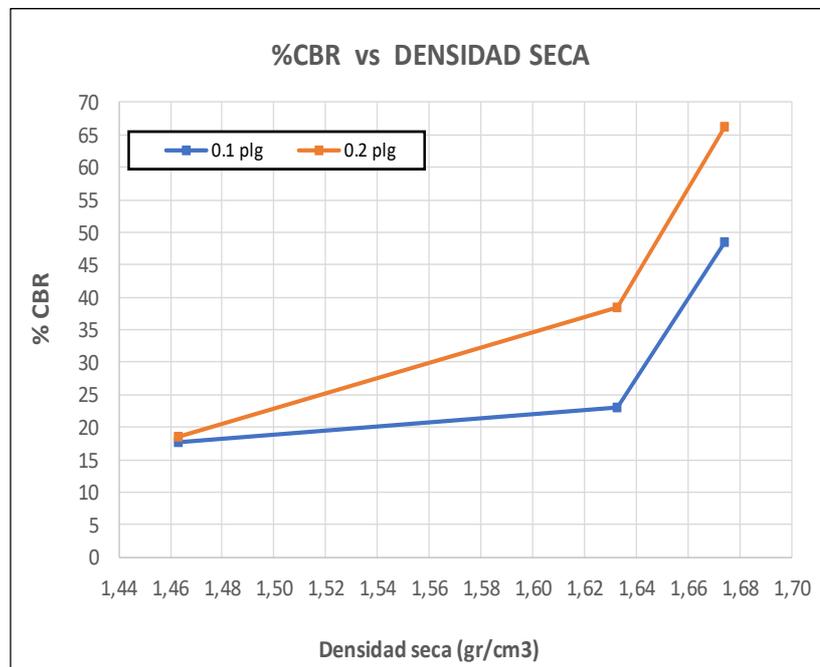
ENSAYO CBR

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS

PROYECTO: GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

PARROQUIA:	Picaihua - Sigsipamba	CAPA VEGETAL:	20 cm
MUESTRA:	2 FIN	PROFUNDIDAD:	50 cm
		COORDENADAS:	17 S 770456 m 9860157 m

MOLDE		1	2	3
CBR %	0,1 "	48,41	22,94	17,66
	0,2 "	66,30	38,45	18,52
Densidad Seca	gr/cm ³	1,674	1,633	1,463



Densidad seca máx :	1,634
---------------------	-------

Densidad seca máx	%CBR-0,1 plg	%CBR - 0,2 plg	MAYOR % CBR
90% DSM = 1,471	18	19,8	19,8
95% DSM = 1,552	20,3	29	29

Anexo B: Tablas de conteo de tráfico

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA														
CONTAJE DE TRÁFICO VOLUMÉTRICO														
PROYECTO:		Medición de tráfico			ESTACIÓN No: coordenadas, GPS			UBICACIÓN: Izamba - San Vicente			SENTIDO: Sur - Norte			
FECHA:		02/12/2019			DÍA: lunes			ESTADO DEL TIEMPO: nublado			RESPONSABLE: Vanessa Amaya		HOJA No: 1	
HORA	HORA	LIVIANOS			BUSES			CAMIONES				OTROS No EJES	SUMATORIA TOTAL POR HORA	
		AUTOMOVILES 	CAMIONETAS 	MOTOS 	LIVIANOS 	MEDIANOS 	PESADOS 	LIVIANOS 	DOS EJES 	TRES EJES 	>TRES EJES 			
8H00	8H00	11	17		1			5						34
	8H15	3	12	1				2						18
	8H30	6	20					4						30
	8H45	4	12	1				3	1					21
	9H00	SUM PARCIAL	24	61	2	1	0	0	14	1	0	0	0	103
9H00	9H00	11	17	2				4						34
	9H15	13	22					1						36
	9H30	7	15	2	1			7	1					33
	9H45	6	13					3						22
	10H00	SUM PARCIAL	37	67	4	1	0	0	15	1	0	0	0	125
10H00	10H00	10	24		1			2						37
	10H15	12	17	1				3						33
	10H30	8	16		1			5						30
	10H45	13	13	1				6						33
	11H00	SUM PARCIAL	43	70	2	2	0	0	16	0	0	0	0	133
11H00	11H00	9	18		1			5						33
	11H15	9	9					3						21
	11H30	11	14		1			4						30
	11H45	10	11					9						30
	12H00	SUM PARCIAL	39	52	0	2	0	0	21	0	0	0	0	114
12H00	12H00	12	13					4	1					30
	12H15	15	19		1			2						37
	12H30	9	17		1			1						28
	12H45	12	8	4	1			4						29
	13H00	SUM PARCIAL	48	57	4	3	0	0	11	1	0	0	0	124

13H00	13H00	20	19	3	1			6	2				51
	13H15												
	13H15	13	15		1			6					35
	13H30												
	13H45	19	12	1	2			7	1				42
14H00	13H45												
	14H00	14	20	1	2			8	1				46
SUM PARCIAL		66	66	5	6	0	0	27	4	0	0	0	174
14H00	14H00	16	13					2					31
	14H15												
	14H15	7	14	1	1			2	1				26
	14H30												
	14H45	9	17	1				3					30
15H00	14H45												
	15H00	13	13		2			3					31
SUM PARCIAL		45	57	2	3	0	0	10	1	0	0	0	118
15H00	15H00	6	24	1				3					34
	15H15												
	15H15	10	6	1				4	3				24
	15H30												
	15H45	13	12	1	1			4					31
16H00	15H45												
	16H00	7	18	2				2					29
SUM PARCIAL		36	60	5	1	0	0	13	3	0	0	0	118
16H00	16H00	15	10	2				1	1				29
	16H15												
	16H15	17	13	1				2	2				35
	16H30												
	16H45	11	11					2	1				25
17H00	16H45												
	17H00	9	11		2			2					24
SUM PARCIAL		52	45	3	2	0	0	7	4	0	0	0	113
17H00	17H00	10	11					4					25
	17H15												
	17H15	13	8	1	1			2					25
	17H30												
	17H45	18	9	3				1					31
18H00	17H45												
	18H00	8	13		1			1					23
SUM PARCIAL		49	41	4	2	0	0	8	0	0	0	0	104
18H00	18H00	8	7	1				1	1				18
	18H15												
	18H15	12	3		1								16
	18H30												
	18H45	20	14	2				1	1				38
19H00	18H45												
	19H00	11	16	1				3					31
SUM PARCIAL		51	40	4	1	0	0	5	2	0	0	0	103

19H00	19H00	10	8	1				3					22
	19H15												
	19H30	9	5		1			1					16
	19H45	20	17	3				4					44
	19H45	23	7	2	2			3					37
20H00	20H00	23	7	2	2			3					37
SUM PARCIAL		62	37	6	3	0	0	11	0	0	0	0	119

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CONTAJE DE TRÁFICO VOLUMÉTRICO**

PROYECTO: Medición de tráfico ESTACIÓN No: coordenadas, GPS UBICACIÓN: Izamba - San Vicente SENTIDO: Sur - Norte
 FECHA: 02/12/2019 DIA: lunes ESTADO DEL TIEMPO: nublado RESPONSABLE: Vanessa Amaya HOJA No: 1

HORA	HORA	LIVIANOS			BUSES			CAMIONES				OTROS No Ejes	SUMA TOTAL POR HORA
		AUTOMOVILES	CAMIONETAS	MOTOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	DOS EJES		TRES EJES	>TRES EJES		
													
8H00	8H00	5	8	1		1		3					18
	8H15												
	8H15	10	15					2					27
	8H30												
	8H30	9	10			1		1					21
9H00	8H45												
	9H00	7	14	1				1					23
SUM PARCIAL		31	47	2	0	2	0	7	0	0	0	0	89
9H00	9H00	10	17			2		5					34
	9H15												
	9H15	12	17					4	2				35
	9H30												
	9H30	12	24		1	3		4	1				45
10H00	9H45												
	10H00	15	8		1			4					28
SUM PARCIAL		49	66	0	2	5	0	17	3	0	0	0	142
10H00	10H00	14	13	1		1		1					30
	10H15												
	10H15	12	9	1	1			5					28
	10H30												
	10H30	11	13	1		1		3					29
11H00	10H45												
	11H00	13	13			1		5	1				33
SUM PARCIAL		50	48	3	1	3	0	14	1	0	0	0	120
11H00	11H00	16	13			1		7					37
	11H15												
	11H15	17	15			1		3					36
	11H30												
	11H30	12	16		2			2					32
12H00	11H45												
	12H00	14	21		2	2		4					43
SUM PARCIAL		59	65	0	4	4	0	16	0	0	0	0	148
12H00	12H00	16	13					5					34
	12H15												
	12H15	13	20			1		6					40
	12H30												
	12H30	12	11	3	1	1		4	1				33
13H00	12H45												
	13H00	16	14	1	2	1		4	2				40
SUM PARCIAL		57	58	4	3	3	0	19	3	0	0	0	147

13H00	13H00	10	15		1	1		4					31
	13H15	8	14	1	2	1		3	3				32
	13H30	24	15		2	1		3					45
	13H45	11	7	1	1			3					23
	14H00												
SUM PARCIAL		53	51	2	6	3	0	13	3	0	0	0	131
14H00	14H00	10	12			2		2					26
	14H15	17	12	2				2	1				34
	14H30	9	15	1	2	2		2					31
	14H45	18	16	1				4					39
	15H00												
SUM PARCIAL		54	55	4	2	4	0	10	1	0	0	0	130
15H00	15H00	15	14		1	2		3					35
	15H15	12	13	2				3					30
	15H30	17	30	1	1	2		10					61
	15H45	6	8					8	1				23
	16H00												
SUM PARCIAL		50	65	3	2	4	0	24	1	0	0	0	149
16H00	16H00	12	12			2		4	1				31
	16H15	12	15	2	1			5					35
	16H30	25	19	1		3		4					52
	16H45	9	4	1	1			3					18
	17H00												
SUM PARCIAL		58	50	4	2	5	0	16	1	0	0	0	136
17H00	17H00	10	10	2				3					25
	17H15	11	7	1		1		2					22
	17H30	15	4					4	1				24
	17H45	9	9	1	1	2		1					23
	18H00												
SUM PARCIAL		45	30	4	1	3	0	10	1	0	0	0	94
18H00	18H00	12	11			1		2	1				27
	18H15	13	18	1				3					35
	18H30	18	5	2	1	1		1					28
	18H45	6	7	1				3					17
	19H00												
SUM PARCIAL		49	41	4	1	2	0	9	1	0	0	0	107

19H00	19H00	10	6	1	1			1					19
	19H15												
	19H30	8	3					2					13
	19H45	22	6	2		2		1					33
	19H45	12	7	1	1	2		3	1				27
20H00	20H00	12	7	1	1	2		3	1				27
SUM PARCIAL		52	22	4	2	4	0	7	1	0	0	0	92

Anexo C: Tablas de pesos y dimensiones

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2 D			7	5,00	2,60	3,00
2DA			10	7,50	2,60	3,50
2DB			18	12,20	2,60	4,10
3-A			27	12,20	2,60	4,10
4-C			31	12,20	2,60	4,10
4-0 octopus			32	12,20	2,60	4,10
V2DB			18	12,20	2,60	4,10
V3A			27	12,20	2,60	4,10
VZS			27	12,20	2,60	4,10
T2			18	8,50	2,60	4,10
T3			27	8,50	2,60	4,10
S3			24	13,00	2,60	4,10
S2			20	13,00	2,60	4,10
S1			11	13,00	2,60	4,10
R2			22	10,00	2,60	4,10
R3			31	10,00	2,60	4,10
B1			11	10,00	2,60	4,10
B2			20	10,00	2,60	4,10
B3			24	10,00	2,60	4,10

Para las unidades de carga (Remolques, semiremolques y remolques balanceados) en la combinación se restará el largo del traslape.

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2S1			29	20,50	2,60	4,30
2S2			38	20,50	2,60	4,30
2S3			42	20,50	2,60	4,30
3S1			38	20,50	2,60	4,30
3S2			47	20,50	2,60	4,30
3S3			48	20,50	2,60	4,30
2R2			40	20,50	2,60	4,30
2R3			48	20,50	2,60	4,30
3R2			48	20,50	2,60	4,30
3R3			48	20,50	2,60	4,30
2B1			29	20,50	2,60	4,30
2B2			38	20,50	2,60	4,30
2B3			42	20,50	2,60	4,30
3B1			38	20,50	2,60	4,30
3B2			47	20,50	2,60	4,30
3B3			48	20,50	2,60	4,30

Anexo D: Fotografías

Figura 65. Excavación de calicata y toma de muestras



Fuente: Vanessa Amaya

Figura 66. Colocaión de la arena de Ottawa en el agujero



Fuente: Vanessa Amaya

Figura 67. Tamizado para el ensayo granulométrico



Fuente: Vanessa Amaya

Figura 68. Tamizado de suelo para la realización de ensayos



Fuente: Vanessa Amaya

Figura 69. Sumersión de cilindros para el ensayo CBR



Fuente: Vanessa Amaya

Figura 70. Conteo de tráfico en la vía Izamba- San Vicente



Fuente: Vanessa Amaya