



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERA CIVIL**

**TEMA:**

---

**“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP,  
PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS  
PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN  
LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”**

---

**AUTORA:** Christel Sofia Paredes Ponluisa

**TUTOR:** Ing. Mg. Alex Gustavo López Arboleda

**AMBATO – ECUADOR**

**Marzo – 2023**

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniera Civil, con el tema: **“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”**; elaborado por la señorita Christel Sofia Paredes Ponluisa, portadora de la cédula de ciudadanía: C.I. 1805049424, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

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

Ambato, marzo 2023

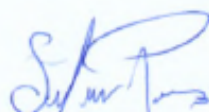
**Ing. Mg. Alex Gustavo López Arboleda**

**TUTOR**

## **AUTORIA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, **Christel Sofia Paredes Ponluisa**, con C.I. 1805049424, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental con el tema: **“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”**, así como también los análisis, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autora del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, marzo 2023



---

**Christel Sofia Paredes Ponluisa**

**C.I. 1805049424**

**AUTORA**

## **DERECHOS DE AUTOR**

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

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

Ambato, marzo 2023



---

**Christel Sofia Paredes Ponluisa**

**C.I. 1805049424**

**AUTORA**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por la estudiante Christel Sofia Paredes Ponluisa, de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el Tema: **“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”**.

Ambato, marzo 2023

Para constancia firman:



**Ing. Mg. Ruth Lorena Pérez Maldonado**  
**MIEMBRO CALIFICADOR**



**Ing. Mg. Galo Wilfrido Núñez Aldas**  
**MIEMBRO CALIFICADOR**

## **DEDICATORIA**

A Dios, mi motor e inspiración diario para levantarme y seguir cumpliendo mis metas, sé que lo que tienes preparado para mí cada día es mejor.

A mis padres Marcelo y Zoilita, estoy segura de que sin su apoyo y amor incondicional quizá no estaría en esta etapa de mi vida, los amo con todo el corazón, me han enseñado a ser fuerte, a no rendirme fácilmente y que cada sacrificio vale la pena, el camino aun es largo, pero mientras estén a mi lado todo será más llevadero.

A mi hermano Eder, su sabiduría, conocimiento e inteligencia me motiva, su apoyo fue fundamental para alcanzar este logro

A mi tía Olivia, por sus sabios consejos y la alegría que trajo a nosotros, así completando nuestro hogar y siendo un pilar fundamental en mi vida.

***Christel Sofia Paredes Ponluisa***

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme la oportunidad de culminar este logro, paso a paso tomándome de la mano y acompañándome aun en los momentos más oscuros, mi fuerza y valentía vienen de ti, te amo profundamente.

Agradezco a la Universidad Técnica de Ambato especialmente a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, por abrirme las puertas y ser la base de los conocimientos que adquiriré en estos años de trayectoria universitaria.

A mi tutor, el ingeniero Alex López, gracias por compartir de su extensa experiencia, juicio y paciencia al resolver problemas presentados en el presente proyecto su, disposición y tiempo fueron de gran ayuda.

A mis padres Marcelo y Zoilita, gracias por amarme constantemente en cada etapa de esta carrera, su apoyo incondicional fue mi impulso, gracias por enseñarme desde muy temprana edad el respeto y responsabilidad que hasta aquí fueron pilares fundamentales en mi formación académica.

Eder, gracias por tu tiempo y paciencia para enseñarme y apoyarme firmemente, tu ejemplo y constancia ha sido mi base para poder alcanzar la meta y sé que juntos podremos alcanzar grandes cosas, lo mejor está por venir hermano.

Christian, tu amor y paciencia fueron esenciales para motivarme desde el día uno, te admiro profundamente, eres valioso en toda la extensión de la palabra, gracias por volar alto conmigo, mis logros son tus logros, te amo.

Britney, gracias por estar ahí, tus risas, alegría y creatividad me inculcan a ser mejor, por acompañarme desde que todo empezó.

A mis compañeros que formaron parte de mi vida académica en esta etapa, gracias.

*Christel Sofia Paredes Ponluisa*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORIA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO.....	1
1.1.    Antecedentes Investigativos.....	1
1.1.1.    Antecedentes.....	1
1.1.2.    Hipótesis.....	8
1.2.    Objetivos.....	9
1.2.1.    Objetivo general.....	9
1.2.2.    Objetivos específicos.....	9
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.....	10
2.1.    Materiales.....	10
2.2.    Métodos.....	17
2.2.1.    Estudios preliminares.....	17
2.2.2.    FASE 1- Recolección y ensayo de muestras.....	19
2.2.3.    FASE 2 - estudio y análisis de correlaciones.....	49
2.2.4.    FASE 3 - Diseño de pavimento.....	55
2.2.5.    FASE 4 - Clasificación y zonificación de suelos.....	69
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	74
3.1.    Análisis y discusión de los resultados.....	74
3.1.1.    FASE 1.....	74
3.1.2.    FASE 2.....	80
3.1.3.    FASE 3.....	110



3.1.4.    FASE 4.....	137
3.2.    Verificación de hipótesis .....	140
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	142
4.1.    Conclusiones.....	142
4.2.    Recomendaciones .....	143
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	144
ANEXOS .....	148
Anexo # 1: Resultados de ensayos.....	150
Anexo # 2: Conteo Vehicular .....	235
Anexo # 3: Fotografías .....	243
Anexo # 4: Mapas .....	247

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Equipos y materiales .....	10
<b>Tabla 2.</b>	Descripción de equipos y materiales .....	12
<b>Tabla 3.</b>	Zonificación del área de estudio .....	17
<b>Tabla 4.</b>	Rutas del área de estudio para toma de muestras.....	18
<b>Tabla 5.</b>	Localización de las muestras extraídas.....	19
<b>Tabla 6.</b>	Nomenclatura de propiedades.....	19
<b>Tabla 7.</b>	Clasificación según tamaño .....	25
<b>Tabla 8.</b>	Clasificación según plasticidad.....	30
<b>Tabla 9.</b>	Clasificación según plasticidad.....	30
<b>Tabla 10.</b>	Clasificación según plasticidad.....	31
<b>Tabla 11.</b>	Clasificación de propiedades índice. ....	32
<b>Tabla 12.</b>	Especificaciones Proctor Modificado .....	34
<b>Tabla 13.</b>	Penetración y carga unitaria patrón CBR .....	35
<b>Tabla 14.</b>	Clasificación de suelos según el CBR .....	36
<b>Tabla 15.</b>	Correlación entre CBR y DCP.....	38
<b>Tabla 16.</b>	Valores de k para TPDA.....	57
<b>Tabla 17.</b>	Tasa de crecimiento anual del trafico .....	58
<b>Tabla 18.</b>	Tipo de vía según TPDA .....	58
<b>Tabla 19.</b>	Periodo de diseño según tipo de carretera .....	59
<b>Tabla 20.</b>	Factor de distribución por carril.....	60
<b>Tabla 21.</b>	Percentil según W18 Total.....	61
<b>Tabla 22.</b>	Nivel de confianza .....	62
<b>Tabla 23.</b>	Desviación estándar .....	62
<b>Tabla 24.</b>	Desviación estándar global .....	63
<b>Tabla 25.</b>	Calidad de drenaje .....	67
<b>Tabla 26.</b>	Coeficientes de drenaje.....	68
<b>Tabla 27.</b>	Espesores mínimos de acuerdo con W18 acumulados .....	68
<b>Tabla 28.</b>	Clasificación SUCS .....	70
<b>Tabla 29.</b>	Clasificación SUCS .....	71
<b>Tabla 30.</b>	Clasificación AASHTO. ....	72
<b>Tabla 31.</b>	Clasificación AASHTO. ....	73

<b>Tabla 32.</b>	Resultados densidad de campo .....	74
<b>Tabla 33.</b>	Resultados DCP .....	75
<b>Tabla 34.</b>	Resultados de granulometría.....	76
<b>Tabla 35.</b>	Resultados de gravedad especifica. ....	76
<b>Tabla 36.</b>	Resultados de límites de Atterberg. ....	77
<b>Tabla 37.</b>	Resultados de compactación .....	78
<b>Tabla 38.</b>	Resultados de CBR .....	79
<b>Tabla 39.</b>	Resumen de los resultados de las propiedades índice.....	78
<b>Tabla 40.</b>	Resumen de los resultados de las propiedades mecánicas.....	79
<b>Tabla 41.</b>	ecuaciones de las correlaciones del suelo .....	108
<b>Tabla 42.</b>	Conteo vehicular Guingopana. ....	110
<b>Tabla 43.</b>	Comportamiento del tránsito Domingo .....	112
<b>Tabla 44.</b>	TPDA actual .....	114
<b>Tabla 45.</b>	Trafico actual del proyecto .....	116
<b>Tabla 46.</b>	Clase de carretera según MOP.....	118
<b>Tabla 47.</b>	Distribución máxima de carga por eje .....	118
<b>Tabla 48.</b>	resumen del factor de daño según el tipo de vehículo .....	119
<b>Tabla 49.</b>	Cálculo de ejes equivalentes .....	120
<b>Tabla 50.</b>	Percentil para CBR de diseño .....	121
<b>Tabla 51.</b>	Valores para a1 .....	124
<b>Tabla 52.</b>	Valores para a2 .....	125
<b>Tabla 53.</b>	Valores para a3 .....	126
<b>Tabla 54.</b>	Coefficiente de drenaje .....	127
<b>Tabla 55.</b>	Datos para determinar el número estructural SN.....	128
<b>Tabla 56.</b>	Estructura del pavimento .....	132
<b>Tabla 57.</b>	Datos para determinar el número estructural SN.....	134
<b>Tabla 58.</b>	Estructura del pavimento .....	136
<b>Tabla 59.</b>	Resultados de clasificación de suelos. ....	137
<b>Tabla 60.</b>	Determinación del coeficiente de correlación. ....	140
<b>Tabla 61.</b>	Significado del coeficiente de correlación.....	141
<b>Tabla 62.</b>	Anexos fotográficos .....	244

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Fig 1.</b> Elementos unitarios de la masa de suelo.....	21
<b>Fig 2.</b> Elementos unitarios de la masa de suelo.....	25
<b>Fig 3.</b> Carta de plasticidad.....	26
<b>Fig 4.</b> Límites de Atterberg .....	27
<b>Fig 5.</b> Copa de Casagrande.....	27
<b>Fig 6.</b> Curva de flujo método copa de Casagrande.....	28
<b>Fig 7.</b> Penetrómetro de cono.....	28
<b>Fig 8.</b> Curva de flujo método penetración de cono. ....	29
<b>Fig 9.</b> Principios de compactación. ....	33
<b>Fig 10.</b> Molde de compactación. ....	33
<b>Fig 11.</b> Cono dinámico de penetración.....	37
<b>Fig 12.</b> Correlación CBR-DCP, ASTM D6951.....	38
<b>Fig 13.</b> Ensayo PCA .....	39
<b>Fig 14.</b> Ensayo densidad de campo .....	40
<b>Fig 15.</b> Ensayo DCP .....	41
<b>Fig 16.</b> Ensayo contenido de humedad.....	41
<b>Fig 17.</b> Ensayo granulometría .....	42
<b>Fig 18.</b> Ensayo gravedad especifica .....	43
<b>Fig 19.</b> Ensayo limite liquido copa Casagrande.....	44
<b>Fig 20.</b> Ensayo limite liquido penetrómetro de cono .....	45
<b>Fig 21.</b> Ensayo limite plástico .....	46
<b>Fig 22.</b> Ensayo Proctor Modificado .....	47
<b>Fig 23.</b> Ensayo CBR.....	48
<b>Fig 24.</b> Tipos de curvas de aproximación.....	50
<b>Fig 25.</b> Curva de mejor ajuste D.....	50
<b>Fig 26.</b> Curva de mejor ajuste D.....	64
<b>Fig 27.</b> Abaco para determinar coeficiente estructural de carpeta asfaltica a1 .....	65
<b>Fig 28.</b> Abaco para determinar coeficiente estructural de base a2.....	66
<b>Fig 29.</b> Abaco determinar coeficiente estructural de subbase a3 .....	67
<b>Fig 30.</b> Carta de plasticidad de Casagrande.....	71
<b>Fig 31.</b> Curva de mejor ajuste D.....	73

<b>Fig 32.</b> Correlación LP-LL .....	80
<b>Fig 33.</b> Correlación Gw-Wnat .....	81
<b>Fig 34.</b> Correlación W óptima-LL.....	82
<b>Fig 35.</b> Correlación $\gamma_d$ máx - W óptima .....	83
<b>Fig 36.</b> Correlación $G_a$ -Wnat .....	84
<b>Fig 37.</b> Correlación $\gamma_d$ máx -LP-LL .....	85
<b>Fig 38.</b> Correlación $\gamma_d$ in situ-W ÓPTIMA- $\gamma_d$ máx.....	86
<b>Fig 39.</b> Correlación $G_c$ -e .....	87
<b>Fig 40.</b> Correlación $\gamma_d$ máx-FINO-LL .....	88
<b>Fig 41.</b> Correlación $\gamma_d$ máx-Wnat .....	89
<b>Fig 42.</b> Correlación $\gamma_d$ in situ-DCP .....	90
<b>Fig 43.</b> Correlación DN-IP .....	91
<b>Fig 44.</b> Correlación DN-Wnat .....	92
<b>Fig 45.</b> Correlación DN-LL.....	93
<b>Fig 46.</b> Correlación DN-LP .....	94
<b>Fig 47.</b> Correlación DN -Gw .....	95
<b>Fig 48.</b> Correlación $\gamma_d$ in situ-DN-LL.....	96
<b>Fig 49.</b> Correlación $\gamma_d$ in situ-DN-LP .....	97
<b>Fig 50.</b> Correlación CBR MAYOR- Wnat - $\gamma_d$ in situ.....	98
<b>Fig 51.</b> Correlación CBR 0.1" -Wóptima .....	99
<b>Fig 52.</b> Correlación CBR MAYOR- $\gamma_d$ in situ.....	100
<b>Fig 53.</b> Correlación $G_a$ -Wnat .....	101
<b>Fig 54.</b> Correlación CBR -Wnat.....	102
<b>Fig 55.</b> Correlación CBR MAYOR - FINOS .....	103
<b>Fig 56.</b> Correlación CBR MAYOR-IP-W ÓPTIMO.....	104
<b>Fig 57.</b> Correlación CBR MAYOR-LL- W óptima .....	105
<b>Fig 58.</b> Correlación CBR-DCP.....	106
<b>Fig 59.</b> Correlación CBR-DCP.....	107
<b>Fig 60.</b> Comportamiento diario del tránsito .....	111
<b>Fig 61.</b> Comportamiento del tránsito, Domingo.....	111
<b>Fig 62.</b> Comportamiento del tránsito Domingo.....	112
<b>Fig 63.</b> CBR de diseño .....	121
<b>Fig 64.</b> Determinación de $a_1$ .....	123

<b>Fig 65.</b> Determinación de a2 .....	125
<b>Fig 66.</b> Determinación de a3 .....	126
<b>Fig 67.</b> Distribución temporal de precipitación .....	127
<b>Fig 68.</b> Cálculo de las ecuaciones AASHTO 93 .....	129
<b>Fig 69.</b> Cálculo de las ecuaciones AASHTO 93 .....	130
<b>Fig 70.</b> Cálculo de las ecuaciones AASHTO 93 .....	131
<b>Fig 71.</b> Correlación CBR-DCP.....	132
<b>Fig 72.</b> Cálculo de las ecuaciones AASHTO 93 .....	135
<b>Fig 73.</b> Clasificación en la carta de plasticidad AASHTO.....	138
<b>Fig 74.</b> Clasificación en la carta de plasticidad AASHTO.....	138
<b>Fig 75.</b> Zonificación de los suelos de las parroquias Guaytacama y Toacaso. ....	139
<b>Fig 76.</b> Ensayo pozo a cielo abierto .....	244
<b>Fig 77.</b> Ensayo densidad de campo .....	244
<b>Fig 78.</b> Ensayo DCP .....	244
<b>Fig 79.</b> Ensayo límite líquido método del cono.....	244
<b>Fig 80.</b> Ensayo límite plástico .....	245
<b>Fig 81.</b> Ensayo gravedad específica .....	245
<b>Fig 82.</b> Ensayo contenido de humedad.....	245
<b>Fig 83.</b> Ensayo granulometría .....	245
<b>Fig 84.</b> Ensayo límite líquido Copa Casagrande .....	246
<b>Fig 85.</b> Ensayo Proctor modificado .....	246
<b>Fig 86.</b> Ensayo CBR.....	246
<b>Fig 87.</b> Preparación de muestra .....	246
<b>Fig 88.</b> Toma de peso de muestra.....	246
<b>Fig 89.</b> Ensayo del cono, gravedad específica.....	246
<b>Fig 90.</b> Rutas para la toma de muestras de la parroquia Toacaso.....	248
<b>Fig 91.</b> Rutas para la toma de muestras de la parroquia Guaytacama.....	248

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación experimental tiene como propósito analizar los tipos de suelos existentes en las parroquias Guaytacama y Toacaso, partiendo de la realización de ensayos de campo y laboratorio, hasta el análisis de los resultados y las correlaciones existentes entre sus distintas propiedades índice y mecánicas, de modo que se puedan obtener datos como el CBR de campo, parámetro que sirve para el diseño preliminar de pavimentos.

Este trabajo de investigación se realizó en una serie de fases construido por distintos procesos, la primera fase comprende la recolección y ensayo, donde se extrajo 12 muestras en lugares aleatorios de vías colectoras, para la obtención de estas muestras se utilizó la técnica de PCA, seguido por el estudio y análisis tanto en campo como laboratorio. Posteriormente en la segunda fase, se elaboraron las diferentes correlaciones, proporcionando coeficientes de determinación entre el 50 y 96 por ciento, se eligió la mejor ecuación en base al mayor coeficiente de determinación.

Los resultados conseguidos por medio de las correlaciones sirven para la realización diseños preliminares de pavimentos, esto impulsa la fase tres del presente trabajo, que fue el diseño de pavimento flexible de una vía escogida en base a la mayor necesidad de los habitantes, usando una de las correlaciones realizadas, por ultimo está la fase cuatro donde se efectuó la clasificación de los suelos de las parroquias de estudio en base a las normas AASHTO Y SUCS, esta clasificación se plasmó en un mapa con la ayuda del software ArcGIS.

**PALABRAS CLAVE:** CBR, CDP, Correlación, Mecánica de suelos, Propiedades índice, Diseño de pavimentos

## ABSTRACT

The purpose of this experimental research work is to analyze the types of soils existing in the Guaytacama and Toacaso parishes, starting from field and laboratory tests, up to the analysis of the results and the existing correlations between their different index and mechanical properties. , so that data such as the field CBR can be obtained, a parameter that is used for the preliminary design of pavements.

This research work was carried out in a series of phases built by different processes, the first phase includes the collection and testing, where 12 samples were extracted in random places of collecting roads, to obtain these samples the PCA technique was used, followed by study and analysis both in the field and in the laboratory. Later in the second phase, the different correlations were elaborated, providing determination coefficients between 50 and 96 percent, the best equation was chosen based on the highest determination coefficient.

The results obtained through the correlations serve to carry out preliminary pavement designs, this drives phase three of this work, which was the design of a flexible pavement of a road chosen based on the greatest need of the inhabitants, using one of the correlations made, finally there is phase four where the classification of the soils of the study parishes was carried out based on the AASHTO and SUCS standards, this classification was captured on a map with the help of the ArcGIS software..

**KEY WORDS:** CBR, CDP, Correlation, Soil mechanics, Index properties, Pavement design



## CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes Investigativos

#### 1.1.1. Antecedentes

La ingeniería vial como tal es un factor importante y particular para el progreso de un país ya que gracias a la movilización en carreteras y la prestación de servicios de estas a través de la red vial contribuyen con el desarrollo productivo, económico y social, de modo que brinde soluciones inmediatas a problemas de la sociedad.

Ahora bien, se sabe que para todo tipo de obra vial es necesario realizar estudios preliminares para analizar las propiedades índice y mecánicas de los suelos de la subrasante ya que la misma juega un papel fundamental en el diseño de pavimentos. El rendimiento de los pavimentos en gran parte depende de la resistencia y rigidez de las subrasantes. Entre los diversos métodos de evaluación de la resistencia de la subrasante existe el Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR) y el Ensayo de Cono Dinámico de Penetración (DCP). [1]

Dilip Kumar 2008, en el distrito de Nagaon de Assam, India desarrolló un estudio de la correlación entre el valor de CBR con otras propiedades índice y mecánicas del suelo ya que los suelos de este distrito tienden a estar en un cambio expuesto a inundaciones. Se estableció el coeficiente de correlación ( $r$ ) de cada una de estas propiedades donde posteriormente, se desarrolló un modelo de regresión lineal múltiple utilizando estadísticas lineales de Microsoft Excel para la determinación de correlación, el autor concluye que el valor de CBR reduce con el aumento del índice de plasticidad y contenido óptimo de humedad de suelo, pero aumenta con el incremento de la máxima densidad seca además, existe una leve diferencia entre el valor CBR determinada en el laboratorio y calculada usando modelo de regresión lineal múltiple.[2]

Raquel García en el 2016 en la ciudad de Madrid, España, realizó una investigación denominada “*Pavimentos urbanos: criterios para su diseño*” donde busca como objetivo entablar algunos criterios para el diseño de pavimentos urbanos y analizar

algunos factores funcionales como parámetros de diseño, para ello se realizó la comparación de diferentes normas, entrevistas con profesionales y el análisis de distintos documentos relacionados al tema, además se analizaron distintos ensayos como la resistencia a la abrasión, la durabilidad, la resistencia al deslizamiento, entre otros, dando como resultado una serie de criterios técnicos entre los cuales se resalta que para este tipo de pavimentos se deben tomar en cuenta los ensayos que determinan la resbaladidad, el desgaste y la durabilidad del pavimento según su tipo, también la autora afirma que no es posible conservar los parámetros de exigencia para un pavimento a lo largo de su vida útil, además resalta que no existen métodos de ensayo in situ confiables y que contribuyan valores de resistencia al deslizamiento en el transcurso del tiempo. [3]

En el estudio realizado por José Moreno, Jacinto Azcárateb y Brendan C.O'Kellyc titulado “*Review and critical examination of fine-grained soil classification systems based on plasticity*” afirma que la clasificación de los suelos no solo es importante para identificarlos sino también es importante para conocer y a su vez predecir su comportamiento, los suelos de grano grueso si bien pueden ser clasificados por el método de distribución por tamaño de partículas mediante el ensayo granulométrico con base a su textura, este principio no es eficaz para suelos de grano fino donde la base predominante es su contenido de arcilla y mineralogía por los cuales se ha visto la necesidad de crear métodos para la clasificación de suelos de estas características por lo que para varios autores, la medida de la plasticidad representa un parámetro más apropiado que el tamaño de partícula, por ellos se han creado métodos de medida como el ensayo de la copa de Casagrande. [4]

Fábio Krueger da Silva, Fernanda Simoni Schuch y Larissa Agapito Zanela, en el “XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica” en el 2020, en una investigación que se realizó sobre un suelo granítico residual de la ciudad de Biguaçu/SC, Brasil, donde buscaron identificar la influencia sobre los índices físicos, propiedades mecánicas y principalmente identificar fallas en el proceso de compactación a través de la interpretación de las variaciones de velocidad ultrasónicas en condiciones particulares, donde resaltan la importancia de explorar y conocer las condiciones del suelo por medio de ensayos de campo y laboratorio donde además de

conocer las propiedades índice del suelo estudiado realizaron estudios como Proctor modificado, CBR y frecuencias de ultrasonido del suelo, teniendo resultados de velocidad de onda y CBR versus condiciones de compactación donde observaron que la prueba CBR no revela fallas en el proceso de compactación porque es una prueba que analiza las capas de la superficie del material, además, el paso de expansión no revela fallas en el proceso de compresión, e incluso puede enmascarar los resultados [5].

Ramon Fernández en su investigación realizada en la ciudad de Joinville Brasil, 2015, tiene como objetivo desarrollar correlaciones entre pruebas “California Bearing Ratio” (CBR) y “Dynamic Cone Penetrometer” (DCP), que se utilizan para evaluar la capacidad portante del suelo, primariamente para pavimentación, el estudio se realizó en la pista de prueba del campus de Joinville de Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC), donde que para establecer la correlación se realizaron pruebas CBR en especímenes compactados a diferentes humedades y bajo condiciones normales e intermedio. Se realizaron pruebas DCP en estos mismos especímenes, estableciendo un modelo matemático para correlacionar los valores de CBR con los de DN (medido en el DCP), de los cuales se pudo apreciar que el refuerzo de la subrasante existente presenta una importante heterogeneidad en términos de CBR, en general con valores inferiores a 5. También se concluyó que existe una relación evidente, incluso empírico, entre el ensayo CBR y DCP, y, por lo tanto, este último se convierte en una buena técnica de ayuda al ensayo CBR para evaluar el estado de compactación de suelos. [6]

En una investigación realizada por Marcos Gervasio Pereira y otros, en La Serra da Bodoquena ubicada en el Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil, donde se buscó realizar una clasificación de suelos que han sido formados sobre calizas, se analizaron los atributos físicos, químicos y mineralógicos de los horizontes de estos suelos para clasificarlos según el sistema brasileño de clasificación de suelos, por lo que se recalca la importancia de los ensayos granulométricos y ensayos de plasticidad tanto en fracciones gruesas como finas para el estudio, donde se obtuvieron resultados favorables como la verificación de que la variación de los suelos en la topo secuencia es determinada por el relieve que está condicionado por el drenaje y la escorrentía superficial. [7]

Según Luiz Guilherme Rodrigues de Mello y otros, en su estudio denominado “Análisis del impacto del período de diseño del pavimento en el costo total de las obras viales”, el diseño vial comprende de varios factores importantes, entre ellos el impacto tiempo de vida vs costo de obra, para este estudio se optaron por algunos emprendimientos de construcción y/o duplicación de carreteras federales en Brasil ejecutados y en ejecución, las variables seleccionadas para el tratamiento estadístico fueron el CBR de la subrasante, el espesor de la placa de hormigón y la resistencia a la tracción en flexión del hormigón, criterios que se determinaron en el dimensionamiento y que puede modificarse en campo, donde se evaluó la reducción en el número de casos con fatiga temprana para el tráfico del proyecto, o sea, 20 años, considerando el aumento del espesor del pavimento. Por concluyente, la tasa de incremento del espesor del revestimiento asfáltico está relacionada con la rigidez de la estructura del pavimento. Además, se analizó la variación del plazo de diseño de la pavimentación en función del impacto del costo del proyecto.[8]

Bermúdez y Vásquez 2016, en Tegucigalpa, Honduras, comprobaron mediante una regresión la validación de la correlación dada por la norma ASTM D 6951 para la validación del método de DCP en campo vs el CBR en laboratorio, las muestras fueron extraídas de cuatro bancos de material de la zona, mediante ensayos de campo, laboratorio y su respectivo análisis, se determinó la función con los datos de los resultados ( $CBR=287.58/IDCP^{1.03}$ ) con un coeficiente de correlación de 0.94, así mismo se realizó la regresión y la función lograda es similar a la que establece la norma con un  $R^2$  de 0.88, por lo que se verifica que la norma ASTM D 6951 es aplicable para la mayoría de estos suelos pero, no aplica esta relación en suelos con presencia de fragmentos de roca. [9]

Según Jakson Scarmagnani y Adailton dos Santos, en su investigación, que tiene como objetivo estabilizar mecánicamente, mediante la aplicación de diferentes energías de compactación (Proctor Normal y Modificado), un suelo de la Formación Palermo para utilizarlo como subrasante de una carretera, para ello se realizaron estudios y ensayos de las propiedades índice (granulometría por tamizado, Límite de Liquidez - LL y Límite de Plasticidad - LP) y mecánica (compactación, Índice de Soporte de California

- ISC y expansión), por lo que los resultados de las pruebas demostraron que el incremento en la energía de compactación elevó el ISC de inundación promedio en 20.0%, para las energías Proctor Intermedia y Modificada, mientras que la expansión redujo 6.95%, en la energía Intermedia y elevó 9.35% en la Modificada, se concluye que entre las propiedades mecánicas analizadas, la expansión no cumplió con los parámetros del Departamento Nacional de Infraestructura de Transporte (DNIT).[10]

Sandoval et al. 2019, en Bogotá Colombia, realizó una correlación entre el CBR y la resistencia a la compresión inconfínada, las muestras de suelo van desde limos hasta arcillas de baja y alta plasticidad, en total fueron 38 muestras. Se elaboraron ensayos de CBR, límites de Atterberg, compresión inconfínada, análisis granulométrico y contenido de humedad natural, con normas ASTM. Se trató de correlacionar el CBR natural y saturado, con algunas propiedades índice, pero la tendencia entre las variables fue mala tanto en forma individual como en combinaciones entre estas, caso contrario con la resistencia a compresión inconfínada donde para CBR natural, el  $r^2$  fue 0,83 y para el CBR saturado, el  $r^2$  fue de 0,67, estas correlaciones óptimas pueden tomarse como base de prediseño. [11]

Mediante ensayos granulométricos y límites de plasticidad en el municipio de Popayán, Colombia se desarrolló un estudio experimental clasificando los suelos que están derivados de cenizas volcánicas con el método SUCS y AASHTO donde se pudo observar que los suelos con mayor índice de plasticidad son los suelos con menor porcentaje de arcilla por tanto se establece que estos suelos son más expansivos, además para la determinación del límite líquido se utilizó el método de la copa de casa grande y el método de penetración con el penetrómetro de cono de los cuales se puede concluir que del método de Casagrande se obtienen valores de LL muy bajos, mientras que con el método el penetrómetro se obtienen valores de LL más altos lo cual hace que varíe la clasificación, teniendo así dos tipos distintos de clasificación para el mismo suelo. [12]

En el estudio realizado por Pérez Vargas, Catheryne Samantha y Rodríguez Puentes, Lenix Yisseth titulado “Análisis y clasificación de material granular para una estructura vial por los sistemas AASHTO y S.U.C.S. provenientes del municipio de

*Soacha*”, afirman que en los suelos estudiados no se pudieron determinar los límites e índices de plasticidad dado que estos suelos eran arenosos lo que para este estudio es un resultado satisfactorio dado que para realizar una estructura vial se necesita buen material granular que cumpla con todas las normas y requerimientos, cabe recalcar que, este estudio se realizó en base a la extracción de muestras de dos canteras en Soacha donde el principal objetivo de este estudio es la clasificación de suelos en base a sus resultados de laboratorio. [13]

Según Torres en el 2020, en la provincia de Manabí en la vía Portoviejo-Manta instauraron una correlación entre el DCP y CBR debido a que el suelo de ese lugar era en su mayoría arcillosos, se ejecutaron trabajos tanto de campo como de laboratorio en una vía de 35 km, realizando ensayos a cada 500 m, además se ejecutó el CBR en campo aproximadamente cada 1000 m, los datos que se obtuvieron tanto de campo como de laboratorio fueron ensayados y procesados, consiguiendo una correlación con los dos métodos y un valor de correlación de 0,80 con su respectiva ecuación con una expresividad de  $7,246 \times 10^{-5}$ , la siguiente ecuación fue con el método de regresión múltiple de los cuales los valores de correlación con los parámetros físicos del suelo que fueron de 0.82 con su p-valor de 0,0091, aprobando los resultados de manera confiable, de modo que esta investigación concluye con valores admisibles de correlación, alta significancia y confiable.[14]

León y Zeas 2017, en la ciudad de Cuenca provincia del Azuay, determinaron correlaciones directas entre el DCP in situ y el CBR conseguido mediante ensayos de laboratorio, se cavaron tres calicatas con distintas profundidades, para ello se elaboraron ensayos para obtener las propiedades índice y mecánicas del suelo. Las correlaciones conseguidas fueron las siguientes: Índice DCP Sowers vs CBR:  $CBR = 0.28 * DCPSowers + 1.1217$ , con un coeficiente  $R^2$  de 0.91 e Índice DCP vs CBR:  $CBR = 242 * DCP - 1.24$ , con un coeficiente  $R^2$  de 0,80. Finalmente sugieren poner atención cuando se use la correlación ya que las condiciones del suelo varían según el material debido a las formaciones geológicas.[15]

Según Ricardo Paganelli, el suelo como tal para ser utilizado como capa de pavimento, necesita una resistencia mínima requerida, esto se determina por medio de sus

propiedades como la permeabilidad, capacidad de soporte y la deformación cuando el suelo es compactado, según la investigación realizada por el autor para una subrasante el valor del CBR que obtuvo está sobre el valor base que es el 83% además acota que en caso de que el suelo no sea apto para formar parte de la estructura del pavimento se procede al mejoramiento y estabilización del suelo[16]

El presente trabajo de investigación se realizó en una serie de fases constituido por procesos distintos, desde la primera fase de recolección y ensayo, donde se dio lugar a extracción de las muestras, que fueron suelos representativos de las parroquias Guaytacama y Toacaso, seguido por el estudio y análisis tanto en campo como laboratorio de los mismos, posterior se realizó la fase dos donde, se ejecutó el estudio de correlaciones, que a través de los resultados de los ensayos se obtuvieron distintas correlaciones entre las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, se eligió la mejor ecuación en base al mayor coeficiente de correlación en porcentaje, esta determinación abrió paso a la fase tres de este trabajo de investigación que corresponde al diseño de pavimento flexible de una vía escogida en base a la mayor necesidad de los habitantes de la parroquia, por último la fase cuatro donde se efectuó la clasificación de los suelos de las parroquias de estudio en base a las normas AASHTO Y SUCS, esta clasificación se plasmó en un mapa con la ayuda del software ArcGIS.

### **1.1.2. Hipótesis**

¿A través de las correlaciones entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de las parroquias Guaytacama y Toacaso del cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, se diseña un pavimento flexible?

**Hipótesis nula (H0):** no existe correlación entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de las parroquias Guaytacama y Toacaso del cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi para el diseño de un pavimento flexible

**Hipótesis alternativa (H1):** existe correlación entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de las parroquias Guaytacama y Toacaso del cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi para el diseño de un pavimento flexible



## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Analizar las correlaciones entre el CBR de laboratorio, DCP y las propiedades índice y mecánicas de los suelos de las parroquias Guaytacama y Toacaso del Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Determinar las propiedades índice – mecánicas de los suelos de la provincia de Cotopaxi, por medio del análisis de campo y laboratorio.
- Ampliar la base de datos existente, referente a estudios de correlación entre el CBR de laboratorio, DCP y las propiedades índice y mecánicas de los suelos de la provincia de Cotopaxi.
- Aplicar los resultados de la investigación en el diseño de pavimentos para vías rurales, de las parroquias y cantones de la provincia de Cotopaxi.
- Zonificar las diferentes áreas de los cantones estudiados, de acuerdo con la clasificación de suelos SUCS y AASHTO y las propiedades físicas y mecánicas obtenidas.

## CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

Con el principal objetivo de analizar las correlaciones entre el CBR de laboratorio, DCP y las propiedades índice y mecánicas de los suelos de las parroquias Guaytacama y Toacaso del Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, el desarrollo metodológico del presente trabajo de investigación se realizó en una serie de 4 fases, cada fase corresponderá al cumplimiento de los objetivos específicos planteados en el orden establecido

### 2.1. Materiales

Para la elaboración de la primera fase (detallada en 2.2.3.) del presente trabajo de investigación fueron empleados varios equipos y materiales para los ensayos de campo y laboratorio que se detallan en la *tabla 1* donde se puede observar el tipo de ensayo con sus respectivos materiales y equipos, además se menciona su correspondiente norma.

*Tabla 1. Equipos y materiales*

ENSAYOS	MATERIALES	EQUIPOS	NORMA
<b>ENSAYOS DE CAMPO</b>			
Pozo a cielo abierto (PCA)	Muestras in situ	Pico Barra Pala Flexómetro	AASHTO T 87-70
Densidad de campo (Método de 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 Cuaderno de notas.	ASTM D6951-03
<b>ENSAYOS DE LABORATORIO</b>			
Gravedad específica de sólidos	50 gr de muestra de suelo que pase el tamiz # 4.	Tamiz #4 Picnómetros Embudo Termómetro Recipiente metálico	AASHTO T 100 2015

		Pipeta	
Contenido de Humedad Natural	250 gr de muestra de suelo	Recipientes metálicos Balanza	AASHTO T 265 2015
Granulometría	Muestra de suelo cuarteada (1000 gr de suelo)	Juego de tamices Máquina tamizadora Brocha Recipiente Balanza	AASHTO T 88 2013
Límite líquido (copa de Casagrande)	150 gr de muestra de suelo que pase el tamiz # 40	Copa Casagrande Mortero de porcelana Pistilo de caucho Espátula Acanalador Ranurador Recipientes metálicos Balanza Horno Tamiz # 40	AASHTO T 89 2013
Límite líquido (penetrómetro de cono)	300 gr de muestra de suelo que pase el tamiz # 40	Penetrómetro de cono Mortero de porcelana Pistilo de caucho Espátula Acanalador Ranurador Recipientes metálicos Balanza Horno Tamiz # 40	BS 1377 (British Standards Institution 1975).
Límite plástico	15 a 20 gr de muestra de suelo que pase el tamiz # 40	Placa de vidrio Recipiente de mezclado Recipiente contenedor. Mortero de porcelana Pistilo de caucho Calibrador pie de rey Horno Balanza Tamiz # 40	AASHTO T 90 2016
Proctor modificado (Método B)	24 kg de muestra de suelo que pase el tamiz # 4 Agua	Bandeja metálica cuadrada Martillo de compactación, 10 lb Molde de Molde de 6" con collarín con extensión y base Probeta graduada Palustre	AASHTO T 180 2018

		Regleta metálica Enrasador Tamiz #4 balanza	
Relación de Soporte de California (CBR)	18 kg de muestra de suelo que pase el tamiz # 4	MULTISPEED 34-V1172 Tamiz # 4	AASHTO T 193 2013

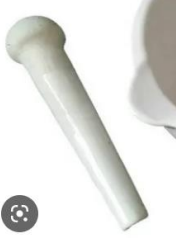







*Fuente: Sofia Paredes.*










En la *tabla 2* se describe a detalle el tipo de equipo, la marca y el modelo de los materiales y equipos utilizados en la fase uno del presente trabajo de investigación, con los cuales se elaboraron los respectivos ensayos de campo y laboratorio.

*Tabla 2. Descripción de equipos y materiales*

<b>Equipo:</b> balanza digital <b>Marca:</b> radwag <b>Modelo:</b> PS 6100.R1M	<b>Equipo:</b> horno <b>Marca:</b> Humboldt <b>Modelo:</b> 300°F (149°C)	<b>Equipo:</b> juego de tamices <b>Marca:</b> fisher <b>Modelo:</b> estándar
		
<b>Utilización:</b> usada para pesar las muestras de suelo con precisión 0.01 gr	<b>Utilización:</b> usada para secar todas las muestras de suelo	<b>Utilización:</b> usada para tamizar las muestras de suelo
<b>Equipo:</b> penetrómetro dinámico de cono <b>Marca:</b> belltronic <b>Modelo:</b> cumpla norma	<b>Equipo:</b> maquina tamizadora <b>Marca:</b> Retsch <b>Modelo:</b> AS 200 control	<b>Equipo:</b> copa de Casagrande <b>Marca:</b> Antares <b>Modelo:</b> MS-1075-1
		

<p><b>Utilización:</b> usada para la medición en campo de las propiedades estructurales de los suelos y pavimentos</p>	<p><b>Utilización:</b> usada para tamizar las muestra de suelo para granulometría</p>	<p><b>Utilización:</b> usada para obtener el límite líquido de los suelos</p>
<p><b>Equipo:</b> calibrador pie de rey <b>Marca:</b> mitutoyo <b>Modelo:</b> 530- 119</p>	<p><b>Equipo:</b> molde para Proctor modificado/CBR <b>Marca:</b> DPX <b>Modelo:</b> ASTM D1557</p>	<p><b>Equipo:</b> martillo para Proctor modificado/CBR <b>Marca:</b> DPX <b>Modelo:</b> ASTM D1557</p>
		
<p><b>Utilización:</b> usada para medir diámetros, profundidades y longitudes.</p>	<p><b>Utilización:</b> usada para realizar el ensayo de Proctor modificado y CBR</p>	<p><b>Utilización:</b> usada para realizar el ensayo de Proctor modificado y CBR</p>
<p><b>Equipo:</b> MULTISPEED 34- V1172 <b>Marca:</b> Controls <b>Modelo:</b> 34-V1172</p>	<p><b>Equipo:</b> recipientes metálicos <b>Marca:</b> ----- <b>Modelo:</b> -----</p>	<p><b>Equipo:</b> mortero de porcelana <b>Marca:</b> ----- <b>Modelo:</b> -----</p>
		
<p><b>Utilización:</b> usada para ensayar muestras de CBR</p>	<p><b>Utilización:</b> usada para la recolección de muestras de suelo</p>	<p><b>Utilización:</b> usada para mezclar el suelo para el ensayo de límites de plasticidad</p>
<p><b>Equipo:</b> Pistillo de caucho o porcelana <b>Marca:</b> ----- <b>Modelo:</b> -----</p>	<p><b>Equipo:</b> placa de vidrio <b>Marca:</b> ----- <b>Modelo:</b> -----</p>	<p><b>Equipo:</b> espátula <b>Marca:</b> ----- <b>Modelo:</b> -----</p>
		

		
<p><b>Utilización:</b> usada para mezclar el suelo para el ensayo de límites de plasticidad</p>	<p><b>Utilización:</b> usada para enrollar el suelo en el ensayo de límite plástico</p>	<p><b>Utilización:</b> usada para enrazar las mezclas de suelo</p>
<p><b>Equipo:</b> ranurador <b>Marca:</b> ----- <b>Modelo:</b> -----</p>	<p><b>Equipo:</b> bandeja metálica <b>Marca:</b> ----- <b>Modelo:</b> -----</p>	<p><b>Equipo:</b> palustre <b>Marca:</b> ----- <b>Modelo:</b> -----</p>
		
<p><b>Utilización:</b> usada para separar el suelo para el ensayo de límite líquido</p>	<p><b>Utilización:</b> usada para esparcir el suelo de forma uniforme</p>	<p><b>Utilización:</b> usada para tomar la muestra de suelo, sirve como una pala pequeña</p>
<p><b>Equipo:</b> regleta metálica <b>Marca:</b> ----- <b>Modelo:</b> -----</p>	<p><b>Equipo:</b> brocha <b>Marca:</b> ----- <b>Modelo:</b> -----</p>	<p><b>Equipo:</b> picnómetro <b>Marca:</b> ----- <b>Modelo:</b> -----</p>
		
<p><b>Utilización:</b> usada para enrazar el suelo en los ensayos de Proctor modificado y CBR</p>	<p><b>Utilización:</b> usada para limpiar el suelo de diferentes superficies</p>	<p><b>Utilización:</b> usada para sacar la cantidad de vacíos en el ensayo de gravedad específica</p>
<p><b>Equipo:</b> embudo <b>Marca:</b> ----- <b>Modelo:</b> -----</p>	<p><b>Equipo:</b> termómetro <b>Marca:</b> ----- <b>Modelo:</b> -----</p>	<p><b>Equipo:</b> pipeta <b>Marca:</b> ----- <b>Modelo:</b> -----</p>

		
<p><b>Utilización:</b> usada para poner agua y suelo dentro del picnómetro en el ensayo de gravedad específica</p>	<p><b>Utilización:</b> usada para tomar la temperatura en el ensayo de gravedad específica</p>	<p><b>Utilización:</b> usada para poner o sacar agua en el ensayo de gravedad específica</p>
<p><b>Equipo:</b> cono de arena de Ottawa <b>Marca:</b> ----- <b>Modelo:</b> -----</p>	<p><b>Equipo:</b> cincel <b>Marca:</b> ----- <b>Modelo:</b> -----</p>	<p><b>Equipo:</b> martillo <b>Marca:</b> ----- <b>Modelo:</b> -----</p>
		
<p><b>Utilización:</b> usada para determinar el valor de la densidad natural de un suelo</p>	<p><b>Utilización:</b> usada para golpear el suelo compactado</p>	<p><b>Utilización:</b> usada para golpear el suelo o alguna superficie</p>
<p><b>Equipo:</b> cuchareta <b>Marca:</b> ----- <b>Modelo:</b> -----</p>	<p><b>Equipo:</b> placa metálica <b>Marca:</b> ----- <b>Modelo:</b> -----</p>	<p><b>Equipo:</b> clavos <b>Marca:</b> ----- <b>Modelo:</b> -----</p>
		

<b>Utilización:</b> usada para recoger el suelo en la prueba de densidad de campo	<b>Utilización:</b> usada para separar el suelo en la prueba de densidad de campo	<b>Utilización:</b> usada para clavar la placa metálica en el ensayo de densidad
<b>Equipo:</b> pico <b>Marca:</b> ----- <b>Modelo:</b> -----	<b>Equipo:</b> barra <b>Marca:</b> ----- <b>Modelo:</b> -----	<b>Equipo:</b> flexómetro <b>Marca:</b> ----- <b>Modelo:</b> -----
		
<b>Utilización:</b> usada para cavar el pozo a cielo abierto	<b>Utilización:</b> usada para cavar el pozo a cielo abierto	<b>Utilización:</b> usada para distintas funciones de medición
<b>Equipo:</b> penetrómetro de cono <b>Marca:</b> C-TECH <b>Modelo:</b> -----	<b>Equipo:</b> cuaderno <b>Marca:</b> ----- <b>Modelo:</b> -----	<b>Equipo:</b> computadora <b>Marca:</b> acer <b>Modelo:</b> nitro 5
		
<b>Utilización:</b> usada para obtener el límite líquido de los suelos	<b>Utilización:</b> usada para anotar los datos de todos los ensayos	<b>Utilización:</b> usada para el procesamiento de datos
<b>Equipo:</b> guantes <b>Marca:</b> ----- <b>Modelo:</b> -----		
		
<b>Utilización:</b> usada para la protección de manos durante los ensayos		

*Fuente: Sofia Paredes*



## 2.2 Métodos

### 2.2.1. Estudios preliminares

Dentro de los estudios preliminares se encuentran los datos de población y muestra en los que se dará a conocer la ubicación de las diferentes parroquias con sus respectivos colindantes, además, se da a conocer la zonificación del área de estudio y las rutas que se recorrieron para la toma de muestras.

#### 2.2.1.1. Población y muestra

- **Población**

##### **Guaytacama**

La parroquia de Guaytacama que está ubicado en el cantón Latacunga de la provincia de Cotopaxi con una población proyectada al 2020 según datos del INEC de 11.660, una superficie de 26.66 km<sup>2</sup> y una altitud de 2,500 m a 3,500 m. esta parroquia colinda al norte con las parroquias Toacaso y Tanicuchi, al sur con Polalo y San Felipe, al este con el río Cutuchi y al oeste con el cantón Saquisilí. [17]

##### **Toacaso**

La parroquia de Toacaso que está ubicado en el cantón Latacunga de la provincia de Cotopaxi, según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Toacaso – 2020 dicta que: “Según Datos del INEC en el año 2010 la población de la parroquia Toacaso fue de 7.971 habitantes, proyectándose al año 2020 con 9.269 habitantes.” con un total de 12 comunidades, además esta parroquia colinda al norte con las faldas del Illiniza, al sur con la parroquia Canchagua, al este con la parroquia Tanicuchí y al oeste con el cantón Sigchos. [18]

- **Muestra**

El estudio se realizará dentro de las parroquias Guaytacama y Toacaso del cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi en terrenos aledaños a vías colectoras o caminos vecinales. En la siguiente tabla se muestra la zonificación del área de estudio del presente proyecto de investigación.

*Tabla 3. Zonificación del área de estudio*

<b>Zona</b>	<b>Cantón</b>	<b>Parroquias</b>	<b>Muestras</b>
X5	Latacunga	Guaytacama	12
		Toacaso	

*Fuente: Sofia Paredes*

Según la norma NEVI 12 Vol. 3, el muestreo óptimo para una vía se lo debe realizar aproximadamente cada 500 m de distancia, pero en este caso en particular, se ha optado por aplicar el método del muestreo aleatorio simple ya que, una de las ventajas principales de este método es que permite obtener muestras representativas del lugar de estudio, es así que mediante este criterio, se ha optado por extraer de dos a tres muestras por vía dependiendo de la extensión de la misma, teniendo así una muestra al inicio, otra al medio y otra al final de la vía, en caso de ser una vía de 8 km aproximadamente, pero de ser una vía con 6 km aproximadamente, las muestras se tomaron una al principio y otra al final de la vía. En la siguiente tabla (*tabla 4*) se observa las rutas y el número de muestras por ruta del área de estudio para la extracción del suelo, en (*anexo 4*) se puede observar un mapa con las rutas determinadas. [19]

**Tabla 4.** Rutas del área de estudio para toma de muestras

Cantón	Parroquia	Rutas		No. de Muestras
		Inicio	Fin	
Latacunga	Guaytacama	CRS (cárcel)	Santa Teresita	2
		Pupaná Sur	Cuicuno	2
Latacunga	Toacaso	Guingopana	Chusulchi Grande	3
		San Francisco	Chisaló	3
		Planchaloma	Coop. Rasuyacu	2

*Fuente: Sofia Paredes*

Para el muestreo de suelos de las parroquias Guaytacama y Toacaso, se procedió a tomar 12 muestras representativas de suelo en lugares aleatorios en terrenos aledaños a vías colectoras o caminos vecinales, para la extracción de cada una de estas muestras se utilizó la técnica de PCA (pozo a cielo abierto), excavando calicatas rectangulares de 1.50 m x 1.50 m x 1.00 m de profundidad, sin incluir la capa vegetal, estas muestras fueron de 50 kg cada una.

A continuación, en la *tabla 5* se detallan los sectores de cada parroquia con sus respectivas coordenadas en donde se encuentran las vías para la recolección de muestras.

**Tabla 5.** Localización de las muestras extraídas.

Muestra	Parroquia	Sector	Coordenadas	
			Norte	Este
1	Guaytacama	CRS (Centro de Rehabilitación Social)	9903205	763901
2		Santa Teresita	9909749	763743
3		Pupaná Sur	9907830	761579
4		Cuicuno	9911153	759465
5	Toacaso	Planchaloma	9917357	753304
6		Coop. Rasuyacu	9920966	752679
7		Guingopana	9915824	748678
8		Mitad de vía Guingopana - Chusulchi Grande	9916368	747040
9		Chusulchi Grande	9919217	745420
10		San Francisco	9921467	747249
11		Mitad de vía Chisaló - San Francisco	9922111	744472
12		Chisaló	9921870	743109

*Fuente: Sofia Paredes*

### 2.2.2. FASE 1- Recolección y ensayo de muestras

Para el cumplimiento de la primera fase en relación con el primer objetivo específico, se ejecutaron una serie de procesos, en esta primera fase, se describen los métodos de investigación utilizados, así como la composición y propiedades del suelo, por último, se relata a detalle cómo se realizó cada ensayo tanto en campo como en laboratorio.

En la siguiente tabla 6 se muestra la descripción, nomenclatura y unidad con el cual se trabajó a lo largo presente trabajo de investigación experimental, de modo que facilite a la comprensión lectora.

**Tabla 6.** Nomenclatura de propiedades

N°	Descripción	Nomenclatura	Unidad
1	Contenido de humedad natural	Wnat	%
2	Límite líquido	LL	%
3	Límite plástico	LP	%
4	Índice plástico	IP	%
5	Gravedad específica	Gs	-
6	Relación de vacíos	e	-
7	Porosidad	n	%
8	Grado de saturación del agua	Gw	%
9	Grado de saturación del aire	Ga	%

10	Porcentaje de grava	G	%
11	Porcentaje de arena	A	%
12	Porcentaje de fino	F	%
13	Densidad húmeda in situ	$\gamma_m$ in situ	gr/cm <sup>3</sup>
14	Densidad seca in situ	$\gamma_d$ in situ	gr/cm <sup>3</sup>
15	Densidad seca máxima	$\gamma_d$ máx.	gr/cm <sup>3</sup>
16	Contenido de humedad óptima	W ÓPTIMO	%
17	Grado de compactación	Gc	%
18	CBR para 0.1 plg. de penetración	CBR 0.1"	%
19	CBR para 0.2 plg. de penetración	CBR 0.2"	%
20	CBR mayor entre 0.1 y 0.2 plg	CBR MAYOR	%
21	Índice de penetración	DN	mm/golpe
22	Coefficiente de uniformidad	Cu	-
23	Coefficiente de curvatura	Cc	-

*Fuente: Sofía Paredes.*

### 2.2.2.1. Métodos de investigación

- **Método de investigación exploratoria**

Este método se presenta en primera instancia ya que para el análisis del presente proyecto se realiza un muestreo donde se obtuvieron diferentes muestras de suelo representativo, además de realizar estudios de campo y laboratorio para estudiar su comportamiento y reforzar el conocimiento acerca de las propiedades índice y mecánicas del suelo.

- **Método investigación experimental**

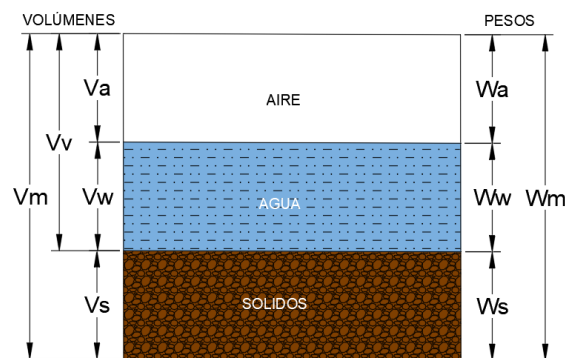
Este tipo de método de manera general se enfoca en la observación, manipulación y control de la variable estudiada [20], por tanto, para el cumplimiento del primer objetivo se propone un análisis para conocer las propiedades índice- mecánicas del suelo, para dicho análisis se realizan ensayos de campo que son: el ensayo de Pozo a cielo abierto (PCA), Densidad de Campo y Cono Dinámico de Penetración (DCP), así mismo, ensayos de laboratorio que son: Contenido de humedad natural, Granulometría, Límite líquido, Límite plástico, Proctor Modificado, Gravedad específica de los sólidos y California Bearing Ratio (CBR).

### 2.2.2.2. Composición del suelo

En un suelo se diferencian tres fases integrantes que son: la sólida, la líquida y la gaseosa cada una tiene su función dentro del elemento unitario de la masa de suelo. [21]

- La fase sólida: esta se forma por las partículas minerales del suelo que incluye la capa sólida adsorbida.
- La fase líquida: está conformada por el agua (libre, específicamente), aunque no siempre es pura ya que en los suelos existe la posibilidad de hallarse otros líquidos de menor significancia.
- La fase gaseosa: esta alcanza ante todo el aire, aunque también es posible la presencia de otros gases como vapores sulfurosos, etc.

El agua posee una capa viscosa adsorbida que muestra propiedades medias entre la fase sólida y la líquida, por lo general se contiene en la fase líquida, dado que es capaz de desaparecer cuando el suelo sufre una evaporación fuerte, es decir se ha secado. En cuanto a las fases líquida y gaseosa del suelo acostumbra a comprenderse en el volumen de vacíos, y la fase sólida compone el denominado volumen de los sólidos. Un suelo está saturado en su totalidad cuando todos sus vacíos están llenos por agua, en este caso particular de tener únicamente dos fases, la sólida y la líquida, varios suelos que reposan bajo el nivel freático son saturados.[21]



**Fig 1.** Elementos unitarios de la masa de suelo

*Fuente: Sofia Paredes.*

Donde:

$V_m$ : volumen de la masa del suelo

$V_s$ : volumen de sólidos

Vv: volumen de vacíos

Wa: peso del aire

Va: volumen de aire

Ww: peso del agua

Wm: peso de la masa (peso natural)

Ws: peso de sólidos (peso seco)

### 2.2.2.3. Relaciones fundamentales

#### 2.2.2.3.1. Relación de vacíos

La relación de vacíos se define como la división entre el volumen de vacíos y el volumen de sólidos, en teoría pueden variar entre 0 e irse al infinito pero por lo general según expertos este valor se encuentra entre 0.25 y 15. [21]

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (\text{ec. 1})$$

Donde:

Vv= volumen de vacíos

Vs= volumen de sólidos

#### 2.2.2.3.2. Porosidad

La porosidad se define como la división entre el volumen de vacíos y el volumen de la masa, en teoría pueden variar entre 0 a 100 pero por lo general sus valores fluctúan entre el 20 y el 95%, se recalca que este valor se representa en porcentaje. [21]

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

Donde:

Vv= volumen de vacíos

Vs= volumen de la masa del suelo

#### 2.2.2.3.3. Peso específico de masa

El peso específico de la masa de suelo se define como la división entre el peso de la masa (peso natural) para el volumen de la masa. [21]

$$\gamma_m = \frac{W_m}{V_m} = \frac{W_w + W_s}{V_m} \quad (\text{ec. 3})$$

Donde:

Wm= peso de la masa (peso natural)

$V_m$ = volumen de la masa del suelo

#### **2.2.2.3.4. Peso específico de sólidos**

El peso específico de la masa de suelo se define como la división entre el peso de sólidos (peso seco) para el volumen de sólidos. [21]

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \quad (\text{ec. 4})$$

Donde:

$W_s$ = peso de sólidos (peso seco)

$\gamma_s$  = peso específico de sólidos

$V_s$ = volumen de sólidos

#### **2.2.2.3.5. Grado de saturación de agua**

El grado de saturación de un suelo tiene relación entre el volumen de agua y su volumen de vacíos, esta se expresa en porcentaje y su variación está entre 0 a 100% es decir desde un suelo completamente seco hasta un suelo saturado en su totalidad.[21]

$$G_w\% = \frac{V_w}{V_v} * 100 \quad (\text{ec. 5})$$

Donde:

$V_a$ = volumen del agua

$G_w$  = grado de saturación de agua

$V_v$ = volumen de vacíos

#### **2.2.2.3.6. Grado de saturación de aire**

El grado de saturación de aire de un suelo tiene relación entre el volumen de agua y su volumen de vacíos, esta se expresa en porcentaje, esta se limita a factores de consolidación [21]

$$G_a\% = \frac{V_a}{V_v} * 100 \quad (\text{ec. 6})$$

Donde:

$V_a$ = volumen del aire

$G_a$  = grado de saturación de aire

$V_v$  = volumen de vacíos

#### **2.2.2.4. Propiedades de los suelos**

##### **2.2.2.4.1. Propiedades índice**

###### **2.2.2.4.1.1. Granulometría**

La granulometría tiene que ver con los tamaños de las partículas que se presentan en el suelo, estos se expresan en porcentaje del peso seco, para encontrar el tamaño de la partícula se usa el método del tamizado y el método de hidrómetro, en el análisis del tamiz se calcula el peso retenido acumulado y el porcentaje que pasa a través de la medición del peso retenido por cada tamiz. [22]

Dentro de los parámetros granulométricos se encuentra el: coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ), el coeficiente de curvatura ( $C_c$ ) y el tamaño nominal máximo (TNM) o también llamado coeficiente de gradación. [22]

El coeficiente de uniformidad está determinado por la ecuación:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (\text{ec. 7})$$

Donde:

$C_u$  = coeficiente de uniformidad

$D_{60}$  = diámetro que corresponde al 60% de suelo que pasa en la curva de distribución.

$D_{10}$  = diámetro que corresponde al 10% de suelo que pasa en la curva de distribución (diámetro efectivo).

El coeficiente de curvatura está determinado por la ecuación:

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}} \quad (\text{ec. 8})$$

Donde:

$C_c$  = coeficiente de curvatura

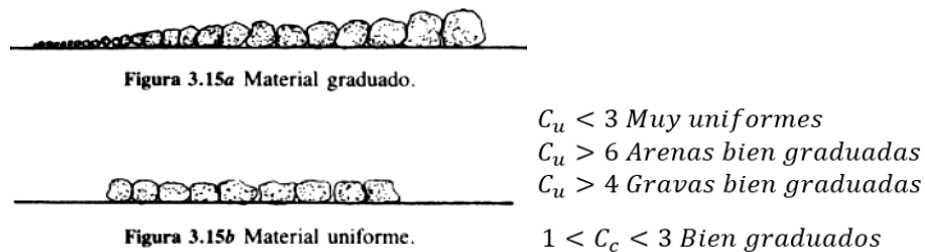
$D_{60}$  = diámetro que corresponde al 60% de suelo que pasa en la curva de distribución (diámetro dimensional).



$D_{30}$ = diámetro que corresponde al 30% de suelo que pasa en la curva de distribución (diámetro equiparable).

$D_{10}$ = diámetro que corresponde al 10% de suelo que pasa en la curva de distribución (diámetro efectivo).

Si el  $C_u$  es menor a tres se habla de suelos uniformes, si el  $C_u$  es mayor a 4 se habla de gravas bien graduadas y si el  $C_u$  es mayor a 6 se habla de arenas bien graduadas, por otro lado, el coeficiente de curvatura indica si el suelo está bien o mal graduado, esto quiere decir que si el  $C_c$  está en un rango de 0.99 a 2.99 se habla de suelos bien graduados, fuera de ese rango los suelos son mal graduados. [21]



**Fig 2.** Elementos unitarios de la masa de suelo

**Fuente:** Mecánica de suelos Juárez Badillo, Rico Rodríguez. [21]

A continuación, se presenta una tabla donde se puede observar la clasificación de los suelos según su tamaño granular, se clasifica en suelos granulares, grava, arena y finos, según el método del tamizado, esto ayudara a saber los porcentajes que tiene el suelo según el tamaño de grano

**Tabla 7.** Clasificación según tamaño

<b>Suelo Granular</b>	% PASA Tamiz #200 < 50%
<b>Grava</b>	% PASA Tamiz #4 < 50%
<b>Arena</b>	% PASA Tamiz #4 > 50%
<b>Finos</b>	% PASA Tamiz #200

**Fuente:** Mecánica de suelos Juárez Badillo, Rico Rodríguez. [21]

#### 2.2.2.4.1.2. Contenido de humedad (W)

El contenido de humedad determina el agua que contiene una cantidad de suelo en relación con su peso seco, entonces su relación es: peso de agua/peso seco, esta se lo

expresa en porcentaje. Estos valores en porcentaje en teoría pueden variar entre 0 e irse al infinito, dependiendo de la saturación del suelo [21]

$$\omega\% = \frac{W\omega}{W_s} * 100 \quad (\text{ec. 9})$$

Donde:

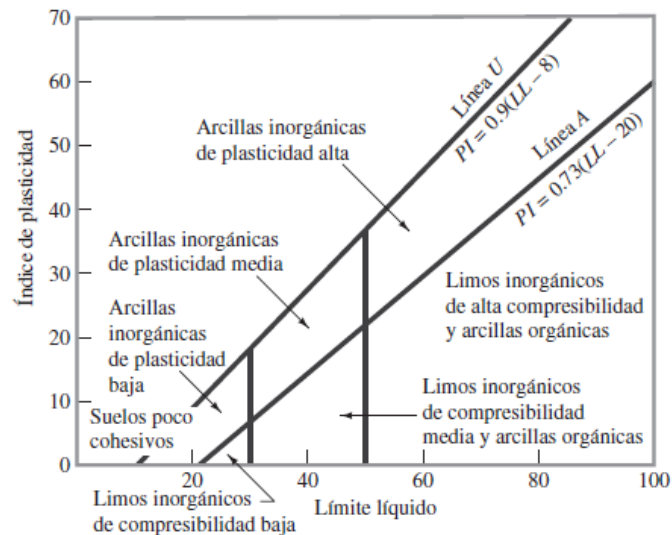
$W_w$ = peso de agua

$W$ = Contenido de humedad (W)

$W_s$ = Peso seco

### 2.2.2.4.1.3. Plasticidad

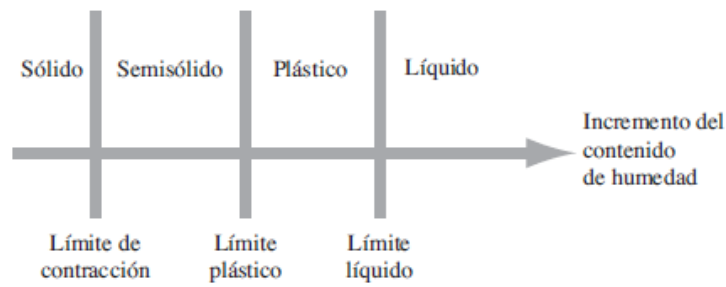
Según Crespo Villalaz “la plasticidad es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse, hasta cierto limite, sin romperse”, es así como se determina la conducta de los suelos en todas sus etapas, por lo general las arcillas son los suelos que en mayor grado presentan esta propiedad, esta propiedad está determinada por los límites de Atterberg de los que se menciona al límite líquido, límite plástico, límite de contracción e índice de contracción. [23]



**Fig 3.** Carta de plasticidad

*Fuente:* Fundamentos de ingeniería geotécnica Braja M. Das. [22]

Según el contenido de humedad natural del suelo el comportamiento del suelo se podrá dividir por estados los cuales son cuatro y se presentan en el siguiente gráfico.



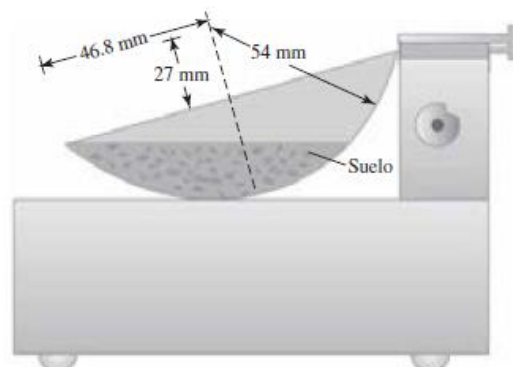
**Fig 4.** Límites de Atterberg

*Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica Braja M. Das. [22]*

#### 2.2.2.4.1.4. Límite líquido (LL)

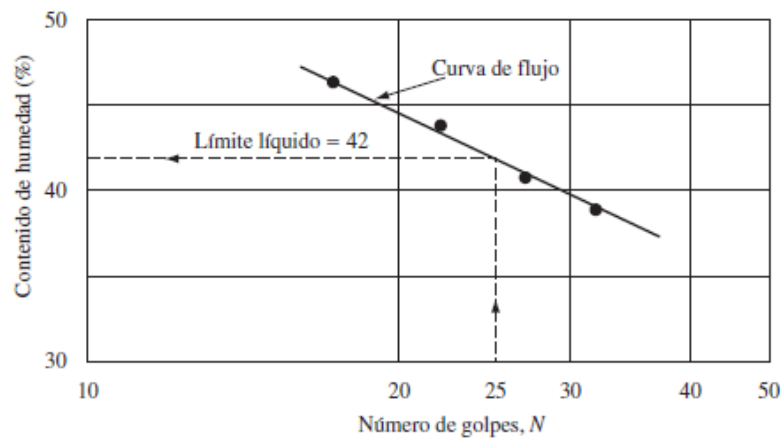
El límite líquido no es más que el porcentaje de contenido de humedad en relación con el peso seco de la muestra del cual el suelo pasa de estar en estado líquido a estar en estado plástico. en el límite líquido la cohesión es cero o nula, según Atterberg en este límite, el suelo tiene una resistencia al esfuerzo de corte, aunque muy pequeña y es de 25 gr/cm<sup>2</sup>. [23]

Para la determinación de este límite se utiliza el método de la copa de Casagrande dictado por la norma: AASHTO T 89 2013, donde se establece el contenido de humedad vs el número de golpes, a los 25 golpes se determina el límite líquido, siendo este método para suelos cohesivos. A continuación, se muestra una imagen de la copa de Casagrande con sus medidas correspondientes y una curva de flujo con este método. [22]



**Fig 5.** Copa de Casagrande

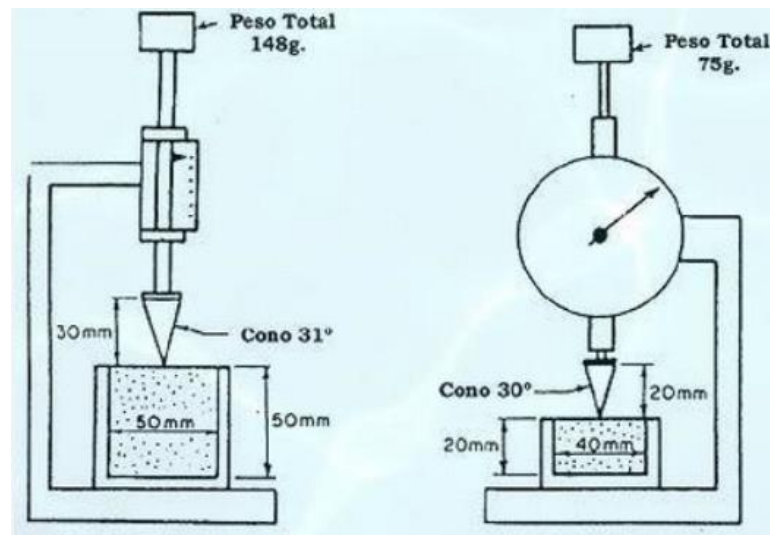
*Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica Braja M. Das. [22]*



**Fig 6.** Curva de flujo método copa de Casagrande

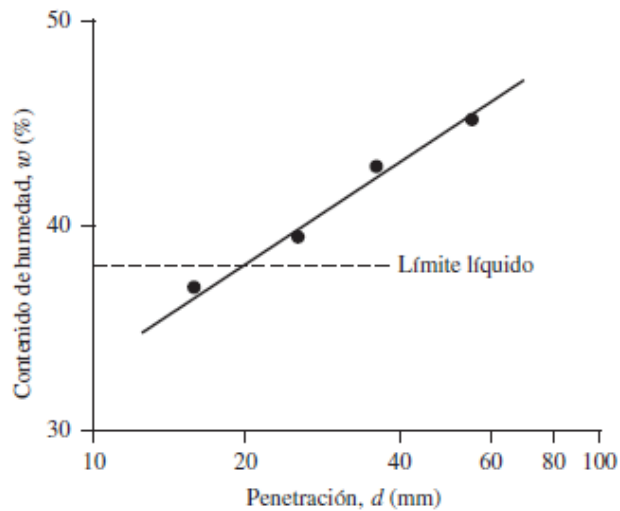
**Fuente:** Fundamentos de ingeniería geotécnica Braja M. Das. [22]

En suelos arenosos granulares el método de Casagrande queda obsoleto por lo que habrá que recurrir al método del cono, usando un penetrómetro de cono, ensayo dictado por la norma: BS 1377 (British Standards Institution 1975). El aparato mostrado en la siguiente figura establece el contenido de humedad vs la penetración en mm, a los 20 mm de penetración se determina el límite líquido.[24]



**Fig 7.** Penetrómetro de cono

**Fuente:** BS 1377 (British Standards Institution 1975). [25]



**Fig 8.** Curva de flujo método penetración de cono.

*Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica Braja M. Das. [22]*

#### 2.2.2.4.1.5. Límite plástico (LP)

El límite plástico se delimita como el porcentaje del contenido de humedad con respecto al peso seco de la muestra de suelo, para suelos cohesivos pasaran de un estado semisólido a un estado plástico. Este límite se determina mediante una prueba de rollitos moldeables de suelo obteniendo su contenido de humedad. [23]

#### 2.2.2.4.1.6. Índice plástico (IP)

El índice plástico o índice de plasticidad se obtiene mediante la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, mostrando así el rango de humedades dentro del cual el suelo se halla en estado plástico.[23]

$$IP = LL - LP \quad (\text{ec. 10})$$

Donde:

IP= índice plástico

LL= límite líquido

LP= límite plástico

La tabla 8 presenta los niveles de plasticidad en base a los índices de plasticidad yendo desde plasticidades nulas con rangos IP de 0-3 hasta plasticidades altas con IP >31.

**Tabla 8.** Clasificación según plasticidad.

Plasticidad	Descripción del Suelo	Rango IP
NULA	limo	0-3
BAJA	limo con trazas de arcilla	4-15
MEDIA	limo arcilloso	16-30
	arcilla limosa	
	arcillas y limos orgánicos	
ALTA	arcilla limosa	>31
	arcilla	

**Fuente:** Mecánica de suelos, Sanz J. [26]

Según la norma MOP 2003 se establecen valores de IP y LL, aceptables para suelos de subrasantes, siguiendo la norma estandarizada AASHTO-T-91

**Tabla 9.** Clasificación según plasticidad.

Suelo que pasa tamiz N° 40	Indice Plástico (IP)	HASTA 9 %	CBR >20%
	Limite Líquido (LL)	HASTA 35%	

**Fuente:** Norma MOP 2003. [27]

#### 2.2.2.4.1.7. Gravedad específica

La gravedad específica relaciona al peso unitario de una masa de suelo con la densidad del agua [28]. Para este valor su incremento de precisión es la temperatura, entonces su fórmula es la siguiente.

$$G_s = \frac{k * W_s}{W_{bw} + W_s - W_{bws}} \quad (\text{ec. 11})$$

Donde:

$k$  = factor de temperatura

$W_{bw}$  = Peso del picnómetro + agua

$W_{bws}$  = Peso del picnómetro + agua + suelo sumergido

A continuación, en la siguiente figura se presenta una tabla obtenida por Joseph E Bowles, donde se muestran valores gravedad específica según el tipo de suelo, esto ayudará a la comparación de resultados según el tipo de suelo obtenido en el presente trabajo de investigación.

**Tabla 10.** Clasificación según plasticidad.

<b>TIPO DE SUELO</b>	<b>Gs</b>
arena	2.65-2.67
arena limosa	2.67-2.70
arena inorgánica	2.70-2.75
suelos con micas o hierros	2.75-3.0
suelos orgánicos	Variable, puede ser inferior a 2.00

*Fuente:* Manual de laboratorio de suelos Joseph E Bowles. [29]

#### **2.2.2.4.1.8. Densidad aparente**

Básicamente la densidad aparente comprende la relación entre una masa y volumen de cualquier tipo de suelo. [21]

$$\gamma = \frac{\text{Masa } (Wm)}{\text{Volumen } (Vm)} \quad (\text{ec. 12})$$

#### **2.2.2.4.1.9. Densidad de campo**

La densidad de campo se usa como un ensayo destructivo, generalmente se lo realiza después del trabajo de compactación para la verificación del cumplimiento de la densidad específica, además este ensayo permite obtener las fases del suelo y con ello calcular las relaciones fundamentales de los suelos, existen varios métodos para la determinación de la densidad de campo (peso unitario del campo) como el método del cono y arena de Ottawa, el método del globo de goma y el método nuclear. Con el método de cono y arena el peso unitario seco se determina como: [30]

$$\gamma_d = \frac{\text{peso seco del suelo excavado del agujero}}{\text{Volumen del agujero}} \quad (\text{ec. 13})$$

A continuación, se presenta una tabla obtenida por William Lambe, donde se muestran valores de porosidad, relación de vacíos, humedad, densidad húmeda y densidad seca según el tipo de suelo, esto ayudara a realizar la comparación de resultados según el tipo de suelo obtenido en el presente trabajo de investigación. [30]

**Tabla 11.** Clasificación de propiedades índice.

Descripción	Porosidad ( $n$ )	Relación de vacíos ( $e$ )	Humedad ( $w$ ) <sup>a</sup>	Peso volumétrico			
				g/cm <sup>3</sup>		lb/pie <sup>3</sup>	
				$\gamma_d$ <sup>b</sup>	$\gamma_{sat}$ <sup>c</sup>	$\gamma_d$	$\gamma_{sat}$
1. Arena uniforme, suelta	0.46	0.85	32	1.43	1.89	90	118
2. Arena uniforme, compacta	0.34	0.51	19	1.75	2.09	109	130
3. Mezclas de arena, sueltas	0.40	0.67	25	1.59	1.99	99	124
4. Mezclas de arena, compactas	0.30	0.43	16	1.86	2.16	116	135
5. Limo eólico (loes)	0.50	0.99	21	1.36	1.86	85	116
6. Morrena, granos muy mezclados	0.20	0.25	9	2.12	2.32	132	145
7. Arcilla glacial blanda	0.55	1.2	45	1.22	1.77	76	110
8. Arcilla glacial dura	0.37	0.6	22	1.70	2.07	106	129
9. Arcilla blanda con poca mat. orgánica	0.66	1.9	70	0.93	1.58	58	98
10. Arcilla blanda con mucha mat. orgánica	0.75	3.0	110	0.68	1.43	43	89
11. Arcilla blanda montmorillonítica (bentonita cálcica)	0.84	5.2	194	0.43	1.27	27	80

<sup>a</sup>  $w$  = humedad para suelos saturados del peso del material seco  
<sup>b</sup>  $\gamma_d$  = peso volumétrico seco  
<sup>c</sup>  $\gamma_{sat}$  = peso volumétrico saturado

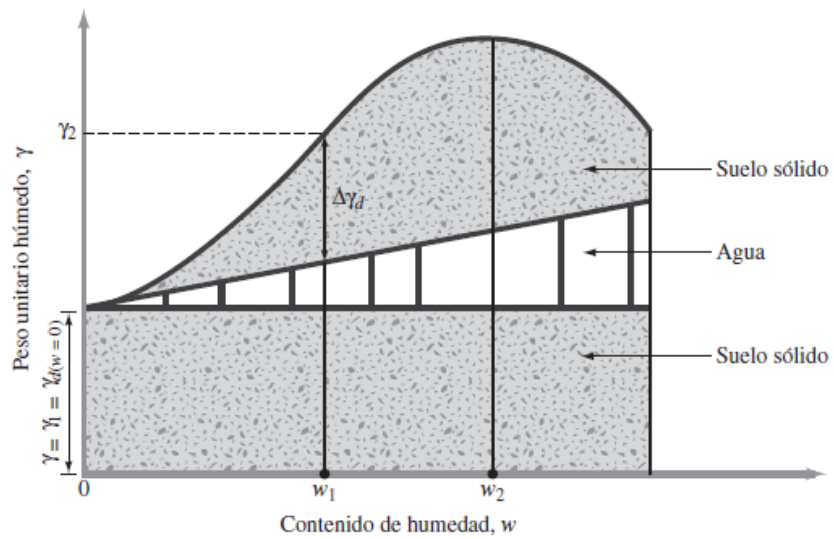
*Fuente: Mecánica de suelos. William T Lambe. [30]*

## 2.2.2.4.2. Propiedades mecánicas

### 2.2.2.4.2.1. Compactación

La compactación se define como la fijación de suelo al eliminar los vacíos, este procedimiento solicita de energía mecánica, el nivel de compactación se mide en función de la densidad seca o peso unitario seco, a medida que se aumenta agua a las partículas de suelo durante la compactación, estas tienden a suavizarse, entonces a medida que el contenido de humedad aumente cuando se tiene el mismo esfuerzo de compactación el peso unitario de solidos aumentara, pero su peso unitario seco se reduce. Cuando el contenido de humedad logra el peso unitario seco o densidad máxima seca, entonces esta se nombra humedad óptima. [22]



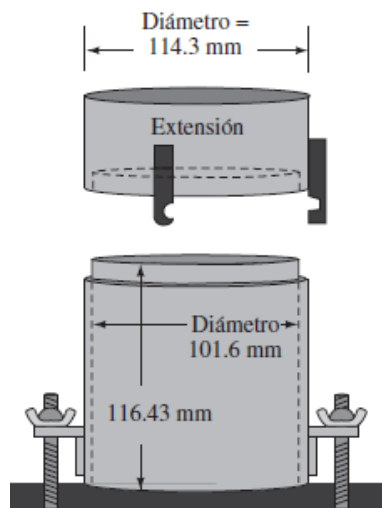


**Fig 9.** Principios de compactación.

*Fuente:* Fundamentos de ingeniería geotécnica Braja M. Das. [22]

#### 2.2.2.4.2.2. Proctor modificado

Con el objetivo de representar de mejor manera las condiciones de campo, la prueba de Proctor estándar fue modificada, teniendo así una compactación de 5 capas en un molde de  $943.3 \text{ cm}^3$  por un matillo de  $44.5 \text{ N}$  masa, con una caída de  $457.2 \text{ mm}$ , el número de golpes para cada capa varía según el método. [22]



**Fig 10.** Molde de compactación.

*Fuente:* Fundamentos de ingeniería geotécnica Braja M. Das. [22]

El suelo es mezclado con diferentes contenidos de humedad y es compactado en el molde, entonces si se conoce el nivel de humedad se podrá obtener la densidad seca (peso unitario seco) que se calcula con la siguiente fórmula:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_m}{1 + \frac{w\%}{100}} \quad (\text{ec. 14})$$

Donde:

$\gamma_d$ = peso unitario seco

$\gamma_m$ = peso unitario húmedo (peso suelo húmedo/volumen de molde)

$W\%$ = contenido de humedad en porcentaje

Cuando se tiene una muestra de suelo seca o en estado natural, se realiza el ensayo y a medida que aumenta el contenido de humedad el peso unitario seco aumentará hasta que llegue a su peso unitario seco máximo entonces, se tendrá el contenido de humedad óptimo con la cual se podrá llegar a niveles de compactación altos y óptimos, de aquí en adelante si se sigue aumentando el contenido de humedad el peso unitario seco disminuirá teniendo densidades del suelo bajas. [31]

**Tabla 12. Especificaciones Proctor Modificado**

Ensayo Proctor Modificado AASHTO T-180 Martillo 10 lb – Altura de caída 18"				
MÉTODOS	A	B	C	D
Material que pasta	Tamiz # 4	Tamiz # 4	Tamiz 3/4"	Tamiz 3/4"
Diámetro del molde	4"	6"	4"	6"
Nº de capas	5	5	5	5
Nº de golpes por capa	25	56	25	56
Volumen del molde sin collar	1/30 pie <sup>3</sup>	1/13,33pie <sup>3</sup>	1/30pie <sup>3</sup>	1/13,33pie <sup>3</sup>
Energía de compactación	56249.98 lb*pie/pie <sup>3</sup>	55985.98 lb*pie/pie <sup>3</sup>	56249.98 lb*pie/pie <sup>3</sup>	55985.98 lb*pie/pie <sup>3</sup>

**Fuente:** Carreteras calles y aeropistas Raúl Valle Rodas [31]

#### 2.2.2.4.2.3. Relación de Soporte California (CBR)

El CBR busca clasificar y evaluar la capacidad portante de un suelo como materiales de subrasante, base o subbase en la construcción de carreteras, en condiciones de humedad y densidad controladas previamente con el ensayo de Proctor, el CBR mide la resistencia al corte de los suelos, se lo puede realizar en campo y en laboratorio.

El valor de CBR se consigue mediante la relación de la carga lb/plg<sup>2</sup> con un pistón de penetración 19.4cm<sup>2</sup> de área en una muestra de suelo compactada con densidad y humedad controladas respecto a la carga unitaria patrón que se necesita para tener la misma profundidad de penetración. [29]

$$CBR \% = \frac{\text{carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria patrón}} * 100 \quad (\text{ec. 15})$$

En la siguiente tabla se muestran los valores para la carga unitaria del suelo patrón y los niveles de penetración requeridos

**Tabla 13.** Penetración y carga unitaria patrón CBR

PENETRACIÓN		CARGA UNITARIA PATRÓN	
mm	plg	Mpa	psi
2.50	0.10	6.9	1000
5.00	0.20	10.3	1500
7.50	0.30	13	1900
10.00	0.40	16	2300
12.70	0.50	18	2600

**Fuente:** Manual de laboratorio de suelos Joseph E Bowles. [29]

El objetivo de saturar la muestra del molde de CBR con una sobrecarga que simula la estructura del pavimento es para dar a conocer niveles de esponjamiento es decir la expansión que se espera del suelo bajo la estructura de pavimento, además de indicar la pérdida de resistencia en campo. [23]

Generalmente el número de CBR que se usa en el diseño de pavimento es el que tiene para la penetración de 0.10" y 0.2" de las cuales se utiliza el mayor de estos, se sabe que, si el valor de CBR está más cerca de 0 % son suelos de baja calidad mientras que los que se acercan al 100% son suelos estables de buena calidad, es decir, tienen mejor relación de soporte. [23]

**Tabla 14.** Clasificación de suelos según el CBR

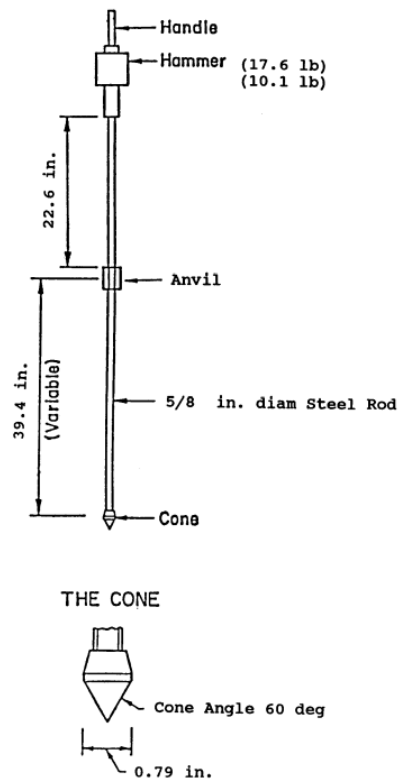
<b>CBR</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Uso</b>
0-5	muy mala	subrasante
5-10	mala	subrasante
11-20	regular-buena	subrasante
21-30	excelente	subrasante
31-50	buena	subbase
51-80	buena	base
81-100	excelente	base

*Fuente: Mecánica de suelos y cimentaciones Crespo Villalaz. [23]*

#### **2.2.2.4.2.4. Cono Dinámico de Penetración (DCP)**

El cono dinámico de penetración sirve para valorar la resistencia en campo (in situ) del suelo, comúnmente este ensayo se lo utiliza para estimar el CBR de campo (in situ) con el objetivo principal de identificar el espesor de cada estrato y su resistencia al corte, por lo que esta prueba esta predestinada para evaluar la resistencia en campo de un material en condiciones naturales que existen in situ. [32]

Según las especificaciones de la norma ASTM D6951 el DCP, consiste en una varilla de acero de 5/8 de pulgada de diámetro con un cono de acero unido a un extremo que se introduce en la subrasante por medio de un martillo que se desliza. El ángulo del cono es de 60 grados y su diámetro de la base del cono es de 0.790 plg. El diámetro del cono es 0.16 in y es mayor que el de la varilla para asegurar que la resistencia a la penetración se ejerza sobre el cono. [33]



**Fig 11.** Cono dinámico de penetración

**Fuente:** *Description and Application of Dual Mass Dynamic Cone Penetrometer.*[33]

El martillo de 10.1 lb se puede usar en suelos hasta CBR 80. La profundidad de penetración del cono se mide en intervalos seleccionados de penetración o caída del martillo y la resistencia al corte del suelo se informa en términos del índice DCP.[33] El índice DCP tiene que ver con la profundidad de penetración promedio resultante de un golpe del martillo. Se realiza una penetración promedio por golpe para obtener el valor del índice DCP. Los valores de índice de DCP individuales se informan para cada profundidad de prueba, lo que resulta un perfil de resistencia del suelo con profundidad para cada ubicación de prueba.[33]

Según la norma ASTM D6951 dicta que, se pueden obtener valores de CBR in situ a través de la prueba DCP con el índice DN, mediante una correlación establecida adecuada a las condiciones del suelo, la siguiente ecuación es aplicable para todos los suelos con excepción de CL y suelo por debajo CBR 10.[32]

$$CBR = 292/DCP^{1.12} \text{ for DCP in mm/blow} \quad (\text{ec. 16})$$

En la siguiente tabla se muestran los valores de la correlación establecida por la norma ASTM D6951, se observan valores desde índice DCP menores a 3 hasta mayores a 324 mm/golpe.

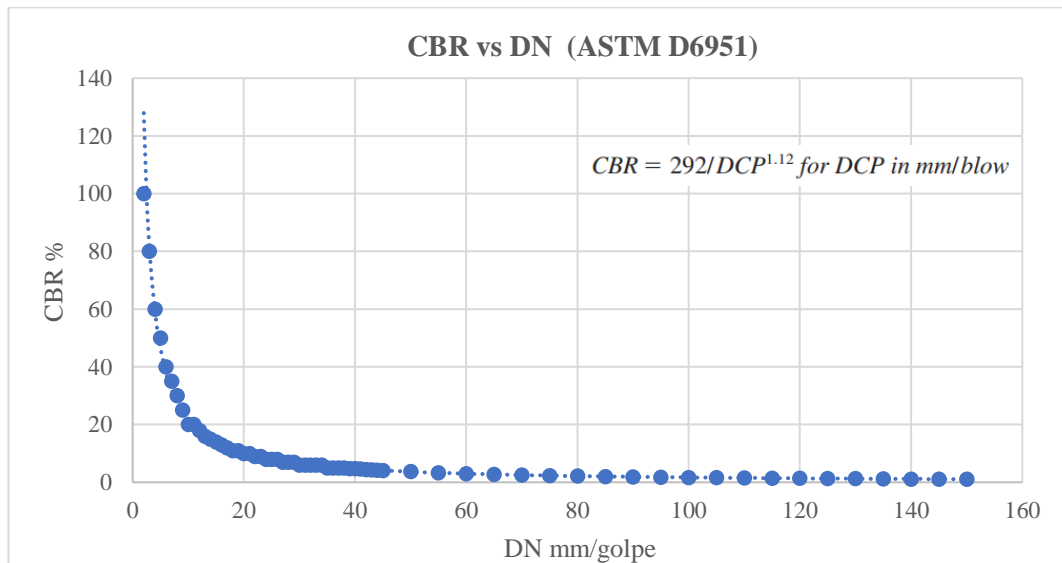
**Tabla 15.** Correlación entre CBR y DCP.

DCP Index mm/blow <sup>A</sup>	CBR %	DCP Index mm/blow <sup>A</sup>	CBR %	DCP Index mm/blow <sup>A</sup>	CBR %
<3	100	39	4.8	69-71	2.5
3	80	40	4.7	72-74	2.4
4	60	41	4.6	75-77	2.3
5	50	42	4.4	78-80	2.2
6	40	43	4.3	81-83	2.1
7	35	44	4.2	84-87	2.0
8	30	45	4.1	88-91	1.9
9	25	46	4.0	92-96	1.8
10-11	20	47	3.9	97-101	1.7
12	18	48	3.8	102-107	1.6
13	16	49-50	3.7	108-114	1.5
14	15	51	3.6	115-121	1.4
15	14	52	3.5	122-130	1.3
16	13	53-54	3.4	131-140	1.2
17	12	55	3.3	141-152	1.1
18-19	11	56-57	3.2	153-166	1.0
20-21	10	58	3.1	166-183	0.9
22-23	9	59-60	3.0	184-205	0.8
24-26	8	61-62	2.9	206-233	0.7
27-29	7	63-64	2.8	234-271	0.6
30-34	6	65-66	2.7	272-324	0.5
35-38	5	67-68	2.6	>324	<0.5

<sup>A</sup> For DCP Index in units of in./blow, divide by 25.4.

**Fuente:** Norma ASTM D6951. [32]

En la siguiente figura se observa el diagrama obtenido por la norma con los datos de la tabla anterior donde se mira la correlación existente entre el CBR y el índice de penetración DN del DCP.



**Fig 12.** Correlación CBR-DCP, ASTM D6951

**Fuente:** Norma ASTM D6951. [32]

### 2.2.2.5. Ensayos de campo y laboratorio

#### 2.2.2.5.1. Pozo a cielo abierto (PCA)

Para el ensayo PCA (pozo a cielo abierto), se excavaron calicatas rectangulares de 1.50 m x 1.50 m x 1.00 m de profundidad, sin incluir la capa vegetal, cuando se llegó a la profundidad deseada se recogió en sacos térmicos las muestras de suelo con el fin de preservar la humedad natural, se procedió a recoger aproximadamente 60 kg de muestra.



**Fig 13.** *Ensayo PCA*

*Fuente: Sofia Paredes.*

#### 2.2.2.5.2. Densidad de campo (Método de Cono y Arena de Ottawa) AASHTO T 191 2014

Para el ensayo lo primero que se realizó es determinar el peso de la arena en el cono y tomar apunte de esta, ahora se escogió el lugar y se limpió con una brocha todo alrededor, a continuación se colocó la placa base y se fijó con clavos a los lados, ahora con la cuchareta, cincel y martillo, se excavo un hoyo más o menos de 15 cm de profundidad y ese suelo se lo recogió en una funda, se tomó apunte de su peso, seguido a esto se colocó una funda en el hoyo y se puso el cono sobre la placa y se abrió la válvula para que se llene el hoyo, cuando el hoyo está lleno se cierra la válvula y se procede a pesar la arena que se llenó en el hoyo, la arena sobrante en el cono también se lo debe pesar tomar apunte de esta, a continuación se tomó una pequeña muestra del suelo excavado y se determina su contenido de humedad. [34]



**Fig 14.** *Ensayo densidad de campo*

*Fuente: Sofia Paredes.*

### **2.2.2.5.3. Cono Dinámico de Penetración (DCP) ASTM D6951**

Para la elaboración de este ensayo, lo primero es hacer una pequeña inspección de las piezas y acople, ahora se procede a ensamblar el instrumento siguiendo a respectiva normativa, se debe asegurar que el instrumento esté bien ajustado, ahora se elige el lugar de penetración, en este caso se lo realizo dentro de la calicata, ahora se sostiene de manera vertical el DCP, el operador levanta la pesa hasta el tope solo hasta hacer contacto con el tope superior, después la suelta y la deja en caída libre, se toma nota de la lectura inicial, y así sucesivamente se repite este proceso hasta llegar casi a los 100 cm, según la norma si después de 5 golpes el DCP no avanza más de 2mm entonces se detendrá el ensayo y se buscara otro sitio cercano para realizarlo, cuando se haya llegado a la profundidad deseada se extrae el DCP golpeando el mazo hacia la empuñadura , es decir de abajo hacia arriba, cuando se lo haya extraído, se procede a buscar otro sitio cercano y nuevamente repetir el proceso, de modo que se obtengan mínimo 3 ensayos por calicata para así poder realizar un promedio del índice DCP.

[32]





**Fig 15.** *Ensayo DCP*

*Fuente: Sofia Paredes.*

#### **2.2.2.5.4. Contenido de humedad natural AASHTO T 265 2015**

Para la elaboración de este ensayo en laboratorio primero se pesó un tarro en la balanza y se tomó nota de su peso, a continuación, se colocó la muestra de suelo en estado natural dentro del tarro y se tomó su peso, ahora se lo lleva un horno controlado a  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  o  $(230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F})$ . [35], pasadas las 24 horas en el horno se procese a sacarlas, dejar enfriar a una temperatura ambiente la muestra seca y después tomar su peso y anotarlo.



**Fig 16.** *Ensayo contenido de humedad*

*Fuente: Sofia Paredes.*

#### **2.2.2.5.5. Granulometría AASHTO T 88 2013**

Para la elaboración de este ensayo primeramente se preparó la muestra se suelo, es decir se la dejó secar en el horno, al día siguiente con la muestra completamente seca, se pesa en un recipiente 1000 gr de muestra, por otro lado se coloca los tamices en orden empezando con el tamiz N.º 4 hasta el tamiz N.º 200 ya que la mayoría de las muestras se trataban de arenas entonces, se coloca la fuente al final y se vacía la muestra pesada en la torre de tamices, se coloca la tapa y se la lleva a la tamizadora alrededor de 15 a 20 minutos para asegurarse de que la muestra se tamice correctamente, después del tiempo mencionado extraer los tamices de la tamizadora, en un recipiente seco y tomar el peso retenido en cada tamiz hasta llegar a la fuente, cabe recalcar que dos de las muestras realizadas se las tamizo desde el tamiz  $\frac{3}{4}$  ya que se trataban de suelos con material más grueso



**Fig 17.** *Ensayo granulometría*

*Fuente: Sofia Paredes.*

#### **2.2.2.5.6. Gravedad específica de sólidos AASHTO T 100 2015**

Para la realización de este ensayo primero se preparó la muestra, 24 horas antes se tomó aproximadamente 500 gr de suelo y se sumergió en agua, pasadas las 24 horas se decanta el agua del recipiente en el que se sumergió el suelo y se procede a esparcir la muestra de suelo en una bandeja de manera homogénea, esta se la deja secar hasta que el suelo llegue al estado sss (saturado superficialmente seco), para asegurarse que el suelo se encuentra se este estado se procedió hacer la prueba de la campana que

consiste en colocar el suelo en dos capas en un molde cónico sobre una superficie lisa, cada capa se apisonara con 25 golpes, solamente dejado caer el pistón sobre el suelo, ahora se enraza el suelo del molde y se lo retira de manera vertical, si el suelo mantiene la forma dada por el molde entonces se deja secar más la muestra, dado que este aún no se encuentra en estado sss, entonces después de secar la muestra se repite el proceso del cono y una vez que se desmorona el suelo superficialmente entonces la muestra estará lista para realizar el ensayo de gravedad específica

Ahora para realizar el ensayo de gravedad específica se toma un picnómetro seco y se lo llena con agua a temperatura ambiente hasta la marca de aforo con la ayuda de la pipeta, entonces se tomará su peso, después se vacía el agua del picnómetro hasta dejar aproximadamente un tercio del agua entonces con la muestra ya preparada se pesan 50 gr y con la ayuda de un embudo se lo introduce ahora se llena el picnómetro con el suelo nuevamente hasta la marca de aforo, entonces se procede a eliminar los vacíos es decir las burbujas de aire, para ello lo llevamos a baño maría a una temperatura de más o menos 23°C y se lo deja de 5 a 7 min, pasado este tiempo se lo saca del baño y con la ayuda de una superficie plana y una franela se rueda el picnómetro de modo que las burbujas de aire desaparezcan en su mayoría, ahora se deja enfriar el picnómetro, se afora nuevamente y se tomara el peso el picnómetro más suelo sin burbujas tomar la temperatura con la ayuda de un termómetro y anotarla, después de este proceso se vacía el picnómetro con el suelo en un recipiente y se manada a secar al horno, cuando la muestra este completamente seca se el peso del recipiente con la muestra seca y el peso del recipiente



**Fig 18.** *Ensayo gravedad específica*

**Fuente:** *Sofia Paredes.*

#### **2.2.2.5.7. Límite líquido (Copa de Casagrande) AASHTO T 89 2013**

Para la elaboración de este ensayo se recolectaron aproximadamente 100 gramos de suelo seco que pasa el tamiz número 40, a continuación se toma la cápsula de porcelana y se echa el suelo con un poco de agua, se lo mezcla con el pistilo de caucho hasta formar una pasta homogénea, a continuación se coloca un poco de esta pasta con la espátula en la copa de Casagrande se tiene que llenar hasta más o menos un espesor de 1 cm de la parte más profunda, una vez que esté colocada esta pasta se toma el ranurador y se divide en la parte del medio en 2 pequeñas porciones, el movimiento del ranurador debe ser de arriba hacia abajo, además el ranurador debe ser constante en todo el recorrido de la copa, se recalca que según la norma no se deben realizar más de 6 pasadas, cuando el suelo esté dividido se prende la copa y se cuenta el número de golpes hasta que la parte inferior de la división de suelo se cierre, esta acción se repite hasta que la muestra de suelo alcance los intervalos dados por la norma que son de 0 a 15 golpes de 15 a 25 golpes de 25 a 35 golpes y de 35 a 45 golpes, esto se repite de 2 a 3 veces para verificar la el número de golpes de cada intervalo, cuando se haya obtenido el número de golpes deseados de cada intervalo se procede a tomar un poco de esta muestra para determinar su contenido de humedad, para tomar esta muestra con la espátula se corta la mitad de cada división ya unida, se la pesa y se la manda al horno.



**Fig 19.** *Ensayo limite liquido copa Casagrande*

**Fuente:** *Sofia Paredes.*

#### **2.2.2.5.8. Límite líquido (penetrómetro de cono) BS 1377 (British Standards Institution 1975).**

Para elaborar este ensayo se recolectaron aproximadamente 300 gramos de suelo seco que pasa el tamiz número 40, ahora se tomara la capsula de porcelana y se mezclara el suelo con agua durante aproximadamente 10 minutos de modo que la humedad sea homogénea, ahora se toma esta muestra mezclada y se la llena en el recipiente metálico hasta el tope, con la ayuda de una espátula se enraza, ahora se ubica este recipiente bajo la punta del penetrómetro y se procede ajustar el cono de modo que la punta apenas toque la superficie del suelo enraizado, ahora se encera el dial y a continuación se deja caer el cono por un periodo de 5 segundos, pasado este tiempo se ajusta el cono y se procese a leer el nivel de penetración y se lo anota, se ahora se levanta el cono, se retira la muestra y con la ayuda de la espátula o una cuchara se extrae aproximadamente 10 gr de muestra del suelo que fue penetrado y se lo manda al horno para determinar su contenido de humedad, ahora se repite el proceso tres veces de modo que la humedad varíe para obtener penetraciones de 15 a 25 mm.

Según la norma británica dicta que se realizaran 2 penetraciones de la muestra con la misma humedad de modo que si la diferencia entre estas lecturas obtenidas no es mayor a 5 mm se realiza un promedio y se lo registra, pero si es mayor a 5mm entonces se realizara una tercera penetración entonces ahora si el rango entre estas tres penetraciones no es mayor que 1mm entonces se toma el promedio de las 3 lecturas.



**Fig 20.** *Ensayo limite liquido penetrómetro de cono*

*Fuente: Sofia Paredes*



#### **2.2.2.5.9. Límite plástico AASHTO T 90 2016**

Para realizar este ensayo se toma algo de muestra sobrante del límite líquido y se agrega agua de modo que el suelo forme una especie de masa moldeable a continuación se toma algo de muestra y se forma una bola en la mano y seguido a esto se procede a formar un rollito en la superficie plana o una placa de vidrio de modo que este rollito tenga aproximadamente 3mm de ancho y mínimo 5 cm de longitud sin fracturarse, con cuidado se lo coloca en un recipiente y se lo manda al horno, ahora se repite el mismo proceso 5 veces más de modo que se pueda obtener un promedio de humedades para la obtención del límite plástico.



**Fig 21.** *Ensayo limite plástico*

*Fuente: Sofia Paredes.*

#### **2.2.2.5.10. Proctor Modificado AASHTO T 180 2018**

Para realizar este ensayo primero se identificó el método de prueba, en este caso se tomó el método D ya que más del 90% de la muestra pasó el tamiz número 4, ahora en una bandeja poner los 6000 gr de suelo y mezclarlo con el porcentaje de agua con el que se quiera iniciar, la norma recomienda que el porcentaje de agua varíe entre 3 y 4 %, seguido a esto se coloca el molde con su collar y retorta sobre una base firme, plana y horizontal, se llena el molde con una de las fracciones de muestra, se coloca una capa de material de aproximadamente un quinto de la altura del molde más el collar. Se compacta la capa con 56 golpes de pisón uniformemente distribuidos en el molde,

repetir las operaciones anteriores hasta obtener 5 capas. Al compactar la última capa debe quedar un pequeño exceso de material por sobre el borde del molde. En seguida de compactar, retirar el collar y enrasar cuidadosamente con la regla al nivel del borde del molde. Los agujeros superficiales, que son el resultado de la remoción de partículas gruesas en el enrasado, deben taparse con material más fino, nuevamente enrasar, pesar el molde con el suelo la retorta y sin el collarín, es importante que se sepa el peso del molde con la base y la retorta, ahora retirar el material del molde y extraer dos muestras representativas del suelo una arriba del molde y otra debajo, colocarlos en recipientes y mandarlos al horno para determinar contenido de humedad, repetir siguiendo el procedimiento anteriormente descrito aumentando la humedad en cada determinación de modo que se pueda obtener un curva de compactación coherente. Es importante que el ensayo se debe efectuar desde la condición más seca a la condición más húmeda.



**Fig 22.** *Ensayo Proctor Modificado*

*Fuente: Sofia Paredes.*

#### **2.2.2.5.11. California Bearing Ratio (CBR) AASHTO T 193 2013**

Para realizar este ensayo es importante tener la muestra ya preparada, es decir tener 18000 gr de muestra seca que pase por el tamiz N.º 4, ahora se tendrán tres moldes que tienen la misma condición que el molde que se usó para el ensayo Proctor, se arma el molde con su respectivo collarín y retorta, ahora en una bandeja colocar 6000 gr de

muestra y poner la humedad optima que se obtuvo del ensayo Proctor modificado, se lo mezcla bien para que la humedad este uniforme en todo el suelo y está lista para compactar, en los tres moldes se compactaron en total 5 capas con la diferencia que en cada moldes el número de golpes por capa varia , el primer molde se compactara con 11 golpes, en el segundo molde con 27 golpes y el tercer molde con 56 golpes, para cada molde se usó 6000 gr de muestra con la humedad optima, después de compactar, extraer dos muestras de suelo de cada uno de los moldes, las muestras se recolectan una de la bandeja y otra del suelo compactado que se quedó en el collarín, y se las manda al horno para obtener contenidos de humedad, ahora para cada molde se retira cuidadosamente la retorta y se da la vuelta a la muestra con el suelo compacto, ahí quedara un espacio sobrante donde se pondrá las pesas establecidas por la norma de modo que simule las cargas de tráfico, ahora se sumerge en agua alrededor de 72 horas y se coloca diales esto con la finalidad de medir el esponjamiento cada 24 horas durante la inmersión, pasado este tiempo de debe extraer las muestras saturadas del agua, se las deja secar alrededor de 30 a 40 minutos al sol, y están listas para ensayar, con la maquina Multispeed, colocar las muestras con las pesas y ensayarlas, la maquina mostrara las gráficas de esfuerzo vs deformación, después de ensayarlas nuevamente tomar muestras para realizar contenidos de humedad después de la saturación, las muestras se extraerán una de arriba del molde y otra abajo del molde.



**Fig 23.** *Ensayo CBR*

**Fuente:** *Sofia Paredes.*



### **2.2.3. FASE 2 - estudio y análisis de correlaciones**

Para el cumplimiento de la segunda fase que tiene relación con el segundo objetivo específico, se ejecutaron una serie de procesos, en esta fase, se describen los métodos de investigación utilizados, así como el criterio tomado para la creación de correlaciones, por último, se realizó una descripción de los principios de regresión y correlación con el que se trabajó a lo largo de esta investigación.

#### **2.2.3.1. Métodos de investigación**

- **Método Investigación correlacional**

La investigación correlacional trata de describir las variables que están relacionadas entre ellas además de explicar algún tipo de variable sin necesidad de ser estudiado directamente. Dentro del objetivo 2 se realizará una comparación entre CBR, DCP y las propiedades índice y mecánicas de los suelos de la provincia de Cotopaxi, por tanto, corresponde a este tipo de investigación ya que se analizará y correlacionará los resultados obtenidos de las muestras ensayadas.

#### **2.2.3.2. Criterios para el establecimiento de correlaciones**

Se proponen curvas y rectas de regresión con el objetivo de crear correlaciones entre propiedades índice y mecánicas para un número de muestras determinado, estos se formularán en modelos matemáticos de modo que se crean funciones para la obtención de algunas propiedades tanto índice como mecánicas, sin necesidad de realizar el ensayo correspondiente, lo que se resume en un ahorro de dinero y tiempo. [24]

En primer lugar, para el establecimiento de las correlaciones, se toma en cuenta que algunas propiedades están en función de otras, no solamente de una o dos, sino que en algunos casos están en función de varias por lo que es necesario partir con ecuaciones de dos y tres variables que se obtienen mediante regresión y que gráficamente se pueda obtener una propiedad a partir de otra ya conocida.[24]

Por lo general las ecuaciones que se generan de estas regresiones serán del tipo que se muestra en la siguiente figura, donde que con el método de mínimos cuadrados se estimarán los valores de los coeficientes. [24]

Línea recta	$Y = a_0 + a_1X$
Parábola o curva cuadrática	$Y = a_0 + a_1X + a_2X^2$
Curva cúbica	$Y = a_0 + a_1X + a_2X^2 + a_3X^3$
Curva cuártica	$Y = a_0 + a_1X + a_2X^2 + a_3X^3 + a_4X^4$
Curva de grado $n$	$Y = a_0 + a_1X + a_2X^2 + \dots + a_nX^n$

**Fig 24.** Tipos de curvas de aproximación

*Fuente: Estadística, Schaum. [36]*

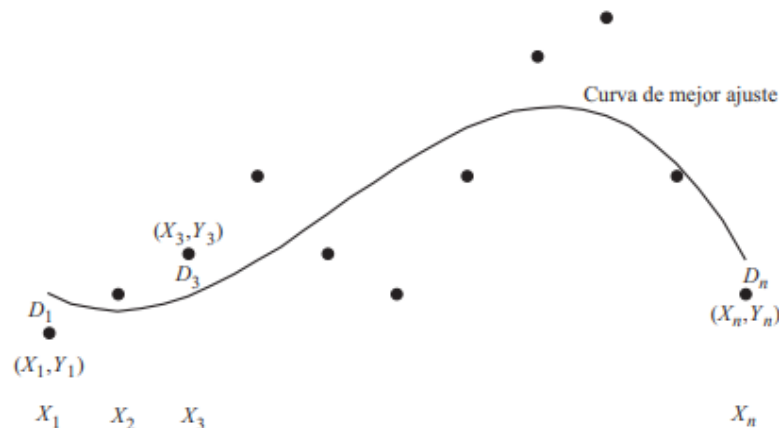
Para escoger la mejor ecuación de correlación se analizará el coeficiente de correlación (R) y el coeficiente de determinación ( $R^2$ ). Para esto se utiliza el software Excel en el caso de que se tengan dos variables, pero en el caso de que se tengan más de dos se realizará un análisis manual utilizando el método de mínimos cuadrados

### 2.2.3.3. Análisis de regresión y correlación

#### 2.2.3.3.1. Método de los mínimos cuadrados

Este método busca la mejor recta o curva de ajuste, de modo que se define como “la curva que tiene la capacidad de que  $D^2_1 + D^2_2 + \dots + D^2_N$  sea la mínima se le llama curva de mejor ajuste.”[36]

De modo que este criterio se utiliza cuando la variable independiente el X y la dependiente es Y. La siguiente figura muestra una curva de mejor ajuste entre las variables dadas



**Fig 25.** Curva de mejor ajuste D.

*Fuente: Estadística, Schaum. [36]*

### 2.2.3.3.2. Recta de mínimos cuadrados

Esta recta tiene como ecuación.:

$$Y = a_0 + a_1X \quad (\text{ec. 16})$$

Los coeficientes  $a_0$  y  $a_1$  se resuelven mediante las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} \sum Y &= a_0N + a_1 \sum X \\ \sum XY &= a_0 \sum X + a_1 \sum X^2 \end{aligned} \quad (\text{ec. 17})$$

### 2.2.3.3.3. Regresión

La evaluación de la variable Y dependiente de la Variable X se basa en datos de muestra. Entonces la estimación del valor de la variable Y se la realiza partiendo de la curva de mínimos cuadrados que esta ajustada a los datos de la muestra, esta curva es la que toma nombre de curva de regresión de Y en X. [36]

### 2.2.3.3.4. Correlación

La correlación hace referencia a grado de relación entre variables, cuando la relación se da entre dos variables entonces se trata de una correlación y regresión simple, pero si se trata de más variables se habla de una correlación y regresión múltiple.[36]

### 2.2.3.3.5. Coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>)

El coeficiente de determinación es el resultado de la división entre la variación explicada y la variación total, además se sabe que mientras más cercano a 1 este valor quiere decir que la regresión tiene un buen ajuste.

*“La variación total es la suma de los cuadrados de la desviaciones de Y respecto la media  $\bar{Y}$ ”.*[36] y se expresa:

$$\sum(Y - \bar{Y})^2 = \sum(Y - Y_{est})^2 + \sum(Y_{est} - \bar{Y})^2 \quad (\text{ec. 18})$$

*La variación explicada*

$$\sum(Y_{est} - \bar{Y})^2 \quad (\text{ec. 19})$$

*Variación no explicada*

$$\sum(Y - Y_{est})^2 \quad (\text{ec. 20})$$

Es así como  $r^2$  se denota como:

$$r^2 = \frac{\sum(Y_{est} - \bar{Y})^2}{\sum(Y - \bar{Y})^2} \quad (\text{ec. 21})$$

#### 2.2.3.3.6. Coeficiente de correlación (R)

El coeficiente de correlación está determinado por la raíz cuadrada de la ecuación (21).

$$r = \sqrt{\frac{\sum(Y_{est} - \bar{Y})^2}{\sum(Y - \bar{Y})^2}} \quad (\text{ec. 22})$$

El valor de este coeficiente va de -1 a +1, indicando que cuando hay valores cercanos a +1 existe una correlación lineal positiva y valores cercanos a -1 la correlación es no lineal o correlación lineal negativa. [36]

#### 2.2.3.3.7. Correlación lineal simple

Esta recta tiene como ecuación.:

$$Y = a_0 + b_1 X \quad (\text{ec. 23})$$

Los coeficientes  $a_0$  y  $a_1$  se resuelven mediante las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} \sum Y &= a_0 N + b_1 \sum X \\ \sum XY &= a_0 \sum X + b_1 \sum X^2 \end{aligned} \quad (\text{ec. 24})$$

Los coeficientes a y b se calcula con las fórmulas:

$$a = \frac{\sum Y \cdot \sum X^2 - \sum X \cdot \sum XY}{N \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{N \cdot \sum XY - \sum X \cdot \sum Y}{N \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

(ec. 25)

#### 2.2.3.3.8. Correlación potencial simple

Mientras una variable persiste constante las otras se inspeccionan de forma variable:

$$Y = a \cdot X^b$$

(ec. 28)

Los coeficientes a y b se calcula con las fórmulas:

$$a = \bar{Y}' - b \cdot \bar{X}'$$

$$b = \frac{N \cdot \sum X'Y' - \sum X' \cdot \sum Y'}{N \cdot \sum X'^2 - (\sum X')^2}$$

(ec. 26)

Donde:

$Y'$  = logaritmo natural de Y  $\ln(Y)$

$X'$  = logaritmo natural de X  $\ln(X)$

$\bar{Y}$  y  $\bar{X}$  = media aritmética

#### 2.2.3.3.9. Correlación logarítmica simple

$$Y = a + b * \ln(X)$$

(ec. 27)

Los coeficientes a y b se calcula con las fórmulas:

$$a = \bar{Y} - b \cdot \bar{X}'$$

$$b = \frac{N \cdot \sum X'Y - \sum X' \cdot \sum Y}{N \cdot \sum X'^2 - (\sum X')^2}$$

(ec. 28)

Donde:

$Y'$  = logaritmo natural de Y  $\ln(Y)$

$X'$  = logaritmo natural de X  $\ln(X)$

$\bar{Y}$  y  $\bar{X}$  = media aritmética

$N$  = # de muestra

### 2.2.3.3.10. Correlación lineal múltiple

$$Z = a_0 + a_1X + a_2Y \quad (\text{ec. 29})$$

De las que se resuelve el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned} \sum Z &= a_0 N + a_1 \sum X + a_2 \sum Y \\ \sum XZ &= a_0 \sum X + a_1 \sum X^2 + a_2 \sum XY \\ \sum YZ &= a_0 \sum Y + a_1 \sum XY + a_2 \sum Y^2 \end{aligned} \quad (\text{ec. 30})$$

El coeficiente de determinación se resuelve con la siguiente ecuación:

$$r^2 = \frac{a_0 \sum Z + a_1 \sum (X \cdot Z) + a_2 \sum (Y \cdot Z) - N(Z_{\text{med}})^2}{\sum (Z^2) - N(Z_{\text{med}})^2} \quad (\text{ec. 31})$$

### 2.2.3.3.11. Correlación logarítmica múltiple

$$Z = a_0 + a_1 \log X + a_2 Y \quad (\text{ec. 32})$$

De aquí se cambia la variable por  $\ln(Z)$ ,  $\ln(X)$ ,  $\ln(Y)$  y se consigue el siguiente sistema de ecuaciones resueltas con la matriz inversa del método de mínimos cuadrado

$$\begin{aligned} \sum Z &= a_0 N + a_1 (\sum X') + a_2 (\sum Y) \\ \sum X'Z &= a_0 (\sum X') + a_1 (\sum X'^2) + a_2 (\sum X'Y) \\ \sum YZ &= a_0 (\sum Y) + a_1 (\sum X'Y) + a_2 (\sum Y^2) \end{aligned} \quad (\text{ec. 33})$$

El coeficiente de determinación se resuelve con la siguiente ecuación:

$$r^2 = \frac{a_0 \sum Z + a_1 \sum (X' \cdot Z) + a_2 \sum (Y \cdot Z) - N(Z_{\text{med}})^2}{\sum (Z^2) - N(Z_{\text{med}})^2} \quad (\text{ec. 34})$$

#### **2.2.4. FASE 3 - Diseño de pavimento**

Para el cumplimiento de la tercera fase que tiene relación con el tercer objetivo específico, se ejecutaron una serie de procesos, en esta fase, se describen los métodos de investigación utilizados, así como el criterio tomado para el diseño de pavimento además de hacer uso de las correlaciones obtenidas para el diseño, por último, se realizó una descripción de cada uno de los parámetros que se tomaron en cuenta para este diseño.

##### **2.2.4.1. Método de Investigación deductivo**

Este método trata de ir de lo general a lo particular, es decir, que mediante una serie de hechos lógicos se concretan ideas en base a una sucesión de principios.[37]. Este método se usará ya que se aplicarán los resultados de los ensayos de una de las muestras para el diseño de pavimentos en una de las vías rurales a escoger.

##### **2.2.4.2. Criterios para el diseño de Pavimento Flexible**

Los pavimentos flexibles son más factibles a las carreteras de hormigón, debido a sus ciertas ventajas, de las cuales se mencionan es que pueden fortalecerse y mejorarse en etapas con el crecimiento del tráfico, también los pavimentos flexibles se usan más comúnmente para caminos de volumen bajo, además se sabe que los pavimentos flexibles transmitirán los esfuerzos de carga de las ruedas a las capas inferiores por transferencia de grano a grano a través de los puntos de contacto en la estructura granular. [38]

Para el presente trabajo de investigación experimental se ha propuesto la creación de un diseño de pavimento en base a los resultados obtenidos en la fase anterior, para ello se utilizará el método de diseño pavimentos flexibles en basado en la norma AASHTO 93, de acuerdo con los criterios anteriores, se realizará el análisis y diseño para un pavimento flexible para una de las vías en estudio, además de aplicar una de las correlaciones obtenidas para el diseño.

Al ser lugares rurales con bajo tránsito, se eligió el sector que necesita transitar con más fluidez debido a que se trata de una colectora para la movilidad de comercio entre los habitantes, del cual se estimó la vía del sector Guingopana - Chusulchi en la parroquia de Toacaso ver (*anexo 4*).

### 2.2.4.3. Parámetros de diseño

#### 2.2.4.3.1. Tráfico promedio diario anual (TPDA)

Para la determinación del tipo de vía para el diseño, se realizó un estudio de tráfico donde es necesario conocer el tráfico promedio diario anual (TPDA) y el comportamiento del tráfico futuro, para ello se implantó una estación de conteo manual durante 12 horas por 7 días de la semana, tal como lo establece la norma MTOP, a continuación, se detallan los parámetros para conocer el TPDA total. [27]

##### 2.2.4.3.1.1. Factor de hora pico

$$FHP = \frac{VHMD}{N * Q_{15 \text{ máx}}} \quad (\text{ec. 35})$$

Donde:

**VHMD:** Volúmen horario de máxima demanda.

**Q<sub>15 máx</sub>:** Flujo máximo durante 15 minutos.

**N:** Numero de periodos durante la hora de máxima demanda.

Según normativa se establece que si el valore de FHP es inferior a 1, este se considerara 1.

##### 2.2.4.3.1.2. Tráfico Promedio Diario Anual Actual (TPDA)

$$TPDA = \frac{VHP * FHP}{k} \quad (\text{ec. 36})$$

Donde:

**VHP:** Volúmen de vehículos durante la hora pico.

**FHP:** Factor de hora pico.

**k:** Porcentaje de la 30va hora de diseño, dependiendo de la zona.

El valor k es el valor esperado de la relación entre el volumen de la n-ava hora máxima, si se selecciona el volumen de la 30-ava hora como el de proyecto, para proyecciones a años futuros en carreteras, se recomiendan los siguientes valores de k:



**Tabla 16.** Valores de *k* para TPDA

<b>Tipo de función</b>	<b>k</b>
Para carreteras suburbanas	0.08
Para carreteras rurales secundarias	0.12
Para carreteras rurales principales	0.16

*Fuente:* Ingeniería de tránsito fundamentos y aplicaciones, Cal y Mayor [39]

#### **2.2.4.3.1.3. Tráfico Atraído (Ta)**

El tráfico atraído se considera como el 10 % del TPDA actual y se refiere al tránsito nuevo que atrae por la generación de la carretera nueva. [27]

$$Ta = 10\% TPDA \quad (\text{ec. 37})$$

#### **2.2.4.3.1.4. Tráfico Generado (Tg)**

El tráfico generado se considera como el 20 % del TPDA actual y se refiere al número de viajes que se han realizado con anterioridad y también viajes nuevos que se realizaran por la atracción de la nueva carretera.[27]

$$Tg = 20\% TPDA \quad (\text{ec. 38})$$

#### **2.2.4.3.1.5. Tráfico Desarrollado (Td)**

El tráfico desarrollado se considera como el 5 % del TPDA actual. [27]

$$Td = 5\% TPDA \quad (\text{ec. 39})$$

#### **2.2.4.3.1.6. TPDA total**

$$TPDA_{Total} = TPDA_{actual} + Ta + Tg + Td \quad (\text{ec. 40})$$

#### **2.2.4.3.2. Tráfico futuro (Tf)**

En el presente proyecto se espera que la vía tendrá un periodo de diseño de 20 años, a partir del presente año 2023 y finalizará en el año 2043.

$$Tf = TPDA_{Total} * (1 + i)^n \quad (\text{ec. 41})$$

Donde:

**Tf:** Tráfico futuro.

**TPDA<sub>Total</sub>:** Tráfico promedio diario anual del año de estudio.

**i:** Tasa de crecimiento del tránsito, o índice de crecimiento.

**n:** Periodo de diseño.

#### 2.2.4.3.2.1. Tasa de crecimiento del tránsito

El (MTOPE) proporciona valores de la tasa de crecimiento del tránsito de acuerdo con el tipo de vehículo que se presenta a continuación.

*Tabla 17. Tasa de crecimiento anual del tráfico*

Tasa de crecimiento anual del tráfico (%)			
Periodo	Livianos	Buses	Camiones
2015 - 2020	3.97	1.97	1.94
2020 - 2025	3.57	1.78	1.74
2025 - 2030	3.25	1.62	1.58
2030- 2035	3.25	1.62	1.58
2035 - 2040	3.25	1.62	1.58
2040- 2045	3.25	1.62	1.58

*Fuente:* Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, MTOPE-2016.[40]

#### 2.2.4.3.2.2. Tipo de vía en función del tráfico futuro

La norma MOP clasifica el tipo de vía en función del tráfico, la (tabla 13) presenta la clasificación de carreteras con su clase según el TPDA

*Tabla 18. Tipo de vía según TPDA*

Función	Clase de Carretera	TPDA
Corredor arterial	RI ó RII	Más de 8000
	I	De 3000 a 8000
Colectora	II	De 1000 a 3000
	III	De 300 a 1000
Vecinal	IV	De 100 a 300
	V	Menos de 100

*Fuente:* Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, MTOPE-2016.[40]

### 2.2.4.3.3. Diseño de pavimento

#### 2.2.4.3.3.1. Método AASHTO 93

Para el diseño de pavimento flexible se optó por el método AASHTO 93 y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r * S_o + \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10}(Mr) - 0.87 \quad (\text{ec. 42})$$

Donde:

**W<sub>18</sub>**: Ejes equivalentes.

**Z<sub>r</sub>**: Desviación estándar normal.

**S<sub>o</sub>**: Desviación estándar global.

**SN**: Número estructural.

**ΔPSI**: Pérdida de serviciabilidad.

**Mr**: Módulo de resiliencia.

#### 2.2.4.3.3.2. Periodo de diseño

Se presenta el periodo de diseño según el tipo de carretera, en base a la norma AASHTO 93.

*Tabla 19. Periodo de diseño según tipo de carretera*

Tipo de Carretera	Periodo de Diseño
Urbana- alto volumen de transito	30-50
Rural- alto volumen de transito	20-50
Pavimentada-bajo volumen de transito	15-25
Revestida -bajo volumen de transito	10-20

*Fuente: AASHTO 1993.[41]*

#### 2.2.4.3.3.3. Número de ejes equivalentes

Para realizar el cálculo del número de ejes equivalentes es necesario calcular el factor de daño y el factor de distribución por carril

### ***Factor de daño (FD)***

Se determina el factor de daño para los vehículos livianos, buses y pesados utilizando la siguiente ecuación dada por la norma AAHTO 93. [41]

$$FD_{eje\ simple} = \left(\frac{P}{6.6}\right)^4 \quad (\text{ec. 43})$$

$$FD_{eje\ doble} = \left(\frac{P}{8.2}\right)^4 \quad (\text{ec. 44})$$

$$FD_{eje\ tandem} = \left(\frac{P}{15}\right)^4 \quad (\text{ec. 45})$$

Donde:

**P** = carga por eje (TON)

### ***Factor de distribución por carril (Fd)***

Se presenta el factor de distribución por carril, dependiendo del número de carriles por sentido el factor de distribución cambiara.

**Tabla 20.** *Factor de distribucion por carril*

<b>Nº de carriles por sentido</b>	<b>% W18 en el carril de diseño</b>
1	100
2	80-100
3	60-80
4 o más	50-75

**Fuente:** AASHTO 1993.[41]

### **2.2.4.3.3.4. Número de ejes equivalentes acumulados W18**

$$W_{18} = TPDA_{final} * 365 * FD * Fd \quad (\text{ec. 46})$$

**Donde:**

$W_{18}$ : Ejes equivalentes.

$FD$ : Factor de daño.

$TPDA_{final}$ : Tráfico promedio diario anual.

$Fd$ : Factor de distribución por carril.

#### 2.2.4.3.3.5. $W_{18}$ total (por dirección)

$$W_{18} \text{ Total} = W_{18} \text{ Acumulado} * 0.5 \quad (\text{ec. 47})$$

#### 2.2.4.3.3.6. CBR de Diseño

El CBR de diseño va acorde al número de ejes equivalentes  $W_{18}$ , a continuación, se muestra el % de percentil según el número de ejes equivalentes en el carril de diseño

*Tabla 21. Percentil según  $W_{18}$  Total*

Número de ejes equivalente en el carril de diseño	Percentil (%)
< 10 000	60
10 000 - 1 000 000	75
> 1 000 000	87.5

*Fuente: AASHTO 1993. [41]*

El valor de CBR se obtiene del estudio de suelos, posteriormente se ordenan los valores de CBR de cada muestra en orden de menor a mayor para determinar los percentiles y posterior CBR de diseño.

#### 2.2.4.3.3.7. Confiabilidad (R)

La confiabilidad o nivel de confianza se adopta según la clasificación de la carretera, la siguiente tabla muestra el nivel de confianza recomendado según la clasificación.

**Tabla 22.** Nivel de confianza

Clasificación	Nivel de Confianza Recomendado	
	Urbano	Rural
Interestatal y Autopista	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-95
Calles colectoras	80-95	75-95
Calles locales	50-80	50-80

*Fuente:* AASHTO 1993. [41]

#### 2.2.4.3.3.8. Desviación estándar normal (Zr)

La desviación estándar normal se determina en base a la confiabilidad, la AASHTO 93, presenta la siguiente tabla.

**Tabla 23.** Desviación estándar

Confiabilidad (R)	Desviación Estandar Zr
50	0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.34
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	-3.09
99.99	-3.75

*Fuente:* AASHTO 1993,[41]

#### 2.2.4.3.3.9. Desviación estándar global (So)

El manual para el diseño del Pavimento AASHTO brinda valores para So comprendidos dentro de los siguientes intervalos:

*Tabla 24. Desviación estándar global*

Desviación Estándar Global (So)	
Pavimentos rígidos	0.30 - 0.40
Pavimentos flexibles	0.40 - 0.50

*Fuente: AASHTO 1993.[41]*

#### 2.2.4.3.3.10. Índice de Serviciabilidad

$$\Delta PSI = PSI_{inicial} - PSI_{final} \quad (\text{ec. 48})$$

Donde:

$\Delta PSI$  = Pérdida de serviciabilidad.

$PSI_{inicial}$ : serviciabilidad inicial.

$PSI_{final}$ : serviciabilidad final.

#### 2.2.4.3.3.11. Módulo de resiliencia de la subrasante (Mr)

El manual para el diseño del Pavimento AASHTO brinda fórmulas para determinar el módulo de resiliencia de la subrasante en función del valor de CBR.

$$Mr (psi) = 1500 CBR \quad (CBR > 10 \%) \quad (\text{ec. 49})$$

$$Mr (psi) = 3000 CBR^{0.65} \quad (10\% < CBR < 20\%) \quad (\text{ec. 50})$$

$$Mr (psi) = 4326 \ln(CBR) + 241 \quad (CBR > 20\%) \quad \text{Para suelos granulares}$$

(ec. 51)

#### 2.2.4.3.4. Determinación de los coeficientes estructurales de cada capa que conforma el paquete estructural

Para determinar los valores de SN, es necesario el establecimiento de un valor de CBR para capa base y subbase del pavimento.

Los valores de CBR son proporcionados de las especificaciones técnicas de la MTOP, además de usar la siguiente expresión para determinar los valores de SN:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \quad (\text{ec. 52})$$

Donde:

**SN:** número estructural.

**$a_1 - a_2 - a_3$ :** Coeficientes estructurales de la carpeta asfáltica, base y subbase.

**$D_1 - D_2 - D_3$ :** Espesores de la carpeta asfáltica, base y subbase.

**$m_2 - m_3$ :** Coeficiente de drenaje.

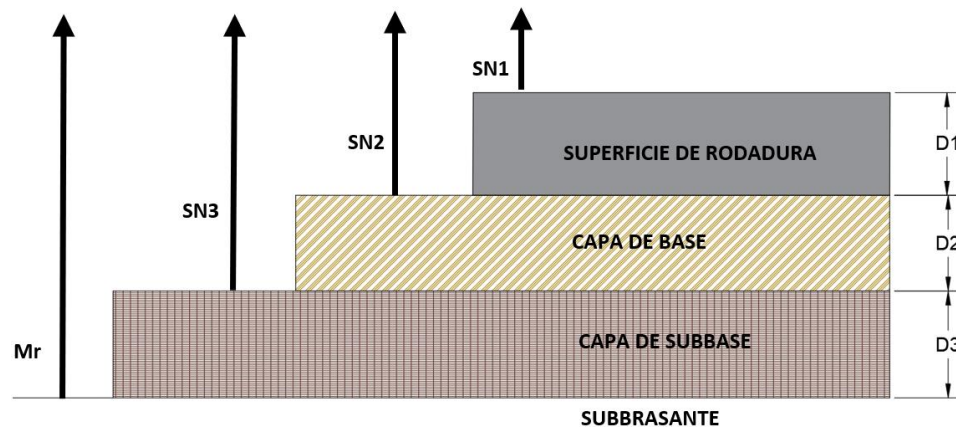


Fig 26. Curva de mejor ajuste D.

Fuente: AASHTO 1993. [41]

##### 2.2.4.3.4.1. Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica ( $a_1$ )

Mediante la AASHTO 93, se recomienda un valor mínimo de la estabilidad Marshall de 1800 lb, para vehículos pesados. Se presenta a continuación un ábaco dado por la



norma donde se puede determinar el módulo resiliente de la carpeta asfáltica (módulo elástico) y el coeficiente estructural de la capa a1. [41]

Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica ( $a_1$ )

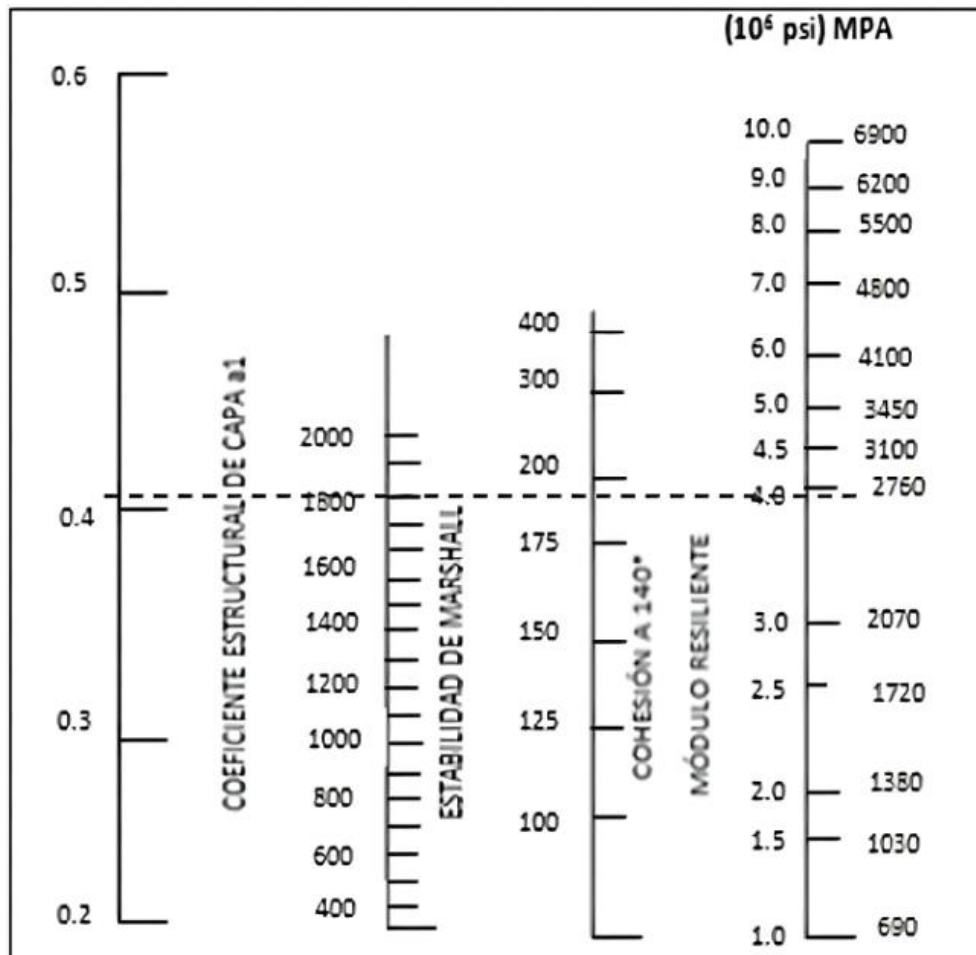


Fig 27. Abaco para determinar coeficiente estructural de carpeta asfáltica a1

Fuente: AASHTO 1993. [41]

2.2.4.3.4.2. Coeficiente estructural de la base ( $a_2$ )

La norma MTOP en su apartado de especificaciones técnicas, establece que el valor de CBR mínimo para base es del 80%. [27]

Se presenta a continuación un ábaco dado por la norma donde se puede determinar el módulo resiliente de la base (módulo elástico) y el coeficiente estructural de la capa a2.

Coeficiente estructural de la base ( $a_2$ )

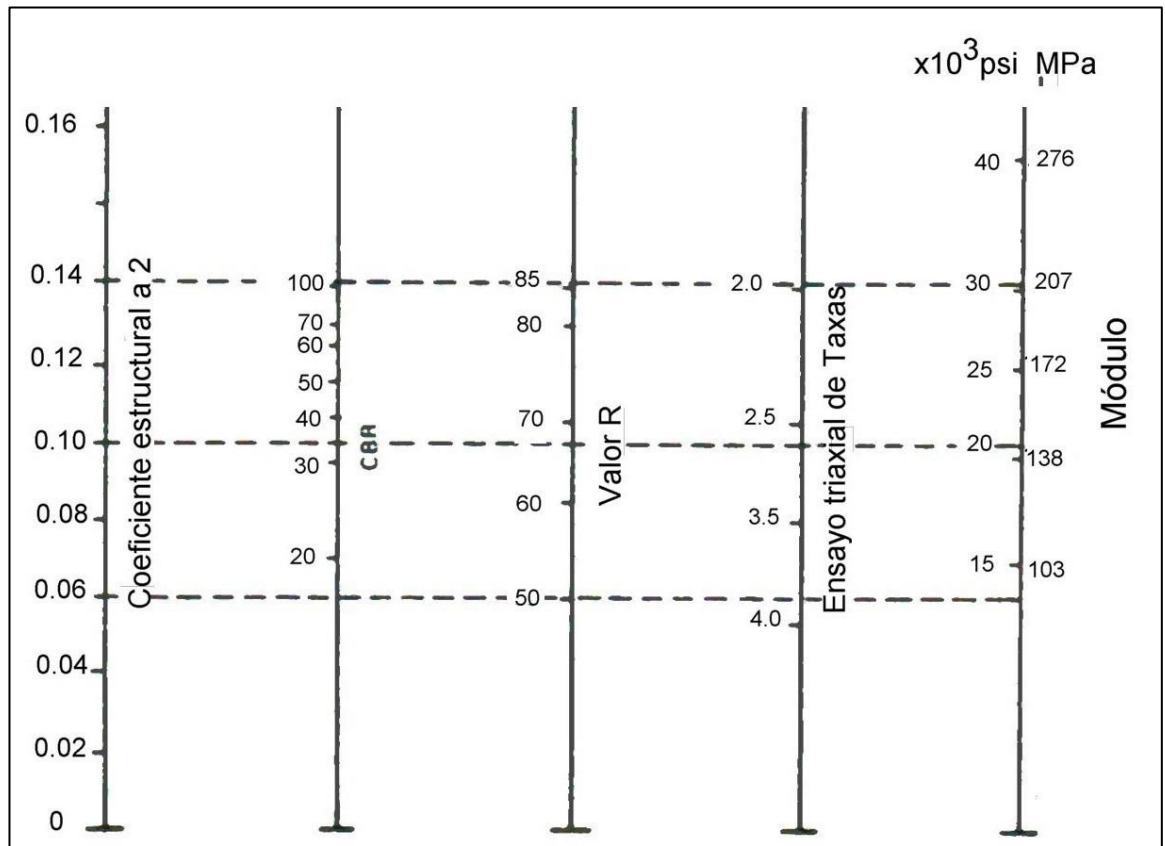


Fig 28. Abaco para determinar coeficiente estructural de base  $a_2$

Fuente: AASHTO 1993. [41]

2.2.4.3.4.3. Coeficiente estructural de la subbase ( $a_3$ )

Para el diseño de la capa subbase, la norma MTOP en su apartado de especificaciones técnicas sección 403-1.02. Materiales, establece que el valor de soporte de CBR mínimo para base es del 30%. [27]

Se presenta a continuación un ábaco dado por la norma donde se puede determinar el módulo resiliente de la subbase (módulo elástico) y el coeficiente estructural de la capa  $a_3$ .

Coeficiente estructural de la subbase ( $a_3$ )

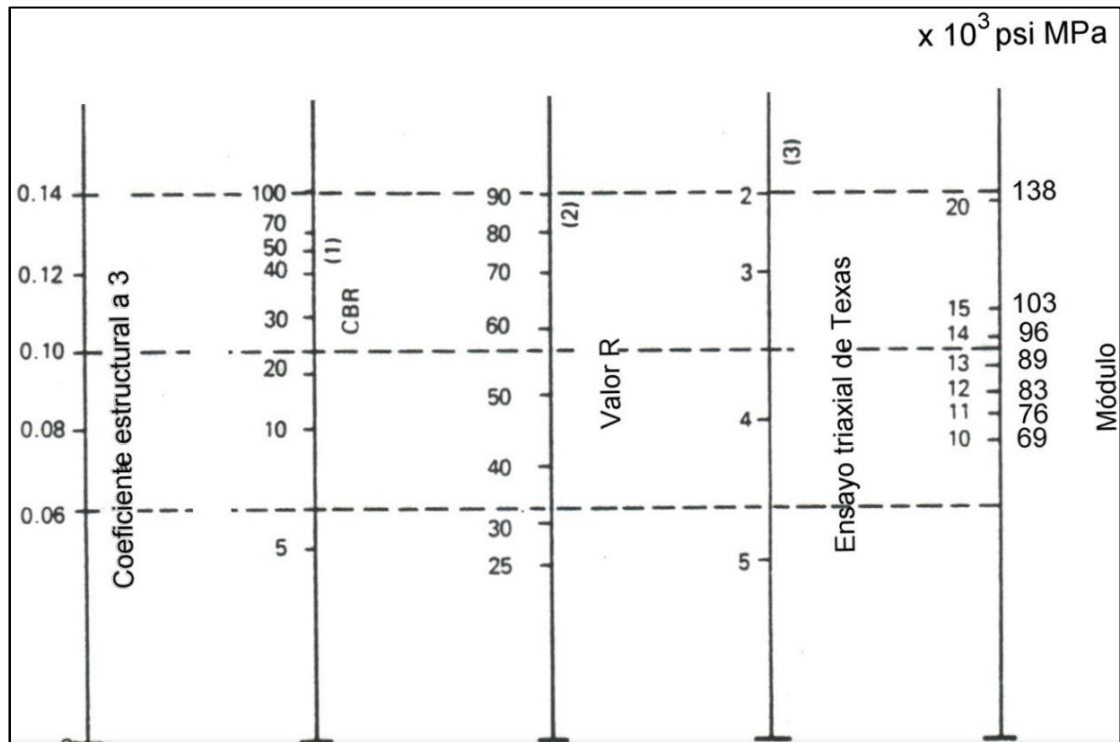


Fig 29. Abaco determinar coeficiente estructural de subbase  $a_3$

Fuente: AASHTO 1993.

2.2.4.3.4.4. Coeficiente de drenaje ( $m_2$ ,  $m_3$ )

Para determinar el coeficiente de drenaje es necesario acudir a los anuarios meteorológicos del INAMHI sobre la distribución de la precipitación durante todo un año y obtener datos de la estación meteorológica más cercana.

Cuando se haya obtenido la distribución de precipitación. Se determina la calidad de drenaje mediante el agua eliminada.

Tabla 25. Calidad de drenaje

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

Fuente: Manual para el diseño del Pavimento AASHTO 1993. [41]

El manual para el diseño de pavimento AASHTO 93, presenta una tabla donde se puede elegir el porcentaje de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación mediante la calidad del drenaje

**Tabla 26. Coeficientes de drenaje**

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación		
	1 - 5 %	5 - 25 %	> 25%
Excelente	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.2
Bueno	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1
Regular	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.8
Pobre	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.6
Muy pobre	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.4

*Fuente: AASHTO 1993. [41]*

#### 2.2.4.3.4.5. Espesores mínimos

El manual AASHTO 93 para el diseño de pavimentos flexibles establece espesores mínimos de acuerdo con el número de ejes equivalentes acumulados.

**Tabla 27. Espesores mínimos de acuerdo con W18 acumulados**

Eje W 8.2 Ton	Carpeta asfáltica D1 (cm)	Capa base D2 (cm)
Menos de 50 000	3.0	10.0
50 001 a 150 000	5.0	10.0
150 001 a 500 000	6.5	10.0
500 001 a 200 0000	7.5	15.0
2 000 001 a 7 000 000	9.0	15.0
>7 000 000	10.0	15.0

*Fuente: AASHTO 1993. [41]*

#### **2.2.5. FASE 4 - Clasificación y zonificación de suelos**

Para el cumplimiento de la cuarta fase que tiene relación con el cuarto objetivo específico, se describen los métodos de investigación utilizados, así como la descripción de los sistemas de clasificación AASHTO y SUCS, por último, se muestran las respectivas tablas y diagramas que serán útiles para la clasificación de suelos de las parroquias Guaytacama y Toacaso.

##### **2.2.5.1. Métodos de investigación**

- **Método Investigación descriptiva**

En los estudios descriptivos se utilizan descripciones, medidas o clasificaciones al objeto, es decir que describe las características de lo que se estudia, para lo cual a cada uno de estos suelos representativos se lo clasificará mediante los sistemas AASHTO y SUCS según las propiedades y cualidades que presenten, cumpliendo así el último objetivo propuesto.

##### **2.2.5.2. Clasificación de suelos**

Los suelos como tal necesitan ser clasificados por grupos y subgrupos para su identificación, esto se debe a que muchos suelos tienen similitud de propiedades índice y mecánicas. La clasificación es útil para determinar un lenguaje común, para esto los sistemas AASHTO y SUCS han determinado una la clasificación en base a propiedades específicas del suelo como la granulometría y los límites de Atterberg. [22]

##### **2.2.5.3. Sistema Unificado de Clasificación SUCS**

Casagrande propone este sistema en 1948. Este sistema clasifica a los suelos en dos categorías y son: suelos de grano grueso y suelos de grano fino. Los suelos de grano grueso que por lo general es grava y arena tiene la característica de ser suelos que menos del 50% pasa por el tamiz 200, para identificar a estos suelos se comenzara con los prefijos G (grava) o S (arena). Los suelos de grano fino que por lo general es limo y arcilla tiene la característica de ser suelos que más del 50% pasa por el tamiz 200, para identificar a estos suelos se comenzara con los prefijos M (limo inorgánico), C (arcilla inorgánica) o O (limos orgánicos y arcillas). Para saber si están bien

clasificados o graduados este sistema usa los prefijos W (bien clasificados), P (mal clasificados), L (baja plasticidad,  $LL < 50$ ), H (alta plasticidad,  $LL > 50$ ). [22]

A continuación, se muestra una tabla con la clasificación de los suelos del “*sistema unificado de clasificación de suelo*” donde los parámetros y criterios para la asignación de grupo se encuentran especificados

**Tabla 28.** Clasificación SUCS

Criterio para la asignación de símbolos de grupo				Símbolos de grupo
Suelos de grano grueso Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	Gravas Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm. 4	Gravas limpias Menos de 5% finos <sup>a</sup>	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$ $C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3^c$	GW GP
		Gravas con finos Más de 12% finos <sup>a,d</sup>	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea “A” (figura 4.2) $PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea “A” (figura 4.2)	GM GC
	Arenas 50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	Arenas limpias Menos de 5% finos <sup>b</sup>	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$ $C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3^c$	SW SP
		Arenas con finos Más de 12% finos <sup>b,d</sup>	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea “A” (figura 4.2) $PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea “A” (figura 4.2)	SM SC
Suelos de grano fino 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200	Limos y arcillas Límite líquido menor que 50	Inorgánico	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea “A” (figura 4.2) <sup>e</sup> $PI < 4$ o gráficos por debajo de línea “A” (figura 4.2) <sup>e</sup>	CL ML
		Orgánico	$\frac{\text{Límite líquido: secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$ ; vea la figura 4.2; zona OL	OL
	Limos y arcillas Límite líquido 50 o más	Inorgánico	Gráficos $PI$ en o por encima de línea “A” (figura 4.2) Gráficos $PI$ por debajo de “A” línea (figura 4.2)	CH MH
		Orgánico	$\frac{\text{Límite líquido: secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$ ; vea la figura 4.2; zona OH	OH
Suelos altamente orgánicos	Materia orgánica principalmente, color oscuro y orgánico			Pt

<sup>a</sup>Gravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC.

<sup>b</sup>Arenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC.

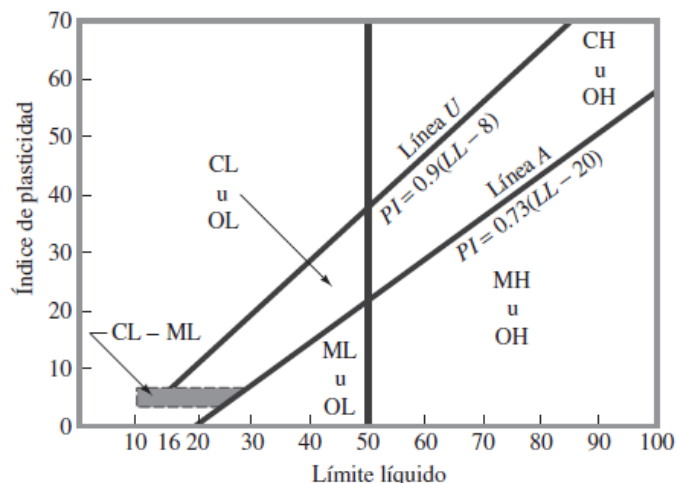
$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}; \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

<sup>d</sup>Si  $4 \leq PI \leq 7$  y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo GC-GM o SC-SM.

<sup>e</sup>Si  $4 \leq PI \leq 7$  y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo CL-ML.

**Fuente:** Fundamentos de ingeniería geotécnica Braja M. Das. [22]

La siguiente figura muestra la carta de Casagrande para suelos de grano fino e inorgánicos. Como un resumen de la tabla anterior del sistema SUCS.



**Fig 30.** Carta de plasticidad de Casagrande.

*Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica Braja M. Das. [22]*

La siguiente tabla muestra la clasificación de los suelos del “sistema unificado de clasificación de suelo” según Manual de laboratorio de suelos de Joseph E Bowles.

**Tabla 29.** Clasificación SUCS

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

*Fuente: Manual de laboratorio de suelos Joseph E Bowles. [29]*

#### 2.2.5.4. Sistema de Clasificación AASHTO de suelos.

El sistema de clasificación AASHTO se dividen en dos grupos, el primero es en materiales granulares donde el tamiz N°200 del suelo es igual o menor al 35% y el segundo son materiales granulares donde el tamiz N°200 del suelo es igual o mayor al 35%. [22]

De acuerdo con el sistema de la AASHTO, los materiales granulares tienen 35% o menos que pasa por el tamiz núm. 200. Estos suelos pertenecen a los grupos A-1-a, A-1-b, A-3, A-2-4, A-2-5, A-2-6 y A-2-7. Si más de 35% pasa a través del tamiz núm. 200, los suelos son de material limoso o arcilloso. Estos suelos entran en los grupos A-4, A-6, A-6, A-7-5 y A-7-6.

A continuación, se muestran las tablas de clasificación de suelos subrasantes dadas por la norma AASHTO.

**Tabla 30.** Clasificación AASHTO.

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

**Fuente:** Fundamentos de ingeniería geotécnica Braja M. Das. [22]



**Tabla 31.** Clasificación AASHTO.

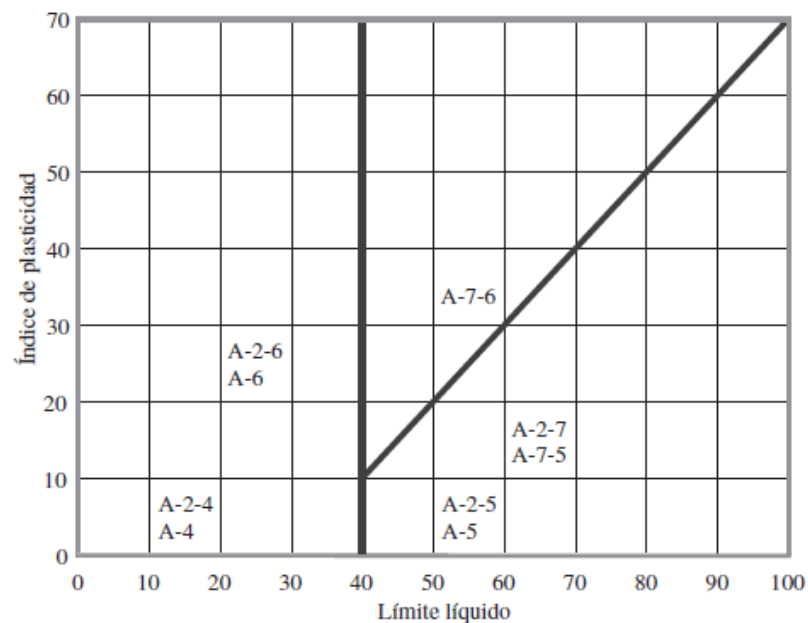
Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)			
Grupo de clasificación	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5* A-7-6†
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)				
Núm. 10				
Núm. 40				
Núm. 200	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción de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

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

†Para A-7-6,  $PI > LL - 30$

**Fuente:** Fundamentos de ingeniería geotécnica Braja M. Das. [22]

La siguiente figura muestra la carta de plasticidad de los suelos de los grupos A-2 hasta A-7. Como un resumen de la tabla anterior del sistema AASHTO.



**Fig 31.** Curva de mejor ajuste D.

**Fuente:** Fundamentos de ingeniería geotécnica Braja M. Das. [22]

## CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Análisis y discusión de los resultados

#### 3.1.1. FASE 1

Después de realizar los ensayos en campo y laboratorio de las 12 muestras representativas de suelo de las parroquias Guaytacama y Toacaso a continuación se muestran los resultados de cada ensayo y su respectivo análisis.

En la (tabla 6) se muestra la descripción, nomenclatura y unidad con el cual se trabajó a lo largo presente trabajo de investigación experimental, de modo que facilite a la comprensión lectora.

#### 3.1.1.1 Resultados ensayos de campo

##### 3.1.1.1.1. Densidad de campo (Método de Cono y Arena de Ottawa)

La siguiente tabla presenta resultados del ensayo densidad de campo.

*Tabla 32. Resultados densidad de campo*

Muestra N°	Sector	Densidad de campo					
		$\gamma_m$ in situ gr/cm <sup>3</sup>	$\gamma_d$ in situ gr/cm <sup>3</sup>	Relacion de vacíos (e)	Porosidad (n)%	Grado de saturación del agua (Gw)%	Grado de saturación del aire (Ga)%
1	CRS (Centro de Rehabilitación Social)	1.996	1.816	0.446	30.853	48.485	51.515
2	Santa Teresita	1.772	1.381	0.914	47.765	80.283	19.717
3	Pupaná Sur	1.916	1.39	1.132	53.105	98.445	1.555
4	Cuicuno	1.374	1.176	1.135	53.17	37.172	62.828
5	Planchaloma	1.626	1.441	0.483	32.56	56.702	43.298
6	Coop. Rasuyacu	1.623	1.26	1.124	52.909	68.705	31.295
7	Guingopana	1.545	1.306	1.030	50.727	47.695	52.305
8	Mitad de vía Guingopana - Chusulchi Grande	1.786	1.457	0.583	36.828	89.733	10.267
9	Chusulchi Grande	2.042	1.755	0.425	29.825	95.997	4.003
10	San Francisco	1.555	1.169	1.326	57.016	68.941	31.059
11	Mitad de vía Chisaló - San Francisco	1.341	1.191	1.058	51.415	29.466	70.534
12	Chisaló	1.627	1.426	0.87	46.522	43.498	56.502

*Fuente: Sofía Paredes.*

Los resultados de los valores de densidad húmeda in situ están en un rango de 1.3 a 2.04 gr/cm<sup>3</sup>, la densidad seca in situ van de 1.17 a 1.82 gr/cm<sup>3</sup>, la relación de vacíos está en un rango de 0.43 a 1.33 y la porosidad que está en un rango de 29.83 a 57.02

% lo que quiere decir que según el libro de mecánica de suelos de Lambe (*fig. 9*), que estos suelos entran en el rango de suelos friccionantes desde arenas uniformes sueltas hasta mezclas como arenas limosas incluso morrenas que son granos muy mezclados de suelos fricciones.

En cuanto al grado de saturación de agua los valores se encuentran en un rango de 29.45 a 98.45 % y el grado de saturación de arie encuentran en un rango de 1.56 a 70.54 % como se muestra en la tabla 32.

### 3.1.1.1.2. Cono Dinámico de Penetración (DCP)

La siguiente tabla presenta resultados del ensayo DCP.

*Tabla 33. Resultados DCP*

Muestra Nº	Sector	DCP
		DN mm/golpe
1	CRS (Centro de Rehabilitación Social)	6.41
2	Santa Teresita	42.23
3	Pupaná Sur	65.28
4	Cuicuno	26.26
5	Planchaloma	19.62
6	Coop. Rasuyacu	24.40
7	Guingopana	18.21
8	Mitad de vía Guingopana - Chusulchi Grande	18.93
9	Chusulchi Grande	16.91
10	San Francisco	43.59
11	Mitad de vía Chisaló - San Francisco	13.19
12	Chisaló	14.45

*Fuente: Sofia Paredes.*

Los resultados de los valores de índice de penetración están en un rango de 6.41 a 65.28 mm/golpe para una profundidad aproximada de 900 mm. En la siguiente tabla se muestran los valores correspondientes de índice de penetración para cada muestra. Estos valores serán útiles más adelante para realizar las diferentes correlaciones en especial para la obtención del CBR de campo, mediante la correlación CBR vs DCP.

### 3.1.1.2 Resultados ensayos de laboratorio

### 3.1.1.2.1. Granulometría

La siguiente tabla presenta resultados del ensayo de granulometría.

*Tabla 34. Resultados de granulometría*

Muestra N°	Sector	Granulometría				
		Grava G%	Arena S%	Fino F%	Cu	Cc
1	CRS (Centro de Rehabilitación Social)	41.64	95.95	4.05	25.00	1.96
2	Santa Teresita	0.31	87.30	12.70	6.42	1.13
3	Pupaná Sur	0.11	81.44	18.57	11.09	0.90
4	Cuicuno	0.03	77.48	22.52	6.25	0.68
5	Planchaloma	0.36	83.76	16.24	8.52	1.03
6	Coop. Rasuyacu	0.18	87.24	12.76	6.55	0.96
7	Guingopana	0.22	79.85	20.15	7.69	1.68
8	Mitad de vía Guingopana - Chusulchi Grande	0.00	79.50	20.50	7.62	1.26
9	Chusulchi Grande	0.15	89.39	10.61	5.00	1.47
10	San Francisco	30.45	96.61	3.39	17.00	1.38
11	Mitad de vía Chisaló - San Francisco	0.09	87.79	12.22	7.54	1.61
12	Chisaló	0.05	87.82	12.19	8.00	1.70

*Fuente: Sofia Paredes.*

Los resultados de los valores de granulometría el porcentaje de grava es muy bajo siendo el menor de 0% y el mayor de 41.64%, el porcentaje de arena tiene un rango del 77.48 al 96.61 % y el porcentaje de finos tiene un rango del 3.39 al 22.52 %, lo que ayuda para la clasificación de suelos, esta clasificación de los suelos según sus partículas se determinó en base a (tabla 7).

### 3.1.1.2.2. Gravedad específica de sólidos

La siguiente tabla presenta resultados del ensayo de granulometría.

*Tabla 35. Resultados de gravedad específica.*

Muestra N°	Sector	Gravedad Específica (Gs)
1	CRS (Centro de Rehabilitación Social)	2.627
2	Santa Teresita	2.659
3	Pupaná Sur	2.971
4	Cuicuno	2.511
5	Planchaloma	2.137

6	Coop. Rasuyacu	2.674
7	Guingopana	2.645
8	Mitad de vía Guingopana - Chusulchi Grande	2.304
9	Chusulchi Grande	2.501
10	San Francisco	2.704
11	Mitad de vía Chisaló - San Francisco	2.448
12	Chisaló	2.663

*Fuente: Sofia Paredes.*

Los resultados de los valores de gravedad específica están en un rango de 2.14 a 2.97 lo que quiere decir que esos valores están dentro de los rangos para suelos friccionantes como arenas y arenas limosas según el “*manual de laboratorio de suelos en Ingeniería Civil*” de Joseph E. Bowles (*fig. 9*). [29]

### 3.1.1.2.3. Límites de Atterberg

La siguiente tabla presenta resultados del límite líquido, límite plástico e índice plástico.

*Tabla 36. Resultados de límites de Atterberg.*

Muestra N°	Sector	Límite Líquido (LL)%	Límite Plástico (LP)%	Índice Plástico (IP)%
1	CRS (Centro de Rehabilitación Social)	25.63	22.11	3.52
2	Santa Teresita	40.08	36.39	3.69
3	Pupaná Sur	31.07	23.98	7.09
4	Cuicuno	20.51	19.7	0.80
5	Planchaloma	32.35	28.96	3.39
6	Coop. Rasuyacu	26.63	22.89	3.74
7	Guingopana	22.83	20.53	2.30
8	Mitad de vía Guingopana - Chusulchi Grande	26.08	21.13	4.96
9	Chusulchi Grande	30.15	26.33	3.82
10	San Francisco	30.14	24.32	5.82
11	Mitad de vía Chisaló - San Francisco	23.47	22.08	1.39
12	Chisaló	31.80	24.15	7.65

*Fuente: Sofia Paredes.*

Los resultados de los valores de límite líquido están en un rango de 20.51 a 40.08 %, el límite plástico está en un rango de 19.7 a 36.39 %, el índice plástico está en un rango de 0.8 a 7.65% por lo que según la clasificación de la carta de Casagrande (*fig.31*) son suelos de baja plasticidad, en tanto el índice de plasticidad muestra que los suelos finos estudiados tienen en su estructura limos.

#### **3.1.1.2.4. Proctor Modificado**

La siguiente tabla presenta resultados de densidad seca máxima y humedad óptima, así como el grado de compactación.

*Tabla 37. Resultados de compactación*

<b>Muestra N°</b>	<b>Sector</b>	<b><math>\gamma_d</math> max gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>W óptimo %</b>	<b>Gc %</b>
1	CRS (Centro de Rehabilitación Social)	1.408	13.25	128.98
2	Santa Teresita	1.283	7.50	107.64
3	Pupaná Sur	1.097	13.50	126.71
4	Cuicuno	1.189	15.80	98.91
5	Planchaloma	1.172	14.00	122.95
6	Coop. Rasuyacu	1.093	17.50	115.28
7	Guingopana	1.207	14.00	108.20
8	Mitad de vía Guingopana - Chusulchi Grande	1.159	17.10	125.71
9	Chusulchi Grande	1.249	11.70	140.51
10	San Francisco	1.306	15.50	89.51
11	Mitad de vía Chisaló - San Francisco	0.977	22.00	121.90
12	Chisaló	1.305	12.00	109.27

*Fuente: Sofia Paredes*

Los resultados de los valores de densidad máxima están en un rango de 0.977 a 1.408 gr/cm<sup>3</sup> con valores de humedad óptima que varían de 7.5 a 22 % con grados de compactación que están del 89.5 al 140 % por lo que indica que estos suelos tienen un grado de compactación alta.

### 3.1.1.2.5. California Bearing Ratio (CBR)

La siguiente tabla presenta resultados de CBR al 95% a 0.1", 0.2" y mayor

*Tabla 38. Resultados de CBR*

Muestra N°	Sector	CBR %		
		95% d máx		
		0.1"	0.2"	Mayor
1	CRS (Centro de Rehabilitación Social)	40.0	55.0	55.0
2	Santa Teresita	22.0	22.2	22.2
3	Pupaná Sur	16.0	16.5	16.5
4	Cuicuno	20.5	23.0	23.0
5	Planchaloma	20.0	21.0	21.0
6	Coop. Rasuyacu	17.0	17.0	17.0
7	Guingopana	16.0	18.0	18.0
8	Mitad de vía Guingopana - Chusulchi Grande	14.5	14.5	14.5
9	Chusulchi Grande	24.0	22.0	24.0
10	San Francisco	16.1	14.0	16.1
11	Mitad de vía Chisaló - San Francisco	18.0	20.0	20.0
12	Chisaló	24.0	22.0	24.0

*Fuente: Sofia Paredes*

Los resultados de los valores de CBR están en un rango de 14.5 a 55%, lo que según Crespo Villalaz en su clasificación el suelo según CBR (*tabla 11*), se refiere a subrasantes de clasificación buena a excelente

A continuación, se presenta dos tablas resumen de las propiedades índice y mecánicas de las 12 muestras representativas de los suelos de las parroquias Guaytacama y Toacaso.

**Tabla 39.** Resumen de los resultados de las propiedades índice

N° Muestra	Humedad natural (Wnat) %	Límite Líquido (LL) %		Límite Plástico (LP)%	Índice Plástico (IP) %	Gravedad Específica (Gs)	Relación de vacíos (e)	Porosidad (n)%	Grado de saturación del agua (Gw)%	Grado de saturación del aire (Ga)%	Clasificación		Granulometría				
		Cono	Copa Casagrande								SUCS	AASHTO	Grava G%	Arena S%	Fino F%	Cu	Cc
1	8.29	25.63	-	22.11	3.52	2.627	0.446	30.853	48.485	51.515	SC	A-2-4	41.64	95.95	4.05	25.0	2.0
2	28.30	40.08	-	36.39	3.69	2.659	0.914	47.765	80.283	19.717	SM	A-2-5	0.31	87.30	12.70	6.4	1.1
3	37.83	31.07	-	23.98	7.09	2.971	1.132	53.105	98.445	1.555	SC	A-2-4	0.11	81.44	18.57	11.1	0.9
4	16.81	-	20.51	19.7	0.80	2.511	1.135	53.17	37.172	62.828	SM	A-2-5	0.03	77.48	22.52	6.2	0.7
5	12.84	32.35	-	28.96	3.39	2.137	0.483	32.56	56.702	43.298	SM	A-2-4	0.36	83.76	16.24	8.5	1.0
6	28.83	-	26.63	22.89	3.74	2.674	1.124	52.909	68.705	31.295	SM	A-2-4	0.18	87.24	12.76	6.6	1.0
7	18.31	-	22.83	20.53	2.30	2.645	1.030	50.727	47.695	52.305	SM	A-2-4	0.22	79.85	20.15	7.7	1.7
8	22.60	26.08	-	21.13	4.96	2.304	0.583	36.828	89.733	10.267	SC-SM	A-2-4	0.00	79.50	20.50	7.6	1.3
9	16.36	30.15	-	26.33	3.82	2.501	0.425	29.825	95.997	4.003	SM-SP	A-2-4	0.15	89.39	10.61	5.0	1.5
10	33.09	-	30.14	24.32	5.82	2.704	1.326	57.016	68.941	31.059	SW	A-1-a	30.45	96.61	3.39	17.0	1.4
11	12.62	-	23.47	22.08	1.39	2.448	1.058	51.415	29.466	70.534	SM	A-2-4	0.09	87.79	12.22	7.54	1.6
12	14.11	-	31.8	24.15	7.65	2.663	0.87	46.522	43.498	56.502	SC	A-2-4	0.05	87.82	12.19	8.0	1.7

Fuente: Sofia Paredes



A continuación, se presenta una tabla resumen de las propiedades mecánicas de las 12 muestras representativas de los suelos de las parroquias Guaytacama y Toacaso.

*Tabla 40. Resumen de los resultados de las propiedades mecánicas*

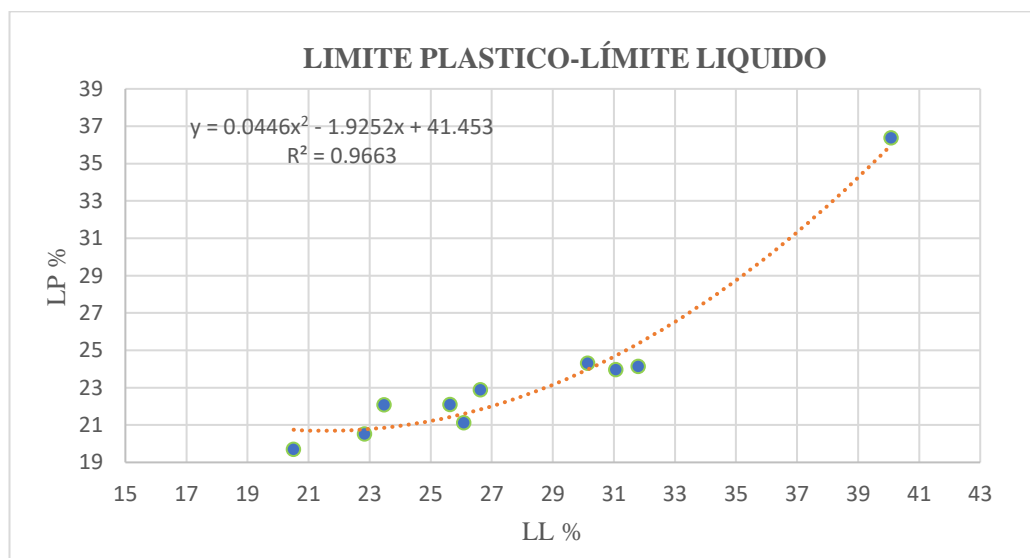
N° Muestra	Densidad de campo gr/cm <sup>3</sup>		Compactación			CBR %			DCP
	$\gamma_m$ in situ gr/cm <sup>3</sup>	$\gamma_d$ in situ gr/cm <sup>3</sup>	$\gamma_d$ max gr/cm <sup>3</sup>	W óptimo %	Gc %	95% d máx			DN mm/golpe
						0.1"	0.2"	Mayor	
1	1.996	1.816	1.408	13.25	128.98	40.0	55.0	55.0	6.41
2	1.772	1.381	1.283	7.50	107.64	22.0	22.2	22.2	42.23
3	1.916	1.39	1.097	13.50	126.71	16.0	16.5	16.5	65.28
4	1.374	1.176	1.189	15.80	98.91	20.5	23.0	23.0	26.26
5	1.626	1.441	1.172	14.00	122.95	20.0	21.0	21.0	19.62
6	1.623	1.26	1.093	17.50	115.28	17.0	17.0	17.0	24.40
7	1.545	1.306	1.207	14.00	108.20	16.0	18.0	18.0	18.21
8	1.786	1.457	1.159	17.10	125.71	14.5	14.5	14.5	18.93
9	2.042	1.755	1.249	11.70	140.51	24.0	22.0	24.0	16.91
10	1.555	1.169	1.306	15.50	89.51	16.1	14.0	16.1	43.59
11	1.341	1.191	0.977	22.00	121.90	18.0	20.0	20.0	13.19
12	1.627	1.426	1.305	12.00	109.27	24.0	22.0	24.0	14.45

*Fuente: Sofia Pared*

### 3.1.2. FASE 2

A continuación, se muestran las correlaciones realizadas de las propiedades índice y mecánicas. Las correlaciones que se muestran son simples y múltiples dependiendo el caso, con la finalidad de alcanzar una correlación con un coeficiente de determinación más cercano a 1 y poder obtener valores de algunas propiedades en función de otras, además, en la correlación final se realiza un análisis en base a la norma ASTM D6951.

- **Correlación # 1**



**Fig 32.** Correlación LP-LL

*Fuente:* Sofia Paredes.

**Ecuación:**  $LP = 0.0446 LL^2 - 1.9252 LL + 41.453$

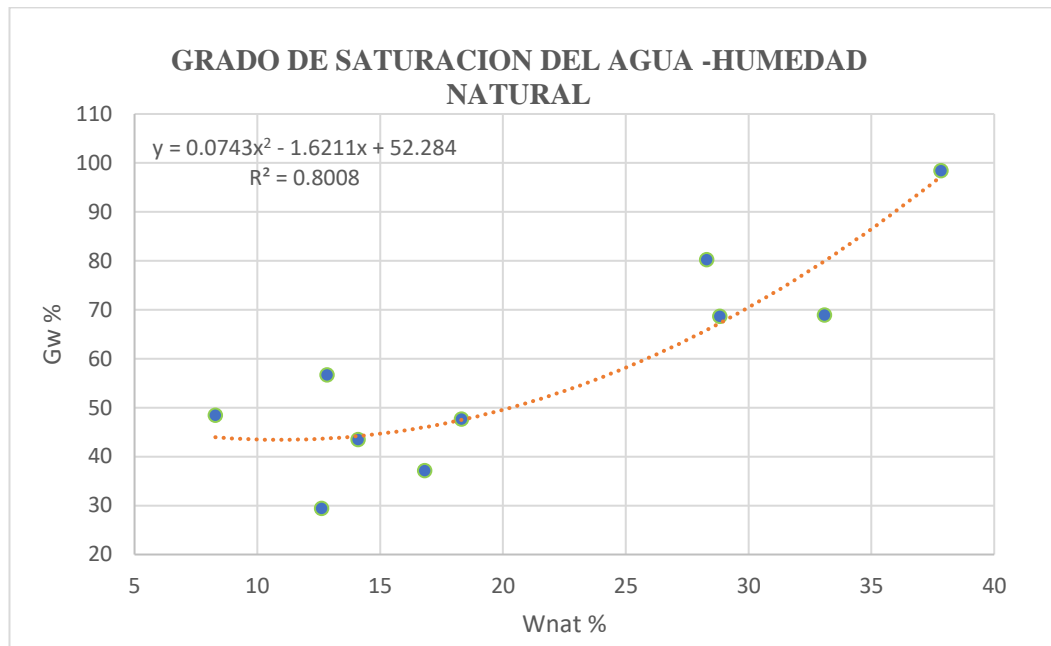
**Coefficiente de determinación  $R^2$ :** 96.66 %

**N:** 10 muestras

**Interpretación análisis:** en la fig.34. se muestra un diagrama que correlaciona el LP en función del LL, donde se obtuvo una ecuación polinómica de grado 2 con un coeficiente de determinación  $r^2$  del 96.66%

Se realizó una regresión simple polinómica de grado 2 ya que esta curva es la que mejor se ajusta según los datos obtenidos, el número de muestras para la obtención de la curva fueron de 10 puesto que los otros 2 datos se alejaban mucho entre sí y la dispersión era mayor. Se puede observar que existe una relación directamente proporcional ya que a medida que aumenta el valor del límite plástico el límite líquido también lo hará

- **Correlación # 2**



**Fig 33.** *Correlación Gw-Wnat*

*Fuente: Sofia Paredes.*

**Ecuación  $Gw = 0.0743 Wnat^2 - 1.6211 Wnat + 52.284$ :**

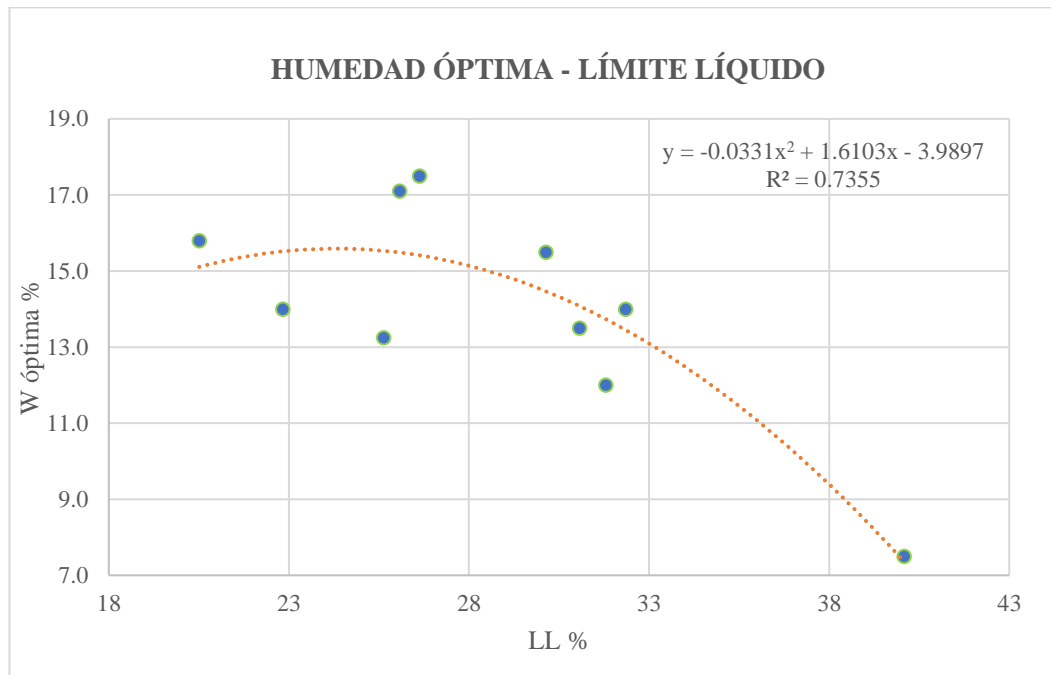
**Coefficiente de determinación  $R^2$ : 80.08 %**

**N:** 10 muestras

**Interpretación análisis:** en la fig.35. se muestra un diagrama que correlaciona el Gw en función del Wnat, donde se obtuvo una ecuación polinómica de grado 2 con un coeficiente de determinación  $r^2$  del 80.08%

Se realizó una regresión simple polinómica de grado 2 ya que esta curva es la que mejor se ajusta según los datos obtenidos, el número de muestras para la obtención de la curva fueron de 10 puesto que los otros 2 datos se alejaban mucho entre sí y la dispersión era mayor. Se puede observar que existe una relación directamente proporcional ya que a medida que aumenta el valor de la humedad natural el grado de saturación del agua también aumentará.

- **Correlación # 3**



**Fig 34.** Correlación W óptima-LL

*Fuente: Sofia Paredes.*

**Ecuación:**  $W \text{ óptima} = -0.0331LL^2 + 1.6103LL - 3.9897$

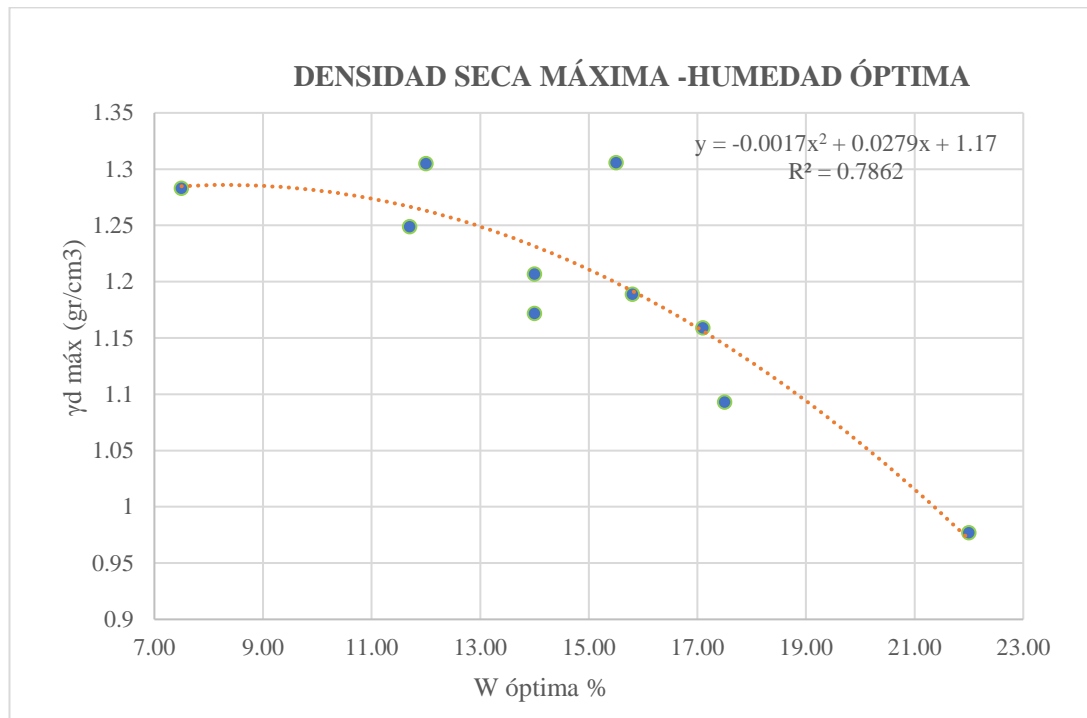
**Coefficiente de determinación  $R^2$ :** 73.55 %

**N:** 10 muestras

**Interpretación análisis:** en la fig.36. se muestra un diagrama que correlaciona la W óptima en función del LL, donde se obtuvo una ecuación polinómica de grado 2 con un coeficiente de determinación  $r^2$  del 73.55%

Se realizó una regresión simple polinómica de grado 2 ya que esta curva es la que mejor se ajusta según los datos obtenidos, el número de muestras para la obtención de la curva fueron de 10 puesto que los otros 2 datos se alejaban mucho entre sí y la dispersión era mayor. Se puede observar que existe una relación inversamente proporcional ya que a medida que aumenta el valor del límite líquido la humedad óptima disminuye, además es útil para conocer condiciones de una propiedad difícil de obtener en base a una propiedad de obtención sencilla.

- **Correlación # 4**



**Fig 35.** Correlación  $\gamma d$  máx -  $W$  óptima

*Fuente: Sofia Paredes.*

**Ecuación:**  $\gamma d \text{ máx} = -0.0017W \text{ óptima}^2 + 0.0279W \text{ óptima} + 1.17$

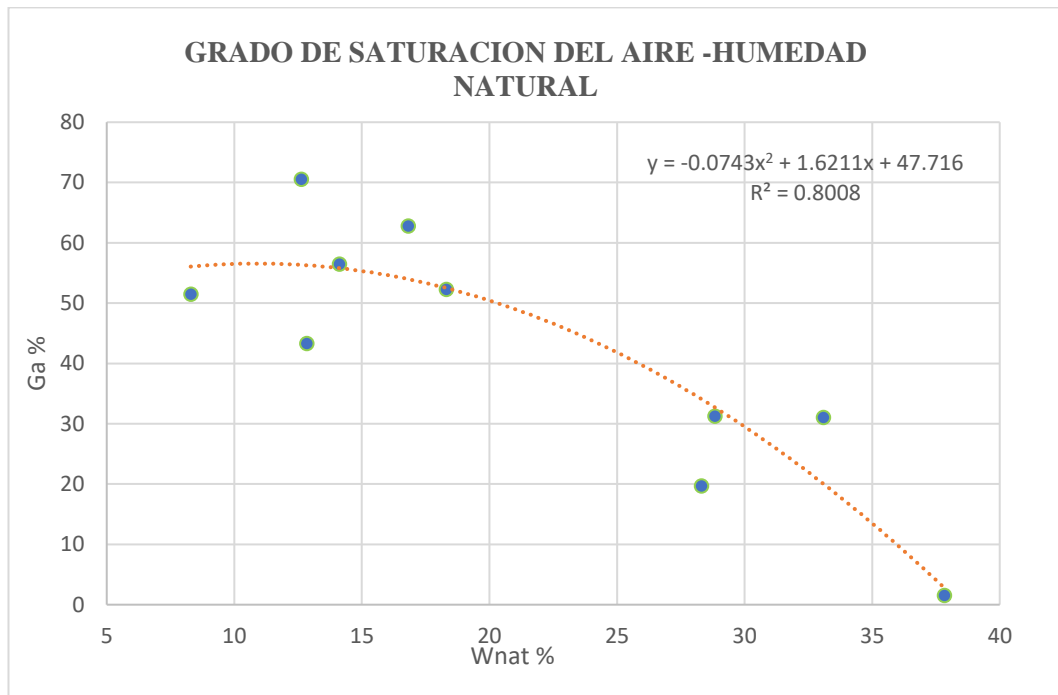
**Coefficiente de determinación  $R^2$ :** 78.62 %

**N:** 10 muestras

**Interpretación análisis:** en la fig.37. se muestra un diagrama que correlaciona la  $\gamma d$  máx en función de la  $W$  óptima, donde se obtuvo una ecuación polinómica de grado 2 con un coeficiente de determinación  $r^2$  del 78.62 %

Se realizó una regresión simple polinómica de grado 2 ya que esta curva es la que mejor se ajusta según los datos obtenidos, el número de muestras para la obtención de la curva fueron de 10 puesto que los otros 2 datos se alejaban mucho entre sí y la dispersión era mayor. Se puede observar que existe una relación inversamente proporcional ya que a medida que aumenta el valor de la humedad óptima, la densidad seca máxima disminuye, entonces se sabe que a más humedad menos densidad.

- **Correlación # 5**



**Fig 36.** *Correlación Ga -Wnat*

*Fuente: Sofia Paredes.*

**Ecuación:**  $Ga = -0.0743 Wnat^2 - 1.6211 Wnat + 47.716$

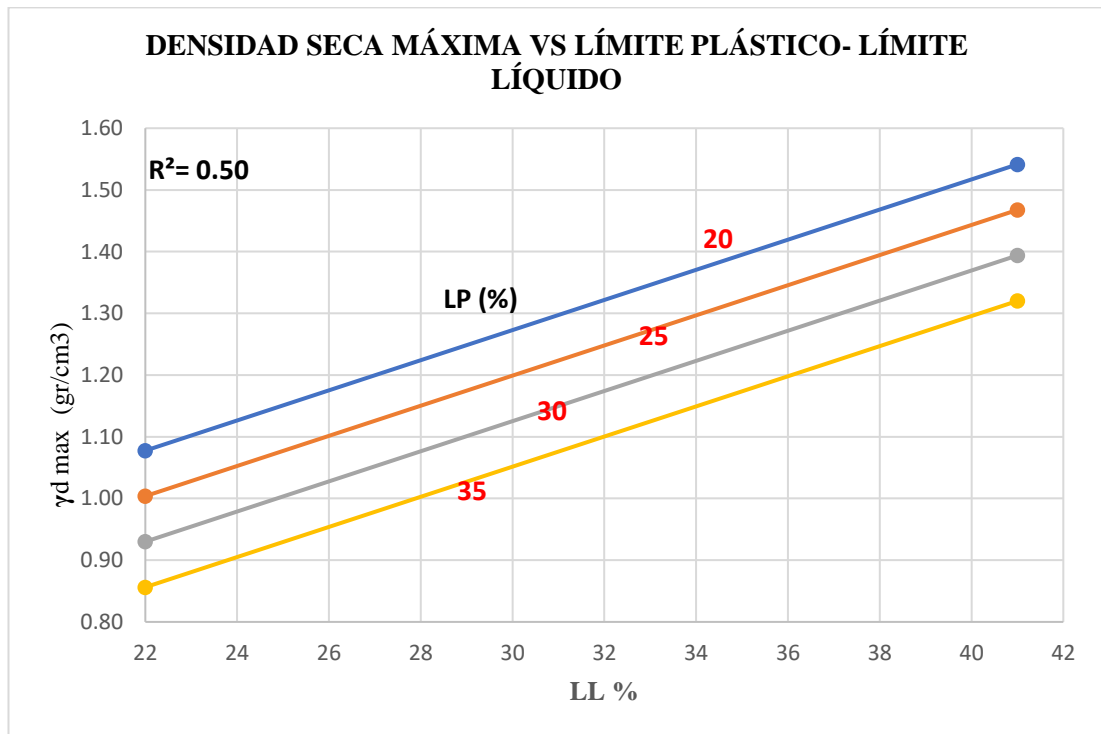
**Coefficiente de determinación  $R^2$ :** 80.08 %

**N:** 10 muestras

**Interpretación análisis:** en la fig.38. se muestra un diagrama que correlaciona el Ga en función del Wnat, donde se obtuvo una ecuación polinómica de grado 2 con un coeficiente de determinación  $r^2$  del 80.08%

Se realizó una regresión simple polinómica de grado 2 ya que esta curva es la que mejor se ajusta según los datos obtenidos, el número de muestras para la obtención de la curva fueron de 10 puesto que los otros 2 datos se alejaban mucho entre sí y la dispersión era mayor. Se puede observar que existe una relación inversamente proporcional ya que a medida que aumenta el valor de la humedad natural el grado de saturación del aire disminuye, concluyendo así que, a mayor contenido de humedad del suelo menor es su contenido de aire.

- **Correlación # 6**



**Fig 37.** Correlación  $\gamma_d \text{ máx -LP-LL}$

*Fuente: Sofia Paredes.*

**Ecuación  $\gamma_d \text{ max} = 0.84 + 0.02 \text{ LL} - 0.01 \text{ LP}$ :**

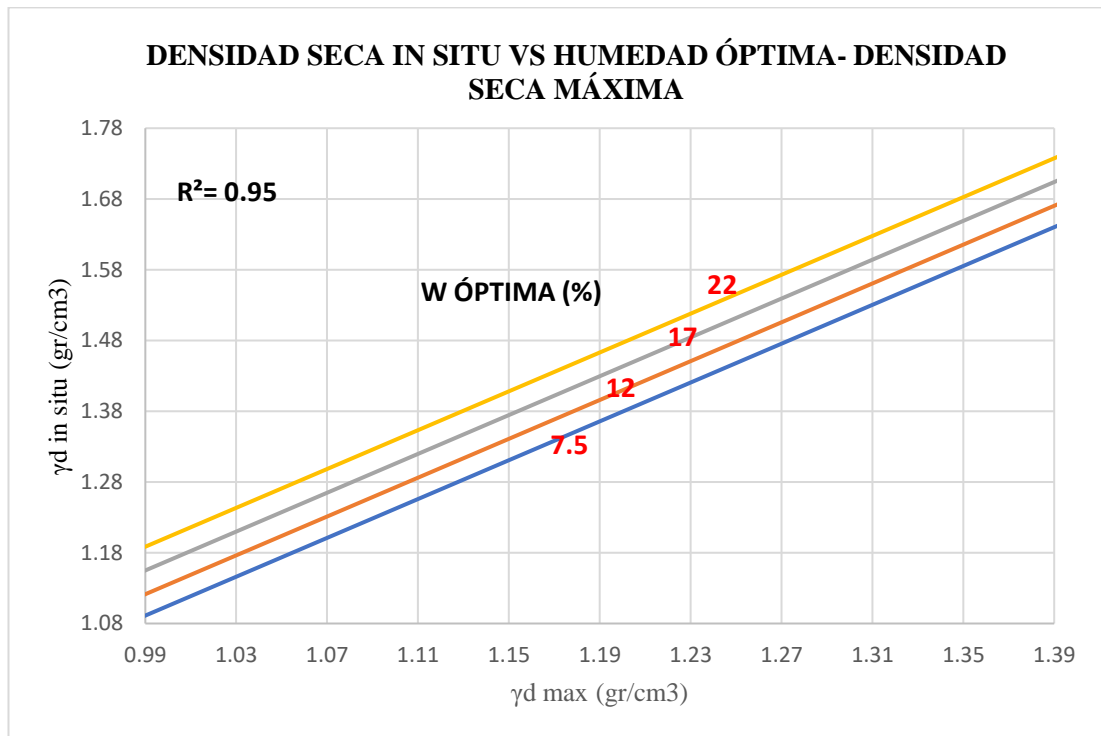
**Coefficiente de determinación  $R^2$ : 50 %**

**N: 10 muestras**

**Interpretación análisis:** en la fig.39. se muestra un diagrama que correlaciona el:  $\gamma_d \text{ max}$  en función del LL y LP, donde se obtuvo una ecuación lineal simple con un coeficiente de determinación  $r^2$  del 50%

Se realizó una regresión múltiple lineal en base al sistema de ecuaciones mostradas en la ecuación (33), esta curva es la que mejor se ajusta según los datos obtenidos, aunque el coeficiente de determinación esté en el límite inferior de estimación para una curva de ajuste, el número de muestras para la obtención de la curva fueron de 10 puesto que los otros 2 datos se alejaban mucho entre sí y la dispersión era mayor. Se puede observar que la relación proporcional entre estas tres propiedades es que, mientras que el límite líquido aumenta y el límite plástico disminuye, se tendrán valores más altos de densidad seca máxima, por el contrario, si el límite líquido disminuye y el límite plástico aumenta, la densidad seca disminuirá, lo que quiere decir que esta proporción es inversa, además es útil para conocer condiciones de campo a través del laboratorio.

- **Correlación # 7**



**Fig 38.** Correlación  $\gamma d \text{ in situ}$ - $W \text{ ÓPTIMA}$ -  $\gamma d \text{ máx}$

*Fuente: Sofia Paredes.*

**Ecuación:**  $\gamma d \text{ in situ} = -0.32 + 1.37\gamma d \text{ max} - 0.01W \text{ ÓPTIMA}$

**Coefficiente de determinación  $R^2$ :** 95 %

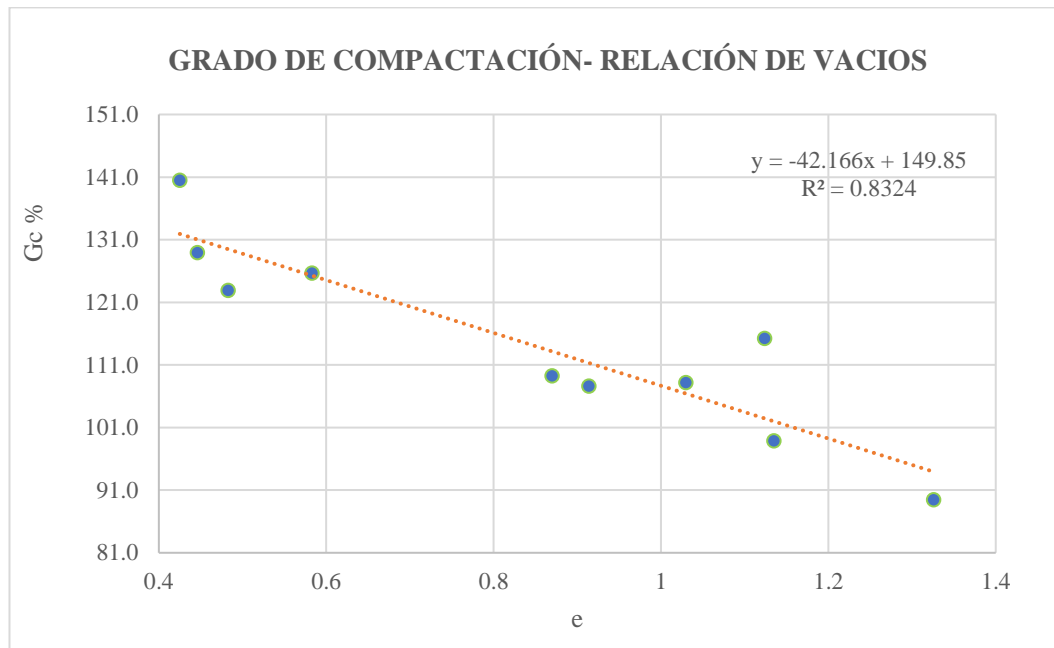
**N:** 10 muestras

**Interpretación análisis:** en la fig.4. se muestra un diagrama que correlaciona el:  $\gamma d \text{ in situ}$  en función de la  $W \text{ óptima}$  y  $\gamma d \text{ max}$ , donde se obtuvo una ecuación lineal simple con un coeficiente de determinación  $r^2$  del 95%

Se realizó una regresión múltiple lineal en base al sistema de ecuaciones mostradas en la ecuación (33), esta curva es la que mejor se ajusta según los datos obtenidos, el coeficiente de determinación indica que existe una buena correlación de estas variables, el número de muestras para la obtención de la curva fueron de 10 puesto que los otros 2 datos se alejaban mucho entre sí y la dispersión era mayor. Se puede observar que la relación proporcional entre estas tres propiedades es que, mientras la densidad seca máxima y la humedad óptima aumenten, la densidad seca in situ también aumentará por tanto esta relación es directamente proporcional, además es útil para conocer condiciones de campo a través del laboratorio.



- **Correlación # 8**



**Fig 39.** Correlación Gc -e

*Fuente: Sofia Paredes.*

**Ecuación:**  $Gc = -0.42.166 e + 149.85$

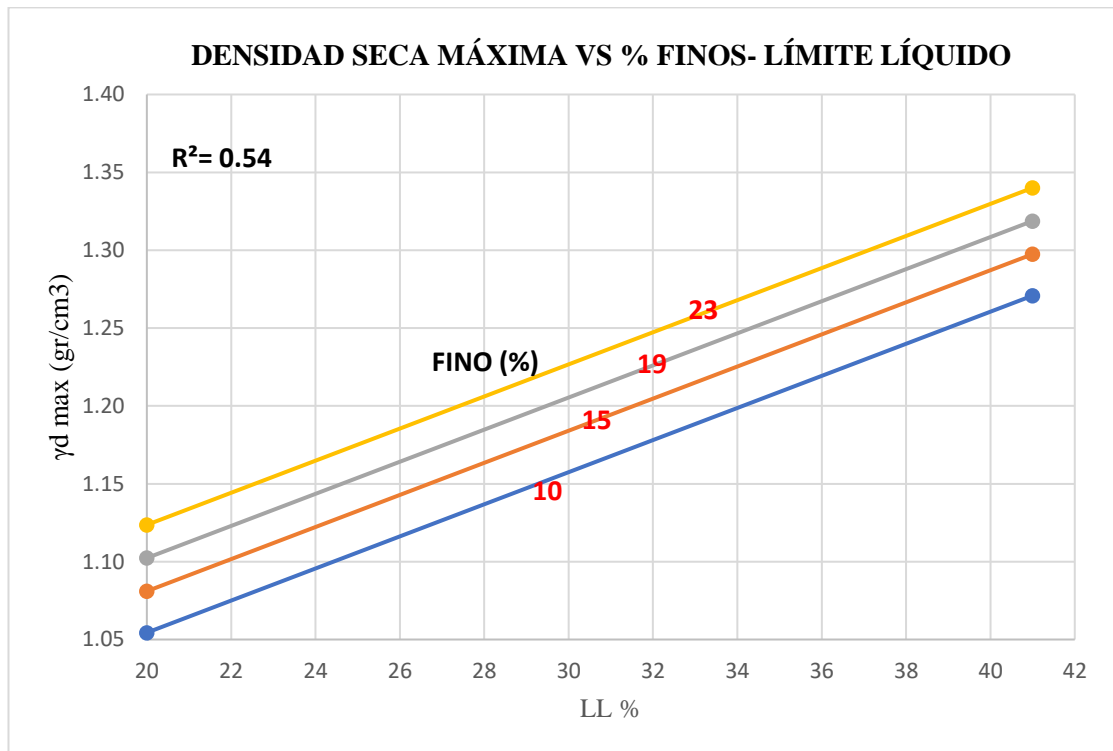
**Coefficiente de determinación R<sup>2</sup>:** 83.24 %

**N:** 10 muestras

**Interpretación análisis:** en la fig.41. se muestra un diagrama que correlaciona el: Gc en función de e, donde se obtuvo una ecuación lineal simple con un coeficiente de determinación r<sup>2</sup> del 95%

Se realizó una regresión simple lineal, ya que esta recta es la que mejor se ajusta según los datos obtenidos, el número de muestras para la obtención de la curva fueron de 10 puesto que los otros 2 datos se alejaban mucho entre sí y la dispersión era mayor. Se puede observar que existe una relación inversamente proporcional ya que a medida que aumenta el valor de la relación de vacíos, el grado de compactación disminuye, cumpliendo el principio de compactación de disminuir en lo posible los espacios vacíos que están en las partículas de suelo al contraerse y densificarse.

- **Correlación # 9**



**Fig 40.** Correlación  $\gamma_d$  máx-FINO-LL

*Fuente: Sofia Paredes.*

**Ecuación:**  $\gamma_d \text{ max} = 0.80 + 0.01LL + 0.01 \text{ FINO}\%$

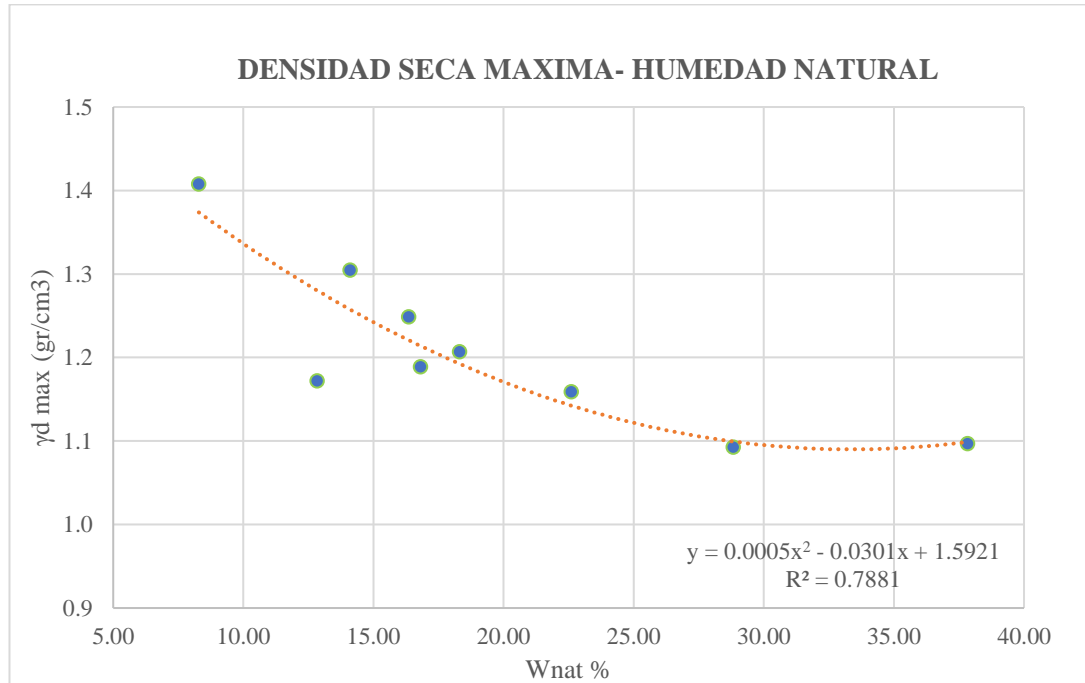
**Coefficiente de determinación  $R^2$ :** 54 %

**N:** 10 muestras

**Interpretación análisis:** en la fig.42. se muestra un diagrama que correlaciona el:  $\gamma_d$  max en función del LL y %FINO, donde se obtuvo una ecuación lineal simple con un coeficiente de determinación  $r^2$  del 54%

Se realizó una regresión múltiple lineal en base al sistema de ecuaciones mostradas en la *ecuación (33)*, esta recta es la que mejor se ajusta según los datos obtenidos, aunque el coeficiente de determinación esté en el límite inferior de estimación para una curva de ajuste, el número de muestras para la obtención de la curva fueron de 10 puesto que los otros 2 datos se alejaban mucho entre sí y la dispersión era mayor. Se puede observar que la relación proporcional entre estas tres propiedades es que, mientras el valor del límite líquido y el % de finos aumenten, la densidad seca máxima también aumentará por tanto esta relación es directamente proporcional, además es útil para conocer condiciones de campo a través del laboratorio.

- **Correlación # 10**



**Fig 41.** Correlación  $\gamma d$  máx-Wnat

*Fuente: Sofia Paredes.*

**Ecuación:**  $\gamma d \text{ max} = 0.0005Wnat^2 - 0.0301Wnat + 1.5921$

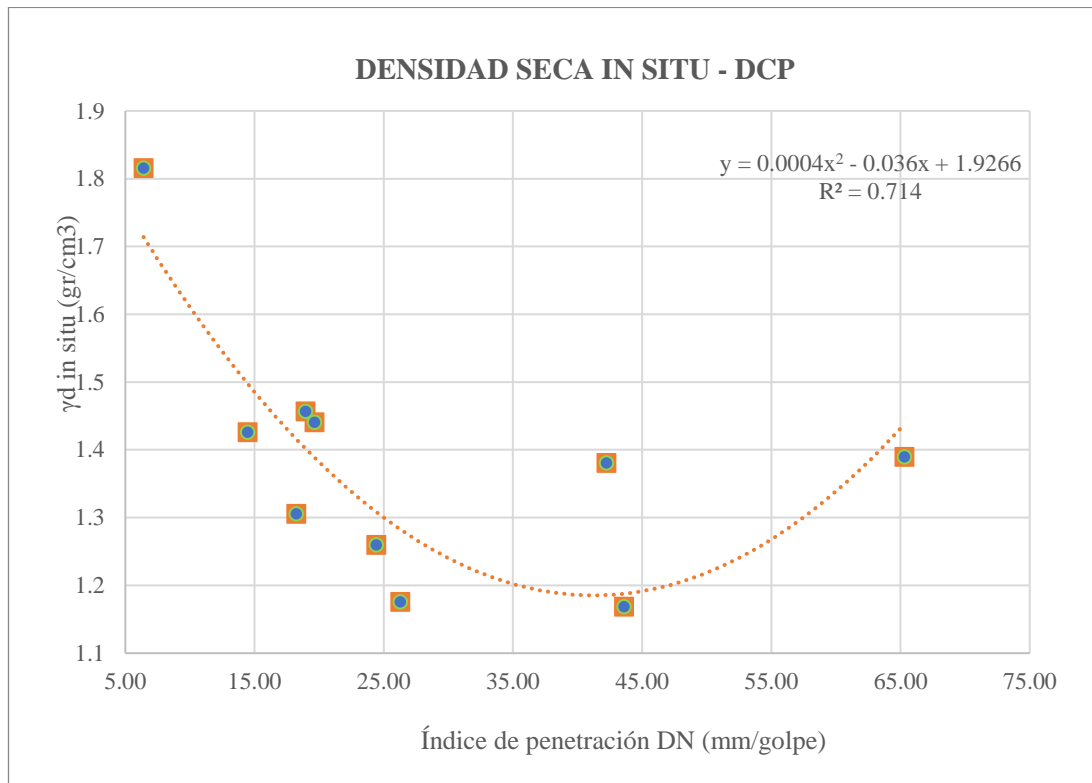
**Coefficiente de determinación  $R^2$ :** 78.81 %

**N:** 10 muestras

**Interpretación análisis:** en la fig.43. se muestra un diagrama que correlaciona la  $\gamma d$  max en función de Wnat, donde se obtuvo una ecuación polinómica de grado 2 con un coeficiente de determinación  $r^2$  del 95%

Se realizó una regresión simple polinómica de grado 2 ya que esta curva es la que mejor se ajusta según los datos obtenidos, el número de muestras para la obtención de la curva fueron de 10 puesto que los otros 2 datos se alejaban mucho entre sí y la dispersión era mayor. Se puede observar que existe una relación inversamente proporcional ya que a medida que aumenta el valor de la humedad natural, la densidad seca máxima disminuye, esto se debe a que cuando las partículas de suelo se van humectando más, aumenta el volumen de suelo lo que produce que la densidad seca disminuya.

- **Correlación # 11**



**Fig 42.** Correlación  $\gamma d$  in situ-DCP

*Fuente: Sofia Paredes.*

**Ecuación:**  $\gamma d$  in situ =  $0.0004DN^2 - 0.036DN + 1.9266$

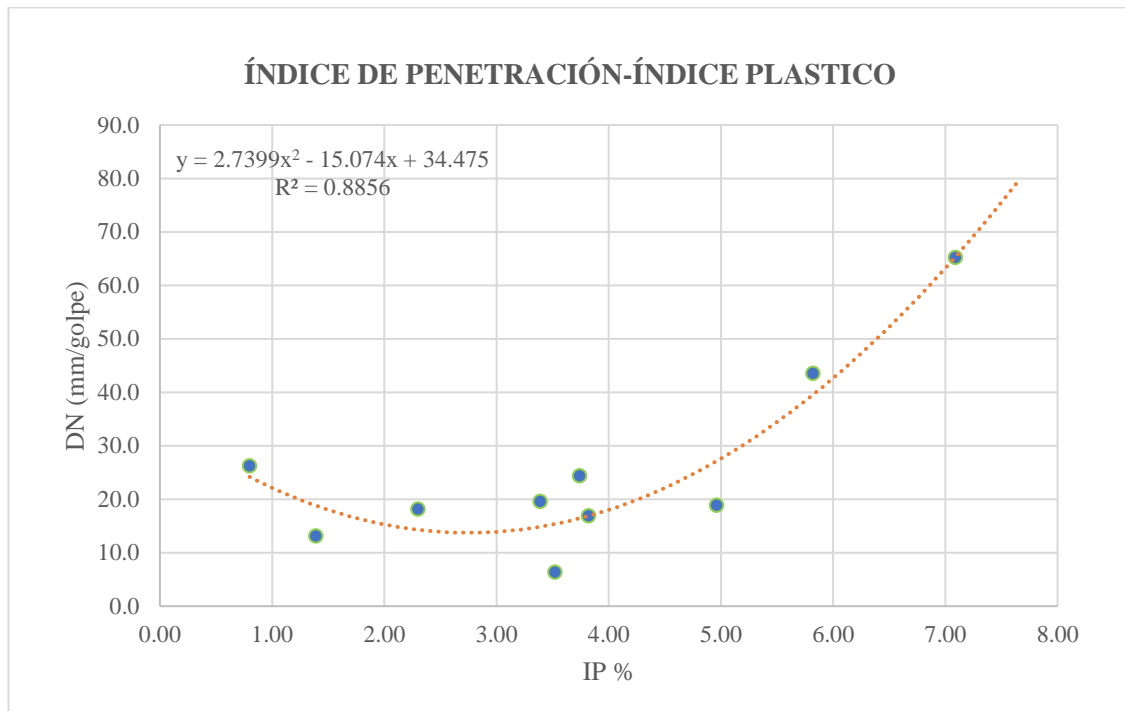
**Coefficiente de determinación  $R^2$ :** 71.4 %

**N:** 10 muestras

**Interpretación análisis:** en la fig.44. se muestra un diagrama que correlaciona la  $\gamma d$  in situ en función de  $W_{nat}$ , donde se obtuvo una ecuación polinómica de grado 2 con un coeficiente de determinación  $r^2$  del 71.4%

Se realizó una regresión simple polinómica de grado 2 ya que esta curva es la que mejor se ajusta según los datos obtenidos, el número de muestras para la obtención de la curva fueron de 10 puesto que los otros 2 datos se alejaban mucho entre sí y la dispersión era mayor. Se puede observar que existe una relación inversamente proporcional ya que a medida que aumenta el valor del índice de penetración, la densidad seca in situ disminuye.

- **Correlación # 12**



**Fig 43.** Correlación DN-IP

*Fuente:* Sofia Paredes.

**Ecuación:**  $DN = 2.7399IP^2 - 15.074IP + 34.475$

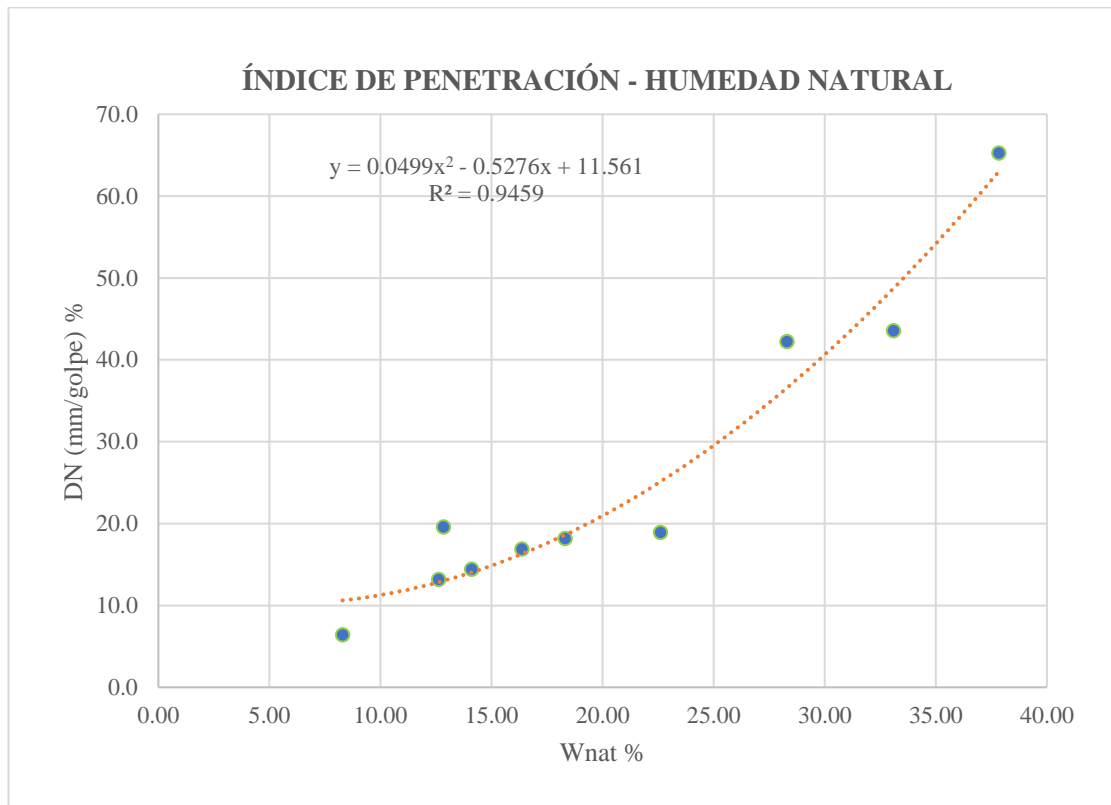
**Coefficiente de determinación  $R^2$ :** 88.56 %

**N:** 10 muestras

**Interpretación análisis:** en la fig.45. se muestra un diagrama que correlaciona el DN en función del IP, donde se obtuvo una ecuación polinómica de grado 2 con un coeficiente de determinación  $r^2$  del 88.56%

Se realizó una regresión simple polinómica de grado 2 ya que esta curva es la que mejor se ajusta según los datos obtenidos, el número de muestras para la obtención de la curva fueron de 10 puesto que los otros 2 datos se alejaban mucho entre sí y la dispersión era mayor. Se puede observar que existe una relación directamente proporcional ya que a medida que aumenta el valor del índice plástico, el índice de penetración también aumentará, además esta correlación ayuda a obtener datos del suelo a partir de ensayos de laboratorio.

- **Correlación # 13**



**Fig 44.** Correlación DN-Wnat

*Fuente:* Sofía Paredes.

**Ecuación:**  $DN = 0.0499Wnat^2 - 0.5276Wnat + 11.561$

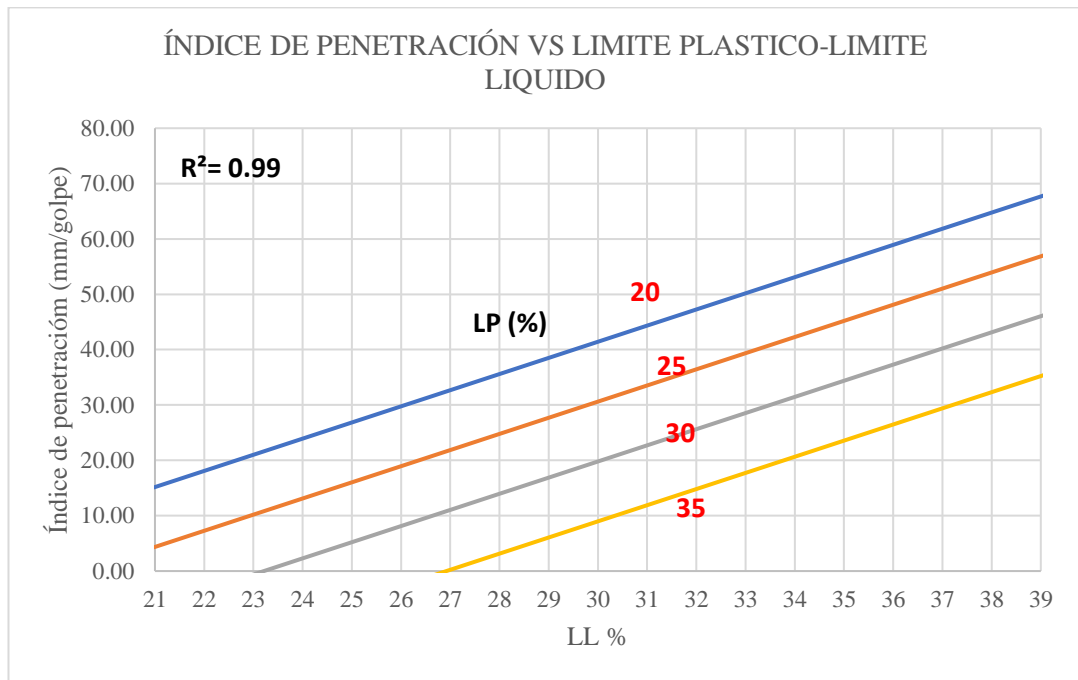
**Coefficiente de determinación  $R^2$ :** 94.59 %

**N:** 10 muestras

**Interpretación análisis:** en la fig.46. se muestra un diagrama que correlaciona el DN en función de Wnat, donde se obtuvo una ecuación polinómica de grado 2 con un coeficiente de determinación  $r^2$  del 88.56%

Se realizó una regresión simple polinómica de grado 2 ya que esta curva es la que mejor se ajusta según los datos obtenidos, el coeficiente de determinación indica que existe una buena correlación de estas variables, el número de muestras para la obtención de la curva fueron de 10 puesto que los otros 2 datos se alejaban mucho entre sí y la dispersión era mayor. Se puede observar que existe una relación directamente proporcional ya que a medida que aumenta el valor de la humedad natural, el índice de penetración también aumentará, esto también se refleja en campo cuando se realiza el ensayo DCP, que a más grado de humedad del suelo la penetración será más profunda en el menor número de golpes.

- **Correlación # 14**



**Fig 45.** Correlación DN-LL

*Fuente: Sofia Paredes.*

**Ecuación:**  $DN = -2.81 + 2.92LL - 2.16LP$

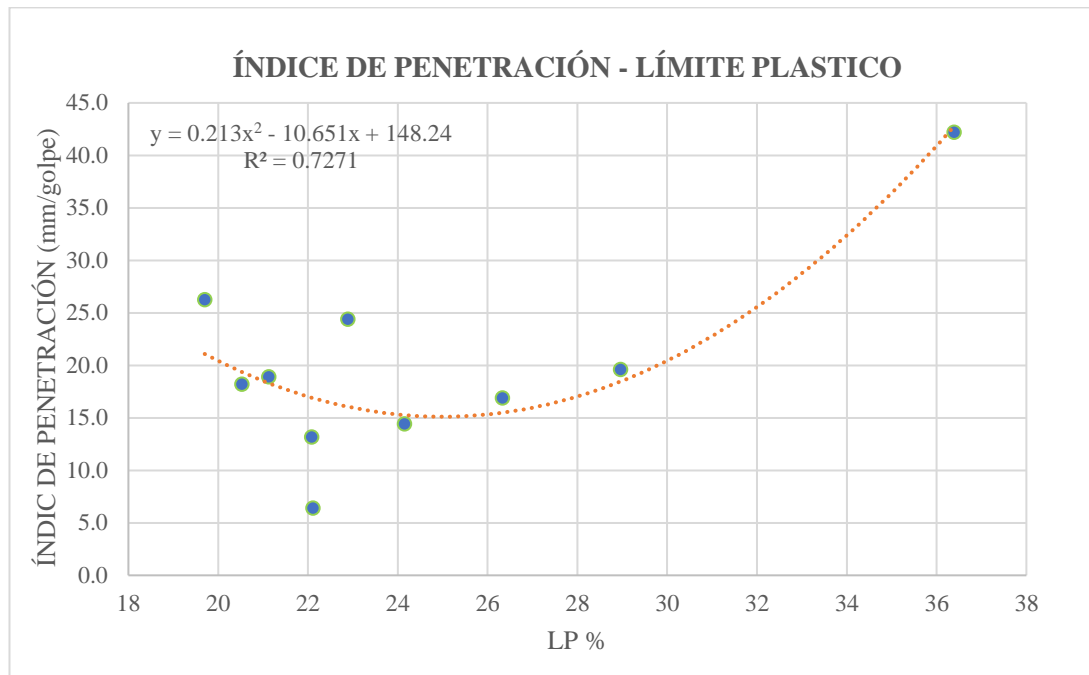
**Coefficiente de determinación  $R^2$ :** 99 %

**N:** 10 muestras

**Interpretación análisis:** en la fig.47. se muestra un diagrama que correlaciona el:  $\gamma_d$  max en función del LL y LP, donde se obtuvo una ecuación lineal simple con un coeficiente de determinación  $r^2$  del 50%

Se realizó una regresión múltiple lineal en base al sistema de ecuaciones mostradas en la ecuación (33), esta curva es la que mejor se ajusta según los datos obtenidos el coeficiente de determinación indica que existe una excelente correlación de estas variables, el número de muestras para la obtención de la curva fueron de 10 puesto que los otros 2 datos se alejaban mucho entre sí y la dispersión era mayor. Se puede observar que la relación proporcional entre estas tres propiedades es que, mientras el límite líquido aumenta y el límite plástico disminuye, se tendrán valores más altos de índice de penetración, por el contrario, si el límite líquido aumenta y el límite plástico aumenta, el de índice de penetración disminuirá, lo que quiere decir que esta proporción es inversa, además es útil para conocer condiciones de campo a través de ensayos de laboratorio.

- **Correlación # 15**



**Fig 46.** Correlación DN-LP

*Fuente: So*

*fia Paredes.*

**Ecuación:**  $DN = 0.213LP^2 - 10.651LP + 148.24$

**Coefficiente de determinación  $R^2$ :** 72.71 %

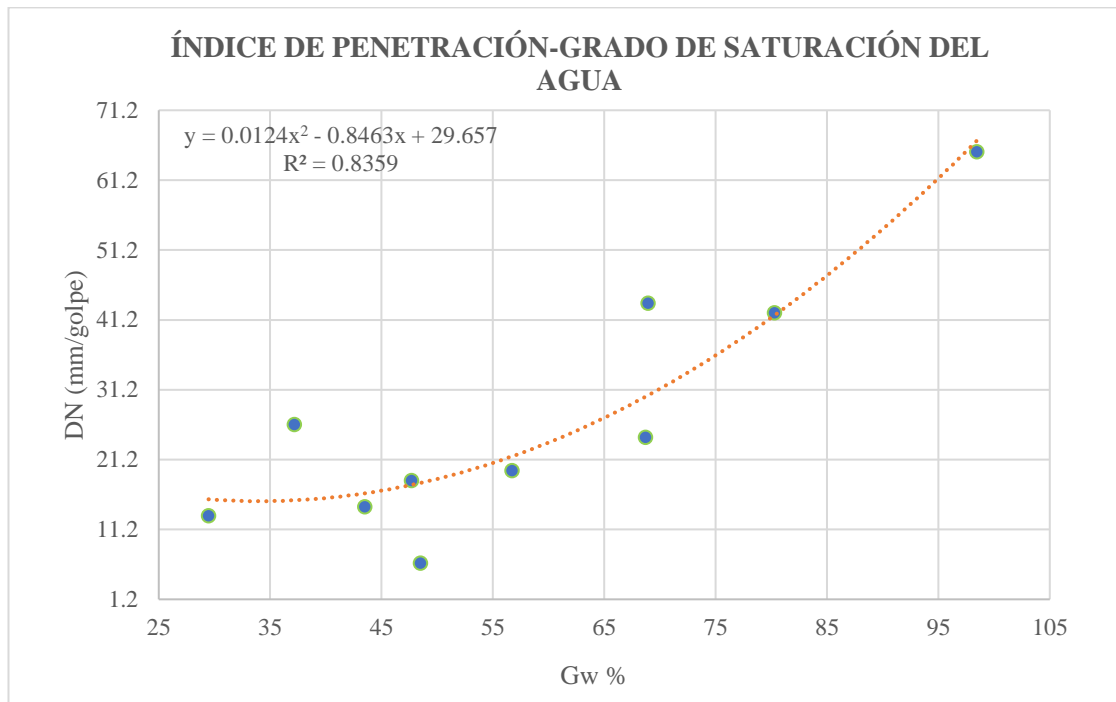
**N:** 10 muestras

**Interpretación análisis:** en la fig.48. se muestra un diagrama que correlaciona el DN en función del LP, donde se obtuvo una ecuación polinómica de grado 2 con un coeficiente de determinación  $r^2$  del 72.1%

Se realizó una regresión simple polinómica de grado 2 ya que esta curva es la que mejor se ajusta según los datos obtenidos, el número de muestras para la obtención de la curva fueron de 10 puesto que los otros 2 datos se alejaban mucho entre sí y la dispersión era mayor. Se puede observar que existe una relación directamente proporcional ya que a medida que aumenta el valor del límite plástico, el índice de penetración también aumentará ya que la resistencia al corte disminuye por lo que las partículas de suelo se cortaran con facilidad y el suelo tendrá más mm de penetración por golpe, además esta correlación ayuda a obtener datos del suelo a partir de ensayos de laboratorio.



- **Correlación # 16**



**Fig 47.** Correlación DN -Gw

*Fuente: Sofia Paredes.*

**Ecuación:**  $DN = 0.0124Gw^2 - 0.8463Gw + 29.657$

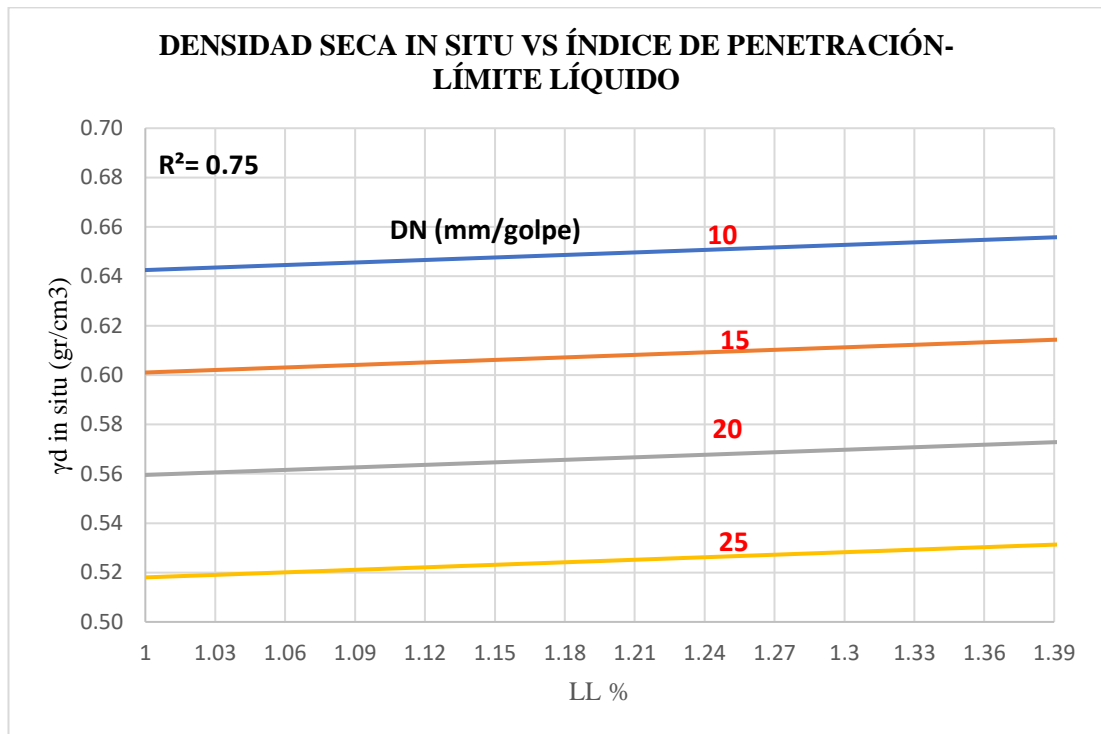
**Coefficiente de determinación  $R^2$ :** 83.59 %

**N:** 10 muestras

**Interpretación análisis:** en la fig.49. se muestra un diagrama que correlaciona el DN en función del Gw, donde se obtuvo una ecuación polinómica de grado 2 con un coeficiente de determinación  $r^2$  del 83.59%

Se realizó una regresión simple polinómica de grado 2 ya que esta curva es la que mejor se ajusta según los datos obtenidos, el número de muestras para la obtención de la curva fueron de 10 puesto que los otros 2 datos se alejaban mucho entre sí y la dispersión era mayor. Se puede observar que existe una relación directamente proporcional ya que a medida que aumenta el valor del grado de saturación de agua, el índice de penetración también aumentará, esto también se refleja en campo cuando se realiza el ensayo DCP, que a más saturación de agua la penetración será más profunda en el menor número de golpes, dado que el volumen de suelo aumenta y la densidad baja.

- **Correlación # 17**



**Fig 48.** Correlación  $\gamma_d$  in situ-DN-LL

*Fuente: Sofia Paredes.*

**Ecuación:**  $\gamma_d$  in situ =  $0.69 + 0.03LL - 0.01DN$

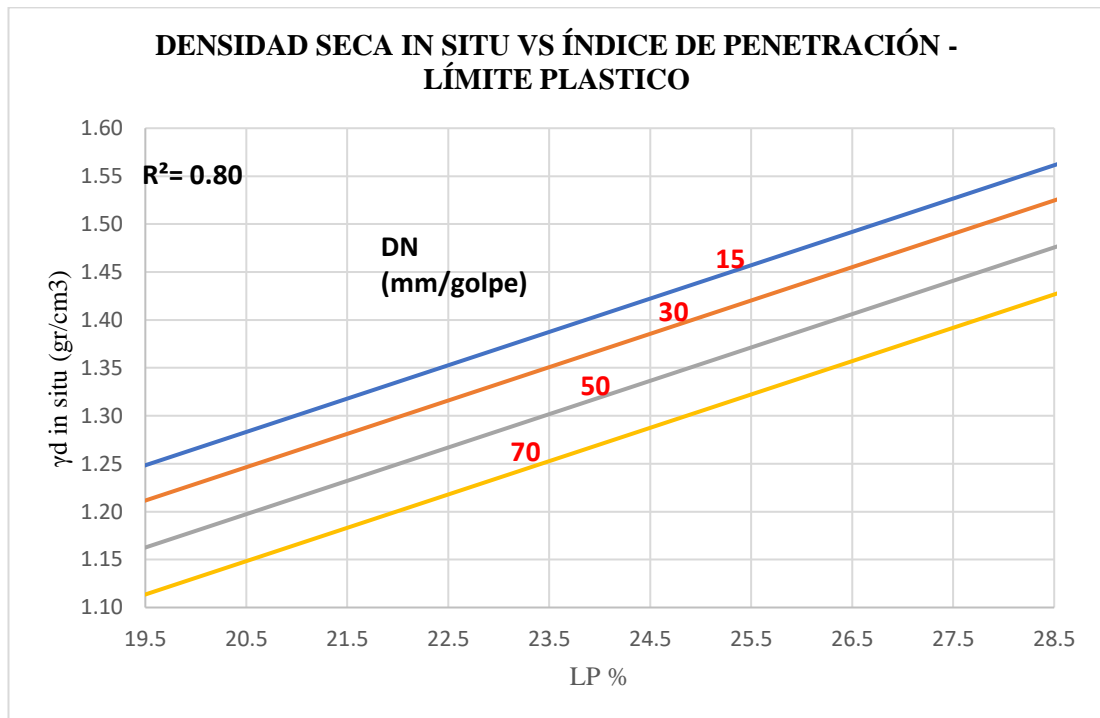
**Coefficiente de determinación  $R^2$ :** 75 %

**N:** 10 muestras

**Interpretación análisis:** en la fig.50. se muestra un diagrama que correlaciona el:  $\gamma_d$  in situ en función del DN y LL, donde se obtuvo una ecuación lineal simple con un coeficiente de determinación  $r^2$  del 75%

Se realizó una regresión múltiple lineal en base al sistema de ecuaciones mostradas en la ecuación (33), esta curva es la que mejor se ajusta según los datos obtenidos el coeficiente de determinación indica que existe una buena correlación de estas variables, el número de muestras para la obtención de la curva fueron de 10 puesto que los otros 2 datos se alejaban mucho entre sí y la dispersión era mayor. Se puede observar que la relación proporcional entre estas tres propiedades es que, mientras que el límite líquido aumenta y el índice de penetración disminuye, se tendrán valores más altos de índice de densidad seca in situ, por el contrario, si el límite líquido aumenta y el índice de penetración aumenta, la densidad seca in situ disminuirá, lo que quiere decir que esta proporción es inversa

- **Correlación # 18**



**Fig 49.** Correlación  $\gamma_d$  in situ-DN-LP

*Fuente: Sofía Paredes.*

**Ecuación:**  $\gamma_d$  in situ =  $0.61 + 0.03LP - 0.002DN$

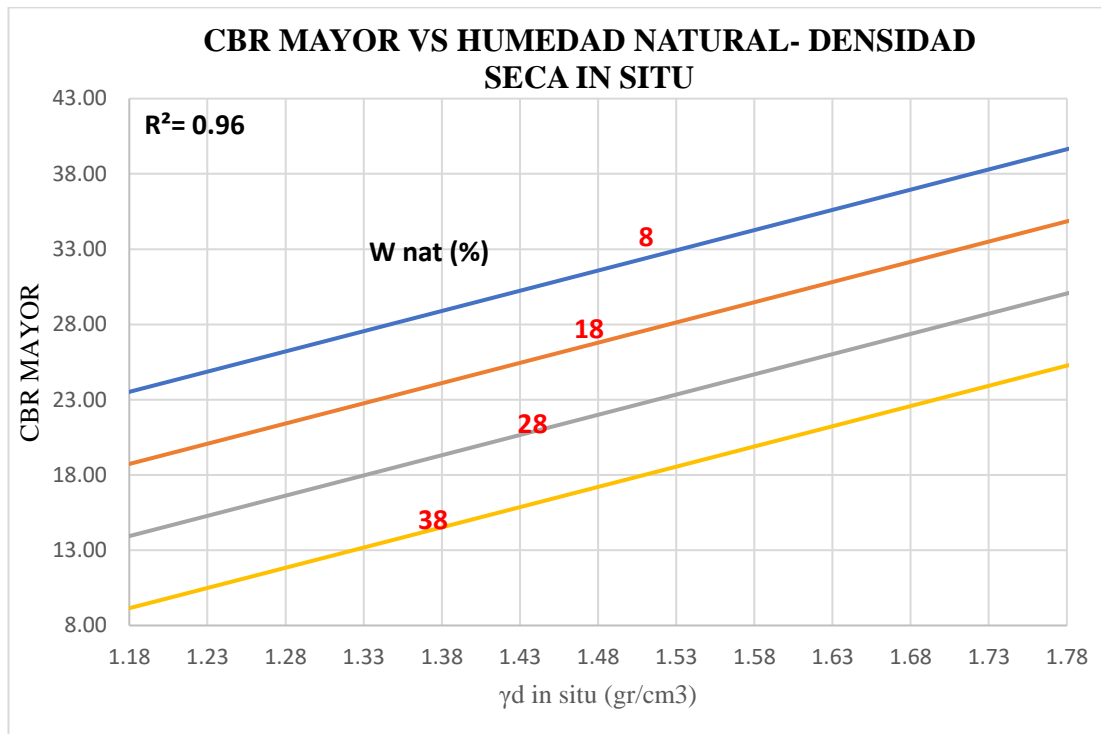
**Coefficiente de determinación  $R^2$ :** 80 %

**N:** 10 muestras

**Interpretación análisis:** en la fig.51. se muestra un diagrama que correlaciona el:  $\gamma_d$  in situ en función del DN y LP, donde se obtuvo una ecuación lineal simple con un coeficiente de determinación  $r^2$  del 80%

Se realizó una regresión múltiple lineal en base al sistema de ecuaciones mostradas en la ecuación (33), esta curva es la que mejor se ajusta según los datos obtenidos el coeficiente de determinación indica que existe una buena correlación de estas variables, el número de muestras para la obtención de la curva fueron de 10 puesto que los otros 2 datos se alejaban mucho entre sí y la dispersión era mayor. Se puede observar que la relación proporcional entre estas tres propiedades es que, mientras que el límite plástico aumenta y el índice de penetración disminuye, se tendrán valores más altos de índice de densidad seca in situ, por el contrario, si el límite plástico aumenta y el índice de penetración aumenta, la densidad seca in situ disminuirá, lo que quiere decir que esta proporción es inversa.

- **Correlación # 19**



**Fig 50.** Correlación CBR MAYOR- Wnat -γd in situ

*Fuente: Sofia Paredes.*

**Ecuación:**  $CBR MAYOR = -4.34 + 26.86\gamma d \text{ in situ} - 0.48Wnat$

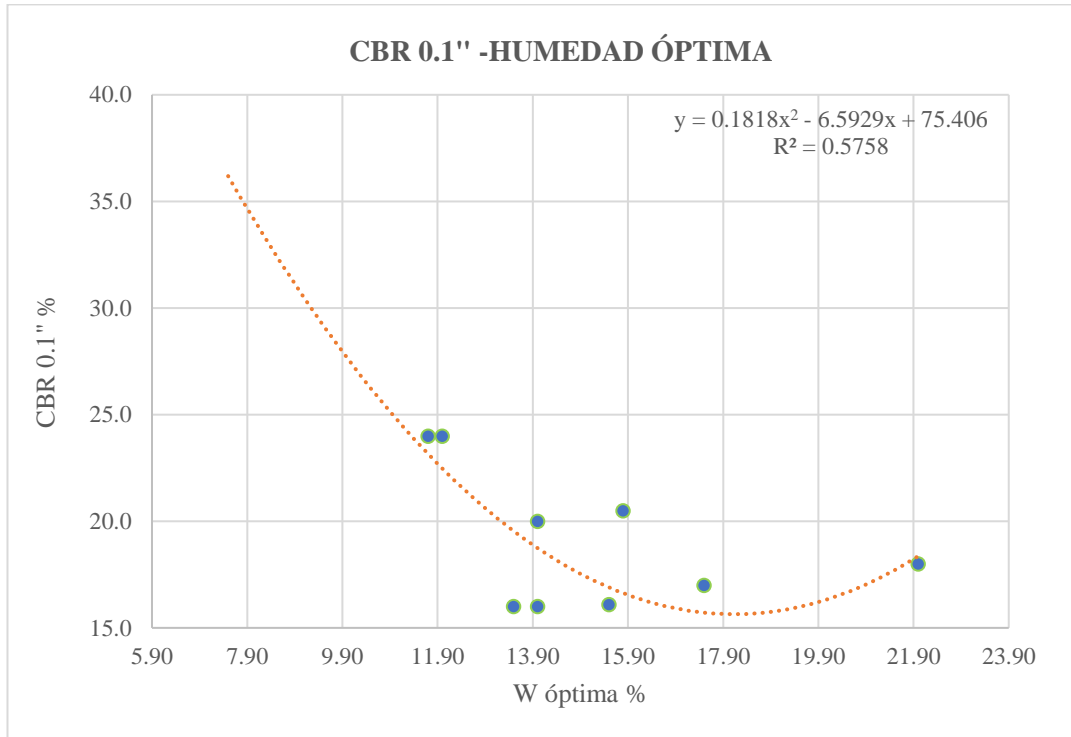
**Coefficiente de determinación R<sup>2</sup>:** 96 %

**N:** 10 muestras

**Interpretación análisis:** en la fig.52. se muestra un diagrama que correlaciona el: CBR en función del Wnat y γd in situ, donde se obtuvo una ecuación lineal simple con un coeficiente de determinación r<sup>2</sup> del 96%

Se realizó una regresión múltiple lineal en base al sistema de ecuaciones mostradas en la ecuación (33), esta curva es la que mejor se ajusta según los datos obtenidos, el coeficiente de determinación indica que existe una excelente correlación de estas variables, el número de muestras para la obtención de la curva fueron de 10 puesto que los otros 2 datos se alejaban mucho entre sí y la dispersión era mayor. Se puede observar que la relación proporcional entre estas tres propiedades es que, mientras que la densidad seca in situ aumenta y la humedad natural disminuye, se tendrán valores más altos de CBR, por el contrario, si la densidad seca in situ y la humedad natural aumenta, el CBR disminuirá, lo que quiere decir que esta proporción es inversa.

- **Correlación # 20**



**Fig 51.** *Correlación CBR 0.1\" -Wóptima*

*Fuente: Sofia Paredes.*

**Ecuación:**  $CBR\ 0.1\" = 0.1818W_{óptima}^2 - 6.5929W_{óptima} + 75.406$

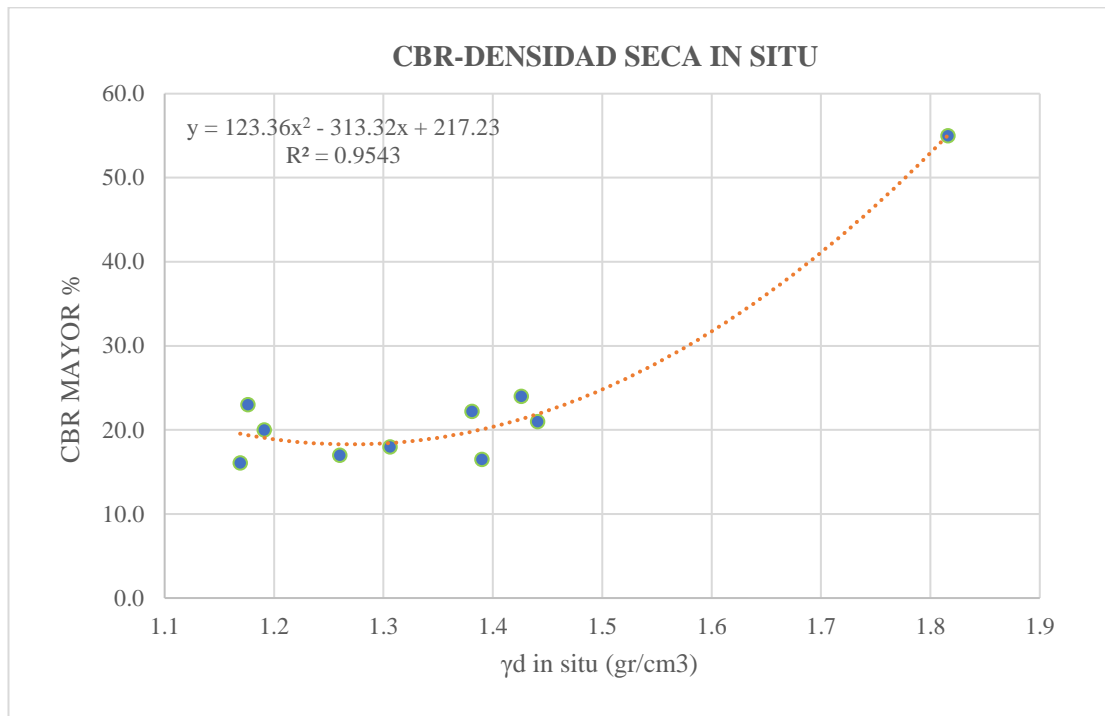
**Coefficiente de determinación  $R^2$ :** 57.58 %

**N:** 10 muestras

**Interpretación análisis:** en la fig.53. se muestra un diagrama que correlaciona EL CBR 0.1\" en función de Wóptima, donde se obtuvo una ecuación polinómica de grado 2 con un coeficiente de determinación  $r^2$  del 57.58%

Se realizó una regresión simple polinómica de grado 2 ya que esta curva es la que mejor se ajusta según los datos obtenidos, el número de muestras para la obtención de la curva fueron de 10 puesto que los otros 2 datos se alejaban mucho entre sí y la dispersión era mayor. Se puede observar que existe una relación inversamente proporcional ya que a medida que aumenta el valor de la humedad óptima, el CBR disminuye por otro lado, si la humedad disminuye, el CBR aumenta, al tener más volumen de sólidos, este se hace más denso y resistente a la presión.

- **Correlación # 21**



**Fig 52.** Correlación CBR MAYOR-  $\gamma d$  in situ

**Fuente:** Sofia Paredes.

**Ecuación:**  $CBR MAYOR = 123.36\gamma d \text{ in situ}^2 - 313.32 \gamma d \text{ in situ} + 217.23$

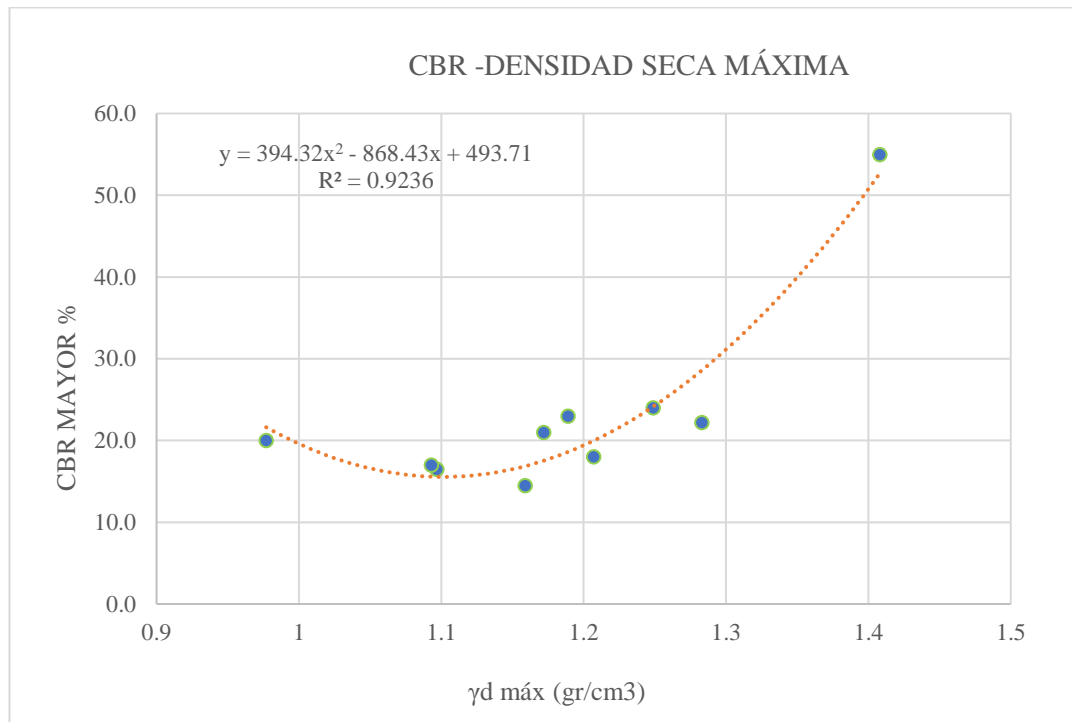
**Coefficiente de determinación  $R^2$ :** 95.43 %

**N:** 10 muestras

**Interpretación análisis:** en la fig.54. se muestra un diagrama que correlaciona la  $\gamma d$  in situ en función de  $W_{nat}$ , donde se obtuvo una ecuación polinómica de grado 2 con un coeficiente de determinación  $r^2$  del 57.58%

Se realizó una regresión simple polinómica de grado 2 ya que esta curva es la que mejor se ajusta según los datos obtenidos, el número de muestras para la obtención de la curva fueron de 10 puesto que los otros 2 datos se alejaban mucho entre sí y la dispersión era mayor. Se puede observar que existe una relación directamente proporcional ya que a medida que aumenta el valor de la densidad seca in situ, el CBR aumenta, esto se debe a que, al tener más volumen de sólidos, este se hace más denso y resistente a la presión.

- **Correlación # 22**



**Fig 53.** *Correlación Ga -Wnat*

*Fuente: Sofia Paredes.*

**Ecuación:**  $CBR MAYOR = 394.32\gamma d max^2 - 868.43\gamma d max + 493.71$

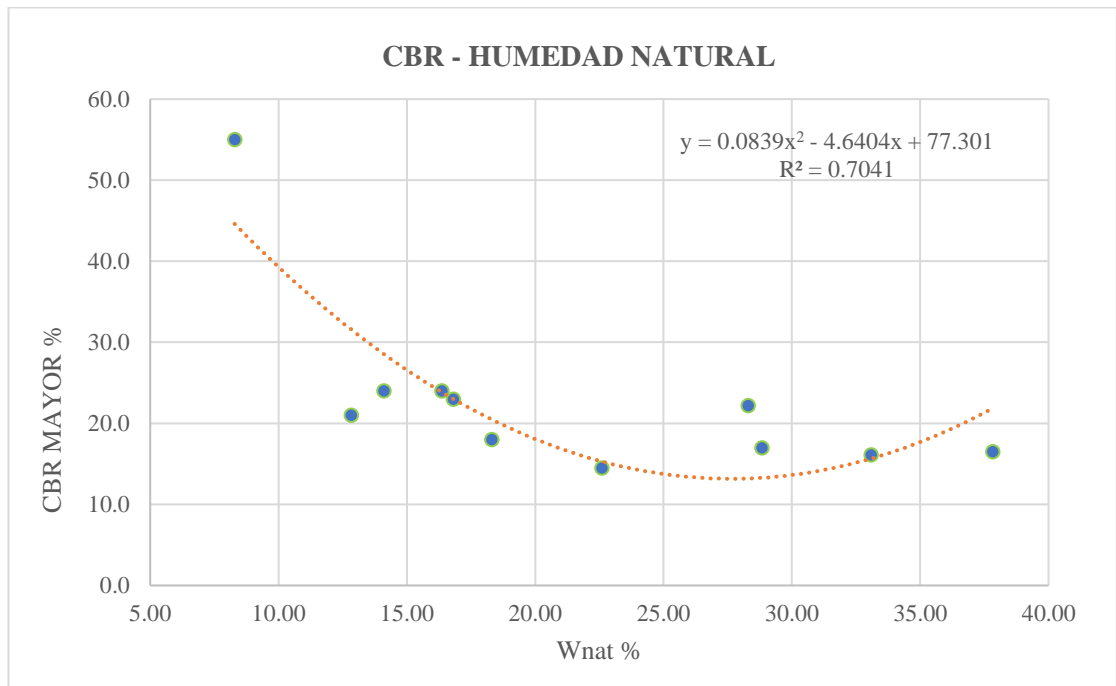
**Coefficiente de determinación R<sup>2</sup>:** 92.36 %

**N:** 10 muestras

**Interpretación análisis:** en la fig.55. se muestra un diagrama que correlaciona la  $\gamma d max$  en función de Wnat, donde se obtuvo una ecuación polinómica de grado 2 con un coeficiente de determinación  $r^2$  del 92.36%

Se realizó una regresión simple polinómica de grado 2 ya que esta curva es la que mejor se ajusta según los datos obtenidos, el número de muestras para la obtención de la curva fueron de 10 puesto que los otros 2 datos se alejaban mucho entre sí y la dispersión era mayor. Se puede observar que existe una relación directamente proporcional ya que a medida que aumenta el valor de la densidad seca máxima, el CBR aumenta, esto se debe a que, al tener más volumen de sólidos, este se hace más denso y resistente a la presión.

- **Correlación # 23**



**Fig 54.** Correlación CBR -Wnat

*Fuente: Sofia Paredes.*

**Ecuación:**  $CBR MAYOR = 0.0839Wnat^2 - 4.6404Wnat + 77.301$

**Coefficiente de determinación  $R^2$ :** 70.41 %

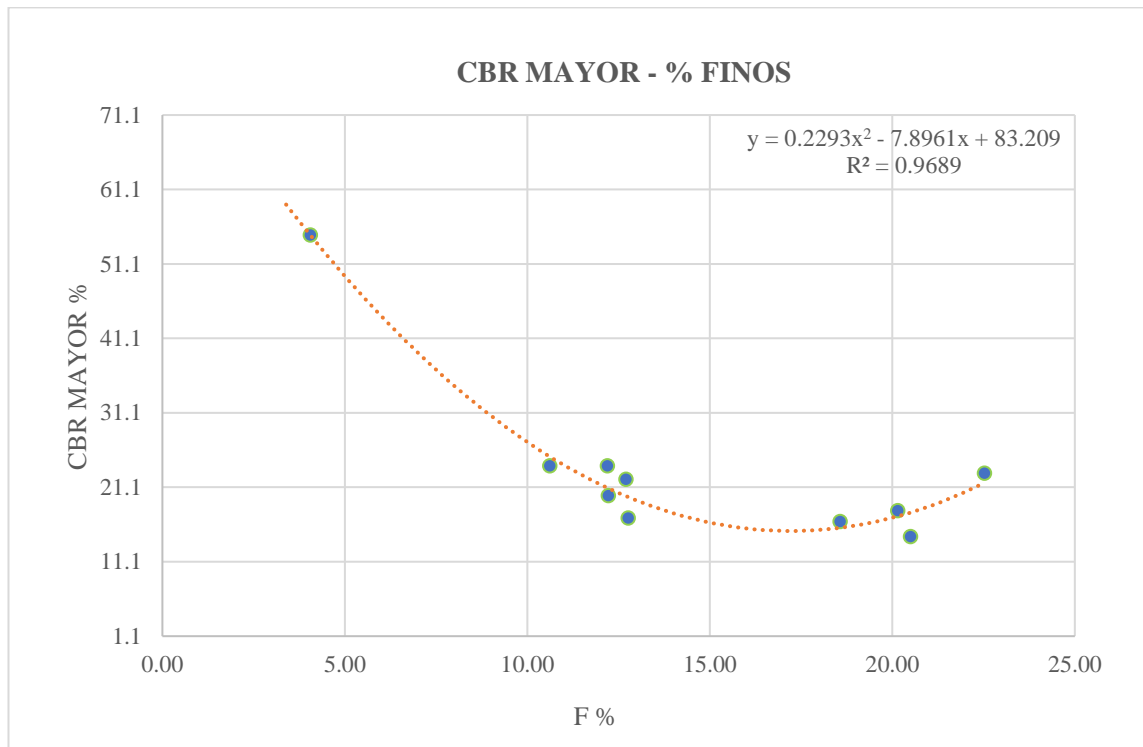
**N:** 11 muestras

**Interpretación análisis:** en la fig.56. se muestra un diagrama que correlaciona EL CBR MAYOR en función de Wnat, donde se obtuvo una ecuación polinómica de grado 2 con un coeficiente de determinación  $r^2$  del 70.41%

Se realizó una regresión simple polinómica de grado 2 ya que esta curva es la que mejor se ajusta según los datos obtenidos, el número de muestras para la obtención de la curva fueron de 11 puesto que el un dato faltante se alejaban mucho y la dispersión era mayor. Se puede observar que existe una relación inversamente proporcional ya que a medida que aumenta el valor de la humedad natural, el CBR disminuye por otro lado, si la humedad disminuye, el CBR aumenta, al tener más volumen de sólidos, este se hace más denso y resistente a la presión.



- **Correlación # 24**



**Fig 55.** *Correlación CBR MAYOR - FINOS*

*Fuente: Sofia Paredes.*

**Ecuación:**  $CBR MAYOR = 0.2293F^2 - 7.8961F + 83.209$

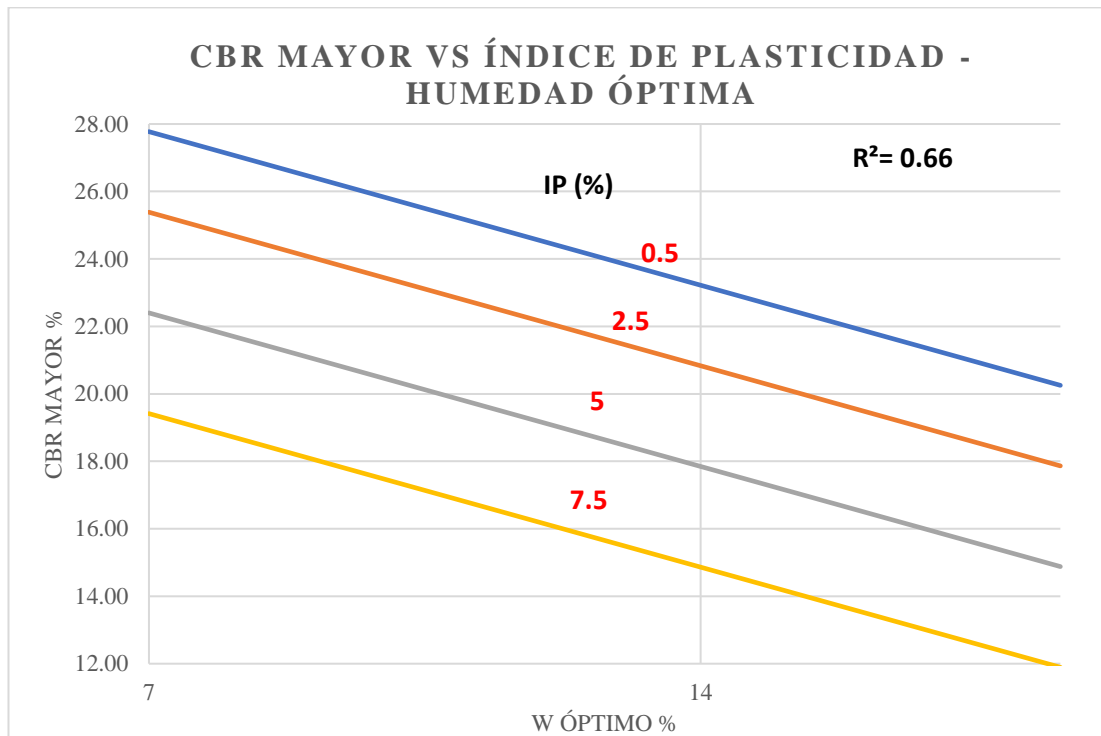
**Coefficiente de determinación  $R^2$ :** 96.89 %

**N:** 10 muestras

**Interpretación análisis:** en la fig.57. se muestra un diagrama que correlaciona EL CBR MAYOR en función de Wnat, donde se obtuvo una ecuación polinómica de grado 2 con un coeficiente de determinación  $r^2$  del 96.89%

Se realizó una regresión simple polinómica de grado 2 ya que esta curva es la que mejor se ajusta según los datos obtenidos, el número de muestras para la obtención de la curva fueron de 10 puesto que los otros 2 datos se alejaban mucho entre sí y la dispersión era mayor. Se puede observar que existe una relación inversamente proporcional ya que a medida que aumenta el valor del porcentaje de finos, el CBR disminuye, esto se debe a que si el suelo tiene más porcentaje de finos el suelo tiende a ser plástico por tanto tiene menos resistencia al corte y es por eso por lo que el valor del CBR disminuye.

- **Correlación # 25**



**Fig 56.** Correlación CBR MAYOR-IP-W ÓPTIMO

*Fuente: Sofia Paredes.*

**Ecuación:**  $CBR MAYOR = 41.150 - 15.122 \log(W_{\text{óptimo}}) - 1.194IP$

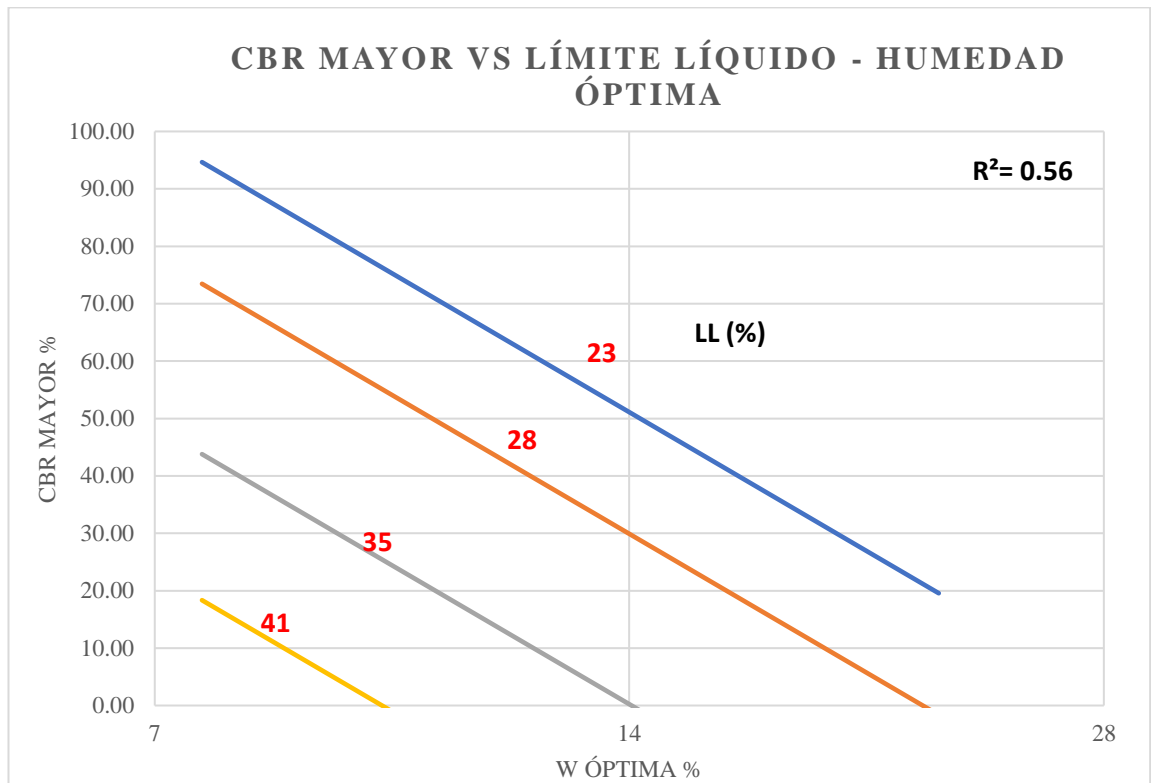
**Coefficiente de determinación  $R^2$ :** 66 %

**N:** 10 muestras

**Interpretación análisis:** en la fig.58. se muestra un diagrama que correlaciona el: CBR MAYOR en función del IP y W óptimo, donde se obtuvo una logarítmica con un coeficiente de determinación  $r^2$  del 66%

Se realizó una regresión logarítmica en base al sistema de ecuaciones mostradas en la ecuación (42), esta curva es la que mejor se ajusta según los datos obtenidos el coeficiente de determinación indica que existe una correlación regular de estas variables, el número de muestras para la obtención de la curva fueron de 10 puesto que los otros 2 datos se alejaban mucho entre sí y la dispersión era mayor. Se puede observar que la relación proporcional entre estas tres propiedades es que, mientras que el humedad óptima aumenta y el índice plástico disminuye, se tendrán valores más altos de CBR, así que esta proporción es inversa, esto quiere decir que cuando el suelo tiende a ser plástico tiene menos resistencia al corte y es por eso por lo que el valor del CBR disminuye,

- **Correlación # 26**



**Fig 57.** Correlación CBR MAYOR-LL- W óptima

*Fuente: Sofia Paredes.*

**Ecuación:**  $CBR MAYOR = 332.750 - 160.676 \log(W_{\acute{o}ptima}) - 4.239 LL$

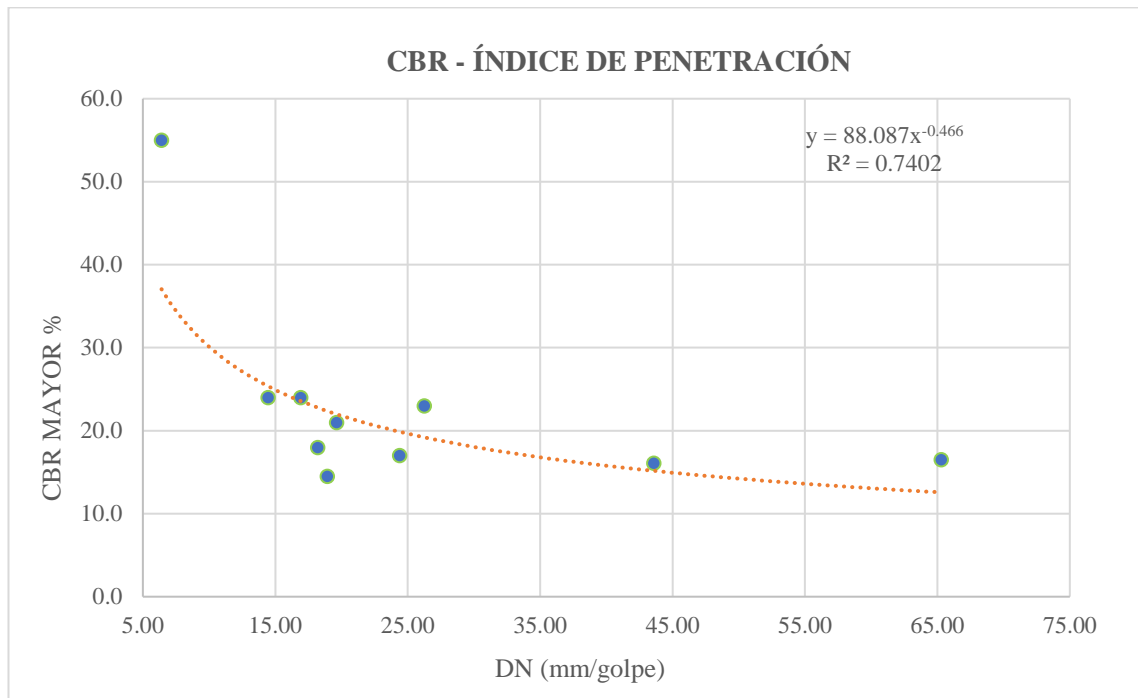
**Coefficiente de determinación  $R^2$ :** 56 %

**N:** 10 muestras

**Interpretación análisis:** en la fig.59. se muestra un diagrama que correlaciona el: CBR MAYOR en función del IP y W óptimo, donde se obtuvo una logarítmica con un coeficiente de determinación  $r^2$  del 66%

Se realizó una regresión logarítmica en base al sistema de ecuaciones mostradas en la ecuación (33), esta curva es la que mejor se ajusta según los datos obtenidos el coeficiente de determinación indica que existe una correlación regular de estas variables, el número de muestras para la obtención de la curva fueron de 10 puesto que los otros 2 datos se alejaban mucho entre sí y la dispersión era mayor. Se puede observar que la relación proporcional entre estas tres propiedades es que, mientras que el humedad óptima aumenta y el límite líquido disminuye, se tendrán valores más altos de CBR, así que esta proporción es inversa.

- **Correlación # 27**



**Fig 58.** Correlación CBR-DCP

**Ecuación:**  $CBR MAYOR = 88.087DN^{-0.466}$

**Coefficiente de determinación  $R^2$ :** 74.02 %

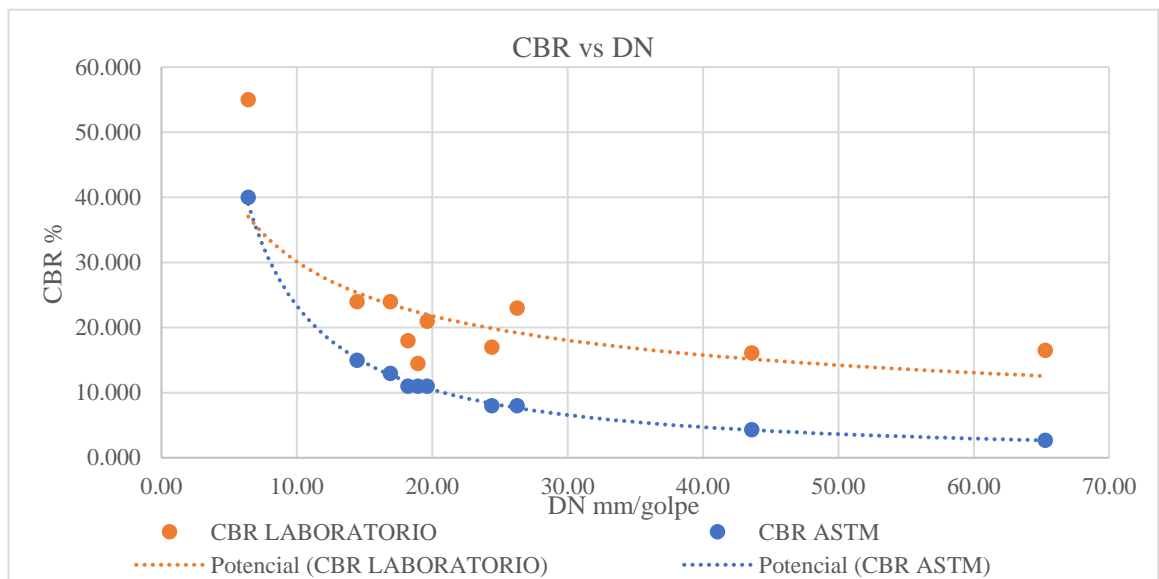
**N:** 10 muestras

**Interpretación análisis:** en la fig.50. se muestra un diagrama que correlaciona CBR MAYOR en función del DN, donde se obtuvo una ecuación potencial con un coeficiente de determinación  $r^2$  del 74.02%

Se realizó una regresión simple potencial en base a la ecuación (ec. 28), esta curva es la que mejor se ajusta según los datos obtenidos, el número de muestras para la obtención de la curva fueron de 10 puesto que los otros 2 datos se alejaban mucho entre sí y la dispersión era mayor. Se puede observar que existe una relación inversamente proporcional ya que a medida que aumenta el valor del índice de penetración, el CBR disminuye. Esto se debe a que la resistencia al corte disminuirá si el suelo es menos denso.

- **Análisis de la correlación # 27 vs. norma ASTM D6951**

A continuación, se presenta un diagrama donde se encuentra la correlación entre el CBR y DCP, la línea de tendencia naranja correlaciona los datos del índice de penetración de campo de 10 muestras con el CBR que se realizó en laboratorio de las mismas muestras (*fig.60*), mientras que la línea de tendencia azul muestra la correlación del mismo índice de penetración de campo de 10 muestras con el CBR de la ecuación propuesta por la norma ASTM D6951 (*ec.16*).



**Fig 59.** Correlación CBR-DCP

**Fuente:** Sofia Paredes.

Si bien se demuestra que los resultados obtenidos mediante la correlación 27 son verídicos al dar una curva similar al de la norma ASTM D6951 (*fig.14*), se puede observar que cuando se realiza la correlación con el CBR de la ecuación (*ec. 16*), estos valores se alejan un poco de la curva del CBR de laboratorio es decir su patrón no está definido, lo que lleva deducir que se podría usar la ecuación de la correlación #27 (*fig. 60*) para suelos de las parroquias Guaytacama y Toacaso o suelos similares a estos ya que tiene un coeficiente de determinación bueno, sin embargo para tener resultados más significativos y mejorar dicha correlación convendría aumentar el número de muestras que tengan propiedades equivalentes o similares a la de los suelos ensayados en el presente trabajo de investigación experimental.

La siguiente tabla muestra un resumen de las ecuaciones de las correlaciones realizadas, también muestra su respectivo coeficiente de correlación  $R^2$  y el número de muestras usadas para la correlación

*Tabla 41. ecuaciones de las correlaciones del suelo*

Nº	ECUACIÓN	COEF. $R^2$ %	#	FIG.
<b>CORRELACIONES ENTRE PROPIEDADES ÍNDICE</b>				
1	$LP = 0.0446 LL^2 - 1.9252 LL + 41.453$	96.66	10	34
2	$Gw = 0.0743 Wnat^2 - 1.6211 Wnat + 52.284$	80.08	10	35
3	$W \text{ óptima} = -0.0331LL^2 + 1.6103LL - 3.9897$	73.55	10	36
4	$\gamma d \text{ máx} = -0.0017W \text{ óptima}^2 + 0.0279W \text{ óptima} + 1.17$	78.62	10	37
5	$Ga = -0.0743 Wnat^2 - 1.6211 Wnat + 47.716$	80.08	10	38
6	$\gamma d \text{ max} = 0.84 + 0.02 LL - 0.01LP$	50	10	39
7	$\gamma d \text{ in situ} = -0.32 + 1.37\gamma d \text{ max} - 0.01W \text{ ÓPTIMA}$	95	10	40
8	$Gc = -0.42.166 e + 149.85$	83.24	10	41
9	$\gamma d \text{ max} = 0.80 + 0.01LL + 0.01 \text{ FINO}\%$	54	10	42
10	$\gamma d \text{ max} = 0.0005Wnat^2 - 0.0301Wnat + 1.5921$	78.81	10	43
<b>CORRELACIONES DN vs. PROPIEDADES ÍNDICE</b>				
11	$\gamma d \text{ in situ} = 0.0004DN^2 - 0.036DN + 1.9266$	71.4	10	44
12	$DN = 2.7399IP^2 - 15.074IP + 34.475$	88.56	10	45
13	$DN = 0.0499Wnat^2 - 0.5276Wnat + 11.561$	94.59	10	46
14	$DN = -2.81 + 2.92LL - 2.16LP$	99	10	47
15	$DN = 0.213LP^2 - 10.651LP + 148.24$	72.71	10	48
16	$DN = 0.0124Gw^2 - 0.8463Gw + 29.657$	83.59	10	49
17	$\gamma d \text{ in situ} = 0.69 + 0.03LL - 0.01DN$	75	10	50
18	$\gamma d \text{ in situ} = 0.61 + 0.03LP - 0.002DN$	80	10	51
<b>CORRELACIONES CBR vs. PROPIEDADES ÍNDICE</b>				

19	$CBR MAYOR = -4.34 + 26.86\gamma d \text{ in situ} - 0.48Wnat$	96	10	52
20	$CBR 0.1" = 0.1818Wóptima^2 - 6.5929Wóptima + 75.406$	57.58	10	53
21	$CBR MAYOR = 123.36\gamma d \text{ in situ}^2 - 313.32 \gamma d \text{ in situ} + 217.23$	95.43	10	54
22	$CBR MAYOR = 394.32\gamma d max^2 - 868.43\gamma d max + 493.71$	92.36	10	55
23	$CBR MAYOR = 0.0839Wnat^2 - 4.6404Wnat + 77.301$	70.41	11	56
24	$CBR MAYOR = 0.2293F^2 - 7.8961F + 83.209$	96.89	10	57
25	$CBR MAYOR = 41.150 - 15.122 \log(Wóptimo) - 1.194IP$	66	10	58
26	$CBR MAYOR = 332.750 - 160.676 \log(Wóptima) - 4.239 LL$	56	10	59
27	$CBR MAYOR = 88.087DN^{-0.466}$	74.02	10	60

**Fuente:** Sofia Paredes

### 3.1.3. FASE 3

Dentro de los resultados de la fase tres se muestran cada uno de los parámetros para el diseño de un pavimento flexible en base a la norma AASHTO 93 que está ubicado en la parroquia Toacaso, en el sector de Guigopana- Chisulche (Tabla 5).



#### 3.1.3.1. Trafico promedio diario anual (TPDA)

Con la finalidad de conocer el comportamiento del tránsito y determinar el TPDA, se implantó una estación de conteo manual en el sector de Guigopana y se realizó un conteo durante 12 horas los 7 días de la semana, tal como lo establece la norma MTOP.

##### 3.1.3.1.1. Conteo vehicular

A continuación, en la siguiente tabla se resume el conteo vehicular realizado del 9 al 15 de enero del 2023 que mostró los siguientes resultados:

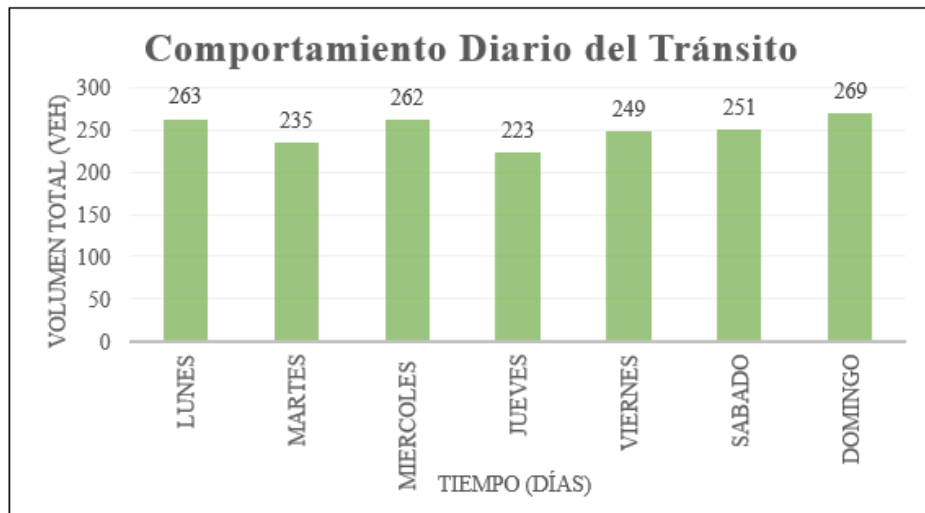
Tabla 42. Conteo vehicular Guigopana.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 				
<b>PROYECTO:</b> “ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI.”				
Ubicación	Guigopana - Chisulche	Año	2023	Días: 7 Días
Mes	Enero	Sentido	Ambos	
DÍAS	VEHICULOS LIVIANOS	TOTAL BUSES	TOTAL PESADOS	TOTAL Vehículos/ 12 h
<b>LUNES</b>	225	3	35	263
<b>MARTES</b>	205	3	27	235
<b>MIÉRCOLES</b>	229	3	30	262
<b>JUEVES</b>	198	3	22	223
<b>VIERNES</b>	213	3	33	249
<b>SABADO</b>	223	0	28	251
<b>DOMINGO</b>	220	2	47	269
<b>TOTAL</b>	1513	17	222	1752

Fuente: Sofia Paredes.



El siguiente diagrama muestra el comportamiento del tránsito marcando el volumen del vehículo según los días de la semana.

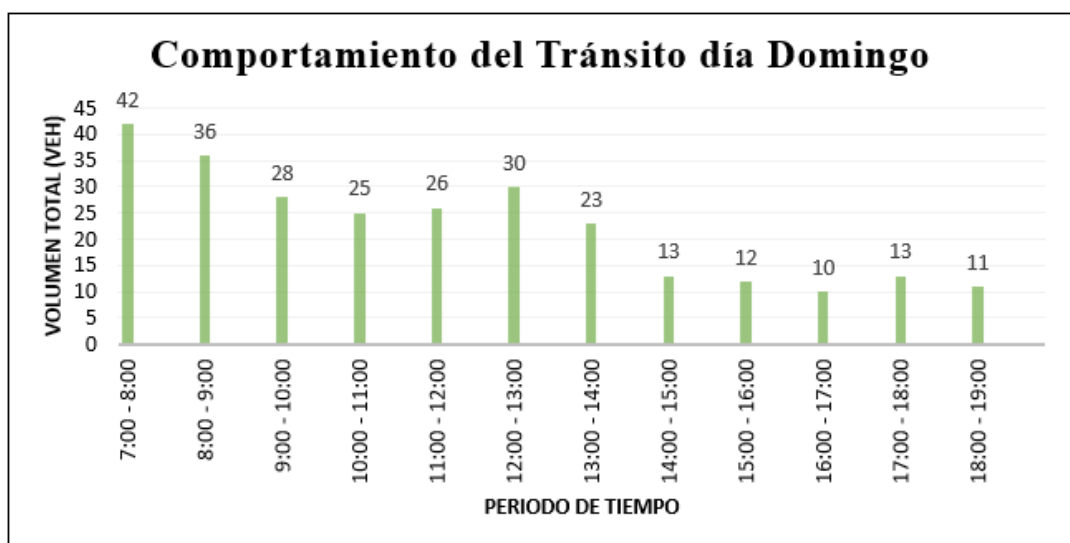


**Fig 60.** Comportamiento diario del tránsito

*Fuente: Sofia Paredes.*

En la (fig.62) se muestra el comportamiento del tránsito por día, siendo el domingo el día en que el un mayor número de automotores circulan por la vía.

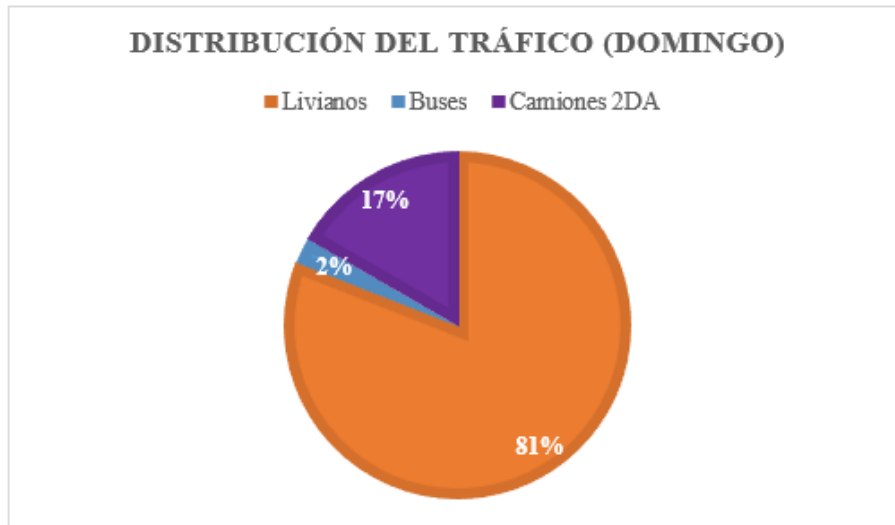
El comportamiento del tránsito durante las 12 horas se muestra en la (fig.63), dando como resultado que la hora pico se produce durante la mañana, de 7:00 am a 8:00 am con un valor de 42 vehículos ver (anexo 2).



**Fig 61.** Comportamiento del tránsito, Domingo

*Fuente: Sofia Paredes.*

La (fig. 64) muestra la distribución del tránsito por tipo de vehículo de la hora pico.





**Fig 62.** Comportamiento del tránsito Domingo

*Fuente: Sofia Paredes.*

La siguiente tabla muestra la distribución del tránsito por tipo de vehículo de la hora pico.

**Tabla 43.** Comportamiento del tránsito Domingo

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 							
<b>PROYECTO: "ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI."</b>							
Ubicación	Guingopana - Chisulche		Año	2023			N Días: 7
Mes	Enero		Sentido	Ambos			Días
HORA	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES				TOTAL
			2DA	2DB	3A	ΣPesados	
7:00 – 7:15	10	1	3	0	0	3	14
7:15 – 7 :30	9	0	1	0	0	1	10
7:30 – 7:45	7	0	2	0	0	2	9
7:45 – 8:00	8	0	1	0	0	1	9
<b>TOTAL</b>	<b>34</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>42</b>
<b>TOTAL (%)</b>	80.95%	2.38%	16.67%	0.00%	0.00%	16.67%	100%

*Fuente: Sofia Paredes.*

### 3.1.3.1.2. Factor de hora pico

Mediante la ecuación (ec.35) se determina el valor de FHP

$$FHP = \frac{42}{4 * 14}$$

$$FHP = 0.750$$

Como FHP es inferior a 1, entonces se considera 1.

$$FHP = 1$$

### 3.1.3.1.3. Tráfico Promedio Diario Anual Actual (TPDA actual)

Mediante la ecuación (ec. 36) se determina el valor de TPDA actual, para vehículos livianos, buses y camiones. El valor de k a utilizar para vías rurales será de 15%

**Livianos:**

$$TPDA_{livianos} = \frac{34 * 1}{0.15}$$

$$TPDA_{livianos} = 227 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

**Buses:**

$$TPDA_{Buses} = \frac{1 * 1}{0.15}$$

$$TPDA_{Buses} = 7 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

**Camiones:**

$$TPDA_{Camiones} = \frac{7 * 1}{0.15}$$

$$TPDA_{Camiones} = 47 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

### 3.1.3.1.4. TPDA actual

$$TPDA_{actual} = TPDA_{livianos} + TPDA_{buses} + TPDA_{camiones}$$

$$TPDA_{actual} = 227 + 4 + 47$$

$$TPDA_{actual} = 280 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

*TPDA actual calculado:*

*Tabla 44. TPDA actual*

<b>Tipo de vehículo</b>	<b>Hora Pico</b>	<b>TPDA Actual</b>
<b>Liviano</b>	34	227
<b>Buses</b>	1	7
<b>Camiones</b>	7	47
<b>Total:</b>		280

*Fuente: Sofía Paredes.*

### 3.1.3.1.5. Tráfico Atraído (Ta)

Mediante la ecuación (ec.37) se determina el valor de Ta, para vehículos livianos, buses y camiones.

**Livianos:**

$$TPDA_{livianos} = 0.10 * 227$$

$$TPDA_{livianos} = 23 \text{ vehículos/día}$$

**Buses:**

$$TPDA_{Buses} = 0.10 * 7$$

$$TPDA_{Buses} = 1 \text{ vehículos/día}$$

**Camiones:**

$$TPDA_{Camiones} = 0.10 * 47$$

$$TPDA_{Camiones} = 5 \text{ vehículos/día}$$

### 3.1.3.1.6. Tráfico Generado (Tg)

Mediante la ecuación (ec.38) se determina el valor de Tg, para vehículos livianos, buses y camiones.

**Livianos:**

$$TPDA_{livianos} = 0.20 * 227$$

$$TPDA_{livianos} = 45 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

**Buses:**

$$TPDA_{buses} = 0.20 * 7$$

$$TPDA_{buses} = 1 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

**Camiones:**

$$TPDA_{camiones} = 0.20 * 47$$

$$TPDA_{camiones} = 9 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

### 3.1.3.1.7. Tr\u00e1fico Desarrollado (Td)

Mediante la ecuaci\u00f3n (ec.39) se determina el valor de Td, para veh\u00edculos livianos, buses y camiones.

**Livianos:**

$$TPDA_{livianos} = 0.05 * 227$$

$$TPDA_{livianos} = 11 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

**Buses:**

$$TPDA_{buses} = 0.05 * 7$$

$$TPDA_{buses} = 0 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

**Camiones:**

$$TPDA_{camiones} = 0.05 * 47$$

$$TPDA_{camiones} = 2 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

### 3.1.3.1.8. TPDA total

$$TPDA_{Total} = TPDA_{actual} + Ta + Tg + Td$$

$$TPDA_{Total} = 280 + 56 + 28 + 14$$

$$TPDA_{Total} = 378 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

A continuación, se presenta un cuadro resumen con los valores de TPDA actual, Ta, Tg, Td y el TPDA total

**Tabla 45. Tráfico actual del proyecto**

Tráfico actual del proyecto					
Tipo de Vehículo	TPDA Actual	Tráfico generado	Tráfico atraído	Tráfico desarrollado	TPDA Total
Liviano	227	45	23	11	306
Bus	7	1	1	0	9
Camion	47	9	5	2	63
<b>Total</b>	<b>280</b>	<b>56</b>	<b>28</b>	<b>14</b>	<b>378</b>

*Fuente: Sofía Paredes.*

### 3.1.3.1.9. Tráfico Futuro

En el presente proyecto se espera que la vía tendrá un periodo de diseño de 20 años, a partir del presente año 2023 y finalizará en el año 2043.

### 3.1.3.1.10. Periodo de diseño

El periodo de diseño se estimó de 20 años ya que según (*tabla 17*) el tipo de carretera que se diseño es una pavimento con bajos volúmenes de tránsito y según la norma AASHTO 93, el periodo de diseño está en un rango de 15-25 años, y se estimó 20 años como promedio.

### 3.1.3.1.11. Tasa de crecimiento del tránsito

Según (*tabla 15*) los valores de la tasa de crecimiento anual del tráfico es:

Livianos: 3.25 %

Buses: 1.62 %

Pesados: 1.58 %

### 3.1.3.1.12. Determinación del Tráfico Futuro

Mediante la ecuación (ec.41) se determina el valor de Tráfico Futuro 2043, para vehículos livianos, buses y camiones.

#### Livianos

$$Tf = 306 * \left(1 + \frac{3.25}{100}\right)^{20}$$

$$Tf = 580.13 \rightarrow 580 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

#### Buses

$$Tf = 9 * \left(1 + \frac{3.25}{100}\right)^{20}$$

$$Tf = 12.41 \rightarrow 12 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

#### Camiones

$$Tf = 63 * \left(1 + \frac{1.58}{100}\right)^{20}$$

$$Tf = 86.20 \rightarrow 86 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

### 3.1.3.1.13. Tr\u00e1fico Futuro Total 2043

$$Tf_{Total} = Tf \text{ livianos} + Tf \text{ buses} + Tf \text{ camiones}$$

$$Tf_{Total} = 580 + 12 + 86$$

$$Tf_{Total} = 679 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

### 3.1.3.1.14. Tipo de v\u00eda en funci\u00f3n del tr\u00e1fico futuro

En base a la clasificaci\u00f3n que realiza la MTOP en funci\u00f3n (tabla 44), la v\u00eda del proyecto corresponde a una v\u00eda colectora de tercer grado.

**Tabla 46.** Clase de carretera según MOP

Función	Clase de Carretera	TPDA
Corredor arterial	RI ó RII I	Más de 8000 De 3000 a 8000
Colectora	II	De 1000 a 3000
	III	De 300 a 1000
Vecinal	IV	De 100 a 300
	V	Menos de 100

Fuente: MTOP-2013, Norma de Diseño Geométrico de Carreteras.

### 3.1.3.2. Diseño de pavimento

#### 3.1.3.2.1. Método AASHTO 93

Mediante la ecuación (ec. 42) se obtendrá los parámetros para obtener el diseño de un pavimento flexible

#### 3.1.3.2.2. Periodo de diseño











El periodo de diseño para la vía en estudio es de **20 años** al ser una vía pavimentada con bajos volúmenes de tránsito, en base a la norma AASHTO 93, según (tabla 17).

#### 3.1.3.2.3. Número de ejes equivalentes

##### Factor de daño

Se determina el factor de daño para los vehículos livianos, buses y pesados utilizando las ecuaciones (ec. 43) y (ec. 44).

**Tabla 47.** Distribución máxima de carga por eje

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



Fuente: NEVI-12, Norma para estudios y diseños viales.

Cálculo del factor de daño para buses

$$FD_{bus} = \left(\frac{4 \text{ Ton}}{6.6}\right)^4 + \left(\frac{8 \text{ Ton}}{8.2}\right)^4 = 1.04$$

Cálculo del factor de daño para camiones 2DA

$$FD_{2DA} = \left(\frac{3 \text{ Ton}}{6.6}\right)^4 + \left(\frac{7 \text{ Ton}}{6.6}\right)^4 = 1.31$$

Factor de daño según tipo de vehículo

Tabla 48. resumen del factor de daño según el tipo de vehículo

Factor de daño según el tipo de vehículo									
TIPO	SIMPLE		SIMPLE DOBLE		TANDEM		TRIDEM		FACTOR DE DAÑO
	P(Ton)	(P/6.6) <sup>4</sup>	P(Ton)	(P/8.2) <sup>4</sup>	P(Ton)	(P/15) <sup>4</sup>	P(Ton)	(P/23) <sup>4</sup>	
BUS	4	0.135	8	0.906	-	-	-	-	1.041
2DA	3	0.043	-	-	-	-	-	-	1.308
	7	1.265	-	-	-	-	-	-	

Fuente: Sofía Paredes.

### Factor de distribución por carril

El diseño de pavimento corresponde para una vía rural colectora de tercer orden, por ende, va a constar de un solo carril por sentido, como lo estipula la norma MTOP.

Según la (Tabla 18) el porcentaje de W18 en el carril de diseño será de 100 %.

#### 3.1.3.2.4. Número de ejes equivalentes acumulados W18

Mediante la ecuación (ec.46) se determina el valor del número de ejes equivalentes acumulados W18, se acota que los vehículos livianos no se toman en cuenta para el cálculo, debido a que su peso es inferior a las 8.2 toneladas.

$$W_{18} = (Fd * TPDA_{buses} * 365) + (Fd * TPDA_{pesados} * 365)$$

$$W_{18} = (1.04 * 12 * 365) + (1.31 * 86 * 365)$$

$$W_{18} = 4.59E + 04$$

$$W_{18Acum} = (4.59E + 04) + (7.81E + 05)$$

$$W_{18Acum} = 8.27E + 05$$

### 3.1.3.2.5. W18 Por dirección

Mediante la ecuación (ec. 56) se obtendrá el valor de W18 Total

$$W_{18 Total} = (8.27E + 05) * 0.5$$

$$W_{18 Total} = 4.14E + 05$$

La siguiente tabla resumen muestra el cálculo de los ejes equivalentes parciales, acumulados y por dirección desde el año 2023 hasta el año 2043, el W18Total corresponderá a los datos del año 2043 que es el tiempo estimado en el periodo de diseño.

*Tabla 49. Cálculo de ejes equivalentes*

AÑO	% Tasa de crecimiento (i)			Tráfico Futuro			Total	W18 parcial	W18 acumulado	Por Dirección
	Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones				
2023	3.57	1.78	1.74	306	9	63	378	3.35E+04	3.35E+04	1.67E+04
2024	3.57	1.78	1.74	317	9	64	390	3.41E+04	6.76E+04	3.38E+04
2025	3.57	1.78	1.74	328	9	65	403	3.47E+04	1.02E+05	5.11E+04
2026	3.57	1.78	1.74	340	9	66	416	3.53E+04	1.38E+05	6.88E+04
2027	3.25	1.62	1.58	348	10	67	424	3.57E+04	1.73E+05	8.66E+04
2028	3.25	1.62	1.58	359	10	68	437	3.62E+04	2.09E+05	1.05E+05
2029	3.25	1.62	1.58	371	10	69	450	3.68E+04	2.46E+05	1.23E+05
2030	3.25	1.62	1.58	383	10	70	463	3.74E+04	2.84E+05	1.42E+05
2031	3.25	1.62	1.58	395	10	71	477	3.80E+04	3.22E+05	1.61E+05
2032	3.25	1.62	1.58	408	10	73	491	3.86E+04	3.60E+05	1.80E+05
2033	3.25	1.62	1.58	421	11	74	506	3.92E+04	3.99E+05	2.00E+05
2034	3.25	1.62	1.58	435	11	75	521	3.98E+04	4.39E+05	2.20E+05
2035	3.25	1.62	1.58	449	11	76	536	4.05E+04	4.80E+05	2.40E+05
2036	3.25	1.62	1.58	464	11	77	552	4.11E+04	5.21E+05	2.60E+05
2037	3.25	1.62	1.58	479	11	78	569	4.17E+04	5.63E+05	2.81E+05
2038	3.25	1.62	1.58	494	11	80	586	4.24E+04	6.05E+05	3.02E+05
2039	3.25	1.62	1.58	510	12	81	603	4.31E+04	6.48E+05	3.24E+05
2040	3.25	1.62	1.58	527	12	82	621	4.38E+04	6.92E+05	3.46E+05
2041	3.25	1.62	1.58	544	12	84	640	4.45E+04	7.36E+05	3.68E+05
2042	3.25	1.62	1.58	562	12	85	659	4.52E+04	7.81E+05	3.91E+05
2043	3.25	1.62	1.58	580	12	86	679	4.59E+04	8.27E+05	4.14E+05

*Fuente: Sofia Paredes.*

### 3.1.3.2.6. CBR de Diseño

El CBR de diseño va acorde al número de ejes equivalentes, para la vía del proyecto, se obtuvo un W18 de 413621 (4.14E+05), por lo cual se adopta un valor de **percentil del 75%** ver (Tabla 19)

El valor de CBR se obtiene del estudio de suelos, posteriormente se ordenan los valores de CBR de cada muestra en orden de menor a mayor para determinar los percentiles y posterior CBR de diseño como lo muestra la siguiente tabla.

Tabla 50. Percentil para CBR de diseño

Ubicación	Pozo	CBR (%)	Percentil
Guingopana - Chisulche	8	14.50	100%
	7	18.00	67%
	9	24.00	33%

Fuente: Sofia Paredes.

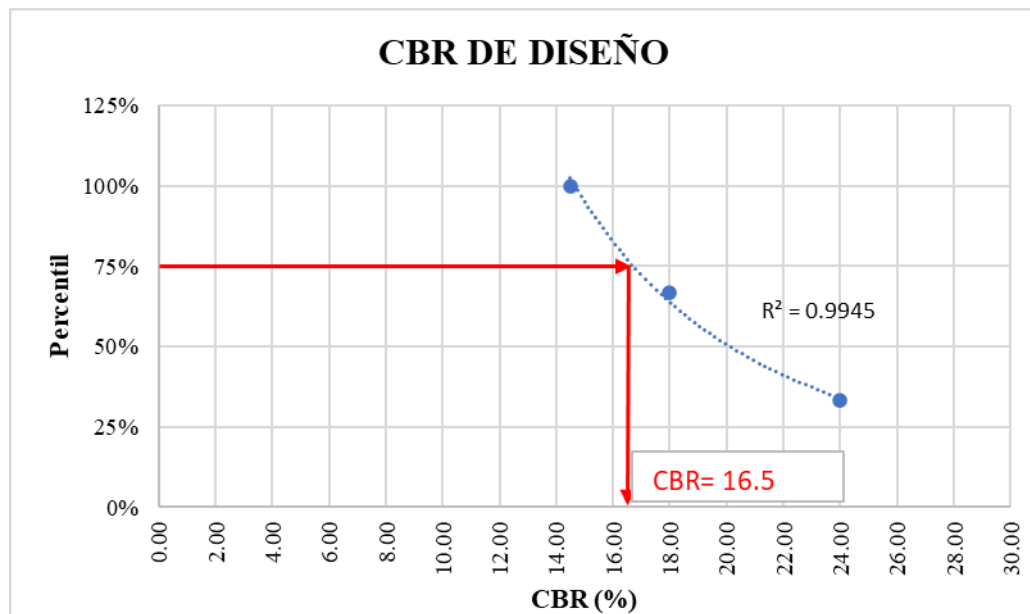


Fig 63. CBR de diseño

Fuente: Sofia Paredes.

Con un percentil del 75% se determinó un **CBR de diseño del 16.50 %**.

### 3.1.3.2.7. Confiabilidad (R)

La vía de estudio tiene una clasificación rural y se encuentra en una zona rural, lo que significa que se trata de una calle colectoras para lo cual se adopta un nivel **confiabilidad del 90%**. Ver (Tabla 20)

### 3.1.3.2.8. Desviación estándar normal (Zr)

Para una confiabilidad del 90%, el valor de la **desviación estándar normal será de - 1.282** Ver (Tabla 21)

### 3.1.3.2.9. Desviación estándar global (So)

Se asume un valor para desviación estándar global **So= 0.45**. Ver (Tabla 22)

### 3.1.3.2.10. Índice de Serviciabilidad

De acuerdo con la norma AASHTO 93 para pavimentos flexibles la Serviciabilidad inicial para pavimentos flexibles es de 4.2, mientras que la Serviciabilidad final es de 2.0 para caminos de tránsito menor, entonces mediante la ecuación (ec. 48) se obtendrá el valor de índice de Serviciabilidad

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.20$$

### 3.1.3.2.11. Módulo de resiliencia de la subrasante (Mr)

El manual para el diseño del Pavimento AASHTO brinda fórmulas para determinar el módulo de resiliencia de la subrasante en función del valor de CBR.

Mediante la ecuación (ec.50) se obtendrá el valor del módulo de resiliencia para la subrasante (Mr) ya que el valor de CBR de diseño fue de 16.50 %.

$$Mr (PSI) = 3000(16.50)^{0.65}$$

$$Mr (PSI) = 18556.05 \text{ psi} \rightarrow 18.56 \text{ ksi}$$

### 3.1.3.3. Determinación de los coeficientes estructurales de cada capa

Mediante la ecuación (ec. 52) se obtendrá los parámetros para determinar el SN

#### 3.1.3.3.1. Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica ( $a_1$ )

Mediante la AASHTO 93, se recomienda un valor mínimo de la estabilidad Marshall de 1800 lb, para vehículos pesados.

Conocido este valor, se obtiene el coeficiente  $a_1$ , mediante el siguiente ábaco.

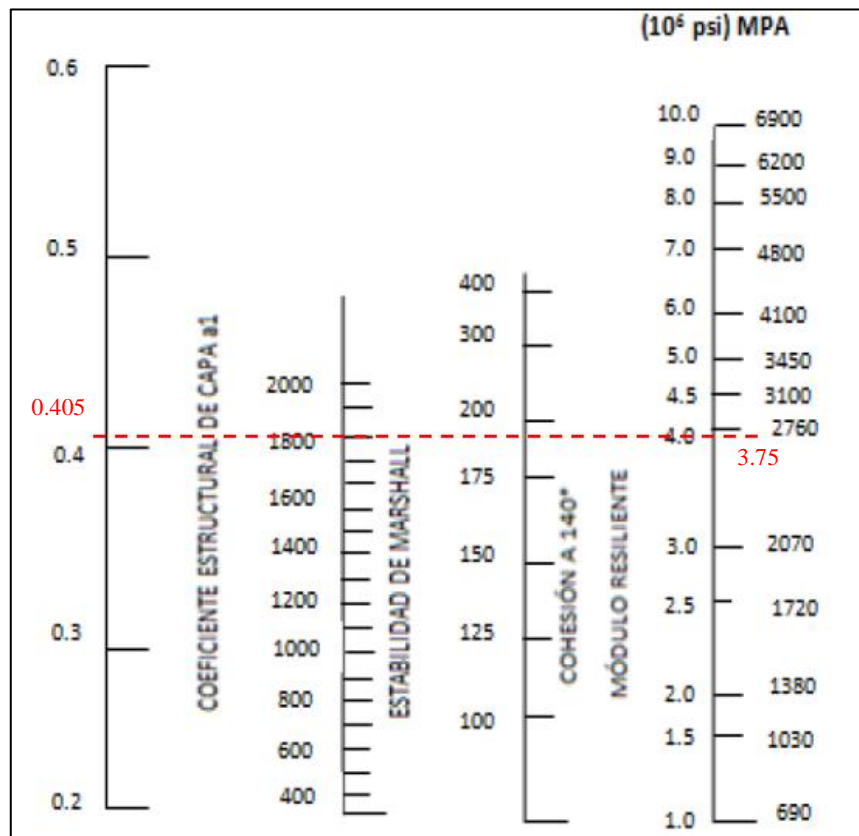


Fig 64. Determinación de  $a_1$

Fuente: AASHTO 1993.

**Tabla 51. Valores para  $a_1$**

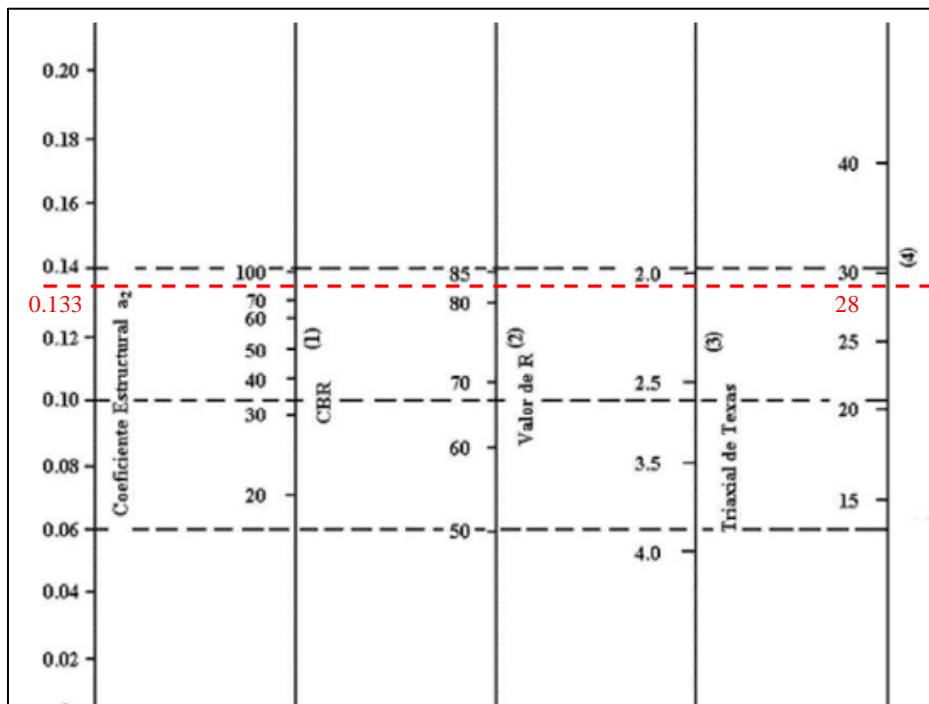
Módulos Elásticos		Valores $a_1$
Psi	Mpa	
175000	1225	0.28
200000	1400	0.295
225000	1575	0.32
250000	1750	0.33
275000	1925	0.35
300000	2100	0.36
325000	2275	0.375
350000	2450	0.385
375000	2625	0.405
400000	2800	0.42
425000	2975	0.435
450000	3150	0.44

Fuente: AASHTO 1993.

- Módulo elástico de la carpeta asfáltica “ $M_r$ ” = 375000 psi (375 ksi)
- Coeficiente estructural “ $a_1$ ” = 0.405.

### 3.1.3.3.2. Coeficiente estructural de la base ( $a_2$ )

La norma MTOP en su apartado de especificaciones técnicas, establece que el valor de CBR mínimo para base es del 80%.



**Fig 65.** Determinación de  $a_2$

*Fuente:* AASHTO 1993.

- Módulo elástico de la base “ $M_r$ ” = 28 000 psi (28 ksi)
- Coeficiente estructural “ $a_2$ ” = 0.133

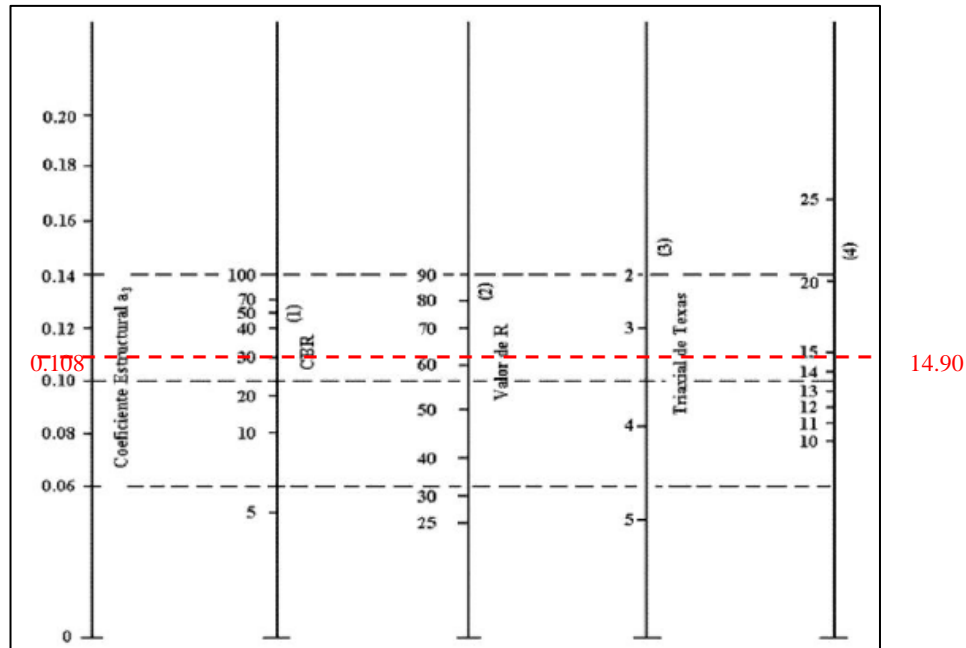
**Tabla 52.** Valores para  $a_2$

Base de agregados	
CBR	$a_2$
45	0.112
50	0.115
55	0.12
60	0.125
70	0.13
80	0.133
90	0.137
100	0.14
375000	2625
400000	2800
425000	2975
450000	3150

*Fuente:* AASHTO 1993.

### 3.1.3.3.3. Coeficiente estructural de la subbase ( $a_3$ )

Para el diseño de la capa subbase, la norma MTOP en su apartado de especificaciones técnicas sección 403-1.02. Materiales, establece que el valor de soporte de CBR mínimo para base es del 30%.



**Fig 66.** Determinación de  $a_3$

Fuente: AASHTO 1993.

**Tabla 53.** Valores para  $a_3$

Sub - base Granular	
CBR	$a_3$
10	0.08
15	0.09
20	0.093
25	0.102
30	0.108
35	0.115
40	0.12
50	0.125
60	0.128
70	0.13
80	0.135
90	0.138
100	0.14

• Fuente: AASHTO 1993.

- Módulo elástico de la subbase “ $M_r$ ” = 14 900 psi (14.90 ksi)
- Coeficiente estructural “ $a_3$ ” = 0.108

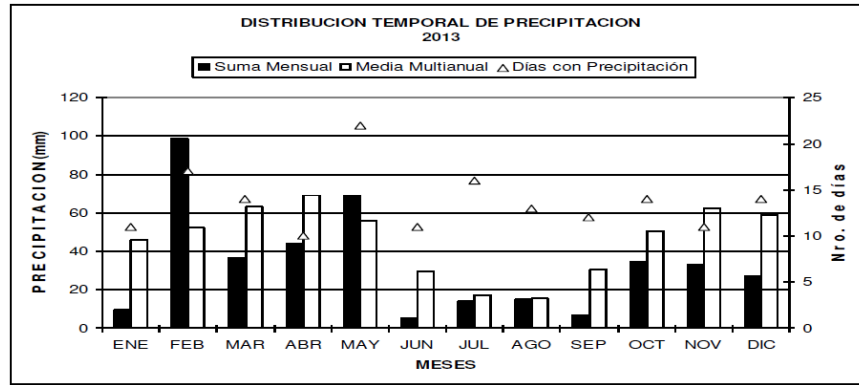
#### 3.1.3.3.4. Coeficiente de drenaje ( $m_2$ , $m_3$ )

Para determinar el coeficiente de drenaje de la parroquia Guaytacama y Toacaso es necesario acudir a los anuarios meteorológicos del INAMHI sobre la distribución de



la precipitación durante todo un año. La estación meteorológica más cercana es la M0004 que se encuentra en Rumipamba - Salcedo.

En la (fig.69) se muestra la distribución de precipitación durante el año 2013, existe precipitación durante todo el año.



**Fig 67.** Distribución temporal de precipitación

Fuente: INAMHI 2013, Anuario Meteorológico. [42]

El drenaje será regular debido a la presencia de agua lluvia durante todo el año, por lo cual el agua tardará en ser eliminada, según (Tabla 23) la calidad de drenaje será regular por tanto el agua eliminada será en 1 semana.

- *Calidad de drenaje: regular*
- *Agua eliminada en: 1 semana*

Ahora se escoge el coeficiente de drenaje según la calidad de drenaje

**Tabla 54.** Coeficiente 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	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.2
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.8
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.6
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.4

Fuente: AASHTO 1993.

### 3.1.3.3.5. Espesores mínimos

El manual AASHTO 93 para el diseño de pavimentos flexibles establece espesores mínimos de acuerdo con el número de ejes equivalentes acumulados.

Eje W 8.2 Ton	Carpeta asfáltica D1 (cm)	Capa base D2 (cm)
Menos de 50 000	3.0	10.0
50 001 a 150 000	5.0	10.0
150 001 a 500 000	6.5	10.0
500 001 a 200 0000	7.5	15.0
2 000 001 a 7 000 000	9.0	15.0
>7 000 000	10.0	15.0

Fuente: AASHTO 1993.

Para la vía del proyecto, el número de ejes equivalentes es igual a 413 621.

- *Espesor mínimo para capa base = 5 cm*
- *Espesor mínimo para capa subbase = 10cm*

Se presenta una tabla resumen con los datos para determina el SN

**Tabla 55.** Datos para determinar el número estructural SN

Datos para el diseño de pavimento		
Tipo de pavimento		Flexible
Clasificación de la vía		Vía Clase III
Tráfico promedio diario anual para 2043		679
Período de diseño		20 años
Descripción	Símbolo	Valores
W18 Diseño	W18	413620.923
CBR Diseño	CBR [%]	16.5
Confiabilidad	R [R]	75
Desviación estandar normal	Zr	-0.674
Desviación estandar global	So	0.45
Índice de serviciabilidad	PSI	2.2
Módulo de resiliencia de la subrasante	Mr [Psi]	18556.06
Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica	Mr CA [Psi]	375000
Módulo de resiliencia de la base	Mr B [Psi]	28000
Módulo de resiliencia de la sub-base	Mr SB [Psi]	14900
Coefficiente estructural de la carpeta asfáltica	a1 [cm]	0.159
Coefficiente estructural de la base	a2 [cm]	0.052
Coefficiente estructural de la sub-base	a3 [cm]	0.043
Espesor de la carpeta asfáltica	D1 [cm]	6.5
Espesor de base granular	D2 [cm]	10.0
Espesor de subbase granular	D3 [cm]	10.0
Coefficiente de drenaje	m2	0.8
	m3	0.8

Fuente: Sofia Paredes.

### 3.1.3.4. Diseño de la estructura

- SN1 - Carpeta asfáltica

Fig 68. Cálculo de las ecuaciones AASHTO 93

Fuente: Software Ecuación AASHTO 93.

$$D_1 \geq SN_1/a_1$$

$$D_1 \geq 1.60/0.159$$

$$D_1 \geq 10.06$$

se asume el espesor mínimo  $D_1 = 5 \text{ cm}$

$$SN_1 = a_1 * D_1$$

$$SN_1 = 5 * 0.159$$

$$SN_1 = 0.80$$

- SN2 - Base

**Fig 69.** Cálculo de las ecuaciones AASHTO 93

**Fuente:** Software Ecuación AASHTO 93.

$$D_2 \geq \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 * m_2}$$

$$D_2 \geq \frac{2.05 - 0.80}{0.052 * 0.80}$$

$$D_2 \geq 29.9 \text{ cm}$$

**Asumo el espesor mínimo  $D_2 = 10 \text{ cm}$**

$$SN_2 = a_2 * D_2 * m_2$$

$$SN_2 = 10 * 0.052 * 0.80$$

$$SN_2 = 0.42$$

- **SN3 - Sub – Base**

**Fig 70.** Cálculo de las ecuaciones AASHTO 93

**Fuente:** Software Ecuación AASHTO 93.

$$D_3 \geq \frac{SN_3 - SN_2 - SN_1}{a_3 * m_3}$$

$$D_3 \geq \frac{1.89 - 0.42 - 0.80}{0.043 * 0.80}$$

$$D_3 \geq 19.8 \text{ cm}$$

**Asumo un espesor  $D_3 = 20 \text{ cm}$**

$$SN_3 = a_3 * D_3 * m_3$$

$$SN_3 = 20 * 0.043 * 0.80$$

$$SN_3 = 0.68$$

- **Comprobación**

$$\sum SN (\text{calculado}) \geq SN3 \text{ Programa}$$

$$0.80 + 0.42 + 0.58 \geq 1.89$$

$$1.90 \geq 1.89 \text{ Si Cumple}$$

Los espesores obtenidos de las diferentes capas para la vía Guingopana - Chisulche son:

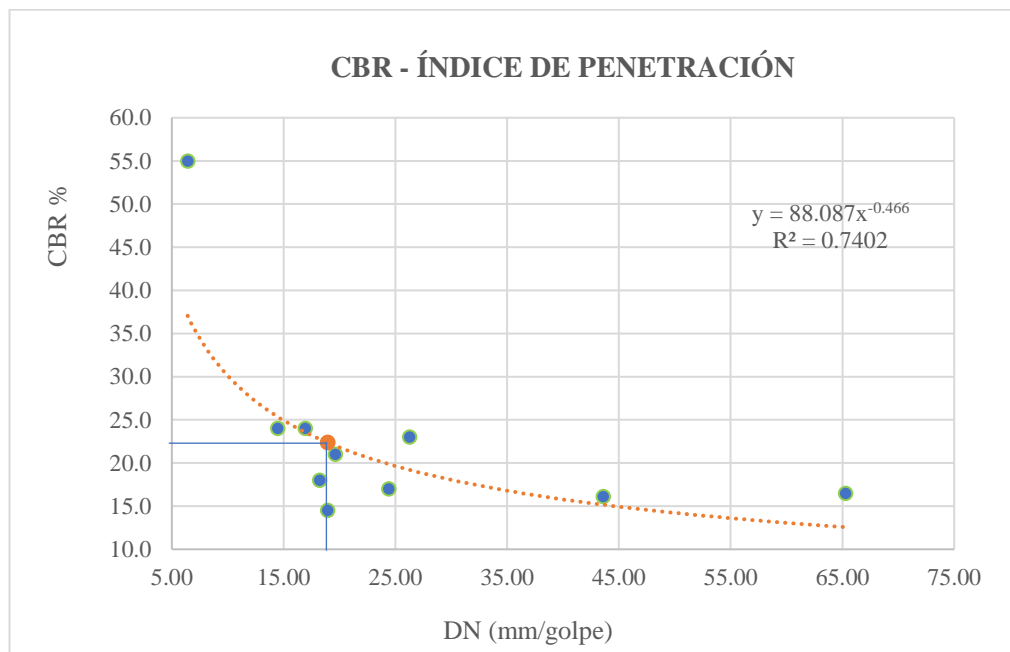
*Tabla 56. Estructura del pavimento*

Estructura del pavimento	Espesor (cm)
Carpeta Asfáltica	5.0 cm
Base	10.0 cm
Subbase	20.0 cm

*Fuente: Sofia Paredes.*

### 3.1.3.5. Diseño de la estructura con CBR de la correlación #27

Mediante la correlación CBR- índice de penetración se obtiene el valor del CBR en función al DN de la muestra N° 8



**Fig 71.** *Correlación CBR-DCP*

*Fuente: Sofia Paredes.*

DN MUESTRA N° 8 = 18.93 mm/golpe

CBR correlación:  $CBR_{MAYOR} = 88.087(18.93)^{-0.466}$

$$CBR = 22.37 \%$$

- **Módulo de resiliencia de la subrasante ( $M_r$ )**

Mediante la ecuación (ec.50) se obtendrá el valor del módulo de resiliencia para la subrasante ( $M_r$ ) ya que el valor de CBR de la correlación que fue de 22.4 %.

$$M_r (PSI) = 3000(22.37)^{0.65}$$

$$M_r (PSI) = 22635.10 \text{ psi} \rightarrow 22.63 \text{ ksi}$$

- **Coefficiente estructural de la carpeta asfáltica ( $a_1$ ).**

Módulo elástico de la carpeta asfáltica " $M_r$ " = 375000 psi (375 ksi)

Coefficiente estructural " $a_1$ " = 0.405.

- **Coefficiente estructural de la base ( $a_2$ )**

Módulo elástico de la base " $M_r$ " = 28 000 psi (28 ksi)

Coefficiente estructural " $a_2$ " = 0.133

- **Coefficiente estructural de la subbase ( $a_3$ )**

Módulo elástico de la subbase " $M_r$ " = 14 900 psi (14.90 ksi)

Coefficiente estructural " $a_3$ " = 0.108

- **Coefficiente de drenaje ( $m_2, m_3$ )**

Calidad de drenaje: regular

Agua eliminada en: 1 semana

Coefficiente: 0.8 %

- **Espesores mínimos**

Espesor mínimo para capa base = 6.50 cm

Espesor mínimo para capa subbase = 10cm

Se presenta una tabla resumen con los datos para determinar el SN con el CBR de la correlación

*Tabla 57. Datos para determinar el número estructural SN*

<b>Datos para el diseño de pavimento</b>		
<b>Tipo de pavimento</b>		Flexible
<b>Clasificación de la vía</b>		Vía Clase III
<b>Tráfico promedio diario anual para 2043</b>		679
<b>Período de diseño</b>		20 años
<b>Descripción</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Valores</b>
W18 Diseño	W18	413620.923
CBR Diseño	CBR [%]	22.37
Confiabilidad	R [R]	75
Desviación estandar normal	Zr	-0.674
Desviación estandar global	So	0.45
Índice de serviciabilidad	PSI	2.2
Módulo de resiliencia de la subrasante	Mr [Psi]	22635.10
Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica	Mr CA [Psi]	375000
Módulo de resiliencia de la base	Mr B [Psi]	28000
Módulo de resiliencia de la sub-base	Mr SB [Psi]	14900
Coefficiente estructural de la carpeta afáltica	a1 [cm]	0.159
Coefficiente estructural de la base	a2 [cm]	0.052
Coefficiente estructural de la sub-base	a3 [cm]	0.043
Espesor de la carpeta asfáltica	D1 [cm]	6.5
Espesor de base granular	D2 [cm]	10.0
Espesor de subbase granular	D3 [cm]	10.0
Coefficiente de drenaje	m2	0.8
	m3	0.8

*Fuente: Sofia Paredes.*

- **SN1 - Carpeta asfáltica**

se asume el espesor mínimo  $D_1 = 5 \text{ cm}$

$$SN_1 = 0.80$$

- **SN2 - Base**

se asume el espesor mínimo  $D_2 = 10 \text{ cm}$

$$SN_2 = 0.42$$



- SN3 - Sub – Base

**Fig 72.** Cálculo de las ecuaciones AASHTO 93

**Fuente:** Software Ecuación AASHTO 93.

$$D_3 \geq \frac{SN_3 - SN_2 - SN_1}{a_3 * m_3}$$

$$D_3 \geq \frac{1.75 - 0.42 - 0.80}{0.043 * 0.80}$$

$$D_3 \geq 15.7 \text{ cm}$$

**Asumo un espesor  $D_3 = 20 \text{ cm}$**

$$SN_3 = a_3 * D_3 * m_3$$

$$SN_3 = 0.043 * 20 * 0.80$$

$$SN_3 = 0.68$$

- **Comprobación**

$$\sum SN (\text{calculado}) \geq SN3 \text{ Programa}$$

$$0.80 + 0.42 + 0.68 \geq 1.80$$

$$1.90 \geq 1.75 \text{ Si Cumple}$$

Los espesores obtenidos de las diferentes capas para la vía Guingopana - Chisulche con el CBR de la correlación son:

*Tabla 58. Estructura del pavimento*

<b>Estructura del pavimento</b>	<b>Espesor (cm)</b>
Carpeta Asfáltica	5.0 cm
Base	10.0 cm
Subbase	20.0 cm

*Fuente: Sofia Paredes.*

### 3.1.4. FASE 4

En los resultados de esta fase se muestra la zonificación de los suelos de las parroquias Guaytacama y Toacaso en base a la clasificación realizada con la norma SUCS y AASHTO.

#### 3.1.4.1. Clasificación de suelos

Según la norma SUCS las muestras representativas de los suelos Guaytacama y Toacaso en su mayoría se tratan de arenas con pocos finos (*tabla 27*) y según la norma AASHTO se tratan de limos o gravas arcillosas y renas (*tabla 28.*), en la siguiente tabla resumen se presenta la clasificación de los suelos según el sector de las parroquias en estudio.

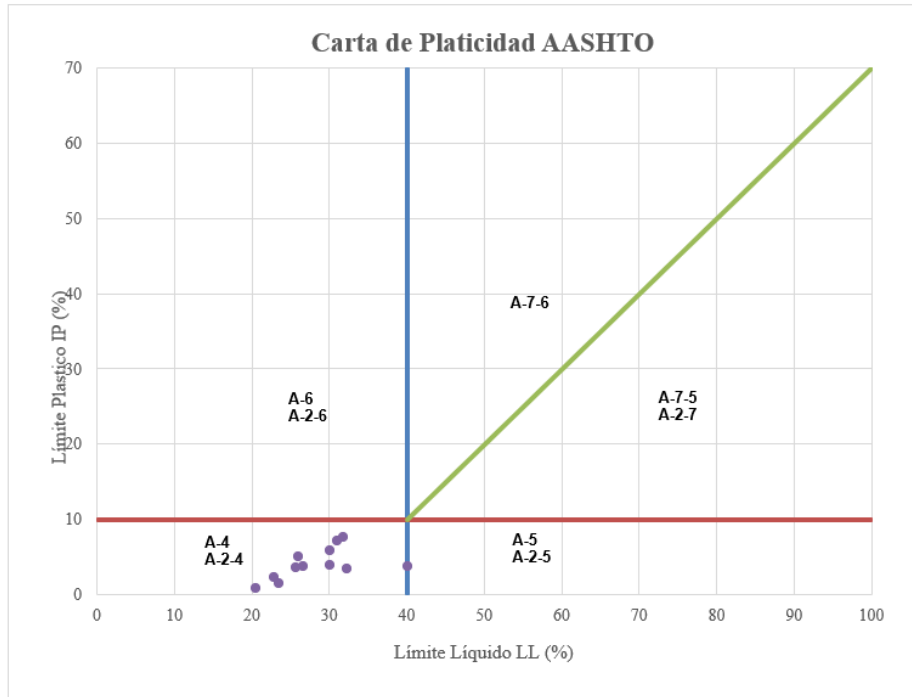
*Tabla 59. Resultados de clasificación de suelos.*

Muestra N°	Sector	Clasificación	
		SUCS	AASHTO
1	CRS (Centro de Rehabilitación Social)	SC	A-2-4
2	Santa Teresita	SM	A-2-5
3	Pupaná Sur	SC	A-2-4
4	Cuicuno	SM	A-2-5
5	Planchaloma	SM	A-2-4
6	Coop. Rasuyacu	SM	A-2-4
7	Guingopana Mitad de vía	SM	A-2-4
8	Guingopana - Chusulchi Grande	SC-SM	A-2-4
9	Chusulchi Grande	SM-SP	A-2-4
10	San Francisco	SW	A-1-a
11	Mitad de vía Chisaló - San Francisco	SM	A-2-4
12	Chisaló	SC	A-2-4

*Fuente: Sofia Paredes*

#### 3.1.4.2. Carta de plasticidad AASHTO

La siguiente figura presenta la carta de plasticidad AASHTO (*fig.62*) con las 12 muestras representativas de los suelos de las parroquias en estudio, como se puede observar en su mayoría los suelos de estas parroquias son tipo A-2-4.

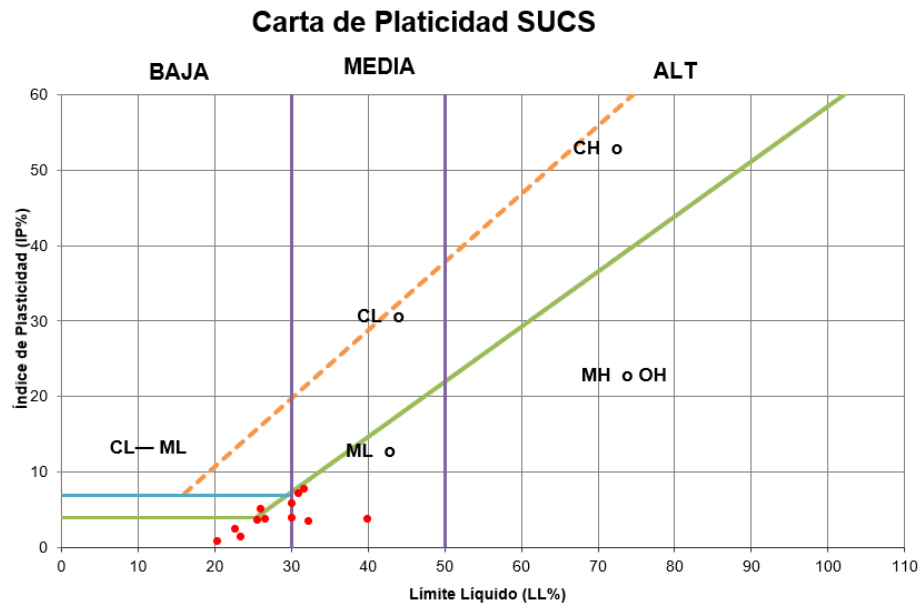


**Fig 73.** Clasificación en la carta de plasticidad AASHTO.

*Fuente: Sofia Paredes.*

### 3.1.4.3. Carta de plasticidad SUCS

La siguiente figura presenta la carta de plasticidad SUCS (fig. 32), con las 12 muestras representativas de los suelos de las parroquias en estudio, como se puede observar en su mayoría los suelos de estas parroquias son de baja plasticidad.



**Fig 74.** Clasificación en la carta de plasticidad AASHTO.

*Fuente: Sofia Paredes.*

### 3.1.4.4. Zonificación

En la siguientes figuras se muestra la zonificación de los suelos de las parroquias Guaytacama y Toacaso, ubicadas en el cantón Latacunga en la provincia del Cotopaxi, de las 12 muestras representativas de suelo de cada parroquia.

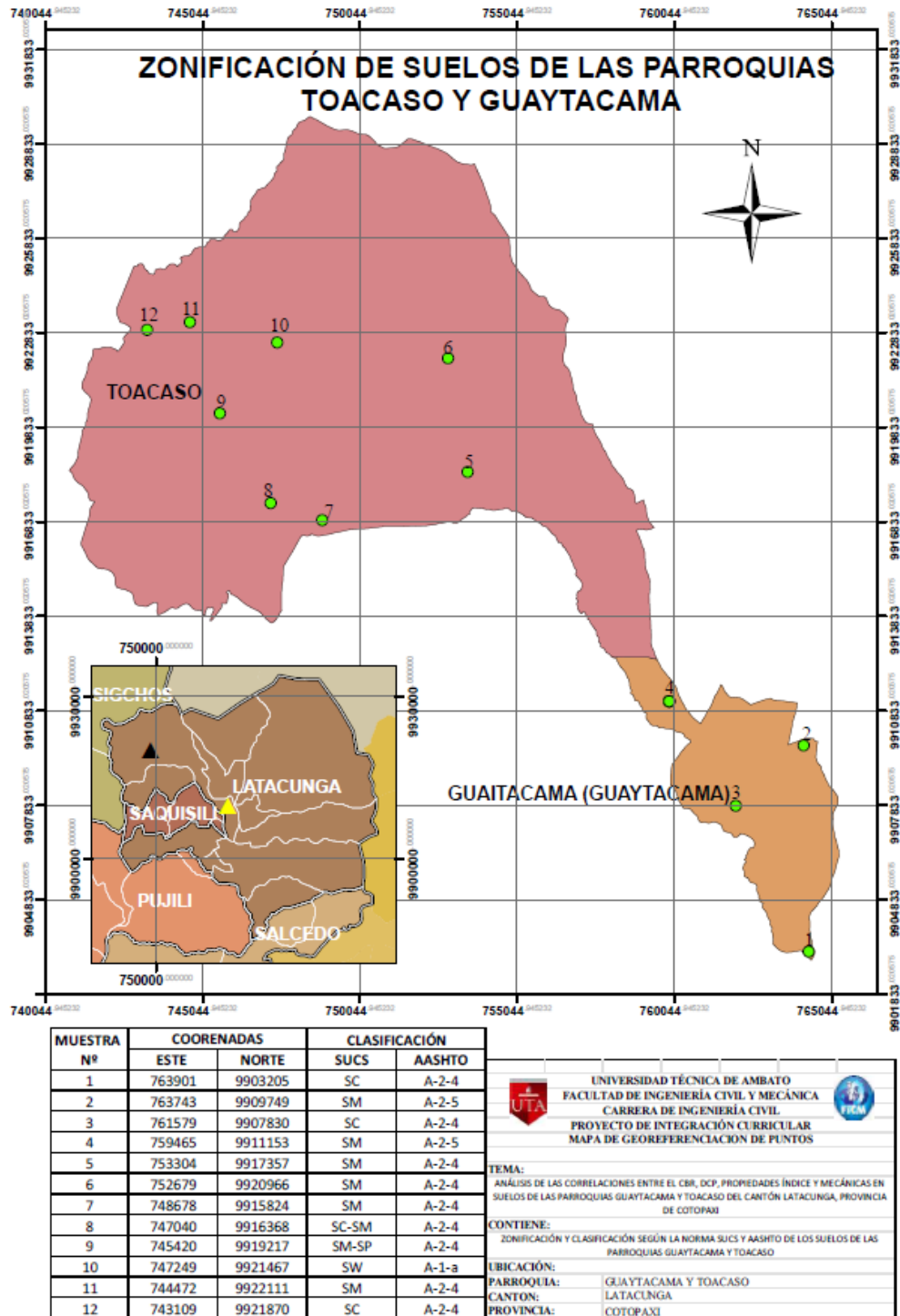


Fig 75. Zonificación de los suelos de las parroquias Guaytacama y Toacaso.

Fuente: Sofia Paredes.

### 3.2. Verificación de hipótesis

¿A través de las correlaciones entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de las parroquias Guaytacama y Toacaso del cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, se diseña un pavimento flexible?

**Hipótesis nula (H0):** no existe correlación entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de las parroquias Guaytacama y Toacaso del cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi para el diseño de un pavimento flexible

**Hipótesis alternativa (H1):** existe correlación entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de las parroquias Guaytacama y Toacaso del cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi para el diseño de un pavimento flexible

**Coefficiente de correlación de Pearson:** Mediante el coeficiente de correlación de Pearson se demuestra la correlación existente ente el CBR vs el DCP, para la obtención de dicho coeficiente se aplica la siguiente formula:

$$R = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2} * \sqrt{N \sum Y^2 - (\sum Y)^2}} \quad (\text{ec. 57})$$

Para aplicar la formula descrita de la *ec 57* se realiza las siguientes operaciones mostradas en la *tabla 60*.

**Tabla 60.** Determinación del coeficiente de correlación.

n	X (DCP)	Y (CBR)	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	x*y
1	6.41	55.0	41.09	3025.00	352.55
2	65.28	16.5	4261.48	272.25	1077.12
3	26.26	23.0	689.59	529.00	603.98
4	19.62	21.0	384.94	441.00	412.02
5	24.40	17.0	595.36	289.00	414.80
6	18.21	18.0	331.60	324.00	327.78
7	18.93	14.5	358.34	210.25	274.49
8	16.91	24.0	285.95	576.00	405.84
9	43.59	16.1	1900.09	259.21	701.80
10	14.45	24.0	208.80	576.00	346.80
Suma	254.06	229.10	9057.25	6501.71	4917.17

*Fuente: Sofia Paredes.*

$$R = \frac{(10 * 4917.17) - (254.06) * (229.10)}{\sqrt{(10 * 9057.25) - (254.06)^2} * \sqrt{(10 * 6501.71) - (229.10)^2}}$$

$$R = -0.60$$

La *tabla 61* muestra la interpretación del valor R, en este caso R fue de  $-0.60$  lo que quiere decir que esta correlación es negativa moderada

**Tabla 61.** Significado del coeficiente de correlación.

Valor	Significado
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0,9 a -0,99	Correlación negativa muy alta
-0,7 a -0,89	Correlación negativa alta
-0,4 a -0,69	Correlación negativa moderada
-0,2 a -0,39	Correlación negativa baja
-0,01 a -0,19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0,01 a 0,19	Correlación positiva muy baja
0,2 a 0,39	Correlación positiva baja
0,4 a 0,69	Correlación positiva moderada
0,7 a 0,89	Correlación positiva alta
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

*Fuente:* Estadística, Schaum. [36]

Mediante las correlaciones desarrolladas en la fase 2 del presente proyecto de investigación se determinó la correlación entre el CBR vs el índice de penetración (DCP) las cuales se obtienen por medio de ensayos de campo y laboratorio, dicha correlación cuenta con un coeficiente de determinación  $R^2 = 74.02\%$  y un coeficiente de correlación  $R = 60\%$  lo que permitió determinar un CBR de campo en función del índice de penetración (DN) a través de una curva regresión con una ecuación tipo potencial, con el cual se afirma que se puede realizar un diseño de pavimento flexible mediante la obtención parámetros como es el módulo resiliente de la subrasante.

Se concluye que la hipótesis nula es falsa, y se acepta la hipótesis alternativa.

## CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

- Mediante el análisis de las propiedades índice y mecánicas de los suelos de las parroquias Guaytacama y Toacaso se obtuvieron resultados de densidad seca in situ de 1.17 a 1.82 gr/cm<sup>3</sup>, relación de vacíos de 0.42 a 1.326, porosidad de 29.82 a 57.016 %, gravedad específica de 2.014 a 2.8, humedad óptima de 7.5 a 22 %, densidad seca máxima de 0.977 a 1.408 gr/cm<sup>3</sup>, lo que establecen valores de CBR de 14.5 a 55%, por lo que según la norma MTOP 2003 para suelos de subrasantes se clasifican como buenas a excelentes, además que estas propiedades permiten saber que estos suelos entran en el rango de suelos friccionantes, desde arenas uniformes sueltas hasta mezclas como arenas limosas incluso morrenas que son granos muy mezclados de suelos granulares.
- Se determinaron un total de 27 correlaciones entre propiedades índice y mecánicas de los suelos, alcanzando resultados óptimos con coeficientes de determinación ( $R^2$ ) mayores al 50%, siendo la mayor correlación con un  $R^2=96.66\%$  que corresponde a la correlación del límite plástico vs. El límite líquido y la peor correlación con un  $R^2=50\%$  que corresponde a la correlación entre densidad seca máxima vs. Limite liquido-limite plástico.
- A partir de la obtención del CBR de la correlación # 27, se diseñó una estructura de pavimento flexible para una vía de la parroquia Toacaso que tuvo como resultado los mismos espesores de capa que el diseño realizado con el CBR de laboratorio sin embargo el CBR de la correlación es de 22.37%, mientras que el CBR de laboratorio es de 16.5 %, esto se debe a que la correlación tiene un coeficiente de determinación del 74%, esto puede ser debido a que en los dos ensayos correlacionados se trabajan en condiciones diferentes, en el caso de CBR se trabaja en laboratorio con humedades y densidades controladas, a diferencia del ensayo DCP que se trabaja en estado natural del suelo.
- Se realizó un de pavimento flexible para la vía del sector Guingopana - Chusulchi en la parroquia de Toacaso mediante la correlación entre CBR vs DCP lo que permitió obtener un valor CBR con un espesor para la carpeta asfáltica de 5cm, espesor de la capa base de 10 cm y un espesor de la capa



subbase de 20 cm, estos espesores no varían con el diseño de CBR de laboratorio con el cual se afirma que se puede realizar un diseño de pavimento flexible mediante mediante la obtención de correlaciones

- En cuanto a la granulometría, el porcentaje de grava está en un rango de 0% a 41.64%, el porcentaje de arena tiene un rango del 77.48 al 96.61 % y el porcentaje de finos está en un rango del 3.39 al 22.52 %, respecto al índice de plasticidad está en un rango de está en un rango de 0.8 a 7.65%, componentes importantes para la clasificación, según la normativa SUCS estos suelos se clasifican como como SM, SC, SP que son arenas limosas, mezclas de arena-limo, arenas pobremente graduadas y en casos arenas arcillosas con pocos finos y A-2-4 que son limo o grava arcillosa y arena según la normativa AASHTO.

#### **4.2. Recomendaciones**

- Para tener resultados óptimos en cuanto a las correlaciones se sugiere trabajar con propiedades que tengan relación entre sí o a su vez estas estén ensayadas en las mismas condiciones que pueden ser de laboratorio o sea condiciones controladas, o de campo que son condiciones naturales, para que los coeficientes de correlación y determinación sean relativamente altos.
- A la sociedad se recomienda tomar en cuenta los estudios realizados puesto que la veracidad de estos ayudaran a la construcción de nuevas obras viales en las parroquias Guaytacama y Toacaso.
- Se recomienda a la comunidad universitaria hacer uso y mejoras de laboratorios para optimizar los procesos de investigación de modo que a futuro se potencie el campo de la investigación en lo que se refiere a mecánica de suelos para que entidades tanto públicas como privadas prioricen y utilicen la información brindada de manera confiable

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. Nageshwar Rao, V. George, and R. Shivashankar, "PFWD, CBR and DCP evaluation of lateritic subgrades of Dakshina Kannada, India," in *12th International Conference on Computer Methods and Advances in Geomechanics 2008*, 2008, vol. 6, pp. 4417–4423, Accessed: Jul. 07, 2022. [Online]. Available: <https://idr.nitk.ac.in/jspui/handle/123456789/8788>.
- [2] D. Kumar Talukdar, "A Study of Correlation Between California Bearing Ratio (CBR) Value With Other Properties of Soil," *Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng. Website www.ijetae.com*, vol. 9001, no. 1, p. 559, 2008, Accessed: Jul. 26, 2022. [Online]. Available: [www.ijetae.com](http://www.ijetae.com).
- [3] R. García, "Pavimentos urbanos: criterios para su uso y diseño," Universidad Politécnica de Madrid, 2015.
- [4] J. M. Moreno-Maroto, J. Alonso-Azcárate, and B. C. O'Kelly, "Review and critical examination of fine-grained soil classification systems based on plasticity," *Applied Clay Science*, vol. 200. Elsevier, p. 105955, Jan. 01, 2021, doi: 10.1016/j.clay.2020.105955.
- [5] F. K. da Silva, L. A. Zanela, and F. S. Schuch, "Variação de Velocidades Ultrassônicas em Solos Compactados," 2022, pp. 3289–3296, doi: 10.4322/cobramseg.2022.0413.
- [6] R. Fernandes and R. Fernandes, "DESENVOLVIMENTO DE CORRELAÇÃO ENTRE OS ENSAIOS DCP E CBR ESTUDO DE CASO: PISTA DE TESTES, UFSC-JOINVILLE," Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2015.
- [7] M. G. Pereira, J. A. Schiavo, A. Fontana, A. H. D. Neto, and L. P. M. de Miranda, "Caracterização e classificação de solos em uma topossequência sobre calcário na Serra da Bodoquena, MS," *Rev. Bras. Cienc. do Solo*, vol. 37, no. 1, pp. 25–36, Jan. 2013, doi: 10.1590/S0100-06832013000100003.
- [8] L. G. R. Mello, M. M. Farias, E. S. Preussler, and R. Preussler, "Análise do impacto do período de projeto de pavimentos no custo global de obras rodoviárias," *TRANSPORTES*, vol. 24, no. 4, p. 64, Dec. 2016, doi: 10.14295/transportes.v24i4.1056.
- [9] J. Bermúdez Sierra and O. Vásquez Sikaffy, "Validación del método DCP en

- campo en relación al ensayo CBR en laboratorio,” *Univ. Tecnológica Centroam.*, p. 5, 2016, Accessed: Aug. 31, 2022. [Online]. Available: <http://www.laccei.org/LACCEI2016-SanJose/StudentPapers/SP62.pdf>.
- [10] J. A. Scarmagnani, “Análise das propriedades mecânicas de um solo da formação palermo estabilizado mecanicamente,” Aug. 2013, Accessed: Nov. 19, 2022. [Online]. Available: <http://repositorio.unesc.net/handle/1/1720>.
- [11] E. A. Sandoval Vallejo and W. A. Rivera Mena, “Correlación del CBR con la resistencia a la compresión inconfnada,” *Cienc. e Ing. Neogranadina*, vol. 29, no. 1, pp. 135–152, Aug. 2019, doi: 10.18359/rcin.3478.
- [12] C. C. Guerrero and L. G. Cruz Velasco, “Experimental study of Colombian volcanic ash soil classification in the Colombian southwest with SUCS, AASHTO method and a new classification method,” *Ing. y Desarro.*, vol. 36, no. 2, pp. 378–397, Jul. 2018, doi: 10.14482/inde.36.2.10377.
- [13] C. S. Pérez Vargas and L. Y. Rodríguez Puentes, “Análisis y clasificación de material granular para una estructura vial por los sistemas AASHTO y S.UC.S. provenientes del municipio de Soacha,” Universidad Católica de Colombia, Bogotá, 2016.
- [14] H. Florencio Torres Merino, J. Alberto Castillo Morejón, L. Hernán Mena Garzón, and D. Patricio Guerrero Cuasapaz, “CORRELACIÓN ENTRE EL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y LA RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN CAMPO PARA EL SUELO DE SUB-RASANTE DE LA VIA PORTOVIEJO-MANTA CORRELATION BETWEEN THE DYNAMIC CONE PENETROMETER AND THE CALIFORNIA SUPPORT RELATIONSHIP IN THE FIE,” *Artículo Investig.*, vol. 21, no. 1, pp. 201602–4730, 2020, doi: 10.13140/RG.2.2.12491.54569.
- [15] J. F. León and R. B. Zeas, “Determinación de la correlación entre los índices DCP In situ y CBR de laboratorio.,” 2017.
- [16] R. P. de Lima, A. E. P. G. de Avila Jacintho, N. C. da S. Forti, and L. L. Pimentel, “Stabilization of laterial soil using sugar cane and hydrated calculation,” *Rev. Mater.*, vol. 27, no. 1, May 2022, doi: 10.1590/S1517-707620220001.1343.
- [17] GAD Parroquial Rural de Guaytacama, “PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL GUAYTACAMA,” *Gobierno Autónomo*

- Descentralizado Parroquial de Guaytacama*. Latacunga, pp. 1–172, 2021, [Online]. Available: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/1060022310001\\_Diagnóstico DOCUMENTO LA CAROLINA final OK\\_30-10-2015\\_22-25-51.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1060022310001_Diagnóstico_DOCUMENTO_LA_CAROLINA_final_OK_30-10-2015_22-25-51.pdf).
- [18] GAD Parroquial Toacaso, “PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA TOACASO-2020.” Latacunga, pp. 1–189, 2020, Accessed: Nov. 28, 2022. [Online]. Available: [https://toacaso.gob.ec/cotopaxi/wp-content/uploads/2021/02/PDOT\\_TOACASO\\_2020.pdf](https://toacaso.gob.ec/cotopaxi/wp-content/uploads/2021/02/PDOT_TOACASO_2020.pdf).
- [19] Norma Ecuatoriana Vial, “MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DEL ECUADOR SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE VOLUMEN N° 3 ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS Y PUENTES.” Quito, 2013, Accessed: Dec. 29, 2022. [Online]. Available: [https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013\\_Manual\\_NEVI-12\\_VOLUMEN\\_3.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_3.pdf).
- [20] J. Abreu, “El Método de la Investigación Research Method,” *Daena Int. J. Good Conscienc.*, vol. 9, no. 3, pp. 195–204, 2014.
- [21] E. Juárez and A. Rico, *Mecánica de suelos, Tomo I: Fundamentos de la Mecánica de Suelos*, vol. TOMO 1. Mexico: LIMUSA, 2005.
- [22] B. M. Das, *Fundamentos de la ingeniería geotécnica*, 4ta ed. Mexico: Cengage Learning, 2008.
- [23] C. C. Villalaz, *Mecánica de suelos y cimentaciones*, 5ta ed. Mexico: Limusa, 2004.
- [24] F. P. Portilla Yandún and A. del C. Pillajo De la Cruz, “Determinación del CBR de laboratorio en suelos granulares y su correlación con el DCP para la aplicación en el diseño de pavimentos de caminos vecinales,” PUCE, Quito, 2001.
- [25] British Standards Institute, “BS 1377-2,” *British Standards Institute*, 1975. <https://knowledge.bsigroup.com/products/methods-of-test-for-soils-for-civil-engineering-purposes-classification-tests-and-determination-of-geotechnical->

- properties/standard?\_ga=2.201097710.138483016.1674777889-474604923.1674777889 (accessed Jan. 26, 2023).
- [26] Juan Jose Sanz Llano, *Mecánica de suelos - Google Libros*, Primera ed. Barcelona: editores técnicos asociados SA, 1975.
- [27] MOP, “Normas de Diseño Geométrico de Carreteras.” Mministerio de Obras Publicas del Ecuador, Quito, p. 475, 2003, Accessed: Jan. 31, 2023. [Online]. Available: [https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/manual-dedisec3b1o-de-carretera\\_2003-ecuador.pdf](https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/manual-dedisec3b1o-de-carretera_2003-ecuador.pdf).
- [28] G. Duque Escobar and C. E. Escobar Potes, *Geomecánica*. Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales, 2016.
- [29] J. E. Bowles, *Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil*, Segunda. México: McGraw-Hill, 1981.
- [30] T. W. Lambe, R. V. Whitman, and J. A. Jiménez Salas, *Mecánica de suelos*, 2a ed. Mexico: Limusa, 1999.
- [31] R. Valle Rodas, *Carreteras, calles y aeropistas*, Cuarta. El Ateneo, 1976.
- [32] ASTM International, *ASTM D6951 Método de prueba estándar para el uso del penetrómetro de cono dinámico en aplicaciones de pavimento poco profundo*. 2018.
- [33] T. P. Webster, S.L.; Grau, R.H.; Williams, “Description and Application of Dual Mass Dynamic Cone Penetrometer.” Geotechnical Laboratory (U.S.), pp. 3–52, 1992, Accessed: Jan. 18, 2023. [Online]. Available: <https://erdc-library.erd.c.dren.mil/jspui/handle/11681/21565>.
- [34] AASHTO, “AASHTO T 191: Método estándar de prueba para la densidad del suelo en el lugar por el método del cono de arena,” *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*, 2014. [https://global.ihs.com/doc\\_detail.cfm?&input\\_search\\_filter=AASHTO&item\\_s\\_key=00489049&item\\_key\\_date=771231&input\\_doc\\_number=AASHTO T 191&input\\_doc\\_title=&org\\_code=AASHTO](https://global.ihs.com/doc_detail.cfm?&input_search_filter=AASHTO&item_s_key=00489049&item_key_date=771231&input_doc_number=AASHTO T 191&input_doc_title=&org_code=AASHTO) (accessed Nov. 28, 2022).
- [35] AASHTO, “AASHTO T 265 : Standard Method of Test for Laboratory Determination of Moisture Content of Soils,” *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*, 2015. [https://global.ihs.com/doc\\_detail.cfm?&input\\_search\\_filter=AASHTO&item\\_s\\_key=00489109&item\\_key\\_date=771231&input\\_doc\\_number=AASHTO T](https://global.ihs.com/doc_detail.cfm?&input_search_filter=AASHTO&item_s_key=00489109&item_key_date=771231&input_doc_number=AASHTO T)

- 265 2015&input\_doc\_title=&org\_code=AASHTO (accessed Nov. 28, 2022).
- [36] M. R. Spiegel, L. J. Stephens, J. E. Murrieta Murrieta, and S. L. . Pulmen, *Estadística*, Cuarta. Mexico: MCGRAW-HILL, 2009.
- [37] Grupo Aspasia, “Glosario de la formación: Método (de investigación) deductivo.” <https://grupoaspasia.com/es/glosario/metodo-de-investigacion-deductivo/> (accessed Nov. 28, 2022).
- [38] M. Mohod and K. Kadam, “A Comparative Study on Rigid and Flexible Pavement: A Review,” *IOSR J. Mech. Civ. Eng.*, vol. 13, pp. 84–88, 2016, doi: 10.9790/1684-1303078488.
- [39] M. R. R. Cal and C. G. James, *Ingeniería De Tránsito. Fundamentos Y Aplicaciones*, Novena ed. México: Alfaomega, 2007.
- [40] “Normas de Diseño Geométrico de Carreteras,” *MOP*. Quito, p. 164, 2008, Accessed: Jan. 31, 2023. [Online]. Available: [https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/manual-dedisecc3b1o-de-carretera\\_2003-ecuador.pdf](https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/manual-dedisecc3b1o-de-carretera_2003-ecuador.pdf).
- [41] American Association of State Highway and Transportation Officials, “AASHTO Guide for Design of Pavement Structures.” American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, p. 624, 1993, Accessed: Jan. 31, 2023. [Online]. Available: <https://books.google.com.ec/books?id=1HRB12tBQNMC&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>.
- [42] INAMHI, “ANUARIO METEOROLOGICO.” INAMHI, Quito, p. 212, 2006, Accessed: Jan. 31, 2023. [Online]. Available: [https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Gobierno Provincial Azuay/limites GPA/EstudioLimitesAzuayLoja/am20005711936337077803526.pdf](https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Gobierno%20Provincial%20Azuay/limites%20GPA/EstudioLimitesAzuayLoja/am20005711936337077803526.pdf).

## ANEXOS



# **Anexo # 1: Resultados de ensayos**





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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	6 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	1
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9903205; 763901
<b>PARROQUIA:</b>	Guaytacama	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T 191 2014

**ENSAYO DENSIDAD DE CAMPO - AASHTO T 191 2014**

**MÉTODO CONO Y ARENA**

**1. PESO DEL SUELO EXTRAIDO**

Peso de la masa del suelo + funda $W_{m+ Rec}$	3935,00	gr
Peso del recipiente (funda plástica)	3,50	gr
Peso de la masa del suelo $W_m = W_{m+ Rec} - Rec$	3931,50	gr

**2. VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN DEL SUELO**

Peso inicial frasco + cono + Arena	6973,00	gr
Peso final frasco + cono + Arena	2141,00	gr
Peso de la arena en el cono $W_m$	1667,00	gr
Peso de la arena en el hueco $W_{cono}$	3165,00	gr
Calibración de la Arena de Ottawa: $\gamma_{sand}$	1,583	gr/cm <sup>3</sup>
Volumen de la perforación (de la masa) $V_m$	1999,37	cm <sup>3</sup>

**3. CONTENIDO DE HUMEDAD**

Recipiente N°	39	52
Peso suelo húmedo + recipiente $W_{m+Wrec}$	165,49	139,58
Peso suelo seco + recipiente $W_s + W_{rec}$	154,87	131,22
Peso del recipiente $W_{rec}$	25,89	31,02
Peso de Agua $W_w$	10,62	8,36
Peso de sólidos (muestra seca) $W_s$	128,98	100,20
Contenido de humedad $w\% = 100 * (W_w / W_s)$	8,23	8,34
Promedio $W\%$	8,29	

**4. FASES DEL SUELO**

	Volumen		Peso	
	21,90	=Vv		
	11,28	=Va	Wa=	0,00
	10,62	=Vw	Ww=	10,62
	49,09	=Vs	Ws=	128,98
	70,99	=Vm	Wm=	139,60

**5. PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO**

Densidad húmeda $\gamma_m = W_m / V_m$	1,966	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca $\gamma_d = \gamma_m / (1 + w\%)$	1,816	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad $w\%$ promedio	8,289	%
Relación de vacíos $e = V_v / V_s$	0,446	-
Porosidad $n\% = V_v / V_m * 100$	30,853	%
Grado de saturación del agua $G_w\% = V_w / V_v * 100$	48,485	%
Grado de saturación del aire $G_a\% = V_a / V_v * 100$	51,515	%

**GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - AASHTO T 100 2015**

Peso del picnometro + agua ( $W_{bw}$ )	651,63	gr
Picnometro + agua + suelo sumergido ( $W_{bws}$ )	682,46	gr
Temperatura del agua + suelo	20,00	°C
N° Recipiente	72,00	-
Peso del recipiente ( $W_{rec}$ )	102,99	gr
Peso del recipiente+ suelo seco ( $W_{rec}$ )	152,71	gr
Factor de corrección por temperatura ( $K$ )	0,998231	-
Peso del suelo seco ( $W_s$ )	49,72	gr
Desplazamiento del agua $D_w = W_s + W_{bw} - W_{bws}$	18,89	gr
<b>Gravedad específica (<math>G_s</math>)</b>	<b>2,627</b>	



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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	6 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	2
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9909749; 763743
<b>PARROQUIA:</b>	Guaytacama	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T 191 2014

**ENSAYO DENSIDAD DE CAMPO - AASHTO T 191 2014**

**MÉTODO CONO Y ARENA**

**1. PESO DEL SUELO EXTRAIDO**

Peso de la masa del suelo + funda $W_{m+ Rec}$	3380,00	gr
Peso del recipiente (funda plástica)	4,72	gr
Peso de la masa del suelo $W_m = W_{m+ Rec} - Rec$	3375,28	gr

**2. VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN DEL SUELO**

Peso inicial frasco + cono + Arena	6950,00	gr
Peso final frasco + cono + Arena	2268,00	gr
Peso de la arena en el cono $W_m$	1667,00	gr
Peso de la arena en el hueco $W_{cono}$	3015,00	gr
Calibración de la Arena de Ottawa: $\gamma_{sand}$	1,583	gr/cm <sup>3</sup>
Volumen de la perforación (de la masa) $V_m$	1904,61	cm <sup>3</sup>

**3. CONTENIDO DE HUMEDAD**

Recipiente N°	45	64
Peso suelo húmedo + recipiente $W_{m+Wrec}$	167,37	155,58
Peso suelo seco + recipiente $W_s + W_{rec}$	136,23	127,53
Peso del recipiente $W_{rec}$	23,46	30,75
Peso de Agua $W_w$	31,14	28,05
Peso de sólidos (muestra seca) $W_s$	112,77	96,78
Contenido de humedad $w\% = 100 * (W_w / W_s)$	27,61	28,98
Promedio $W\%$	28,30	

**4. FASES DEL SUELO**

	Volumen		Peso	
	38,79	=V <sub>v</sub>		
	7,65	=V <sub>a</sub>	W <sub>a</sub> =	0,00
	31,14	=V <sub>w</sub>	W <sub>w</sub> =	31,14
	42,42	=V <sub>s</sub>	W <sub>s</sub> =	112,77
	81,21	=V <sub>m</sub>	W <sub>m</sub> =	143,91

**5. PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO**

Densidad húmeda $\gamma_m = W_m / V_m$	1,772	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca $\gamma_d = \gamma_m / (1 + w\%)$	1,381	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad $w\%$ promedio	28,298	%
Relación de vacíos $e = V_v / V_s$	0,914	-
Porosidad $n\% = V_v / V_m * 100$	47,765	%
Grado de saturación del agua $G_w\% = V_w / V_v * 100$	80,283	%
Grado de saturación del aire $G_a\% = V_a / V_v * 100$	19,717	%

**GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - AASHTO T 100 2015**

Peso del picnometro + agua ( $W_{bw}$ )	650,44	gr
Picnometro + agua + suelo sumergido ( $W_{bws}$ )	679,92	gr
Temperatura del agua + suelo	19,00	°C
N° Recipiente	41,00	-
Peso del recipiente ( $W_{rec}$ )	110,25	gr
Peso del recipiente+ suelo seco ( $W_{rec}$ )	157,46	gr
Factor de corrección por temperatura (K)	0,998433	-
Peso del suelo seco ( $W_s$ )	47,21	gr
Desplazamiento del agua $D_w = W_s + W_{bw} - W_{bws}$	17,73	gr
<b>Gravedad específica (Gs)</b>	<b>2,659</b>	



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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	6 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	3
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9907830; 761579
<b>PARROQUIA:</b>	Guaytacama	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T 191 2014

**ENSAYO DENSIDAD DE CAMPO - AASHTO T 191 2014**

**MÉTODO CONO Y ARENA**

**1. PESO DEL SUELO EXTRAIDO**

Peso de la masa del suelo + funda $W_{m+ Rec}$	5020,00	gr
Peso del recipiente (funda plástica)	3,50	gr
Peso de la masa del suelo $W_m = W_{m+ Rec} - Rec$	5016,50	gr

**2. VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN DEL SUELO**

Peso inicial frasco + cono + Arena	6945,00	gr
Peso final frasco + cono + Arena	1133,00	gr
Peso de la arena en el cono $W_m$	1667,00	gr
Peso de la arena en el hueco $W_{cono}$	4145,00	gr
Calibración de la Arena de Ottawa: $\gamma_{sand}$	1,583	gr/cm <sup>3</sup>
Volumen de la perforación (de la masa) $V_m$	2618,45	cm <sup>3</sup>

**3. CONTENIDO DE HUMEDAD**

Recipiente N°	6	5
Peso suelo húmedo + recipiente $W_{m+Wrec}$	351,05	375,36
Peso suelo seco + recipiente $W_s + W_{rec}$	268,1	286,24
Peso del recipiente $W_{rec}$	50,55	48,77
Peso de Agua $W_w$	82,95	89,12
Peso de sólidos (muestra seca) $W_s$	217,55	237,47
Contenido de humedad $w\% = 100 * (W_w / W_s)$	38,13	37,53
Promedio $W\%$	37,83	

**4. FASES DEL SUELO**

	Volumen		Peso	
	90,53	=Vv		
	1,41	=Va	Wa=	0,00
	89,12	=Vw	Ww=	89,12
	79,94	=Vs	Ws=	237,47
	170,47	=Vm	Wm=	326,59

**5. PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO**

Densidad húmeda $\gamma_m = W_m / V_m$	1,916	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca $\gamma_d = \gamma_m / (1 + w\%)$	1,390	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad $w\%$ promedio	37,829	%
Relación de vacíos $e = V_v / V_s$	1,132	-
Porosidad $n\% = V_v / V_m * 100$	53,105	%
Grado de saturación del agua $G_w\% = V_w / V_v * 100$	98,445	%
Grado de saturación del aire $G_a\% = V_a / V_v * 100$	1,555	%

**GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - AASHTO T 100 2015**

Peso del picnometro + agua ( $W_{bw}$ )	650,64	gr
Picnometro + agua + suelo sumergido ( $W_{bws}$ )	682,52	gr
Temperatura del agua + suelo	21,00	°C
N° Recipiente	70,00	-
Peso del recipiente ( $W_{rec}$ )	252,44	gr
Peso del recipiente + suelo seco ( $W_{rec}$ )	300,45	gr
Factor de corrección por temperatura (K)	0,998020	-
Peso del suelo seco ( $W_s$ )	48,01	gr
Desplazamiento del agua $D_w = W_s + W_{bw} - W_{bws}$	16,13	gr
<b>Gravedad específica (<math>G_s</math>)</b>	<b>2,971</b>	



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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	6 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	4
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9911153; 759465
<b>PARROQUIA:</b>	Guaytacama	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T 191 2014

**ENSAYO DENSIDAD DE CAMPO - AASHTO T 191 2014**

**MÉTODO CONO Y ARENA**

**1. PESO DEL SUELO EXTRAIDO**

Peso de la masa del suelo + funda $W_{m+ Rec}$	3010,00	gr
Peso del recipiente (funda plástica)	3,50	gr
Peso de la masa del suelo $W_m = W_{m+ Rec} - Rec$	3006,50	gr

**2. VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN DEL SUELO**

Peso inicial frasco + cono + Arena	6960,00	gr
Peso final frasco + cono + Arena	1828,00	gr
Peso de la arena en el cono $W_m$	1667,00	gr
Peso de la arena en el hueco $W_{cono}$	3465,00	gr
Calibración de la Arena de Ottawa: $\gamma_{sand}$	1,583	gr/cm <sup>3</sup>
Volumen de la perforación (de la masa) $V_m$	2188,88	cm <sup>3</sup>

**3. CONTENIDO DE HUMEDAD**

Recipiente N°	20	108
Peso suelo húmedo + recipiente $W_{m+Wrec}$	101,85	133,49
Peso suelo seco + recipiente $W_s + W_{rec}$	90,75	118,63
Peso del recipiente $W_{rec}$	24,69	30,22
Peso de Agua $W_w$	11,10	14,86
Peso de solidos (muestra seca) $W_s$	66,06	88,41
Contenido de humedad $w\% = 100 * (W_w / W_s)$	16,80	16,81
Promedio $W\%$	16,81	

**4. FASES DEL SUELO**

	Volumen		Peso	
	39,98	=V <sub>v</sub>		
	25,12	=V <sub>a</sub>	W <sub>a</sub> =	0,00
	14,86	=V <sub>w</sub>	W <sub>w</sub> =	14,86
	35,21	=V <sub>s</sub>	W <sub>s</sub> =	88,41
	75,19	=V <sub>m</sub>	W <sub>m</sub> =	103,27

**5. PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO**

Densidad húmeda $\gamma_m = W_m / V_m$	1,374	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca $\gamma_d = \gamma_m / (1 + w\%)$	1,176	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad $w\%$ promedio	16,805	%
Relación de vacíos $e = V_v / V_s$	1,135	-
Porosidad $n\% = V_v / V_m * 100$	53,170	%
Grado de saturación del agua $G_w\% = V_w / V_v * 100$	37,172	%
Grado de saturación del aire $G_a\% = V_a / V_v * 100$	62,828	%

**GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - AASHTO T 100 2015**

Peso del picnometro + agua ( $W_{bw}$ )	660,25	gr
Picnometro + agua + suelo sumergido ( $W_{bws}$ )	688,71	gr
Temperatura del agua + suelo	20,00	°C
N° Recipiente	2,00	-
Peso del recipiente ( $W_{rec}$ )	102,86	gr
Peso del recipiente+ suelo seco ( $W_{rec}$ )	150,10	gr
Factor de corrección por temperatura ( $K$ )	0,998231	-
Peso del suelo seco ( $W_s$ )	47,24	gr
Desplazamiento del agua $D_w = W_s + W_{bw} - W_{bws}$	18,78	gr
<b>Gravedad específica (<math>G_s</math>)</b>	<b>2,511</b>	



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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	6 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	5
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9917357; 753304
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T 191 2014

**ENSAYO DENSIDAD DE CAMPO - AASHTO T 191 2014**

**MÉTODO CONO Y ARENA**

**1. PESO DEL SUELO EXTRAIDO**

Peso de la masa del suelo + funda $W_{m+ Rec}$	4065,00	gr
Peso del recipiente (funda plástica)	3,50	gr
Peso de la masa del suelo $W_m = W_{m+ Rec} - Rec$	4061,50	gr

**2. VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN DEL SUELO**

Peso inicial frasco + cono + Arena	6940,00	gr
Peso final frasco + cono + Arena	1318,00	gr
Peso de la arena en el cono $W_m$	1667,00	gr
Peso de la arena en el hueco $W_{cono}$	3955,00	gr
Calibración de la Arena de Ottawa: $\gamma_{sand}$	1,583	gr/cm <sup>3</sup>
Volumen de la perforación (de la masa) $V_m$	2498,42	cm <sup>3</sup>

**3. CONTENIDO DE HUMEDAD**

Recipiente N°	42	70
Peso suelo húmedo + recipiente $W_{m+Wrec}$	121,5	153,29
Peso suelo seco + recipiente $W_s + W_{rec}$	110,52	142,39
Peso del recipiente $W_{rec}$	24,82	57,64
Peso de Agua $W_w$	10,98	10,90
Peso de sólidos (muestra seca) $W_s$	85,70	84,75
Contenido de humedad $w\% = 100 * (W_w / W_s)$	12,81	12,86
Promedio $W\%$	12,84	

**4. FASES DEL SUELO**

	Volumen		Peso	
	19,36	=Vv		
	8,38	=Va	Wa=	0,00
	10,98	=Vw	Ww=	10,98
	40,11	=Vs	Ws=	85,70
	59,47	=Vm	Wm=	96,68

**5. PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO**

Densidad húmeda $\gamma_m = W_m / V_m$	1,626	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca $\gamma_d = \gamma_m / (1 + w\%)$	1,441	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad $w\%$ promedio	12,837	%
Relación de vacíos $e = V_v / V_s$	0,483	-
Porosidad $n\% = V_v / V_m * 100$	32,560	%
Grado de saturación del agua $G_w\% = V_w / V_v * 100$	56,702	%
Grado de saturación del aire $G_a\% = V_a / V_v * 100$	43,298	%

**GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - AASHTO T 100 2015**

Peso del picnometro + agua ( $W_{bw}$ )	651,61	gr
Picnometro + agua + suelo sumergido ( $W_{bws}$ )	677,26	gr
Temperatura del agua + suelo	20,00	°C
N° Recipiente	41,00	-
Peso del recipiente ( $W_{rec}$ )	109,92	gr
Peso del recipiente+ suelo seco ( $W_{rec}$ )	158,06	gr
Factor de corrección por temperatura ( $K$ )	0,998231	-
Peso del suelo seco ( $W_s$ )	48,14	gr
Desplazamiento del agua $D_w = W_s + W_{bw} - W_{bws}$	22,49	gr
<b>Gravedad específica (<math>G_s</math>)</b>	<b>2,137</b>	



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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	6 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	6
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9920966; 752679
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T 191 2014

**ENSAYO DENSIDAD DE CAMPO - AASHTO T 191 2014**

**MÉTODO CONO Y ARENA**

**1. PESO DEL SUELO EXTRAIDO**

Peso de la masa del suelo + funda $W_{m+ Rec}$	3115,00	gr
Peso del recipiente (funda plástica)	3,50	gr
Peso de la masa del suelo $W_m = W_{m+ Rec} - Rec$	3111,50	gr

**2. VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN DEL SUELO**

Peso inicial frasco + cono + Arena	6940,00	gr
Peso final frasco + cono + Arena	2238,00	gr
Peso de la arena en el cono $W_m$	1667,00	gr
Peso de la arena en el hueco $W_{cono}$	3035,00	gr
Calibración de la Arena de Ottawa: $\gamma_{sand}$	1,583	gr/cm <sup>3</sup>
Volumen de la perforación (de la masa) $V_m$	1917,25	cm <sup>3</sup>

**3. CONTENIDO DE HUMEDAD**

Recipiente N°	89	86
Peso suelo húmedo + recipiente $W_{m+Wrec}$	165,68	100,09
Peso suelo seco + recipiente $W_s + W_{rec}$	135,69	84,70
Peso del recipiente $W_{rec}$	31,79	31,24
Peso de Agua $W_w$	29,99	15,39
Peso de sólidos (muestra seca) $W_s$	103,90	53,46
Contenido de humedad $w\% = 100 * (W_w / W_s)$	28,86	28,79
Promedio $W\%$	28,83	

**4. FASES DEL SUELO**

	Volumen		Peso	
	43,65	=Vv		
	13,66	=Va	Wa=	0,00
	29,99	=Vw	Ww=	29,99
	38,85	=Vs	Ws=	103,90
	82,50	=Vm	Wm=	133,89

**5. PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO**

Densidad húmeda $\gamma_m = W_m / V_m$	1,623	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca $\gamma_d = \gamma_m / (1 + w\%)$	1,260	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad $w\%$ promedio	28,826	%
Relación de vacíos $e = V_v / V_s$	1,124	-
Porosidad $n\% = V_v / V_m * 100$	52,909	%
Grado de saturación del agua $G_w\% = V_w / V_v * 100$	68,705	%
Grado de saturación del aire $G_a\% = V_a / V_v * 100$	31,295	%

**GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - AASHTO T 100 2015**

Peso del picnometro + agua ( $W_{bw}$ )	660,02	gr
Picnometro + agua + suelo sumergido ( $W_{bws}$ )	688,82	gr
Temperatura del agua + suelo	25,00	°C
N° Recipiente	58,00	-
Peso del recipiente ( $W_{rec}$ )	106,53	gr
Peso del recipiente+ suelo seco ( $W_{rec}$ )	152,45	gr
Factor de corrección por temperatura ( $K$ )	0,997072	-
Peso del suelo seco ( $W_s$ )	45,92	gr
Desplazamiento del agua $D_w = W_s + W_{bw} - W_{bws}$	17,12	gr
<b>Gravedad específica (<math>G_s</math>)</b>	<b>2,674</b>	





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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	6 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	7
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9915824; 748678
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T 191 2014

**ENSAYO DENSIDAD DE CAMPO - AASHTO T 191 2014**

**MÉTODO CONO Y ARENA**

**1. PESO DEL SUELO EXTRAIDO**

Peso de la masa del suelo + funda $W_{m+ Rec}$	3410,00	gr
Peso del recipiente (funda plástica)	3,50	gr
Peso de la masa del suelo $W_m = W_{m+ Rec} - Rec$	3406,50	gr

**2. VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN DEL SUELO**

Peso inicial frasco + cono + Arena	6940,00	gr
Peso final frasco + cono + Arena	1783,00	gr
Peso de la arena en el cono $W_m$	1667,00	gr
Peso de la arena en el hueco $W_{cono}$	3490,00	gr
Calibración de la Arena de Ottawa: $\gamma_{sand}$	1,583	gr/cm <sup>3</sup>
Volumen de la perforación (de la masa) $V_m$	2204,67	cm <sup>3</sup>

**3. CONTENIDO DE HUMEDAD**

Recipiente N°	1	62
Peso suelo húmedo + recipiente $W_{m+Wrec}$	124,14	113,45
Peso suelo seco + recipiente $W_s + W_{rec}$	108,43	100,78
Peso del recipiente $W_{rec}$	23,81	30,58
Peso de Agua $W_w$	15,71	12,67
Peso de solidos (muestra seca) $W_s$	84,62	70,20
Contenido de humedad $w\% = 100 * (W_w / W_s)$	18,57	18,05
Promedio $W\%$	18,31	

**4. FASES DEL SUELO**

	Volumen		Peso	
	32,94	=Vv		
	17,23	=Va	Wa=	0,00
	15,71	=Vw	Ww=	15,71
	31,99	=Vs	Ws=	84,62
	64,93	=Vm	Wm=	100,33

**5. PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO**

Densidad húmeda $\gamma_m = W_m / V_m$	1,545	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca $\gamma_d = \gamma_m / (1 + w\%)$	1,306	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad $w\%$ promedio	18,307	%
Relación de vacíos $e = V_v / V_s$	1,030	-
Porosidad $n\% = V_v / V_m * 100$	50,727	%
Grado de saturación del agua $G_w\% = V_w / V_v * 100$	47,695	%
Grado de saturación del aire $G_a\% = V_a / V_v * 100$	52,305	%

**GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - AASHTO T 100 2015**

Peso del picnometro + agua ( $W_{bw}$ )	651,40	gr
Picnometro + agua + suelo sumergido ( $W_{bws}$ )	679,18	gr
Temperatura del agua + suelo	25,00	°C
N° Recipiente	30,00	-
Peso del recipiente ( $W_{rec}$ )	140,69	gr
Peso del recipiente+ suelo seco ( $W_{rec}$ )	185,28	gr
Factor de corrección por temperatura (K)	0,997072	-
Peso del suelo seco ( $W_s$ )	44,59	gr
Desplazamiento del agua $D_w = W_s + W_{bw} - W_{bws}$	16,81	gr
<b>Gravedad específica (<math>G_s</math>)</b>	<b>2,645</b>	



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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	6 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	8
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9916368; 747040
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T 191 2014

**ENSAYO DENSIDAD DE CAMPO - AASHTO T 191 2014**

**MÉTODO CONO Y ARENA**

**1. PESO DEL SUELO EXTRAIDO**

Peso de la masa del suelo + funda $W_{m+ Rec}$	2965,00	gr
Peso del recipiente (funda plástica)	3,50	gr
Peso de la masa del suelo $W_m = W_{m+ Rec} - Rec$	2961,50	gr

**2. VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN DEL SUELO**

Peso inicial frasco + cono + Arena	6940,00	gr
Peso final frasco + cono + Arena	2648,00	gr
Peso de la arena en el cono $W_m$	1667,00	gr
Peso de la arena en el hueco $W_{cono}$	2625,00	gr
Calibración de la Arena de Ottawa: $\gamma_{sand}$	1,583	gr/cm <sup>3</sup>
Volumen de la perforación (de la masa) $V_m$	1658,24	cm <sup>3</sup>

**3. CONTENIDO DE HUMEDAD**

Recipiente N°	103	104
Peso suelo húmedo + recipiente $W_{m+Wrec}$	163,67	71,97
Peso suelo seco + recipiente $W_s + W_{rec}$	139,08	61,91
Peso del recipiente $W_{rec}$	30,78	17,17
Peso de Agua $W_w$	24,59	10,06
Peso de sólidos (muestra seca) $W_s$	108,30	44,74
Contenido de humedad $w\% = 100 * (W_w / W_s)$	22,71	22,49
Promedio $W\%$	22,60	

**4. FASES DEL SUELO**

	Volumen		Peso	
	27,40	=Vv		
	2,81	=Va	Wa=	0,00
	24,59	=Vw	Ww=	24,59
	47,01	=Vs	Ws=	108,30
	74,41	=Vm	Wm=	132,89

**5. PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO**

Densidad húmeda $\gamma_m = W_m / V_m$	1,786	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca $\gamma_d = \gamma_m / (1 + w\%)$	1,457	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad $w\%$ promedio	22,595	%
Relación de vacíos $e = V_v / V_s$	0,583	-
Porosidad $n\% = V_v / V_m * 100$	36,828	%
Grado de saturación del agua $G_w\% = V_w / V_v * 100$	89,733	%
Grado de saturación del aire $G_a\% = V_a / V_v * 100$	10,267	%

**GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - AASHTO T 100 2015**

Peso del picnometro + agua ( $W_{bw}$ )	661,03	gr
Picnometro + agua + suelo sumergido ( $W_{bws}$ )	688,70	gr
Temperatura del agua + suelo	24,00	°C
N° Recipiente	2,00	-
Peso del recipiente ( $W_{rec}$ )	102,85	gr
Peso del recipiente+ suelo seco ( $W_{rec}$ )	151,64	gr
Factor de corrección por temperatura (K)	0,997324	-
Peso del suelo seco ( $W_s$ )	48,79	gr
Desplazamiento del agua $D_w = W_s + W_{bw} - W_{bws}$	21,12	gr
<b>Gravedad específica (<math>G_s</math>)</b>	<b>2,304</b>	





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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	6 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	9
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9919217; 745420
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T 191 2014

**ENSAYO DENSIDAD DE CAMPO - AASHTO T 191 2014**

**MÉTODO CONO Y ARENA**

**1. PESO DEL SUELO EXTRAIDO**

Peso de la masa del suelo + funda $W_{m+ Rec}$	3750,00	gr
Peso del recipiente (funda plástica)	3,50	gr
Peso de la masa del suelo $W_m = W_{m+ Rec} - Rec$	3746,50	gr

**2. VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN DEL SUELO**

Peso inicial frasco + cono + Arena	6930,00	gr
Peso final frasco + cono + Arena	2358,00	gr
Peso de la arena en el cono $W_m$	1667,00	gr
Peso de la arena en el hueco $W_{cono}$	2905,00	gr
Calibración de la Arena de Ottawa: $\gamma_{sand}$	1,583	gr/cm <sup>3</sup>
Volumen de la perforación (de la masa) $V_m$	1835,12	cm <sup>3</sup>

**3. CONTENIDO DE HUMEDAD**

Recipiente N°	49	10
Peso suelo húmedo + recipiente $W_{m+Wrec}$	134,08	144,31
Peso suelo seco + recipiente $W_s + W_{rec}$	119,5	127,38
Peso del recipiente $W_{rec}$	30,6	23,59
Peso de Agua $W_w$	14,58	16,93
Peso de sólidos (muestra seca) $W_s$	88,90	103,79
Contenido de humedad $w\% = 100 * (W_w / W_s)$	16,40	16,31
Promedio $W\%$	16,36	

**4. FASES DEL SUELO**

	Volumen		Peso	
	17,64	=Vv		
	0,71	=Va	Wa=	0,00
	16,93	=Vw	Ww=	16,93
	41,50	=Vs	Ws=	103,79
	59,13	=Vm	Wm=	120,72

**5. PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO**

Densidad húmeda $\gamma_m = W_m / V_m$	2,042	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca $\gamma_d = \gamma_m / (1 + w\%)$	1,755	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad $w\%$ promedio	16,356	%
Relación de vacíos $e = V_v / V_s$	0,425	-
Porosidad $n\% = V_v / V_m * 100$	29,825	%
Grado de saturación del agua $G_w\% = V_w / V_v * 100$	95,997	%
Grado de saturación del aire $G_a\% = V_a / V_v * 100$	4,003	%

**GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - AASHTO T 100 2015**

Peso del picnometro + agua ( $W_{bw}$ )	650,52	gr
Picnometro + agua + suelo sumergido ( $W_{bws}$ )	680,49	gr
Temperatura del agua + suelo	29,00	°C
N° Recipiente	77,00	-
Peso del recipiente ( $W_{rec}$ )	60,18	gr
Peso del recipiente+ suelo seco ( $W_{rec}$ )	109,98	gr
Factor de corrección por temperatura (K)	0,995972	-
Peso del suelo seco ( $W_s$ )	49,80	gr
Desplazamiento del agua $D_w = W_s + W_{bw} - W_{bws}$	19,83	gr
<b>Gravedad específica (Gs)</b>	<b>2,501</b>	



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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	6 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	10
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9921467; 747249
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T 191 2014

**ENSAYO DENSIDAD DE CAMPO - AASHTO T 191 2014**

**MÉTODO CONO Y ARENA**

**1. PESO DEL SUELO EXTRAIDO**

Peso de la masa del suelo + funda $W_{m+ Rec}$	3560,00	gr
Peso del recipiente (funda plástica)	3,50	gr
Peso de la masa del suelo $W_m = W_{m+ Rec} - Rec$	3556,50	gr

**2. VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN DEL SUELO**

Peso inicial frasco + cono + Arena	6940,00	gr
Peso final frasco + cono + Arena	1653,00	gr
Peso de la arena en el cono $W_m$	1667,00	gr
Peso de la arena en el hueco $W_{cono}$	3620,00	gr
Calibración de la Arena de Ottawa: $\gamma_{sand}$	1,583	gr/cm <sup>3</sup>
Volumen de la perforación (de la masa) $V_m$	2286,80	cm <sup>3</sup>

**3. CONTENIDO DE HUMEDAD**

Recipiente N°	12	6
Peso suelo húmedo + recipiente $W_{m+ Wrec}$	245,76	268,01
Peso suelo seco + recipiente $W_s + Wrec$	198,01	212,76
Peso del recipiente $Wrec$	50,47	49,41
Peso de Agua $W_w$	47,75	55,25
Peso de sólidos (muestra seca) $W_s$	147,54	163,35
Contenido de humedad $w\% = 100 * (W_w / W_s)$	32,36	33,82
Promedio $W\%$	33,09	

**4. FASES DEL SUELO**

	Volumen		Peso	
	80,14	=Vv		
	24,89	=Va	Wa=	0,00
	55,25	=Vw	Ww=	55,25
	60,42	=Vs	Ws=	163,35
	140,56	=Vm	Wm=	218,60

**5. PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO**

Densidad húmeda $\gamma_m = W_m / V_m$	1,555	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca $\gamma_d = \gamma_m / (1 + w\%)$	1,169	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad $w\%$ promedio	33,094	%
Relación de vacíos $e = V_v / V_s$	1,326	-
Porosidad $n\% = V_v / V_m * 100$	57,016	%
Grado de saturación del agua $G_w\% = V_w / V_v * 100$	68,941	%
Grado de saturación del aire $G_a\% = V_a / V_v * 100$	31,059	%

**GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - AASHTO T 100 2015**

Peso del picnometro + agua ( $W_{bw}$ )	650,00	gr
Picnometro + agua + suelo sumergido ( $W_{bws}$ )	678,81	gr
Temperatura del agua + suelo	28,00	°C
N° Recipiente	73,00	-
Peso del recipiente ( $W_{rec}$ )	164,18	gr
Peso del recipiente+ suelo seco ( $W_{rec}$ )	209,80	gr
Factor de corrección por temperatura ( $K$ )	0,996260	-
Peso del suelo seco ( $W_s$ )	45,62	gr
Desplazamiento del agua $D_w = W_s + W_{bw} - W_{bws}$	16,81	gr
<b>Gravedad específica (<math>G_s</math>)</b>	<b>2,704</b>	



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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	6 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	11
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9922111; 744472
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T 191 2014

**ENSAYO DENSIDAD DE CAMPO - AASHTO T 191 2014**

**MÉTODO CONO Y ARENA**

**1. PESO DEL SUELO EXTRAIDO**

Peso de la masa del suelo + funda $W_{m+ Rec}$	2905,00	gr
Peso del recipiente (funda plástica)	3,50	gr
Peso de la masa del suelo $W_m = W_{m+ Rec} - Rec$	2901,50	gr

**2. VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN DEL SUELO**

Peso inicial frasco + cono + Arena	6940,00	gr
Peso final frasco + cono + Arena	1848,00	gr
Peso de la arena en el cono $W_m$	1667,00	gr
Peso de la arena en el hueco $W_{cono}$	3425,00	gr
Calibración de la Arena de Ottawa: $\gamma_{sand}$	1,583	gr/cm <sup>3</sup>
Volumen de la perforación (de la masa) $V_m$	2163,61	cm <sup>3</sup>

**3. CONTENIDO DE HUMEDAD**

Recipiente N°	18	20
Peso suelo húmedo + recipiente $W_{m+Wrec}$	207,22	201,44
Peso suelo seco + recipiente $W_s + Wrec$	189,49	184,51
Peso del recipiente $Wrec$	50,28	49,20
Peso de Agua $W_w$	17,73	16,93
Peso de solidos (muestra seca) $W_s$	139,21	135,31
Contenido de humedad $w\% = 100 * (W_w / W_s)$	12,74	12,51
Promedio $W\%$	12,62	

**4. FASES DEL SUELO**

	Volumen		Peso	
	60,17	=Vv		
	42,44	=Va	Wa=	0,00
	17,73	=Vw	Ww=	17,73
	56,86	=Vs	Ws=	139,21
	117,03	=Vm	Wm=	156,94

**5. PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO**

Densidad húmeda $\gamma_m = W_m / V_m$	1,341	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca $\gamma_d = \gamma_m / (1 + w\%)$	1,191	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad $w\%$ promedio	12,624	%
Relación de vacíos $e = V_v / V_s$	1,058	-
Porosidad $n\% = V_v / V_m * 100$	51,415	%
Grado de saturación del agua $G_w\% = V_w / V_v * 100$	29,466	%
Grado de saturación del aire $G_a\% = V_a / V_v * 100$	70,534	%

**GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - AASHTO T 100 2015**

Peso del picnometro + agua ( $W_{bw}$ )	643,57	gr
Picnometro + agua + suelo sumergido ( $W_{bws}$ )	671,89	gr
Temperatura del agua + suelo	21,00	°C
N° Recipiente	41,00	-
Peso del recipiente ( $W_{rec}$ )	109,89	gr
Peso del recipiente+ suelo seco ( $W_{rec}$ )	157,63	gr
Factor de corrección por temperatura ( $K$ )	0,995972	-
Peso del suelo seco ( $W_s$ )	47,74	gr
Desplazamiento del agua $D_w = W_s + W_{bw} - W_{bws}$	19,42	gr
<b>Gravedad específica (<math>G_s</math>)</b>	<b>2,448</b>	



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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	6 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	12
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9921870; 743109
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T 191 2014

**ENSAYO DENSIDAD DE CAMPO - AASHTO T 191 2014**

**MÉTODO CONO Y ARENA**

**1. PESO DEL SUELO EXTRAIDO**

Peso de la masa del suelo + funda $W_{m+ Rec}$	3965,00	gr
Peso del recipiente (funda plástica)	3,50	gr
Peso de la masa del suelo $W_m = W_{m+ Rec} - Rec$	3961,50	gr

**2. VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN DEL SUELO**

Peso inicial frasco + cono + Arena	6940,00	gr
Peso final frasco + cono + Arena	1418,00	gr
Peso de la arena en el cono $W_m$	1667,00	gr
Peso de la arena en el hueco $W_{cono}$	3855,00	gr
Calibración de la Arena de Ottawa: $\gamma_{sand}$	1,583	gr/cm <sup>3</sup>
Volumen de la perforación (de la masa) $V_m$	2435,25	cm <sup>3</sup>

**3. CONTENIDO DE HUMEDAD**

Recipiente N°	11	20
Peso suelo húmedo + recipiente $W_{m+Wrec}$	126,65	158,58
Peso suelo seco + recipiente $W_s + W_{rec}$	114,25	145,15
Peso del recipiente $W_{rec}$	25,72	50,62
Peso de Agua $W_w$	12,40	13,43
Peso de sólidos (muestra seca) $W_s$	88,53	94,53
Contenido de humedad $w\% = 100 * (W_w / W_s)$	14,01	14,21
Promedio $W\%$	14,11	

**4. FASES DEL SUELO**

	Volumen		Peso	
	30,87	=V <sub>v</sub>		
	17,44	=V <sub>a</sub>	W <sub>a</sub> =	0,00
	13,43	=V <sub>w</sub>	W <sub>w</sub> =	13,43
	35,49	=V <sub>s</sub>	W <sub>s</sub> =	94,53
	66,37	=V <sub>m</sub>	W <sub>m</sub> =	107,96

**5. PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO**

Densidad húmeda $\gamma_m = W_m / V_m$	1,627	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca $\gamma_d = \gamma_m / (1 + w\%)$	1,426	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad $w\%$ promedio	14,107	%
Relación de vacíos $e = V_v / V_s$	0,870	-
Porosidad $n\% = V_v / V_m * 100$	46,522	%
Grado de saturación del agua $G_w\% = V_w / V_v * 100$	43,498	%
Grado de saturación del aire $G_a\% = V_a / V_v * 100$	56,502	%

**GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - AASHTO T 100 2015**

Peso del picnometro + agua ( $W_{bw}$ )	651,23	gr
Picnometro + agua + suelo sumergido ( $W_{bws}$ )	680,49	gr
Temperatura del agua + suelo	29,00	°C
N° Recipiente	73,00	-
Peso del recipiente ( $W_{rec}$ )	164,18	gr
Peso del recipiente+ suelo seco ( $W_{rec}$ )	210,98	gr
Factor de corrección por temperatura ( $K$ )	0,998231	-
Peso del suelo seco ( $W_s$ )	46,80	gr
Desplazamiento del agua $D_w = W_s + W_{bw} - W_{bws}$	17,54	gr
<b>Gravedad específica (<math>G_s</math>)</b>	<b>2,663</b>	



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

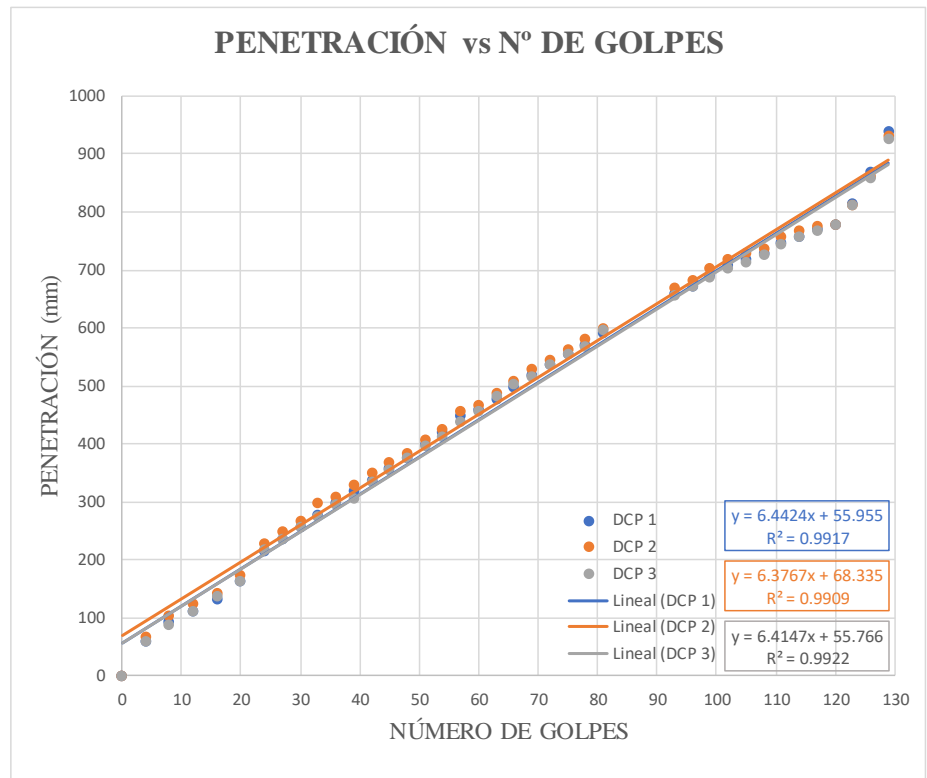


<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI
------------------	--

<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	6 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	1
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9903205; 763901
<b>PARROQUIA:</b>	Guaytacama	<b>NORMAS:</b>	ASTM D 6951 03

**Cono Dinámico de Penetración (DCP) - ASTM D 6951 03**

Número de golpes	Penetración acumulada (mm)		
	DCP 1	DCP 2	DCP 3
0	0	0	0
4	59	68	61
8	93	104	88
12	113	126	113
16	134	143	137
20	165	174	165
24	216	229	218
27	237	249	238
30	257	269	257
33	279	299	276
36	299	310	297
39	319	329	308
42	338	350	335
45	359	369	357
48	378	384	376
51	401	409	398
54	420	426	413
57	450	458	438
60	459	468	458
63	479	489	483
66	500	509	503
69	519	529	518
72	537	545	538
75	555	564	555
78	572	581	568
81	593	599	597
93	660	669	658
96	674	684	673
99	692	703	688
102	708	719	704
105	719	729	715
108	730	739	728
111	748	759	746
114	759	769	758
117	772	777	770
120	779	779	778
123	816	814	813
126	869	861	860
129	940	932	928



ÍNDICE DCP (DN)		DN
(mm/golpe)		
DCP 1	6,44	<b>6,41</b>
DCP 2	6,38	
DCP 3	6,41	



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



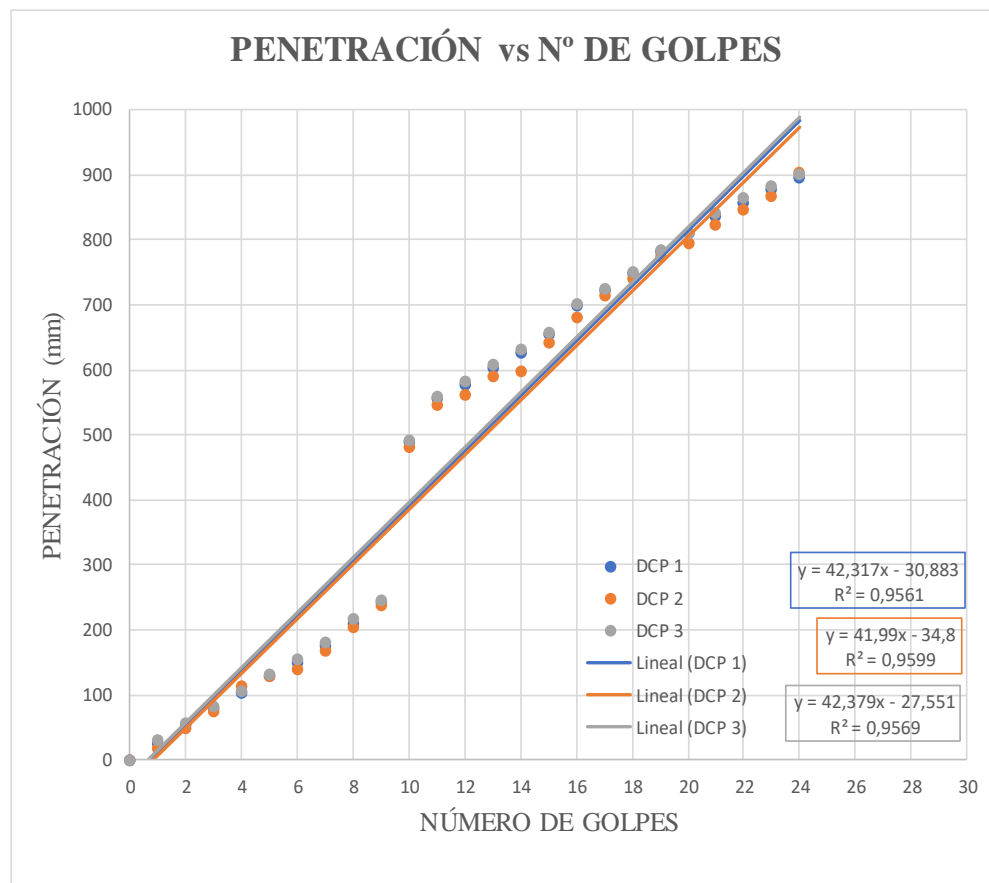
**PROYECTO:**

ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI

<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	6 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	2
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9909749; 763743
<b>PARROQUIA:</b>	Guaytacama	<b>NORMAS:</b>	ASTM D 6951 03

**Cono Dinámico de Penetración (DCP) - ASTM D 6951 03**

Número de golpes	Penetración acumulada (mm)		
	DCP 1	DCP 2	DCP 3
0	0	0	0
1	27	20	33
2	54	50	57
3	81	76	84
4	103	115	106
5	129	130	134
6	151	141	156
7	178	170	182
8	210	205	217
9	244	240	247
10	490	482	494
11	557	546	561
12	579	563	583
13	605	592	609
14	628	600	632
15	655	642	659
16	699	682	703
17	722	716	725
18	750	742	753
19	782	774	785
20	810	796	812
21	836	825	842
22	859	847	865
23	878	868	884
24	896	905	902
25	915	922	921



ÍNDICE DCP (DN)		DN
(mm/golpe)		
DCP 1	42,32	<b>42,23</b>
DCP 2	41,99	
DCP 3	42,38	



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

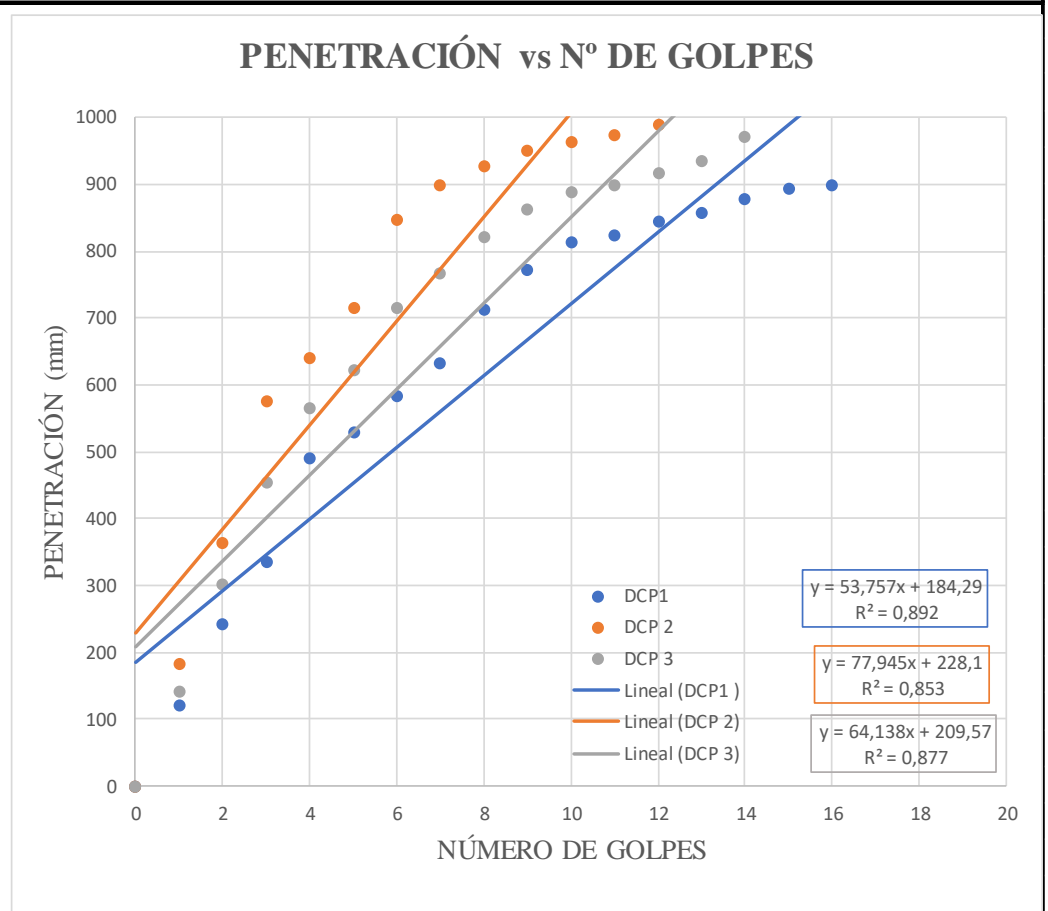


**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI

<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	6 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	3
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9907830; 761579
<b>PARROQUIA:</b>	Guaytacama	<b>NORMAS:</b>	ASTM D 6951 03

**Cono Dinámico de Penetración (DCP) - ASTM D 6951 03**

Número de golpes	Penetración acumulada (mm)		
	DCP 1	DCP 2	DCP 3
0	0	0	0
1	121	183	143
2	242	366	304
3	337	576	457
4	491	642	567
5	531	717	624
6	585	849	717
7	634	901	768
8	714	929	822
9	774	951	863
10	814	964	889
11	824	976	900
12	846	991	919
13	858		935
14	880		973
15	894		
16	899		



ÍNDICE DCP (DN)		DN
(mm/golpe)		
DCP 1	53,76	<b>65,28</b>
DCP 2	77,95	
DCP 3	64,14	





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

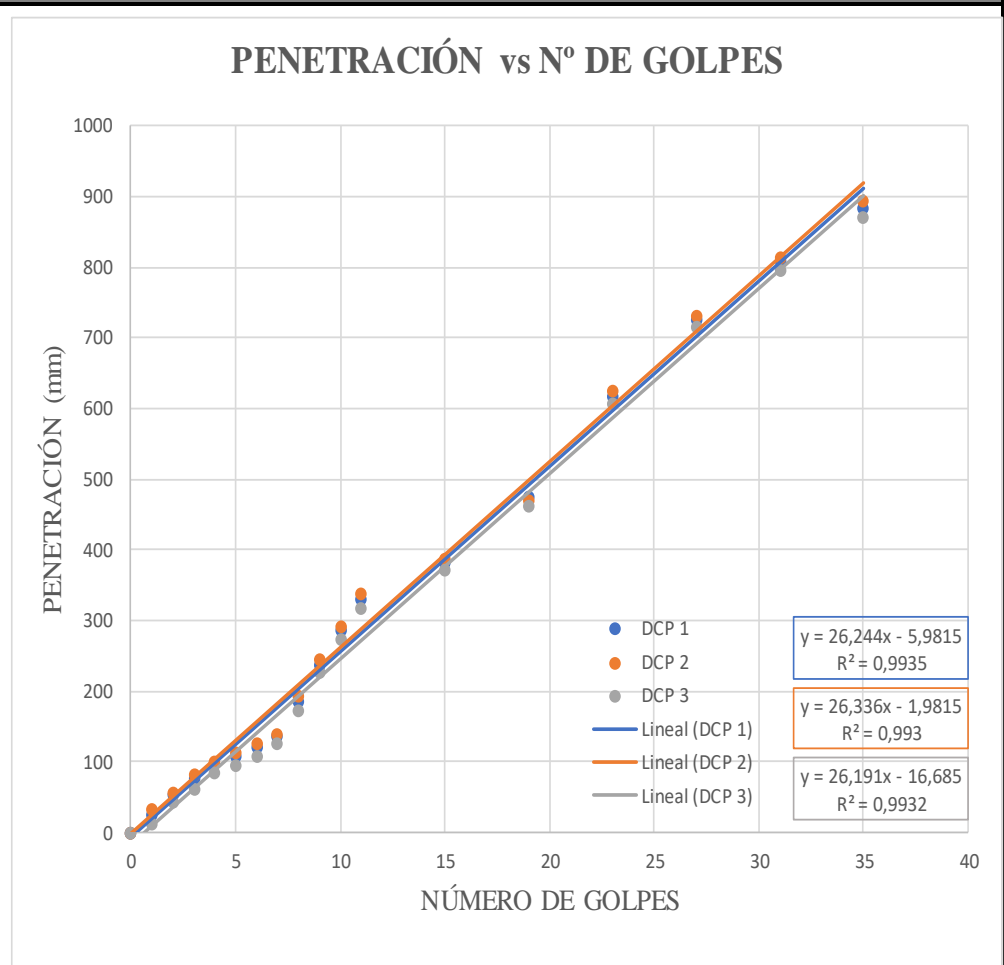


**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI

<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	6 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	4
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9911153; 759465
<b>PARROQUIA:</b>	Guaytacama	<b>NORMAS:</b>	ASTM D 6951 03

**Cono Dinámico de Penetración (DCP) - ASTM D 6951 03**

Número de golpes	Penetración acumulada (mm)		
	DCP 1	DCP 2	DCP 3
0	0	0	0
1	27	34	12
2	54	57	44
3	78	82	63
4	98	101	86
5	108	114	95
6	121	127	110
7	137	141	127
8	186	194	173
9	239	246	228
10	286	292	274
11	331	339	319
15	383	387	372
19	476	470	463
23	618	627	608
27	726	733	715
31	809	815	797
35	884	894	871



ÍNDICE DCP (DN)		DN
(mm/golpe)		
DCP 1	26,24	<b>26,26</b>
DCP 2	26,34	
DCP 3	26,19	





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

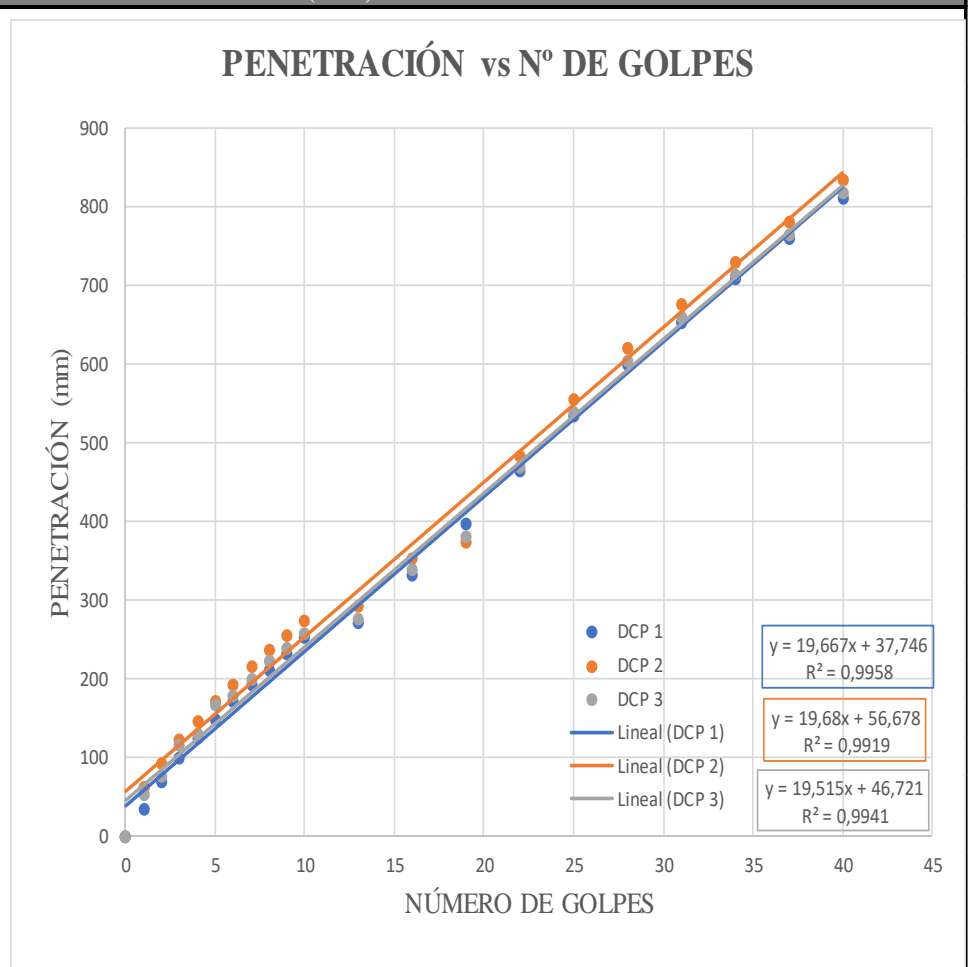


**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI

<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	6 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	5
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9917357; 753304
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	ASTM D 6951 03

**Cono Dinámico de Penetración (DCP) - ASTM D 6951 03**

Número de golpes	Penetración acumulada (mm)		
	DCP 1	DCP 2	DCP 3
0	0	0	0
1	35	62	54
2	70	93	77
3	100	124	117
4	125	147	131
5	150	173	168
6	172	193	181
7	194	216	201
8	213	237	224
9	233	255	239
10	253	274	259
13	272	294	278
16	333	355	339
19	398	375	382
22	465	485	470
25	535	556	541
28	600	622	606
31	655	678	662
34	710	731	716
37	760	782	766
40	813	836	820



ÍNDICE DCP (DN)		DN
(mm/golpe)		
DCP 1	19,67	<b>19,62</b>
DCP 2	19,68	
DCP 3	19,52	



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

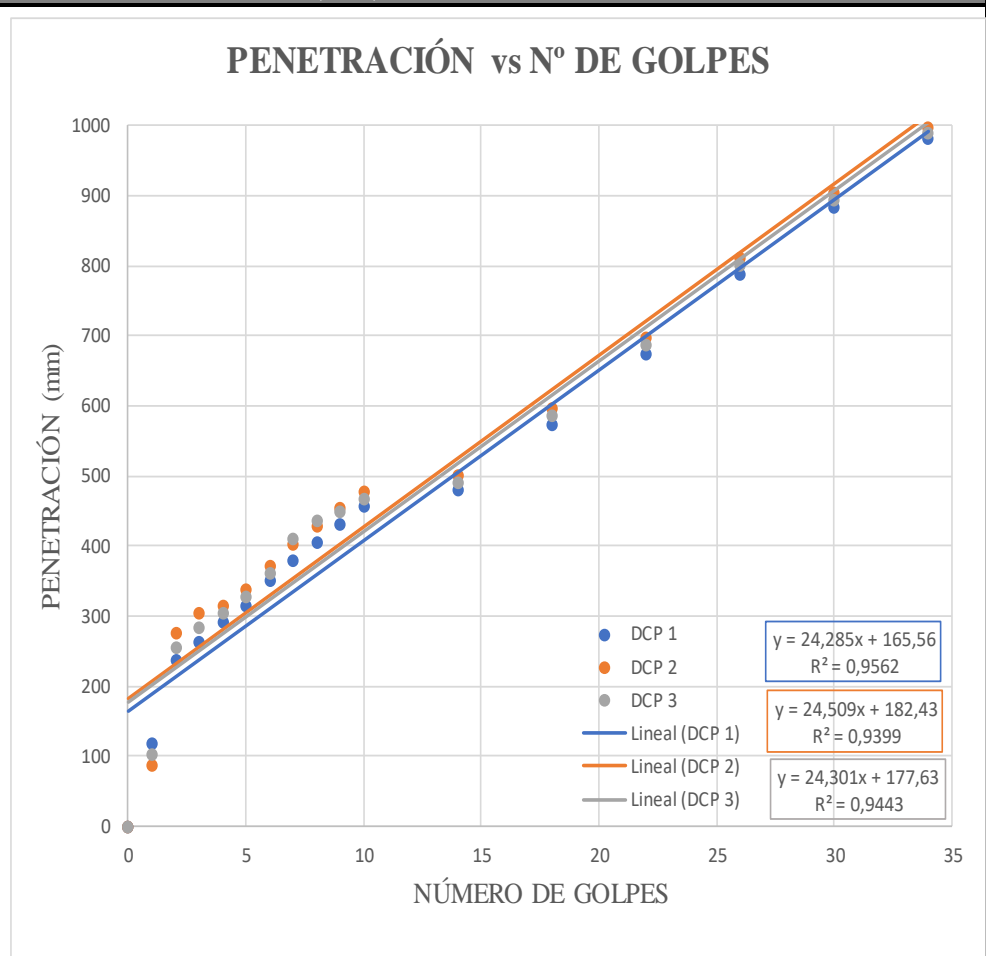
**PROYECTO:**

ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI

<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	6 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	6
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9920966; 752679
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	ASTM D 6951 03

**Cono Dinámico de Penetración (DCP) - ASTM D 6951 03**

Número de golpes	Penetración acumulada (mm)		
	DCP 1	DCP 2	DCP 3
0	0	0	0
1	119	88	104
2	238	276	257
3	264	305	285
4	293	315	304
5	316	339	328
6	351	372	362
7	381	403	410
8	406	430	438
9	433	455	449
10	458	479	469
14	480	502	491
18	575	597	586
22	675	698	687
26	788	813	801
30	885	906	896
34	982	998	990



ÍNDICE DCP (DN)		DN
(mm/golpe)		
DCP 1	24,29	<b>24,40</b>
DCP 2	24,51	
DCP 3	24,40	



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

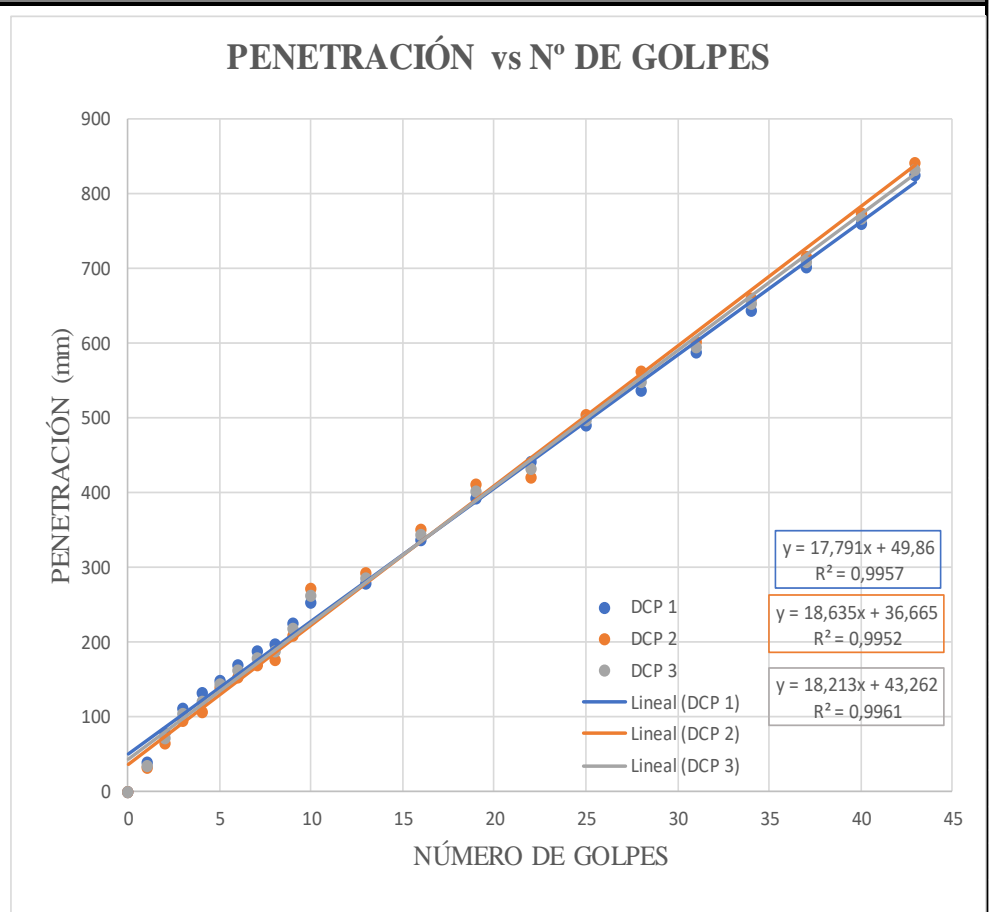
**PROYECTO:**

ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI

<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	6 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	7
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9915824; 748678
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	ASTM D 6951 03

**Cono Dinámico de Penetración (DCP) - ASTM D 6951 03**

Número de golpes	Penetración acumulada (mm)		
	DCP 1	DCP 2	DCP 3
0	0	0	0
1	40	32	36
2	80	65	73
3	112	96	104
4	133	108	121
5	150	140	145
6	170	154	162
7	188	169	179
8	199	177	188
9	226	210	218
10	253	273	263
13	280	293	287
16	338	352	345
19	393	412	403
22	442	422	432
25	490	506	498
28	537	563	550
31	589	603	596
34	645	661	653
37	703	717	710
40	762	775	769
43	825	843	834



ÍNDICE DCP (DN)		DN
(mm/golpe)		
DCP 1	17,79	<b>18,21</b>
DCP 2	18,64	
DCP 3	18,21	



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



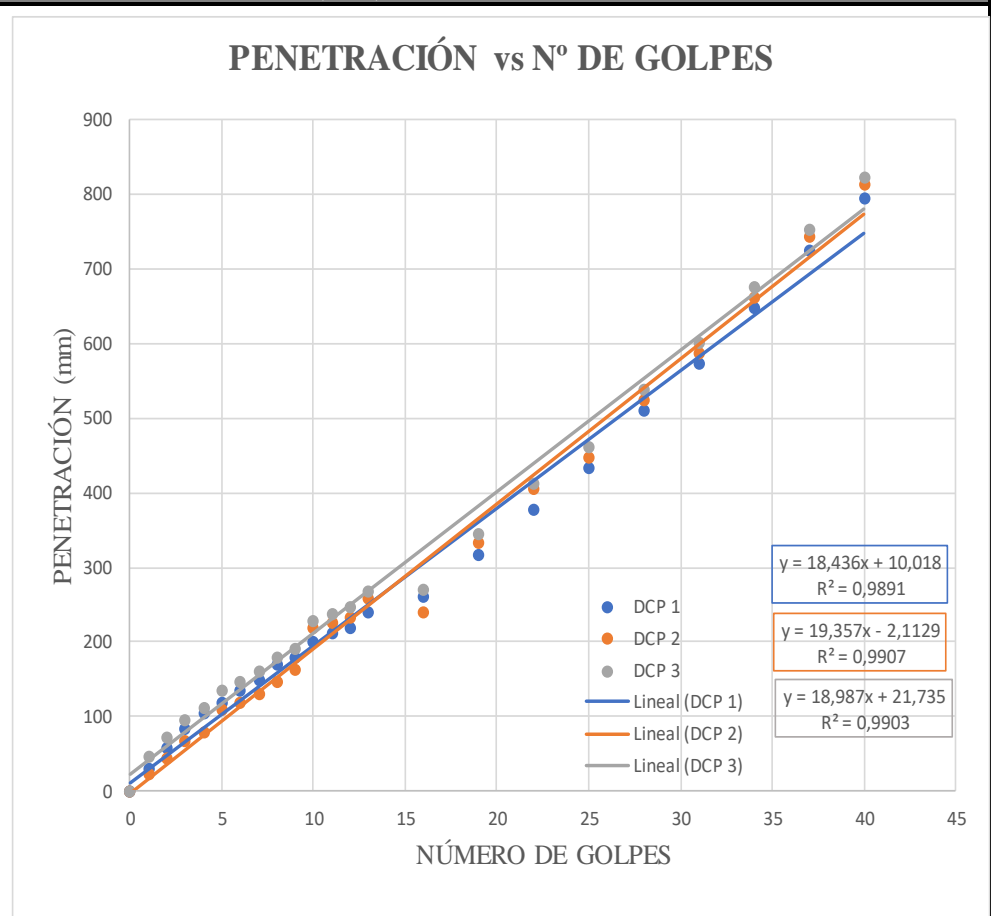
**PROYECTO:**

ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI

<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	6 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	8
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9916368; 747040
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	ASTM D 6951 03

**Cono Dinámico de Penetración (DCP) - ASTM D 6951 03**

Número de golpes	Penetración acumulada (mm)		
	DCP 1	DCP 2	DCP 3
0	0	0	0
1	30	25	48
2	60	45	73
3	85	69	97
4	105	80	113
5	120	110	135
6	135	119	147
7	150	131	161
8	170	148	179
9	180	164	192
10	200	220	230
11	213	226	240
12	220	234	247
13	240	259	270
16	261	241	271
19	317	333	345
22	379	405	412
25	435	449	462
28	510	526	538
31	575	589	602
34	649	662	676
37	725	743	754
40	795	813	824



ÍNDICE DCP (DN)		DN
(mm/golpe)		
DCP 1	18,44	<b>18,93</b>
DCP 2	19,36	
DCP 3	18,99	



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

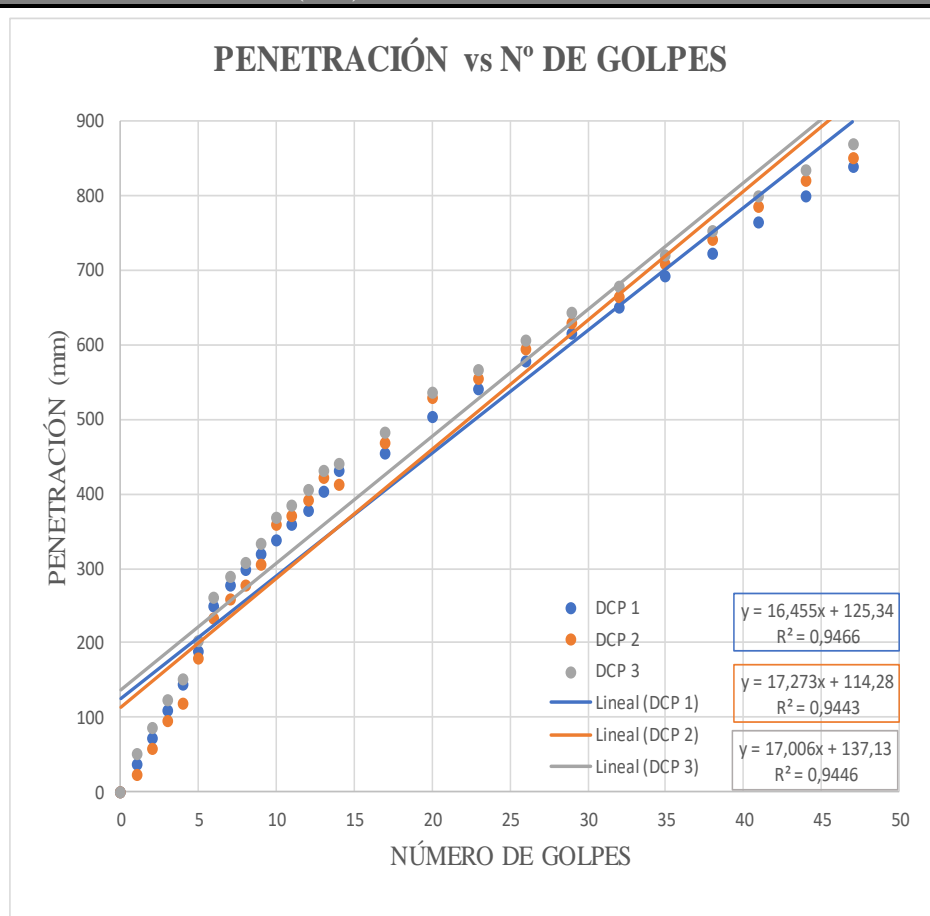
**PROYECTO:**

ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI

<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	6 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	9
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9919217; 745420
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	ASTM D 6951 03

**Cono Dinámico de Penetración (DCP) - ASTM D 6951 03**

Número de golpes	Penetración acumulada (mm)		
	DCP 1	DCP 2	DCP 3
0	0	0	0
1	37	25	51
2	74	59	87
3	111	95	123
4	144	119	152
5	189	179	204
6	249	233	261
7	278	259	289
8	300	278	309
9	321	305	333
10	339	359	369
11	359	372	386
12	378	392	405
13	403	422	433
14	432	412	442
17	454	470	482
20	504	530	537
23	541	555	568
26	579	595	607
29	617	631	644
32	652	665	679
35	692	710	721
38	724	742	753
41	764	786	801
44	799	820	835
47	839	852	870



ÍNDICE DCP (DN)		DN
(mm/golpe)		
DCP 1	16,46	<b>16,91</b>
DCP 2	17,27	
DCP 3	17,01	



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

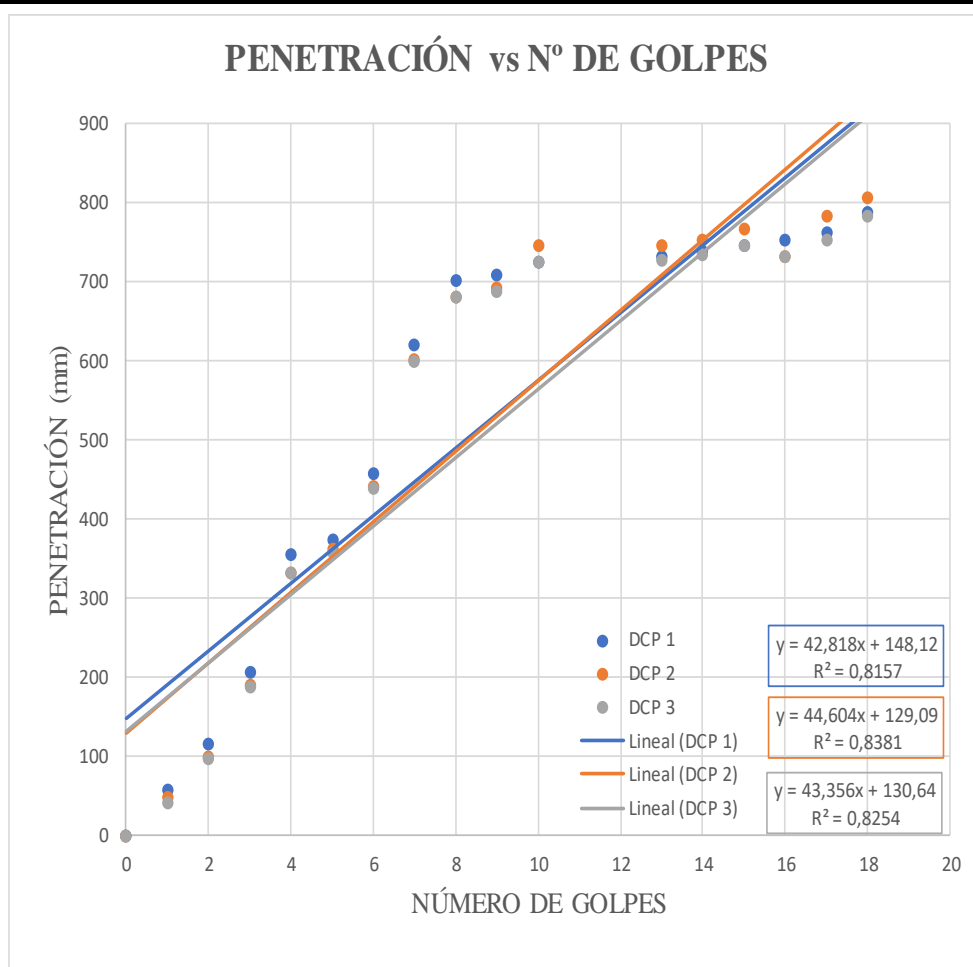
**PROYECTO:**

ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI

<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	6 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	10
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9921467; 747249
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	ASTM D 6951 03

**Cono Dinámico de Penetración (DCP) - ASTM D 6951 03**

Número de golpes	Penetración acumulada (mm)		
	DCP 1	DCP 2	DCP 3
0	0	0	0
1	58	50	43
2	116	101	98
3	208	192	189
4	357	332	334
5	374	364	358
6	458	442	439
7	622	603	602
8	703	681	681
9	709	693	690
10	726	746	725
13	733	746	729
14	739	753	735
15	748	767	747
16	753	733	732
17	763	785	753
18	788	808	785



ÍNDICE DCP (DN)		DN
(mm/golpe)		
DCP 1	42,82	<b>43,59</b>
DCP 2	44,60	
DCP 3	43,36	



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

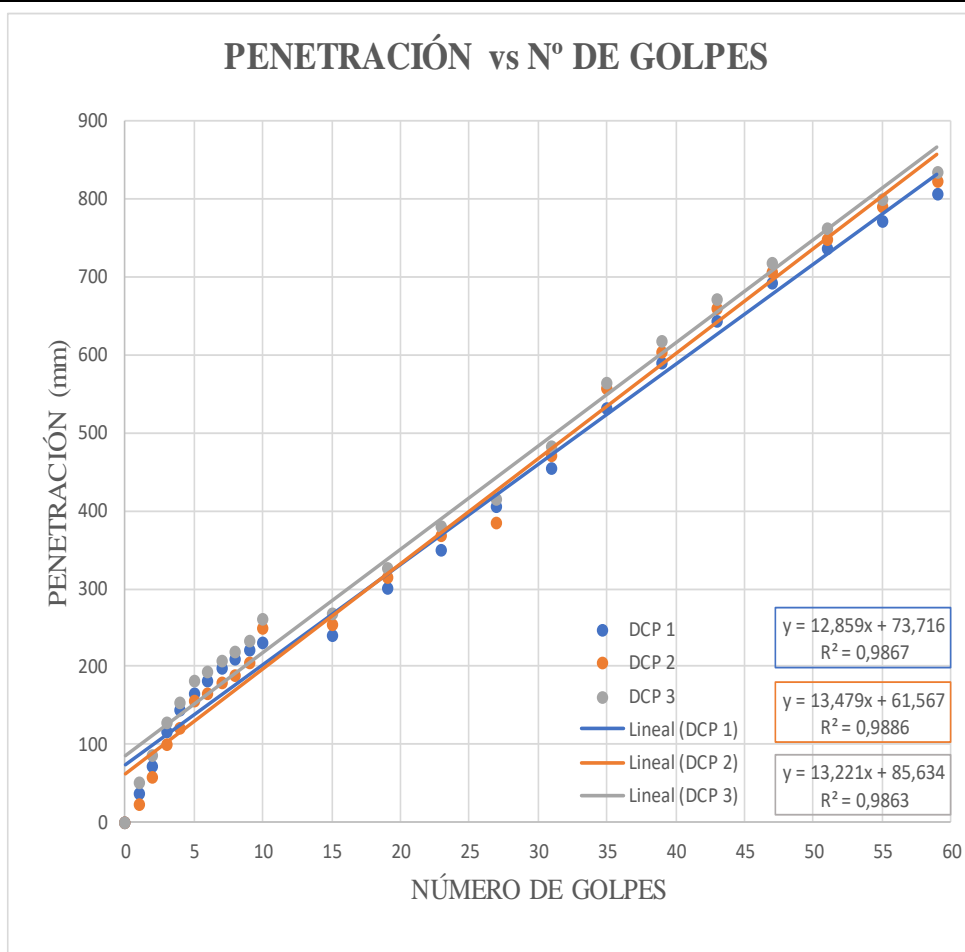
**PROYECTO:**

ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI

<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	6 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	11
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9922111; 744472
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	ASTM D 6951 03

**Cono Dinámico de Penetración (DCP) - ASTM D 6951 03**

Número de golpes	Penetración acumulada (mm)		
	DCP 1	DCP 2	DCP 3
0	0	0	0
1	37	25	51
2	74	59	87
3	116	100	128
4	146	121	154
5	167	157	182
6	182	166	194
7	198	179	209
8	211	189	220
9	221	205	233
10	231	251	261
15	241	254	268
19	301	315	328
23	351	370	381
27	406	386	416
31	456	472	484
35	532	558	565
39	591	605	618
43	645	661	673
47	692	706	719
51	736	749	763
55	772	790	801
59	806	824	835



ÍNDICE DCP (DN)		DN
(mm/golpe)		
DCP 1	12,86	<b>13,19</b>
DCP 2	13,48	
DCP 3	13,22	



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

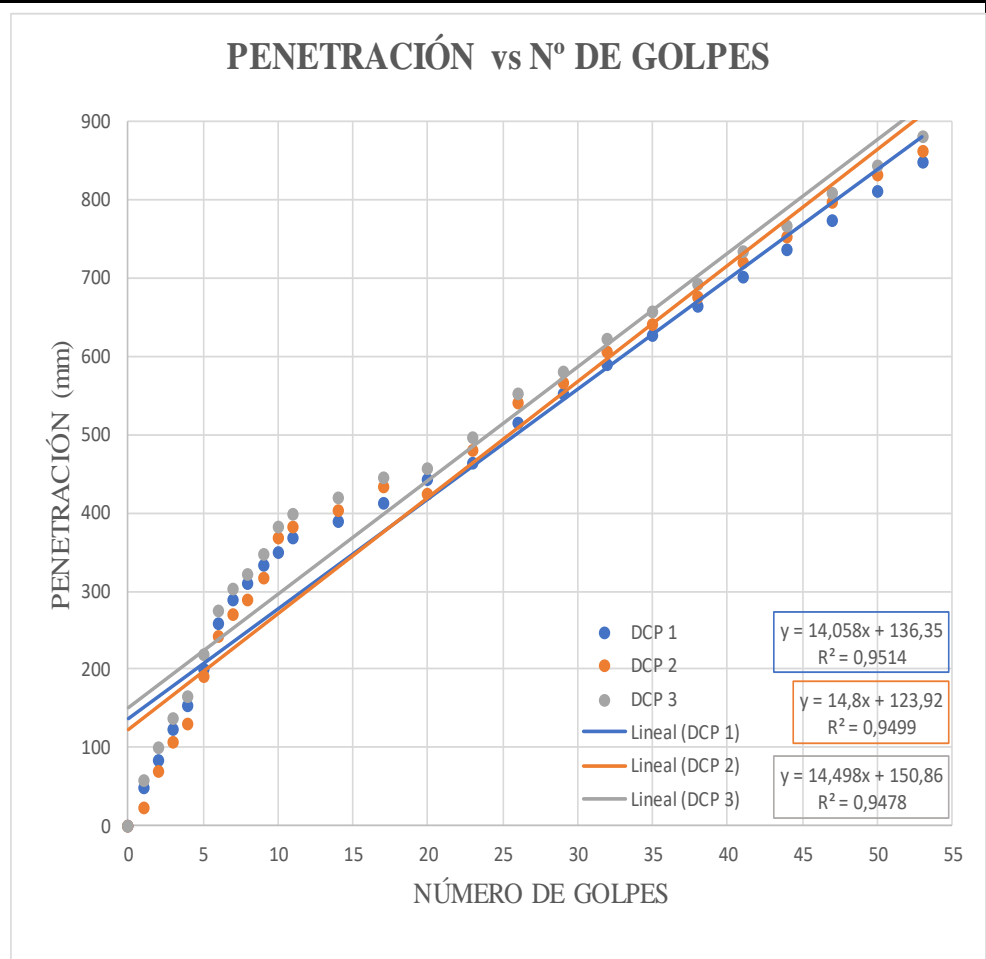
**PROYECTO:**

ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI

<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	6 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	12
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9921870; 743109
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	ASTM D 6951 03

**Cono Dinámico de Penetración (DCP) - ASTM D 6951 03**

Número de golpes	Penetración acumulada (mm)		
	DCP 1	DCP 2	DCP 3
0	0	0	0
1	49	25	60
2	85	70	101
3	123	107	138
4	155	130	166
5	201	191	219
6	260	244	275
7	290	271	304
8	311	289	323
9	333	317	348
10	350	370	383
11	370	383	400
14	390	404	420
17	414	433	447
20	444	424	457
23	465	481	496
26	516	542	552
29	552	566	582
32	591	607	622
35	628	642	658
38	664	677	694
41	703	721	735
44	736	754	768
47	775	797	809
50	811	832	845
53	850	863	881



ÍNDICE DCP (DN)		DN
(mm/golpe)		
DCP 1	14,06	<b>14,45</b>
DCP 2	14,80	
DCP 3	14,50	





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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	viernes, 9 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	1
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORD:</b>	9903205; 763901
<b>PARROQUIA:</b>	Guaytacama		

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL- AASHTO T 265 2015**

Recipiente N°	39	52	<b>% Contenido de Humedad Promedio</b>
Peso suelo húmedo + recipiente W <sub>m</sub> +W <sub>r</sub>	165,49	139,58	
Peso suelo seco + recipiente W <sub>s</sub> +W <sub>r</sub>	154,87	131,22	
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	25,89	31,02	
Peso de Agua W <sub>w</sub>	10,62	8,36	
Peso muestra seca W <sub>s</sub>	128,98	100,2	
Cont. de humedad w% = 100*(W <sub>w</sub> /W <sub>s</sub> )	8,23	8,34	

**GRANULOMETRÍA- AASHTO T 88 2013**

TAMIZ #	Abertura (mm)	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
3/4"	19	10,2	10,2	1,02	98,98
1/2"	12,5	44,36	54,56	5,46	94,54
3/8"	9,5	90,14	144,7	14,47	85,53
#4	4,76	271,74	416,44	41,64	58,36
#8	2,36	192,19	608,63	60,86	39,14
#10	2,00	34,32	642,95	64,30	35,71
#16	1,18	79,22	722,17	72,22	27,78
#30	0,60	78,62	800,79	80,08	19,92
#40	0,425	42,44	843,23	84,32	15,68
#50	0,30	29,01	872,24	87,22	12,78
#60	0,25	11,91	884,15	88,42	11,59
#100	0,15	35,82	919,97	92,00	8,00
#200	0,075	39,50	959,47	95,95	4,05
PASA #200 (fuente)		40,54	Peso Seco (gr):		<b>1000,00</b>
Total		<b>1000,01</b>	Error <2%		0,00%

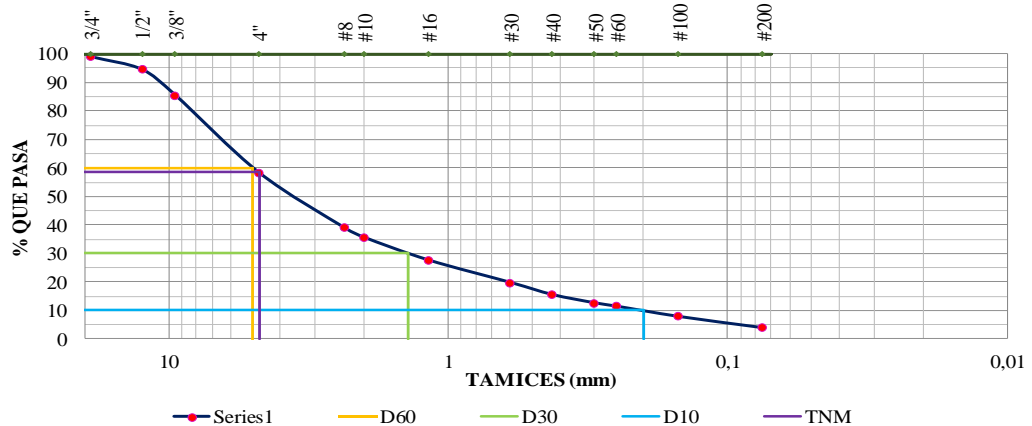
**PARÁMETROS DE LA GRANULOMETRÍA**

<b>Diámetro Efectivo (D10) en mm</b>	0,200	<b>Coefficiente de uniformidad (Cu)</b>	25,000
<b>Diametro Equiparable (D30) en mm</b>	1,400	<b>Coefficiente de curvatura (Cc)</b>	1,960
<b>Diametro Dimensional (D60) en mm</b>	5,000	<b>Tamaño Nominal Máximo (TNM)</b>	4,760
<b>Grava %</b>	41,64	<b>Arena %</b>	95,95
		<b>Finos %</b>	4,050

**DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO**

Sistemas	Grupo	Tipo de Material	Clasificación
AASHTO	A-2-4	Limo o grava arcillosa y arena	Excelente a bueno
SUCS	SW	Arenas bien graduadas, arenas gravosas pocos o ningún fino	-

**CURVA GRANULOMÉTRICA**





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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	viernes, 9 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	2
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORD:</b>	9909749; 763743
<b>PARROQUIA:</b>	Guaytacama		

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL- AASHTO T 265 2015**

Recipiente N°	45	64	<b>% Contenido de Humedad Promedio</b>  <b>28,30</b>
Peso suelo húmedo + recipiente Wm+Wr	167,37	155,58	
Peso suelo seco + recipiente Ws +Wr	136,23	127,53	
Peso del recipiente Wr	23,46	30,75	
Peso de Agua Ww	31,14	28,05	
Peso muestra seca Ws	112,77	96,78	
Cont. de humedad w% = 100*(Ww/Ws)	27,61	28,98	

**GRANULOMETRÍA- AASHTO T 88 2013**

TAMIZ #	Abertura (mm)	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	4,76	6,20	6,20	0,31	99,69
#8	2,36	58,00	64,20	3,21	96,79
#10	2,00	29,50	93,70	4,69	95,32
#16	1,18	144,50	238,20	11,91	88,09
#30	0,60	316,32	554,52	27,73	72,27
#40	0,425	240,50	795,02	39,75	60,25
#50	0,30	275,50	1070,52	53,53	46,47
#60	0,25	101,50	1172,02	58,60	41,40
#100	0,15	319,00	1491,02	74,55	25,45
#200	0,075	255,00	1746,02	87,30	12,70
PASA #200 (fuente)		245,00	Peso Seco (gr):		<b>2000,00</b>
Total		<b>1991,02</b>	Error <2%		0,45%

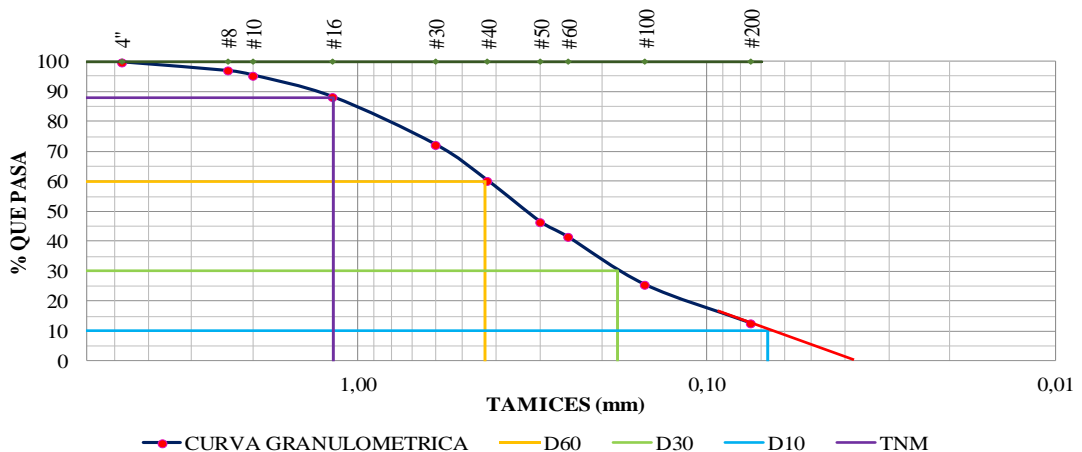
**PARÁMETROS DE LA GRANULOMETRÍA**



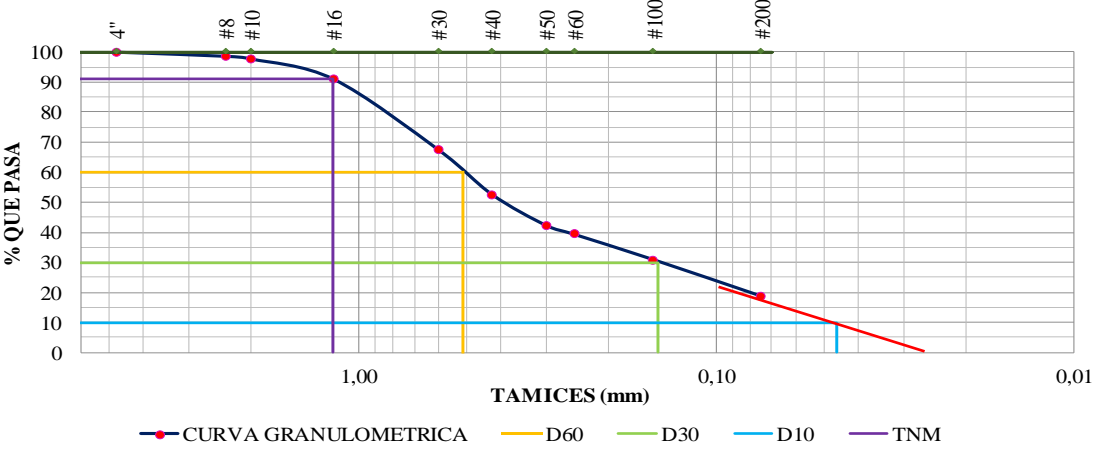
<b>Diámetro Efectivo (D10) en mm</b>	0,067	<b>Coefficiente de uniformidad (Cu)</b>	6,418
<b>Diametro Equiparable (D30) en mm</b>	0,180	<b>Coefficiente de curvatura (Cc)</b>	1,125
<b>Diametro Dimensional (D60) en mm</b>	0,430	<b>Tamaño Nominal Máximo (TNM)</b>	1,180
<b>Grava %</b>	0,31	<b>Arena %</b>	87,30
		<b>Finos %</b>	12,70

**DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO**

Sistemas	Grupo	Tipo de Material	Clasificación
AASHTO	A-2-5	Limo o grava arcillosa y arena	Excelente a bueno
SUCS	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y fino bien graduadas.	-

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>					
<b>PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>					
<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES INDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI				
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	viernes, 9 de diciembre de 2022		
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	3		
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORD:</b>	9907830; 761579		
<b>PARROQUIA:</b>	Guaytacama				
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL- AASHTO T 265 2015</b>					
Recipiente N°	6	5	<b>% Contenido de Humedad Promedio</b>  <b>37,83</b>		
Peso suelo húmedo + recipiente Wm+Wr	351,05	375,36			
Peso suelo seco + recipiente Ws +Wr	268,1	286,24			
Peso del recipiente Wr	50,55	48,77			
Peso de Agua Ww	82,95	89,12			
Peso muestra seca Ws	217,55	237,47			
Cont. de humedad w% = 100*(Ww/Ws)	38,13	37,53			
<b>GRANULOMETRÍA- AASHTO T 88 2013</b>					
TAMIZ #	Abertura (mm)	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	4,76	2,21	2,21	0,11	99,89
#8	2,36	27,55	29,76	1,49	98,51
#10	2,00	18,31	48,07	2,40	97,60
#16	1,18	134,24	182,31	9,12	90,88
#30	0,60	471,65	653,96	32,70	67,30
#40	0,425	297,66	951,62	47,58	52,42
#50	0,30	205,70	1157,32	57,87	42,13
#60	0,25	59,67	1216,99	60,85	39,15
#100	0,15	169,07	1386,06	69,30	30,70
#200	0,075	242,64	1628,70	81,44	18,57
PASA #200 (fuente)		362,79	Peso Seco (gr):		<b>2000,00</b>
Total		<b>1991,49</b>	Error <2%		0,43%
<b>PARÁMETROS DE LA GRANULOMETRÍA</b>					
<b>Diámetro Efectivo (D10) en mm</b>	0,046		<b>Coefficiente de uniformidad (Cu)</b>	11,087	
<b>Diametro Equiparable (D30) en mm</b>	0,145		<b>Coefficiente de curvatura (Cc)</b>	0,896	
<b>Diametro Dimensional (D60) en mm</b>	0,510		<b>Tamaño Nominal Máximo (TNM)</b>	1,180	
<b>Grava %</b>	0,11	<b>Arena %</b>	81,44	<b>Finos %</b>	18,57
<b>DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO</b>					
Sistemas	Grupo	Tipo de Material		Clasificación	
AASHTO	A-2.4	Limo o grava arcillosa y arena		Excelente a bueno	
SUCS	SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla		-	
<b>CURVA GRANULOMÉTRICA</b>					
 <p>The graph plots the percentage of material passing through various sieve sizes. The x-axis represents sieve size in millimeters on a logarithmic scale, and the y-axis represents the percentage of material that passes. Key points are marked: D10 at 0.046 mm, D30 at 0.145 mm, D60 at 0.510 mm, and TNM at 1.180 mm. The curve shows a typical soil distribution with a significant amount of fine material.</p>					



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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	viernes, 9 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	4
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORD:</b>	9911153; 759465
<b>PARROQUIA:</b>	Guaytacama		

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL- AASHTO T 265 2015**

Recipiente N°	20	108	<b>% Contenido de Humedad Promedio</b>  <b>16,81</b>
Peso suelo húmedo + recipiente Wm+Wr	101,85	133,49	
Peso suelo seco + recipiente Ws +Wr	90,75	118,63	
Peso del recipiente Wr	24,69	30,22	
Peso de Agua Ww	11,1	14,86	
Peso muestra seca Ws	66,06	88,41	
Cont. de humedad w% = 100*(Ww/Ws)	16,80	16,81	

**GRANULOMETRÍA- AASHTO T 88 2013**

TAMIZ #	Abertura (mm)	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	4,76	0,55	0,55	0,03	99,97
#8	2,36	14,42	14,97	0,75	99,25
#10	2,00	10,95	25,92	1,30	98,70
#16	1,18	73,81	99,73	4,99	95,01
#30	0,60	247,97	347,70	17,39	82,62
#40	0,425	213,35	561,05	28,05	71,95
#50	0,30	223,44	784,49	39,22	60,78
#60	0,25	81,18	865,67	43,28	56,72
#100	0,15	291,32	1156,99	57,85	42,15
#200	0,075	392,60	1549,59	77,48	22,52
PASA #200 (fuente)		442,51	Peso Seco (gr):		<b>2000,00</b>
Total		<b>1992,10</b>	Error <2%		0,40%

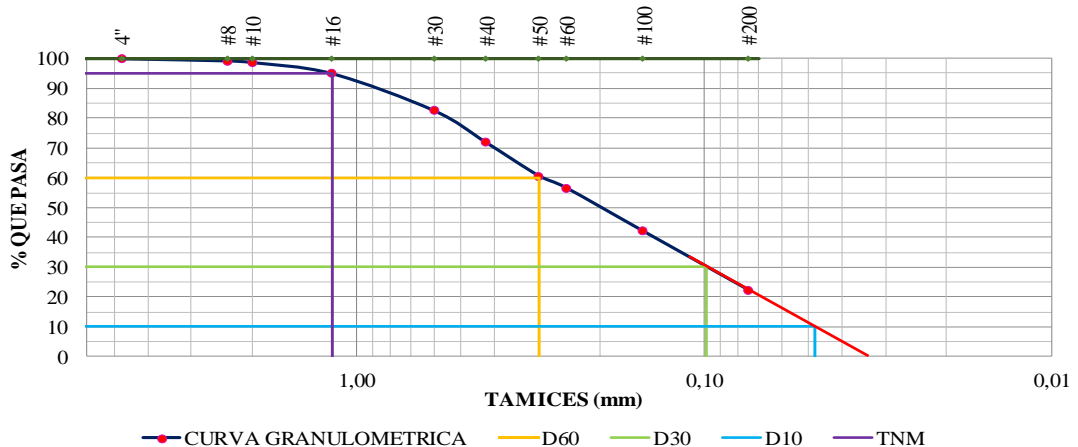
**PARÁMETROS DE LA GRANULOMETRÍA**

<b>Diámetro Efectivo (D10) en mm</b>	0,048	<b>Coficiente de uniformidad (Cu)</b>	6,250
<b>Diametro Equiparable (D30) en mm</b>	0,099	<b>Coficiente de curvatura (Cc)</b>	0,681
<b>Diametro Dimensional (D60) en mm</b>	0,300	<b>Tamaño Nominal Máximo (TNM)</b>	1,180
<b>Grava %</b>	0,03	<b>Arena %</b>	77,48
		<b>Finos %</b>	22,52

**DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO**

Sistemas	Grupo	Tipo de Material	Clasificación
AASHTO	A-2-4	Limo o grava arcillosa y arena	Excelente a bueno
SUCS	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y fino mal graduadas.	-

**CURVA GRANULOMÉTRICA**





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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	viernes, 9 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	5
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORD:</b>	9917357; 753304
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso		

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL- AASHTO T 265 2015**

Recipiente N°	42	70	<b>% Contenido de Humedad Promedio</b>  <b>12,84</b>
Peso suelo húmedo + recipiente W <sub>m</sub> +W <sub>r</sub>	121,5	153,29	
Peso suelo seco + recipiente W <sub>s</sub> +W <sub>r</sub>	110,52	142,39	
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	24,82	57,64	
Peso de Agua W <sub>w</sub>	10,98	10,9	
Peso muestra seca W <sub>s</sub>	85,7	84,75	
Cont. de humedad w% = 100*(W <sub>w</sub> /W <sub>s</sub> )	12,81	12,86	

**GRANULOMETRÍA- AASHTO T 88 2013**

TAMIZ #	Abertura (mm)	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	4,76	3,58	3,58	0,36	99,64
#8	2,36	9,04	12,62	1,26	98,74
#10	2,00	5,31	17,93	1,79	98,21
#16	1,18	40,77	58,70	5,87	94,13
#30	0,60	200,48	259,18	25,92	74,08
#40	0,425	171,72	430,90	43,09	56,91
#50	0,30	122,15	553,05	55,31	44,70
#60	0,25	41,82	594,87	59,49	40,51
#100	0,15	112,24	707,11	70,71	29,29
#200	0,075	130,48	837,59	83,76	16,24
PASA #200 (fuente)		159,14	Peso Seco (gr):		<b>1000,00</b>
Total		<b>996,73</b>	Error <2%		0,33%

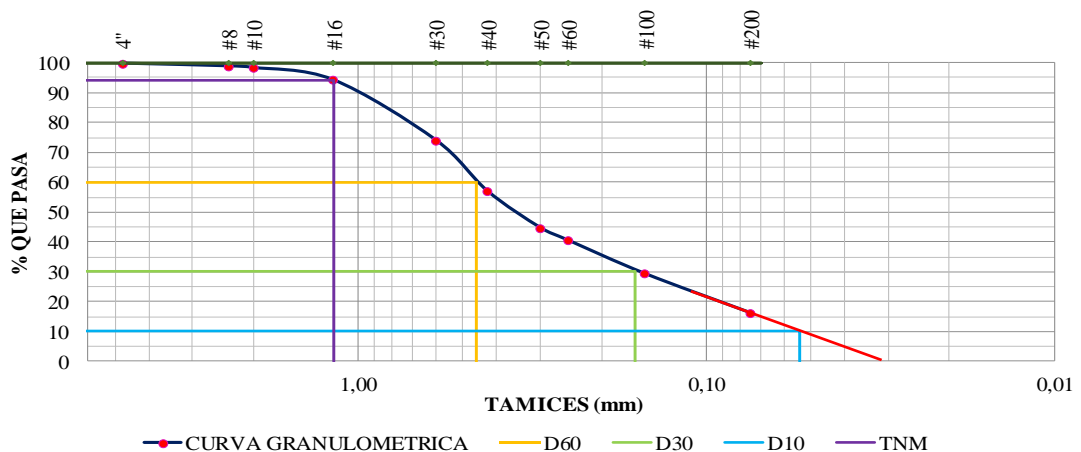
**PARÁMETROS DE LA GRANULOMETRÍA**

<b>Diámetro Efectivo (D10) en mm</b>	0,054	<b>Coefficiente de uniformidad (Cu)</b>	8,519
<b>Diámetro Equiparable (D30) en mm</b>	0,160	<b>Coefficiente de curvatura (Cc)</b>	1,031
<b>Diámetro Dimensional (D60) en mm</b>	0,460	<b>Tamaño Nominal Máximo (TNM)</b>	1,180
<b>Grava %</b>	0,36	<b>Arena %</b>	83,76
		<b>Finos %</b>	16,24

**DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO**

Sistemas	Grupo	Tipo de Material	Clasificación
AASHTO	A-2-4	Limo o grava arcillosa y arena	Excelente a bueno
SUCS	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y fino mal graduadas.	-

**CURVA GRANULOMÉTRICA**





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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	viernes, 9 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	6
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORD:</b>	9920966; 752679
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso		

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL- AASHTO T 265 2015**

Recipiente N°	89	86	<b>% Contenido de Humedad Promedio</b>
Peso suelo húmedo + recipiente W <sub>m</sub> +W <sub>r</sub>	165,68	100,09	
Peso suelo seco + recipiente W <sub>s</sub> +W <sub>r</sub>	135,69	84,7	
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	31,79	31,24	
Peso de Agua W <sub>w</sub>	29,99	15,39	
Peso muestra seca W <sub>s</sub>	103,9	53,46	
Cont. de humedad w% = 100*(W <sub>w</sub> /W <sub>s</sub> )	28,86	28,79	

**GRANULOMETRÍA- AASHTO T 88 2013**

TAMIZ #	Abertura (mm)	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	4,76	1,77	1,77	0,18	99,82
#8	2,36	6,23	8,00	0,80	99,20
#10	2,00	4,51	12,51	1,25	98,75
#16	1,18	35,25	47,76	4,78	95,22
#30	0,60	182,41	230,17	23,02	76,98
#40	0,425	173,82	403,99	40,40	59,60
#50	0,30	125,36	529,35	52,94	47,07
#60	0,25	54,11	583,46	58,35	41,65
#100	0,15	135,65	719,11	71,91	28,09
#200	0,075	153,30	872,41	87,24	12,76
PASA #200 (fuente)		124,10	Peso Seco (gr):		<b>1000,00</b>
Total		<b>996,51</b>	Error <2%		0,35%

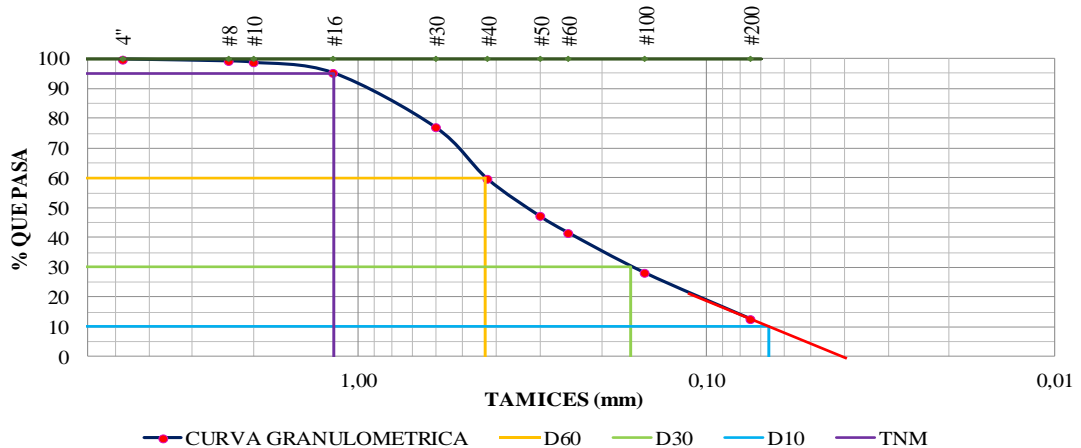
**PARÁMETROS DE LA GRANULOMETRÍA**

<b>Diámetro Efectivo (D10) en mm</b>	0,066	<b>Coefficiente de uniformidad (Cu)</b>	6,545
<b>Diametro Equiparable (D30) en mm</b>	0,165	<b>Coefficiente de curvatura (Cc)</b>	0,955
<b>Diametro Dimensional (D60) en mm</b>	0,432	<b>Tamaño Nominal Máximo (TNM)</b>	1,180
<b>Grava %</b>	0,18	<b>Arena %</b>	87,24
		<b>Finos %</b>	12,76

**DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO**

Sistemas	Grupo	Tipo de Material	Clasificación
AASHTO	A-2-4	Limo o grava arcillosa y arena	Excelente a bueno
SUCS	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y fino mal graduadas.	-

**CURVA GRANULOMÉTRICA**





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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES INDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	viernes, 9 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	7
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORD:</b>	9915824; 748678
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso		

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL- AASHTO T 265 2015**

Recipiente N°	1	62	<b>% Contenido de Humedad Promedio</b>
Peso suelo húmedo + recipiente Wm+Wr	124,14	113,45	
Peso suelo seco + recipiente Ws +Wr	108,43	100,78	
Peso del recipiente Wr	23,81	30,58	
Peso de Agua Ww	15,71	12,67	
Peso muestra seca Ws	84,62	70,2	
Cont. de humedad w% = 100*(Ww/Ws)	18,57	18,05	

**GRANULOMETRÍA- AASHTO T 88 2013**

TAMIZ #	Abertura (mm)	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	4,76	2,15	2,15	0,22	99,79
#8	2,36	6,68	8,83	0,88	99,12
#10	2,00	4,21	13,04	1,30	98,70
#16	1,18	21,68	34,72	3,47	96,53
#30	0,60	78,06	112,78	11,28	88,72
#40	0,425	108,19	220,97	22,10	77,90
#50	0,30	170,79	391,76	39,18	60,82
#60	0,25	80,36	472,12	47,21	52,79
#100	0,15	207,97	680,09	68,01	31,99
#200	0,075	118,41	798,50	79,85	20,15
PASA #200 (fuente)		196,58	Peso Seco (gr):		<b>1000,00</b>
Total		<b>995,08</b>	Error <2%		0,49%

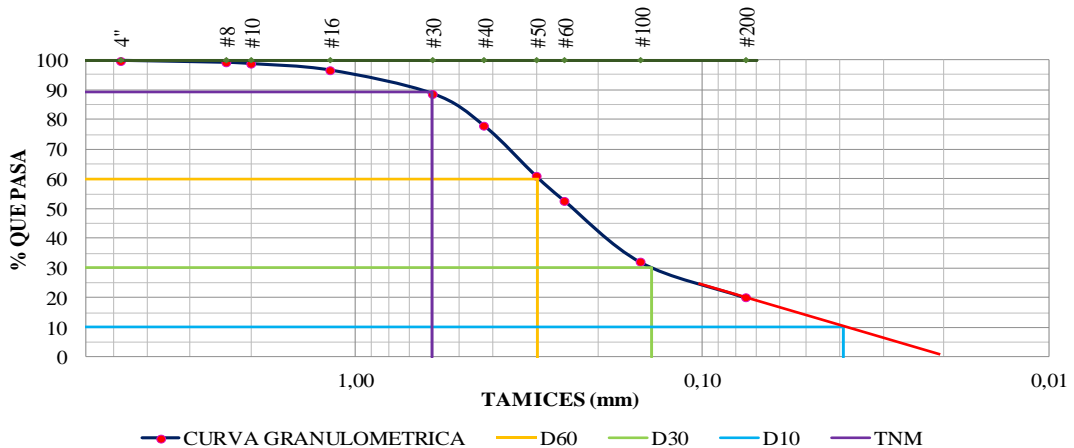
**PARÁMETROS DE LA GRANULOMETRÍA**

<b>Diámetro Efectivo (D10) en mm</b>	0,039	<b>Coefficiente de uniformidad (Cu)</b>	7,692
<b>Diametro Equiparable (D30) en mm</b>	0,140	<b>Coefficiente de curvatura (Cc)</b>	1,675
<b>Diametro Dimensional (D60) en mm</b>	0,300	<b>Tamaño Nominal Máximo (TNM)</b>	0,600
<b>Grava %</b>	0,22	<b>Arena %</b>	79,85
		<b>Finos %</b>	20,15

**DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO**

Sistemas	Grupo	Tipo de Material	Clasificación
AASHTO	A-2-4	Limo o grava arcillosa y arena	Excelente a bueno
SUCS	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y fino bien graduadas.	-

**CURVA GRANULOMÉTRICA**





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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	viernes, 9 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	8
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORD:</b>	9916368; 747040
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso		

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL- AASHTO T 265 2015**

Recipiente N°	103	104	<b>% Contenido de Humedad Promedio</b>
Peso suelo húmedo + recipiente Wm+Wr	163,67	71,97	
Peso suelo seco + recipiente Ws +Wr	139,08	61,91	
Peso del recipiente Wr	30,78	17,17	
Peso de Agua Ww	24,59	10,06	
Peso muestra seca Ws	108,3	44,74	
Cont. de humedad w% = 100*(Ww/Ws)	22,71	22,49	

**GRANULOMETRÍA- AASHTO T 88 2013**

TAMIZ #	Abertura (mm)	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	4,76	0,00	0,00	0,00	100,00
#8	2,36	0,30	0,30	0,03	99,97
#10	2,00	0,42	0,72	0,07	99,93
#16	1,18	5,81	6,53	0,65	99,35
#30	0,60	63,70	70,23	7,02	92,98
#40	0,425	154,32	224,55	22,46	77,55
#50	0,30	197,66	422,21	42,22	57,78
#60	0,25	76,36	498,57	49,86	50,14
#100	0,15	165,35	663,92	66,39	33,61
#200	0,075	131,06	794,98	79,50	20,50
PASA #200 (fuente)		199,11	Peso Seco (gr):		<b>1000,00</b>
Total		<b>994,09</b>	Error <2%		0,59%

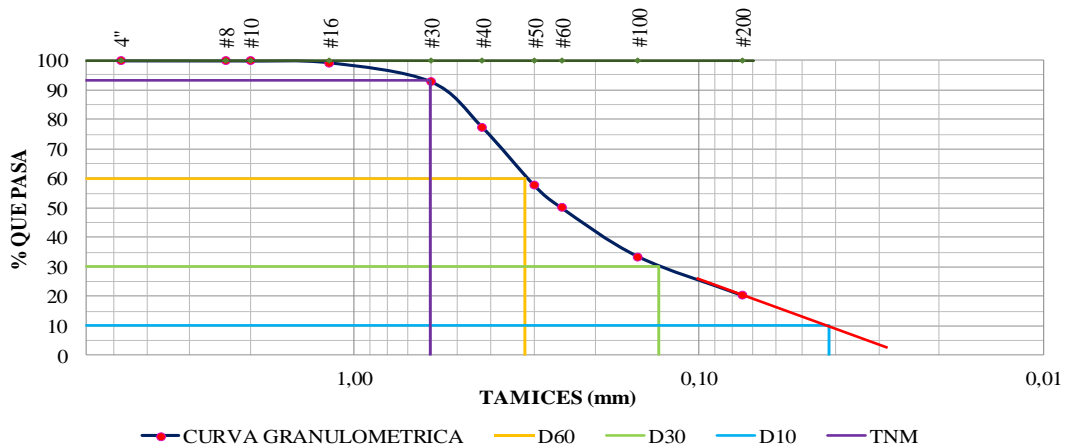
**PARÁMETROS DE LA GRANULOMETRÍA**

<b>Diámetro Efectivo (D10) en mm</b>	0,042	<b>Coefficiente de uniformidad (Cu)</b>	7,619
<b>Diametro Equiparable (D30) en mm</b>	0,130	<b>Coefficiente de curvatura (Cc)</b>	1,257
<b>Diametro Dimensional (D60) en mm</b>	0,320	<b>Tamaño Nominal Máximo (TNM)</b>	0,600
<b>Grava %</b>	0	<b>Arena %</b>	79,50
		<b>Finos %</b>	20,50

**DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO**

Sistemas	Grupo	Tipo de Material	Clasificación
AASHTO	A-2-4	Limo o grava arcillosa y arena	Excelente a bueno
SUCS	SC-SM	Arenas limosas, mezclas de arena y fino, Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla bien graduadas.	-

**CURVA GRANULOMÉTRICA**







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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	viernes, 9 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	9
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORD:</b>	9919217; 745420
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso		

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL- AASHTO T 265 2015**

Recipiente N°	49	10	<b>% Contenido de Humedad Promedio</b>
Peso suelo húmedo + recipiente Wm+Wr	134,08	144,31	
Peso suelo seco + recipiente Ws +Wr	119,5	127,38	
Peso del recipiente Wr	30,6	23,59	
Peso de Agua Ww	14,58	16,93	
Peso muestra seca Ws	88,9	103,79	
Cont. de humedad w% = 100*(Ww/Ws)	16,40	16,31	

**GRANULOMETRÍA- AASHTO T 88 2013**

TAMIZ #	Abertura (mm)	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	4,76	1,51	1,51	0,15	99,85
#8	2,36	4,66	6,17	0,62	99,38
#10	2,00	5,68	11,85	1,19	98,82
#16	1,18	18,26	30,11	3,01	96,99
#30	0,60	77,29	107,40	10,74	89,26
#40	0,425	166,81	274,21	27,42	72,58
#50	0,30	226,93	501,14	50,11	49,89
#60	0,25	78,25	579,39	57,94	42,06
#100	0,15	198,08	777,47	77,75	22,25
#200	0,075	116,45	893,92	89,39	10,61
PASA #200 (fuente)		98,89	Peso Seco (gr):		<b>1000,00</b>
Total		<b>992,81</b>	Error <2%		0,72%

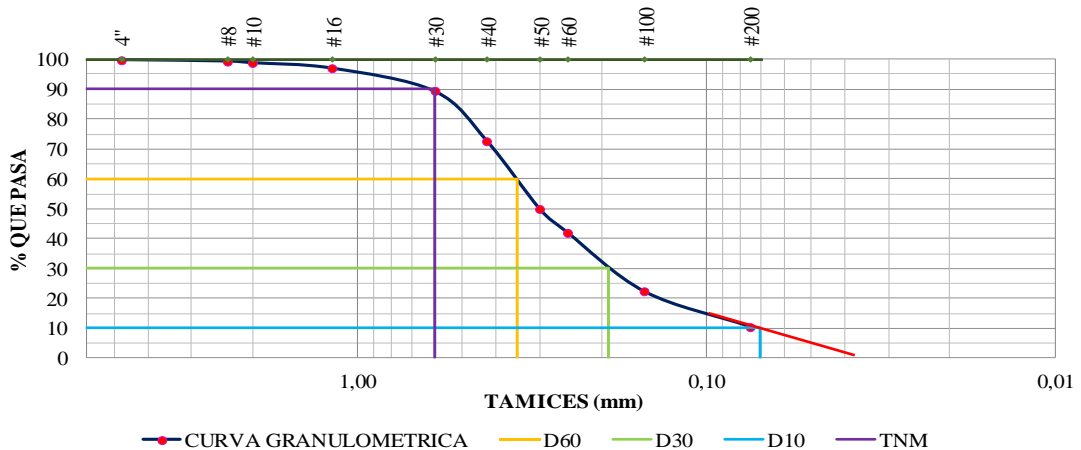
**PARÁMETROS DE LA GRANULOMETRÍA**

<b>Diámetro Efectivo (D10) en mm</b>	0,070	<b>Coefficiente de uniformidad (Cu)</b>	5,000
<b>Diámetro Equiparable (D30) en mm</b>	0,190	<b>Coefficiente de curvatura (Cc)</b>	1,473
<b>Diámetro Dimensional (D60) en mm</b>	0,350	<b>Tamaño Nominal Máximo (TNM)</b>	0,600
<b>Grava %</b>	0,15	<b>Arena %</b>	89,39
		<b>Finos %</b>	10,61

**DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO**

Sistemas	Grupo	Tipo de Material	Clasificación
AASHTO	A-2-4	Limo o grava arcillosa y arena	Excelente a bueno
SUCS	SM-SP	Arenas limosas, arenas pobremente graduadas, arenas gravosas	-

**CURVA GRANULOMÉTRICA**





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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	viernes, 9 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	10
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORD:</b>	9921467; 747249
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso		

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL- AASHTO T 265 2015**

Recipiente N°	12	6	<b>% Contenido de Humedad Promedio</b>
Peso suelo húmedo + recipiente Wm+W <sub>r</sub>	245,76	268,01	
Peso suelo seco + recipiente W <sub>s</sub> +W <sub>r</sub>	198,01	212,76	
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	50,47	49,41	
Peso de Agua W <sub>w</sub>	47,75	55,25	
Peso muestra seca W <sub>s</sub>	147,54	163,35	
Cont. de humedad w% = 100*(W <sub>w</sub> /W <sub>s</sub> )	32,36	33,82	<b>33,09</b>

**GRANULOMETRÍA- AASHTO T 88 2013**

TAMIZ #	Abertura (mm)	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
3/4"	19	18,51	18,51	1,85	98,15
1/2"	12,5	84,95	103,46	10,35	89,65
3/8"	9,5	53,27	156,73	15,67	84,33
#4	4,76	147,80	304,53	30,45	69,55
#8	2,36	199,19	503,72	50,37	49,63
#10	2,00	44,20	547,92	54,79	45,21
#16	1,18	114,41	662,33	66,23	33,77
#30	0,60	117,07	779,40	77,94	22,06
#40	0,425	45,27	824,67	82,47	17,53
#50	0,30	37,87	862,54	86,25	13,75
#60	0,25	15,30	877,84	87,78	12,22
#100	0,15	42,37	920,21	92,02	7,98
#200	0,075	45,87	966,08	96,61	3,39
PASA #200 (fuente)		33,91	Peso Seco (gr):		<b>1000,00</b>
Total		<b>999,99</b>	Error <2%		0,00%

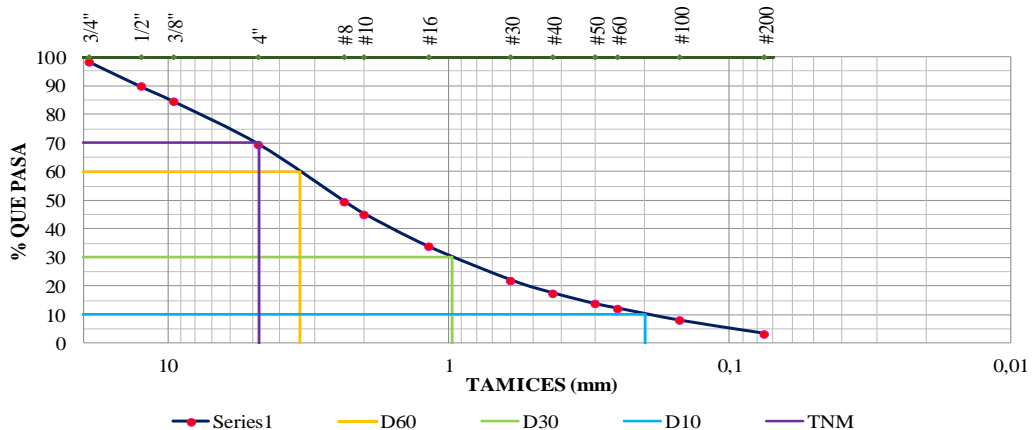
**PARÁMETROS DE LA GRANULOMETRÍA**

<b>Diámetro Efectivo (D10) en mm</b>	0,200	<b>Coefficiente de uniformidad (Cu)</b>	17,000
<b>Diametro Equiparable (D30) en mm</b>	0,970	<b>Coefficiente de curvatura (Cc)</b>	1,384
<b>Diametro Dimensional (D60) en mm</b>	3,400	<b>Tamaño Nominal Máximo (TNM)</b>	4,760
<b>Grava %</b>	30,45	<b>Arena %</b>	96,61
		<b>Finos %</b>	3,39

**DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO**

Sistemas	Grupo	Tipo de Material	Clasificación
AASHTO	A-1-a	fragmentos de roca, grava y arena	Excelente a bueno
SUCS	SW	Arenas bien graduadas, arenas gravosas pocos o ningún fino	-

**CURVA GRANULOMÉTRICA**





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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	viernes, 9 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	11
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORD:</b>	9922111; 744472
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso		

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL- AASHTO T 265 2015**

Recipiente N°	18	20	<b>% Contenido de Humedad Promedio</b>
Peso suelo húmedo + recipiente Wm+Wr	207,22	201,44	
Peso suelo seco + recipiente Ws +Wr	189,49	184,51	
Peso del recipiente Wr	50,28	49,2	
Peso de Agua Ww	17,73	16,93	
Peso muestra seca Ws	139,21	135,31	
Cont. de humedad w% = 100*(Ww/Ws)	12,74	12,51	

**GRANULOMETRÍA- AASHTO T 88 2013**

TAMIZ #	Abertura (mm)	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	4,76	0,86	0,86	0,09	99,91
#8	2,36	14,93	15,79	1,58	98,42
#10	2,00	11,08	26,87	2,69	97,31
#16	1,18	74,46	101,33	10,13	89,87
#30	0,60	227,80	329,13	32,91	67,09
#40	0,425	188,32	517,45	51,75	48,26
#50	0,30	127,17	644,62	64,46	35,54
#60	0,25	44,31	688,93	68,89	31,11
#100	0,15	96,17	785,10	78,51	21,49
#200	0,075	92,75	877,85	87,79	12,22
PASA #200 (fuente)		122,03	Peso Seco (gr):		<b>1000,00</b>
Total		<b>999,88</b>	Error <2%		0,01%

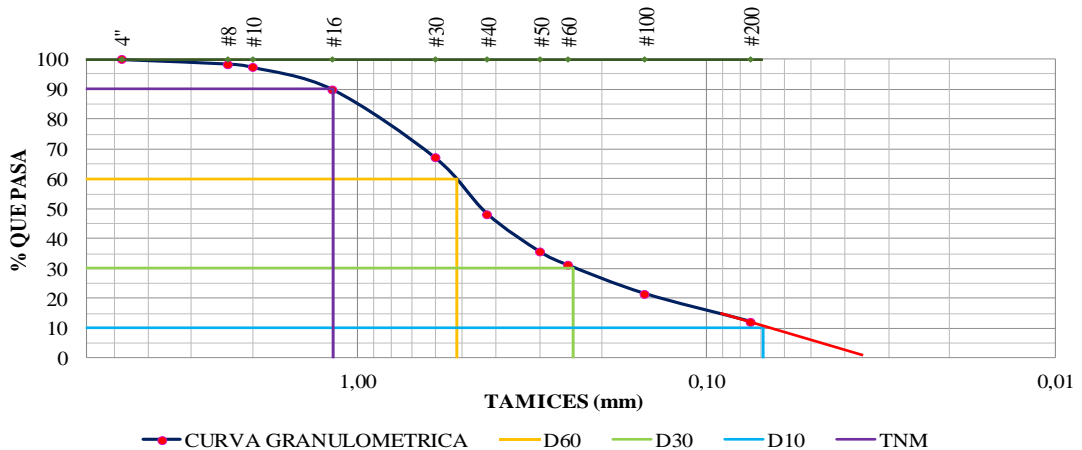
**PARÁMETROS DE LA GRANULOMETRÍA**

<b>Diámetro Efectivo (D10) en mm</b>	0,069	<b>Coeficiente de uniformidad (Cu)</b>	7,536
<b>Diámetro Equiparable (D30) en mm</b>	0,240	<b>Coeficiente de curvatura (Cc)</b>	1,605
<b>Diámetro Dimensional (D60) en mm</b>	0,520	<b>Tamaño Nominal Máximo (TNM)</b>	1,180
<b>Grava %</b>	0,09	<b>Arena %</b>	87,79
		<b>Finos %</b>	12,22

**DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO**

Sistemas	Grupo	Tipo de Material	Clasificación
AASHTO	A-2-4	Limo o grava arcillosa y arena	Excelente a bueno
SUCS	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y fino bien graduadas.	-

**CURVA GRANULOMÉTRICA**





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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA. PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	viernes, 9 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	12
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORD:</b>	9921870; 743109
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso		

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL- AASHTO T 265 2015**

Recipiente N°	11	20	<b>% Contenido de Humedad Promedio</b>  <b>14,11</b>
Peso suelo húmedo + recipiente Wm+Wr	126,65	158,58	
Peso suelo seco + recipiente Ws +Wr	114,25	145,15	
Peso del recipiente Wr	25,72	50,62	
Peso de Agua Ww	12,4	13,43	
Peso muestra seca Ws	88,53	94,53	
Cont. de humedad w% = 100*(Ww/Ws)	14,01	14,21	

**GRANULOMETRÍA- AASHTO T 88 2013**

TAMIZ #	Abertura (mm)	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	4,76	0,46	0,46	0,05	99,95
#8	2,36	15,33	15,79	1,58	98,42
#10	2,00	10,68	26,47	2,65	97,35
#16	1,18	74,96	101,43	10,14	89,86
#30	0,60	227,40	328,83	32,88	67,12
#40	0,425	189,02	517,85	51,79	48,22
#50	0,30	126,37	644,22	64,42	35,58
#60	0,25	44,71	688,93	68,89	31,11
#100	0,15	95,77	784,70	78,47	21,53
#200	0,075	93,45	878,15	87,82	12,19
PASA #200 (fuente)		121,63	Peso Seco (gr):		<b>1000,00</b>
Total		<b>999,78</b>	Error <2%		0,02%

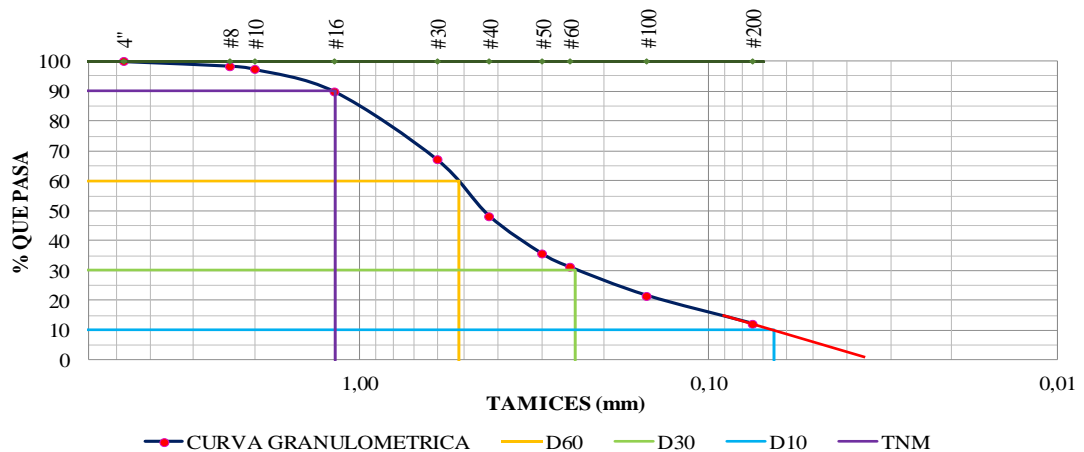
**PARÁMETROS DE LA GRANULOMETRÍA**

<b>Diámetro Efectivo (D10) en mm</b>	0,065	<b>Coefficiente de uniformidad (Cu)</b>	8,000
<b>Diametro Equiparable (D30) en mm</b>	0,240	<b>Coefficiente de curvatura (Cc)</b>	1,704
<b>Diametro Dimensional (D60) en mm</b>	0,520	<b>Tamaño Nominal Máximo (TNM)</b>	1,180
<b>Grava %</b>	0,05	<b>Arena %</b>	87,82
		<b>Finos %</b>	12,19

**DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO**

Sistemas	Grupo	Tipo de Material	Clasificación
AASHTO	A-2-4	Limo o grava arcillosa y arena	Excelente a bueno
SUCS	SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla	-

**CURVA GRANULOMÉTRICA**





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

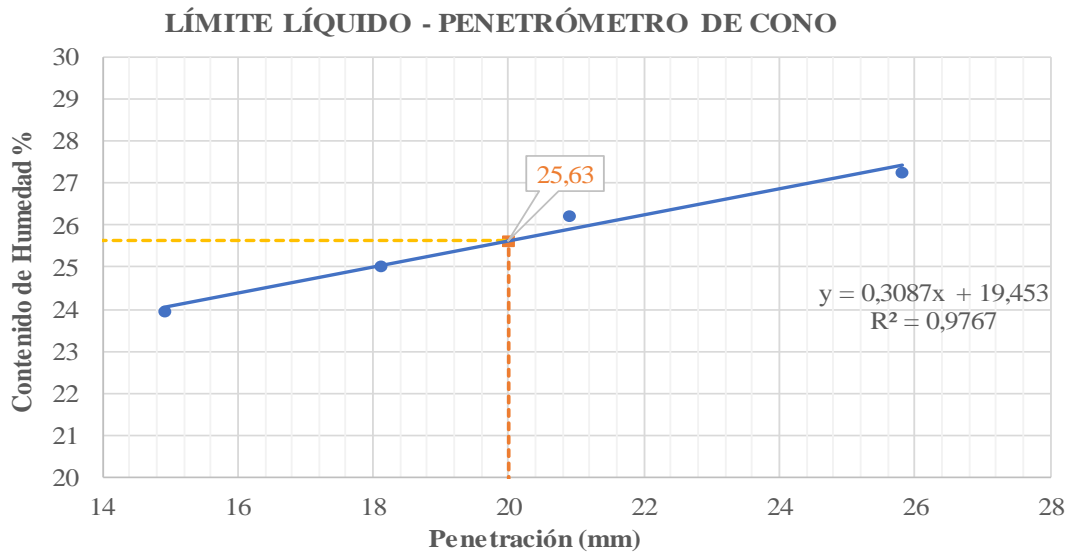


**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA. PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	sábado, 10 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	1
<b>CANTÓN:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9903205; 763901
<b>PARROQUIA:</b>	Guaytacama	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-90, BS 1377:1990

**ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO PENETRÓMETRO DE CONO - BS 1377:1990**

Recipiente	07AI	5	17	25I
Penetración (mm)	14,90	18,10	20,90	25,80
Peso muestra húmeda + rec (gr)	33,64	20,15	32,26	34,43
Peso muestra seca + rec (gr)	29,36	18,42	27,93	29,38
Peso recipiente (gr)	11,48	11,52	11,42	10,85
Peso agua (gr) Ww	4,28	1,73	4,33	5,05
Peso sólidos (gr) Ws	17,88	6,90	16,51	18,53
Contenido de humedad (w%)	23,94	25,00	26,23	27,25
<b>LÍMITE LÍQUIDO (LL%)</b>	<b>25,63</b>			



**ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO- AASHTO T 90 2016**

Recipiente	5	54	79	25	4
Peso muestra húmeda + rec (gr)	13,33	11,65	12,86	13,01	12,50
Peso muestra seca + rec (gr)	12,82	11,44	12,47	12,60	12,14
Peso recipiente (gr)	10,45	10,55	10,62	10,70	10,56
Peso agua (gr) Ww	0,51	0,21	0,39	0,41	0,36
Peso sólidos (gr) Ws	2,37	0,89	1,85	1,90	1,58
Contenido de humedad (w%)	21,52	23,60	21,08	21,58	22,78
Promedio de (w%)	22,11				
<b>LÍMITE PLÁSTICO (LP%)</b>	<b>22,11</b>				
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP = LL - LP)</b>	<b>3,52</b>				



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



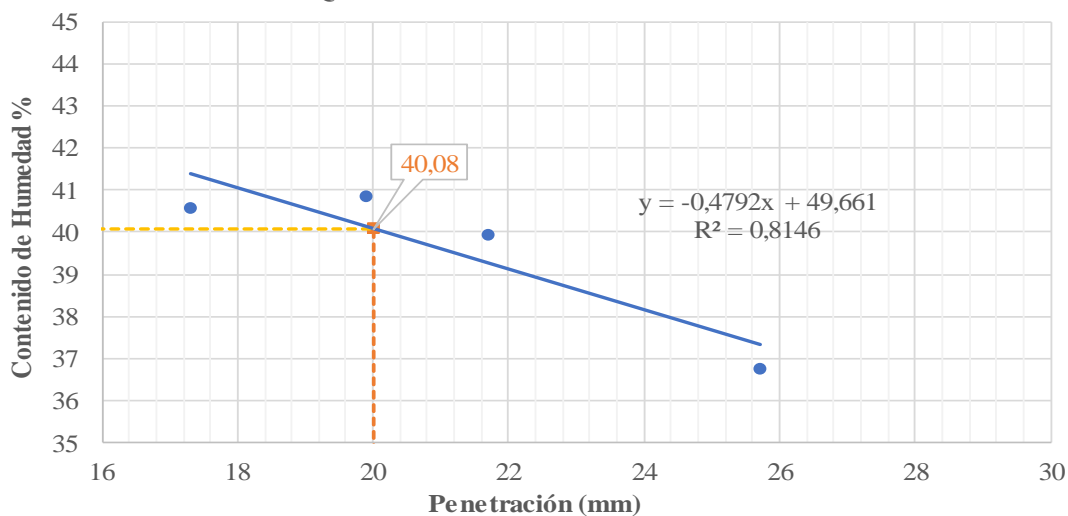
**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA. PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	sábado, 10 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	2
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9909749; 763743
<b>PARROQUIA:</b>	Guaytacama	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-90, BS 1377:1990

**ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO PENETRÓMETRO DE CONO - BS 1377:1990**

Recipiente	90A	8	6	64
Penetración (mm)	17,30	19,90	21,70	25,70
Peso muestra húmeda + rec (gr)	31,80	35,91	35,92	37,29
Peso muestra seca + rec (gr)	25,83	30,63	30,74	30,30
Peso recipiente (gr)	11,11	17,70	17,77	11,29
Peso agua (gr) Ww	5,97	5,28	5,18	6,99
Peso sólidos (gr) Ws	14,72	12,93	12,97	19,01
Contenido de humedad (w%)	40,56	40,84	39,94	36,77
<b>LÍMITE LÍQUIDO (LL%)</b>	<b>40,08</b>			

**LÍMITE LÍQUIDO - PENETRÓMETRO DE CONO**



**ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO- AASHTO T 90 2016**

Recipiente	12	47	3	9	54
Peso muestra húmeda + rec (gr)	11,14	6,83	11,42	11,37	6,71
Peso muestra seca + rec (gr)	11,00	6,64	11,25	11,19	6,53
Peso recipiente (gr)	10,61	6,10	10,80	10,73	6,00
Peso agua (gr) Ww	0,14	0,19	0,17	0,18	0,18
Peso sólidos (gr) Ws	0,39	0,54	0,45	0,46	0,53
Contenido de humedad (w%)	35,90	35,19	37,78	39,13	33,96
Promedio de (w%)	36,39				
<b>LÍMITE PLÁSTICO (LP%)</b>	<b>36,39</b>				
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP = LL - LP)</b>	<b>3,69</b>				



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



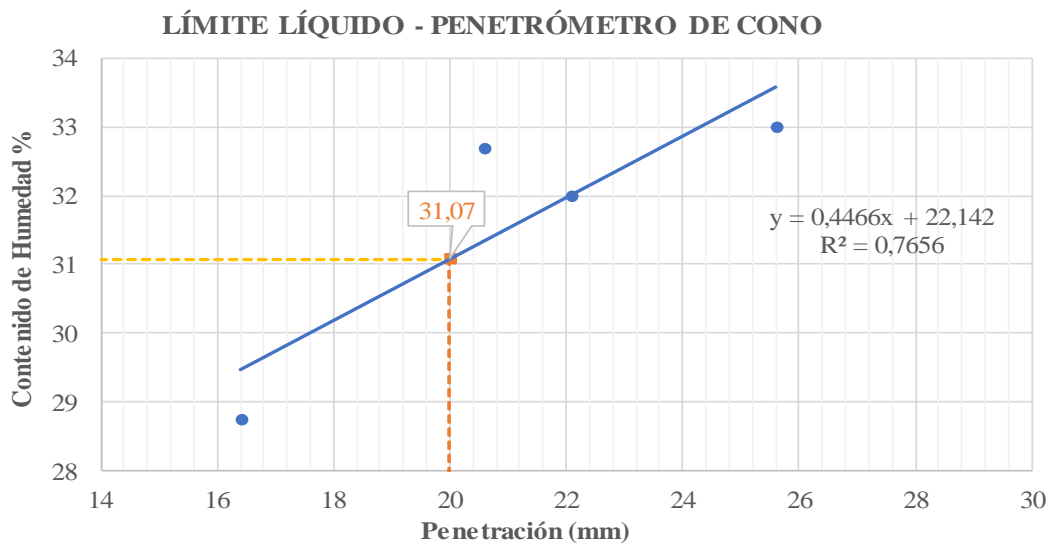
**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA. PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	sábado, 10 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	3
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9907830; 761579
<b>PARROQUIA:</b>	Guaytacama	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-90, BS 1377:1990

**ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO PENETRÓMETRO DE CONO - BS 1377:1990**

Recipiente	41	18	03 AI	05A	64	15	27I
Penetración (mm)	16,40		20,60	22,10		25,60	
Peso muestra húmeda + rec (gr)	20,39	19,15	21,05	20,15	19,75	21,42	20,87
Peso muestra seca + rec (gr)	18,31	17,45	18,70	17,94	17,70	18,93	18,36
Peso recipiente (gr)	11,06	11,55	11,51	11,05	11,27	11,45	10,68
Peso agua (gr) Ww	2,08	1,70	2,35	2,21	2,05	2,49	2,51
Peso sólidos (gr) Ws	7,25	5,90	7,19	6,89	6,43	7,48	7,68
Contenido de humedad (w%)	28,69	28,81	32,68	32,08	31,88	33,29	32,68
Promedio de (w%)	28,75		32,68	31,98		32,99	

**LÍMITE LÍQUIDO (LL%)** 31,07



**ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO- AASHTO T 90 2016**

Recipiente	200	76	P1	90	54
Peso muestra húmeda + rec (gr)	11,55	11,49	11,39	11,45	11,56
Peso muestra seca + rec (gr)	11,39	11,33	11,28	11,31	11,38
Peso recipiente (gr)	10,70	10,64	10,78	10,76	10,69
Peso agua (gr) Ww	0,16	0,16	0,11	0,14	0,18
Peso sólidos (gr) Ws	0,69	0,69	0,50	0,55	0,69
Contenido de humedad (w%)	23,19	23,19	22,00	25,45	26,09
Promedio de (w%)	23,98				
<b>LÍMITE PLÁSTICO (LP%)</b>	23,98				
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP = LL - LP)</b>	7,09				



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



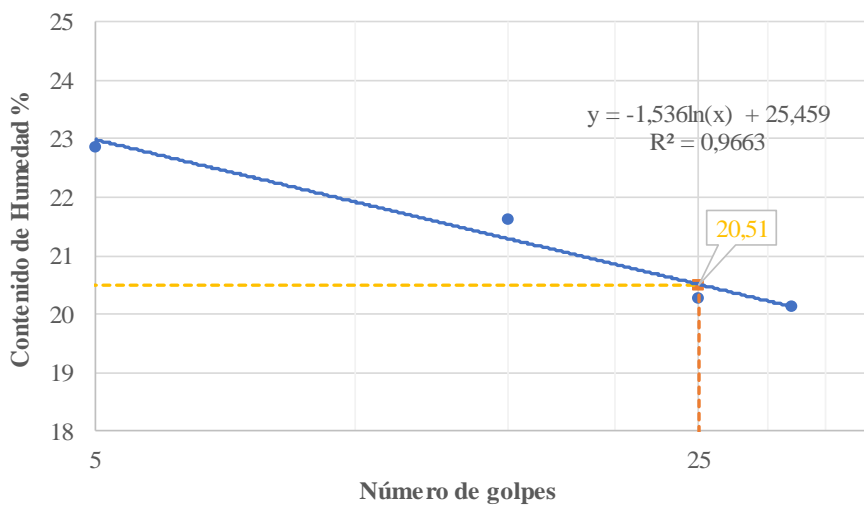
**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES INDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA. PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	sábado, 10 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	4
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9911153; 759465
<b>PARROQUIA:</b>	Guaytacama	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-90, AASHTO T 89 2013

**ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO - AASHTO T 89 2013**

Recipiente	60	62	05A	64	28	29	03 AI	07 AI
Número de golpes	32		25		15		5	
Peso muestra húmeda + rec (gr)	12,38	12,04	12,06	13,30	24,35	21,09	14,09	13,13
Peso muestra seca + rec (gr)	12,15	11,86	11,88	12,96	21,33	18,66	13,62	12,81
Peso recipiente (gr)	10,93	11,02	11,00	11,27	7,47	7,37	11,49	11,46
Peso agua (gr) Ww	0,23	0,18	0,18	0,34	3,02	2,43	0,47	0,32
Peso sólidos (gr) Ws	1,22	0,84	0,88	1,69	13,86	11,29	2,13	1,35
Contenido de humedad (w%)	18,85	21,43	20,45	20,12	21,76	21,49	22,07	23,70
Promedio de (w%)	20,14		20,29		21,62		22,88	
<b>LÍMITE LÍQUIDO (LL%)</b>	<b>20,51</b>							

**LÍMITE LÍQUIDO - COPA DE CASAGRANDE**



**ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO- AASHTO T 90 2016**

Recipiente	51	9	42	203	41
Peso muestra húmeda + rec (gr)	6,63	6,96	5,67	7,32	7,37
Peso muestra seca + rec (gr)	6,48	6,83	5,47	7,16	7,16
Peso recipiente (gr)	5,95	6,02	4,23	6,23	6,15
Peso agua (gr) Ww	0,15	0,13	0,20	0,16	0,21
Peso sólidos (gr) Ws	0,53	0,81	1,24	0,93	1,01
Contenido de humedad (w%)	28,30	16,05	16,13	17,20	20,79
Promedio de (w%)	19,70				
<b>LÍMITE PLÁSTICO (LP%)</b>	<b>19,70</b>				
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP = LL - LP)</b>	<b>0,8</b>				





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

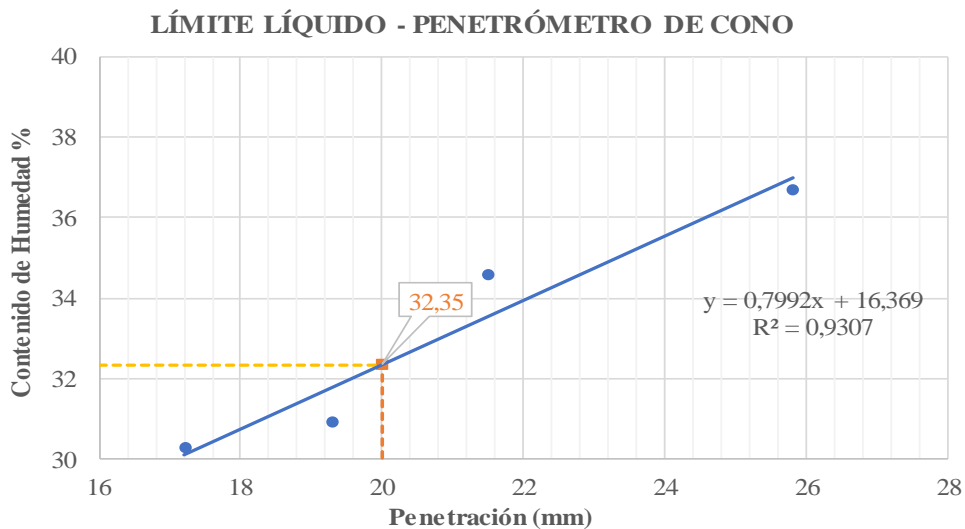


**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	sábado, 10 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	5
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9917357; 753304
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-90, BS 1377:1990

**ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO PENETRÓMETRO DE CONO - BS 1377:1990**

Recipiente	4	8	1	39
Penetración (mm)	17,20	19,30	21,50	25,80
Peso muestra húmeda + rec (gr)	53,20	45,10	35,95	57,97
Peso muestra seca + rec (gr)	44,90	38,63	31,21	45,52
Peso recipiente (gr)	17,48	17,70	17,50	11,59
Peso agua (gr) Ww	8,30	6,47	4,74	12,45
Peso sólidos (gr) Ws	27,42	20,93	13,71	33,93
Contenido de humedad (w%)	30,27	30,91	34,57	36,69
<b>LÍMITE LÍQUIDO (LL%)</b>	<b>32,35</b>			



**ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO- AASHTO T 90 2016**

Recipiente	203	41	9	51	76
Peso muestra húmeda + rec (gr)	7,15	6,66	6,90	6,67	11,68
Peso muestra seca + rec (gr)	6,97	6,55	6,70	6,52	11,44
Peso recipiente (gr)	6,31	6,15	6,02	6,03	10,64
Peso agua (gr) Ww	0,18	0,11	0,20	0,15	0,24
Peso sólidos (gr) Ws	0,66	0,40	0,68	0,49	0,80
Contenido de humedad (w%)	27,27	27,50	29,41	30,61	30,00
Promedio de (w%)	28,96				
<b>LÍMITE PLÁSTICO (LP%)</b>	<b>28,96</b>				
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP = LL - LP)</b>	<b>3,39</b>				



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

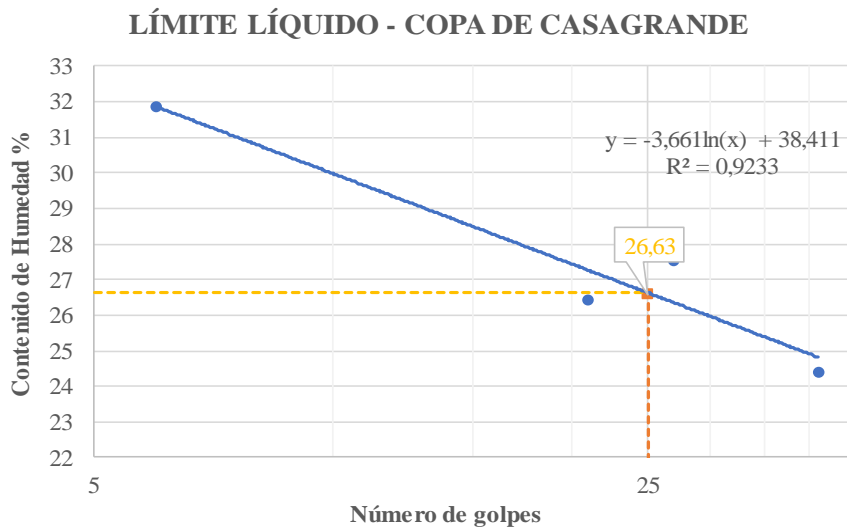


**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES INDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI			
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	sábado, 10 de diciembre de 2022	
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	6	
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9920966; 752679	
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-90, AASHTO T 89 2013	

**ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO - AASHTO T 89 2013**

Recipiente	1	76	75	66AI	34	63	70	35
Número de golpes	41		27		21		6	
Peso muestra húmeda + rec (gr)	17,61	16,91	17,05	17,36	17,37	15,62	16,90	18,07
Peso muestra seca + rec (gr)	16,37	15,83	15,72	15,96	16,09	14,67	15,43	16,43
Peso recipiente (gr)	11,31	11,39	10,86	10,91	11,23	11,09	10,85	11,25
Peso agua (gr) Ww	1,24	1,08	1,33	1,40	1,28	0,95	1,47	1,64
Peso sólidos (gr) Ws	5,06	4,44	4,86	5,05	4,86	3,58	4,58	5,18
Contenido de humedad (w%)	24,51	24,32	27,37	27,72	26,34	26,54	32,10	31,66
Promedio de (w%)	24,42		27,54		26,44		31,88	
<b>LÍMITE LÍQUIDO (LL%)</b>	<b>26,63</b>							



**ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO- AASHTO T 90 2016**

Recipiente	41	9	51	203	76
Peso muestra húmeda + rec (gr)	7,06	6,75	6,41	6,75	11,14
Peso muestra seca + rec (gr)	6,89	6,61	6,31	6,66	11,06
Peso recipiente (gr)	6,15	6,02	5,95	6,23	10,64
Peso agua (gr) Ww	0,17	0,14	0,10	0,09	0,08
Peso sólidos (gr) Ws	0,74	0,59	0,36	0,43	0,42
Contenido de humedad (w%)	22,97	23,73	27,78	20,93	19,05
Promedio de (w%)	22,89				
<b>LÍMITE PLÁSTICO (LP%)</b>	<b>22,89</b>				
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP = LL - LP)</b>	<b>3,74</b>				



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



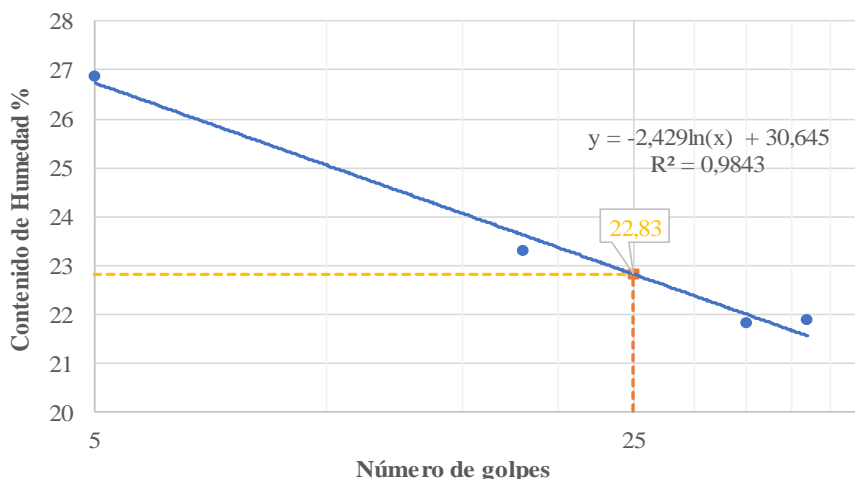
**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	sábado, 10 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	7
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9915824; 748678
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-90, AASHTO T 89 2013

**ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO - AASHTO T 89 2013**

Recipiente	P1	76	54	98	35	66	70	76
Número de golpes	42		35		18		5	
Peso muestra húmeda + rec (gr)	13,33	14,02	17,37	19,04	18,48	15,95	15,94	17,07
Peso muestra seca + rec (gr)	12,87	13,42	16,17	17,56	17,11	15,00	14,85	15,88
Peso recipiente (gr)	10,78	10,67	10,69	10,76	11,26	10,91	10,84	11,40
Peso agua (gr) Ww	0,46	0,60	1,20	1,48	1,37	0,95	1,09	1,19
Peso sólidos (gr) Ws	2,09	2,75	5,48	6,80	5,85	4,09	4,01	4,48
Contenido de humedad (w%)	22,01	21,82	21,90	21,76	23,42	23,23	27,18	26,56
Promedio de (w%)	21,91		21,83		23,32		26,87	
<b>LÍMITE LÍQUIDO (LL%)</b>	<b>22,83</b>							

**LÍMITE LÍQUIDO - COPA DE CASAGRANDE**



**ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO- AASHTO T 90 2016**

Recipiente	A2	11	71	73	201
Peso muestra húmeda + rec (gr)	6,99	12,08	7,03	11,38	11,63
Peso muestra seca + rec (gr)	6,87	11,87	6,85	11,23	11,49
Peso recipiente (gr)	6,14	10,67	6,21	10,58	10,69
Peso agua (gr) Ww	0,12	0,21	0,18	0,15	0,14
Peso sólidos (gr) Ws	0,73	1,20	0,64	0,65	0,80
Contenido de humedad (w%)	16,44	17,50	28,13	23,08	17,50
Promedio de (w%)	20,53				
<b>LÍMITE PLÁSTICO (LP%)</b>	<b>20,53</b>				
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP = LL - LP)</b>	<b>2,30</b>				



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

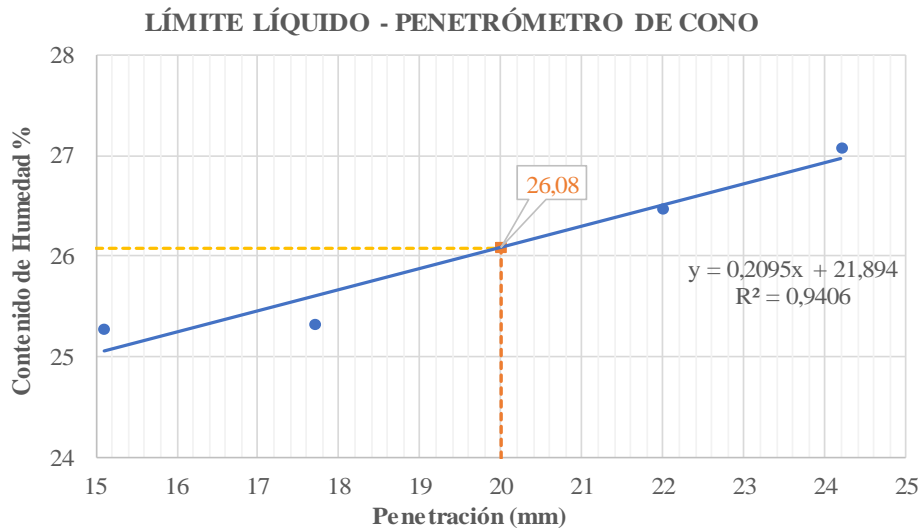


**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	sábado, 10 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	8
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9916368; 747040
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-90, BS 1377:1990

**ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO PENETRÓMETRO DE CONO - BS 1377:1990**

Recipiente	33A	5	1	79
Penetración (mm)	15,10	17,70	22,00	24,20
Peso muestra húmeda + rec (gr)	51,69	67,03	36,83	34,23
Peso muestra seca + rec (gr)	43,50	57,08	31,53	29,34
Peso recipiente (gr)	11,09	17,78	11,50	11,28
Peso agua (gr) Ww	8,19	9,95	5,30	4,89
Peso sólidos (gr) Ws	32,41	39,30	20,03	18,06
Contenido de humedad (w%)	25,27	25,32	26,46	27,08
<b>LÍMITE LÍQUIDO (LL%)</b>	<b>26,08</b>			



**ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO- AASHTO T 90 2016**

Recipiente	18	5	2E	82	10
Peso muestra húmeda + rec (gr)	12,03	11,63	11,66	11,94	11,49
Peso muestra seca + rec (gr)	11,79	11,44	11,47	11,74	11,33
Peso recipiente (gr)	10,57	10,54	10,65	10,77	10,57
Peso agua (gr) Ww	0,24	0,19	0,19	0,20	0,16
Peso sólidos (gr) Ws	1,22	0,90	0,82	0,97	0,76
Contenido de humedad (w%)	19,67	21,11	23,17	20,62	21,05
Promedio de (w%)	21,13				
<b>LÍMITE PLÁSTICO (LP%)</b>	<b>21,13</b>				
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP = LL - LP)</b>	<b>4,96</b>				



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



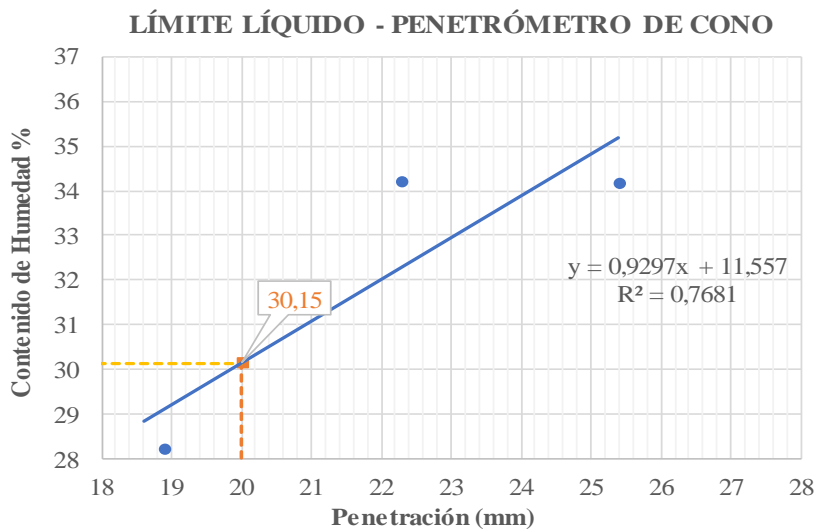
**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	sábado, 10 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	9
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9919217; 745420
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-90, BS 1377:1990

**ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO PENETRÓMETRO DE CONO - BS 1377:1990**

Recipiente	21A	16	2
Penetración (mm)	18,90	22,30	25,40
Peso muestra húmeda + rec (gr)	25,46	32,14	46,67
Peso muestra seca + rec (gr)	22,30	26,79	39,31
Peso recipiente (gr)	11,10	11,15	17,77
Peso agua (gr) Ww	3,16	5,35	7,36
Peso sólidos (gr) Ws	11,20	15,64	21,54
Contenido de humedad (w%)	28,21	34,21	34,17

**LÍMITE LÍQUIDO (LL%)** 30,15



**ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO- AASHTO T 90 2016**

Recipiente	5	BM1	2E	80	15
Peso muestra húmeda + rec (gr)	12,03	12,05	12,46	12,86	11,49
Peso muestra seca + rec (gr)	11,72	11,79	12,08	12,43	11,30
Peso recipiente (gr)	10,54	10,83	10,63	10,78	10,57
Peso agua (gr) Ww	0,31	0,26	0,38	0,43	0,19
Peso sólidos (gr) Ws	1,18	0,96	1,45	1,65	0,73
Contenido de humedad (w%)	26,27	27,08	26,21	26,06	26,03
Promedio de (w%)	26,33				
<b>LÍMITE PLÁSTICO (LP%)</b>	26,33				
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP = LL - LP)</b>	3,82				



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

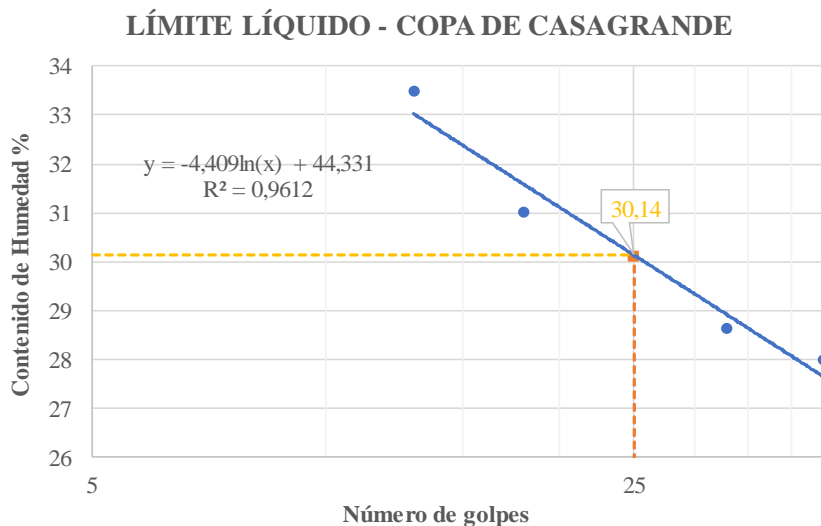


**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES INDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA. PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	sábado, 10 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	10
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9921467; 747249
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-90, AASHTO T 89 2013

**ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO- AASHTO T 89 2013**

Recipiente	31	38	68	10I	03AI	77	26A	13
Número de golpes	44		33		18		13	
Peso muestra húmeda + rec (gr)	19,44	15,36	16,49	15,32	15,83	17,40	15,22	16,58
Peso muestra seca + rec (gr)	17,96	14,59	15,22	14,37	14,81	15,98	14,22	15,20
Peso recipiente (gr)	12,80	11,77	10,86	11,00	11,51	11,42	11,22	11,10
Peso agua (gr) Ww	1,48	0,77	1,27	0,95	1,02	1,42	1,00	1,38
Peso sólidos (gr) Ws	5,16	2,82	4,36	3,37	3,30	4,56	3,00	4,10
Contenido de humedad (w%)	28,68	27,30	29,13	28,19	30,91	31,14	33,33	33,66
Promedio de (w%)	27,99		28,66		31,02		33,50	
<b>LÍMITE LÍQUIDO (LL%)</b>	<b>30,14</b>							



**ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO- AASHTO T 90 2016**

Recipiente	76	41	17	201	37
Peso muestra húmeda + rec (gr)	11,39	6,96	11,76	11,54	6,56
Peso muestra seca + rec (gr)	11,25	6,80	11,59	11,37	6,50
Peso recipiente (gr)	10,65	6,15	10,89	10,70	6,25
Peso agua (gr) Ww	0,14	0,16	0,17	0,17	0,06
Peso sólidos (gr) Ws	0,60	0,65	0,70	0,67	0,25
Contenido de humedad (w%)	23,33	24,62	24,29	25,37	24,00
Promedio de (w%)	24,32				
<b>LÍMITE PLÁSTICO (LP%)</b>	<b>24,32</b>				
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP = LL - LP)</b>	<b>5,82</b>				



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



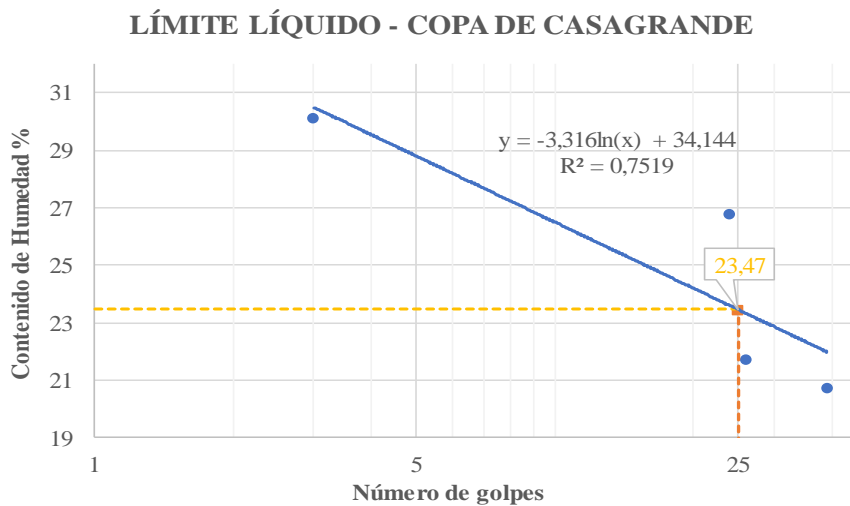
**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES INDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI			
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	sábado, 10 de diciembre de 2022	
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	11	
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9922111; 744472	
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-90, AASHTO T 89 2013	

**ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO- AASHTO T 89 2013**

Recipiente	SP	203	74	9	47	51	6	21
Número de golpes	39		26		24		3	
Peso muestra húmeda + rec (gr)	7,67	9,47	9,29	9,78	10,92	12,94	10,84	13,45
Peso muestra seca + rec (gr)	7,09	8,91	8,42	9,10	9,62	11,93	10,04	12,06
Peso recipiente (gr)	4,27	6,23	4,36	6,02	6,08	5,95	7,43	7,37
Peso agua (gr) Ww	0,58	0,56	0,87	0,68	1,30	1,01	0,80	1,39
Peso sólidos (gr) Ws	2,82	2,68	4,06	3,08	3,54	5,98	2,61	4,69
Contenido de humedad (w%)	20,57	20,90	21,43	22,08	36,72	16,89	30,65	29,64
Promedio de (w%)	20,73		21,75		26,81		30,14	

**LÍMITE LÍQUIDO (LL%)** 23,47



**ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO- AASHTO T 90 2016**

Recipiente	P7	202	5	104	4
Peso muestra húmeda + rec (gr)	11,16	11,31	11,38	11,29	11,56
Peso muestra seca + rec (gr)	11,07	11,20	11,26	11,18	11,35
Peso recipiente (gr)	10,63	10,70	10,71	10,68	10,48
Peso agua (gr) Ww	0,09	0,11	0,12	0,11	0,21
Peso sólidos (gr) Ws	0,44	0,50	0,55	0,50	0,87
Contenido de humedad (w%)	20,45	22,00	21,82	22,00	24,14
Promedio de (w%)	22,08				
<b>LÍMITE PLÁSTICO (LP%)</b>	22,08				
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP = LL - LP)</b>	1,39				



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



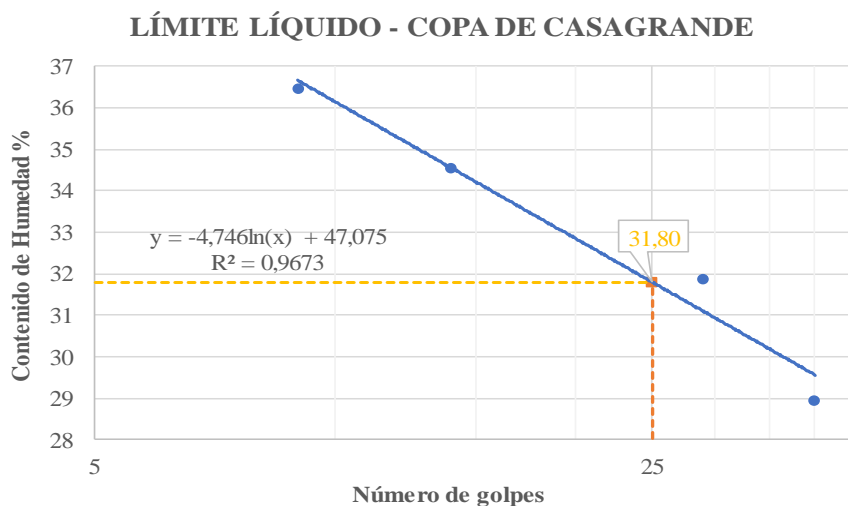
**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES INDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA. PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	sábado, 10 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	12
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9921870; 743109
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-90, AASHTO T 89 2013

**ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO- AASHTO T 89 2013**

Recipiente	03AI	85	22	13	45	66	21	11
Número de golpes	40		29		14		9	
Peso muestra húmeda + rec (gr)	21,44	17,36	13,52	17,58	16,21	14,13	13,56	18,22
Peso muestra seca + rec (gr)	19,22	16,10	12,85	16,08	15,34	13,43	12,94	16,30
Peso recipiente (gr)	11,51	11,77	10,86	11,10	12,80	11,42	11,22	11,10
Peso agua (gr) Ww	2,22	1,26	0,67	1,50	0,87	0,70	0,62	1,92
Peso sólidos (gr) Ws	7,71	4,33	1,99	4,98	2,54	2,01	1,72	5,20
Contenido de humedad (w%)	28,79	29,10	33,67	30,12	34,25	34,83	36,05	36,92
Promedio de (w%)	28,95		31,89		34,54		36,48	

**LÍMITE LÍQUIDO (LL%)** 31,80



**ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO- AASHTO T 90 2016**

Recipiente	45	5	44	85	3
Peso muestra húmeda + rec (gr)	12,25	18,30	15,30	9,85	17,26
Peso muestra seca + rec (gr)	11,06	15,94	14,40	9,16	16,10
Peso recipiente (gr)	6,23	6,25	10,76	6,50	10,60
Peso agua (gr) Ww	1,19	2,36	0,90	0,69	1,16
Peso sólidos (gr) Ws	4,83	9,69	3,64	2,66	5,50
Contenido de humedad (w%)	24,64	24,36	24,73	25,94	21,09
Promedio de (w%)	24,15				

**LÍMITE PLÁSTICO (LP%)** 24,15

**ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP = LL - LP)** 7,65





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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	miércoles, 9 de noviembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	2
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORD:</b>	9903205; 763901
<b>PARROQUIA:</b>	Guaytacama	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-180, ASTM D-1557

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

Número de Golpes	56			Peso del Molde	6994 gr
Número de Capas	5			Volumen del Molde	3243,33 cm <sup>3</sup>
Peso del Martillo	10 lb			Altura de Caída	18"
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000

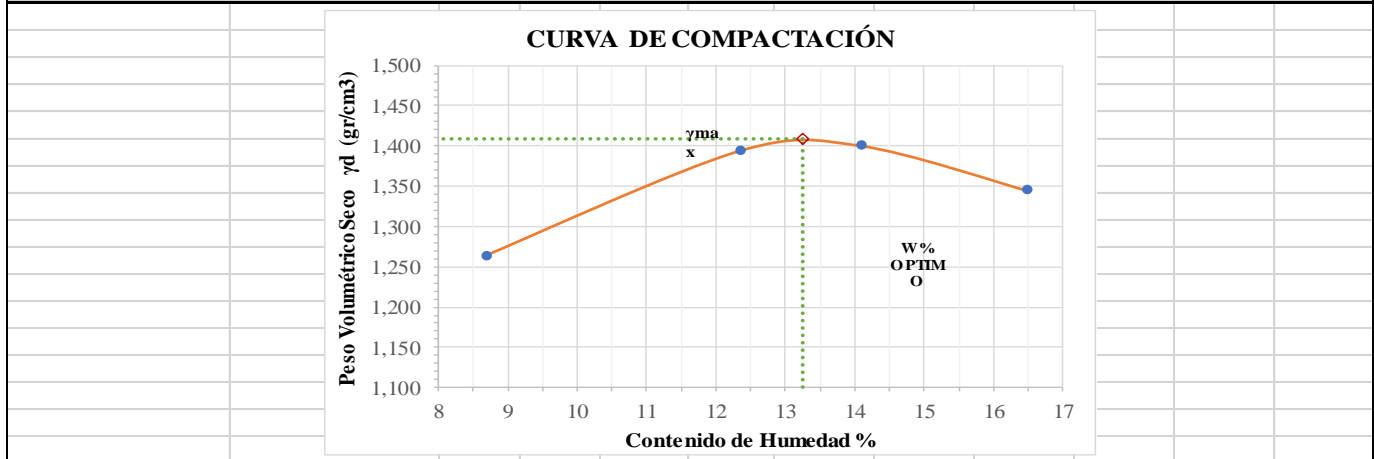
**1. PROCESO DE COMPACTACIÓN**

Ensayo Numero	1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida en %	5	10	15	20	25
P. molde+Suelo húmedo (gr)	11196	11446	12074	12176	12074
Peso suelo humedo Wm (gr)	4202	4452	5080	5182	5080
Peso unitario humedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,296	1,373	1,566	1,598	1,566

**2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD**

Recipiente N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso del recipiente Wr	30,90	30,09	32,35	24,30	31,30	31,54	30,77	32,60	24,92	31,27
Rec+suelo humedo Wr+Wm	147,39	139,53	183,03	138,67	174,21	202,14	196,72	235,65	258,11	277,19
Rec+suelo seco Ws + Wm	142,83	135,10	171,17	129,41	156,06	186,44	172,49	215,40	217,93	250,61
Peso solidos Ws	111,93	105,01	138,82	105,11	124,76	154,90	141,72	182,80	193,01	219,34
Peso del agua Ww	4,56	4,43	11,86	9,26	18,15	15,70	24,23	20,25	40,18	26,58
Cont. Humedad $\omega$ %	4,07	4,22	8,54	8,81	14,55	10,14	17,10	11,08	20,82	12,12
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	4,15		8,68		12,34		14,09		16,47	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,244		1,263		1,394		1,400		1,345	

**3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA**



<b>Densidad Seca Maxima</b>	<b>1,408</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>Humedad Óptima</b>		<b>13,25 %</b>
-----------------------------	--------------	--------------------------	-----------------------	--	----------------



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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI			
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	miércoles, 9 de noviembre de 2022	
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	2	
<b>CANTÓN:</b>	Latacunga	<b>COORD:</b>	9909749; 763743	
<b>PARROQUIA:</b>	Guaytacama	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-180, ASTM D-1557	

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

Golpes por Capa	56			Peso del Molde	5752	gr
Número de Capas	5			Volumen del Molde	3243,33	cm <sup>3</sup>
Peso del Martillo	10 lb			Altura de Caída	18"	
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	

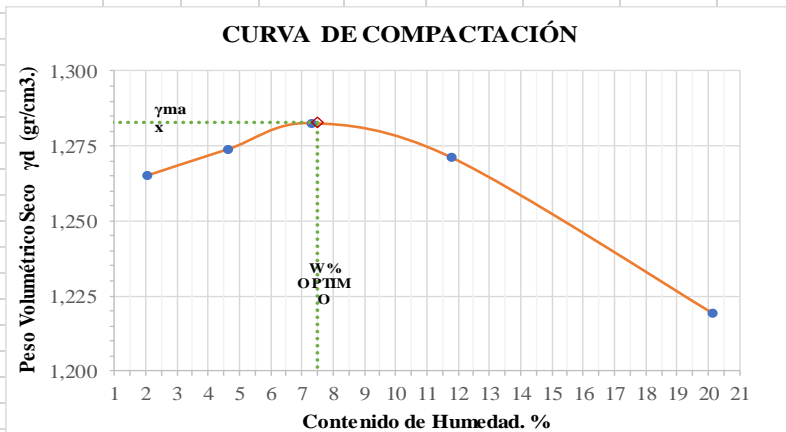
**1. PROCESO DE COMPACTACIÓN**

Ensayo Numero	1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida en %	6	9	14	19	24
P. molde+Suelo húmedo (gr)	9940	10075	10215	10360	10502
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4188	4323	4463	4608	4750
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,291	1,333	1,376	1,421	1,465

**2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD**

Recipiente Numero	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso del recipiente $W_r$	32,30	31,07	30,57	30,14	32,53	31,10	30,75	33,33	35,49	30,52
Rec+suelo húmedo $W_r+W_m$	129,08	105,85	183,87	141,30	166,03	180,39	122,14	167,30	229,50	152,31
Rec+suelo seco $W_s + W_m$	127,09	104,36	177,02	136,42	156,89	170,32	112,49	153,23	195,40	132,93
Peso sólidos $W_s$	94,79	73,29	146,45	106,28	124,36	139,22	81,74	119,90	159,91	102,41
Peso del agua $W_w$	1,99	1,49	6,85	4,88	9,14	10,07	9,65	14,07	34,10	19,38
Cont. Humedad $\omega\%$	2,10	2,03	4,68	4,59	7,35	7,23	11,81	11,73	21,32	18,92
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	2,07		4,63		7,29		11,77		20,12	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,265		1,274		1,283		1,271		1,219	

**3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA**



**4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO**

<b>Densidad Seca Maxima</b>	1,283	gr/cm <sup>3</sup>	<b>Humedad Óptimo</b>	7,50 %
-----------------------------	-------	--------------------	-----------------------	--------



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI			
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	miércoles, 9 de noviembre de 2022	
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	3	
<b>CANTÓN:</b>	Latacunga	<b>COORD:</b>	9907830; 761579	
<b>PARROQUIA:</b>	Guaytacama	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-180, ASTM D-1557	

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

Golpes por Capa	56			Peso del Molde	6994	gr
Número de Capas	5			Volumen del Molde	3243,33	cm <sup>3</sup>
Peso del Martillo	10 lb			Altura de Caída	18"	
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	

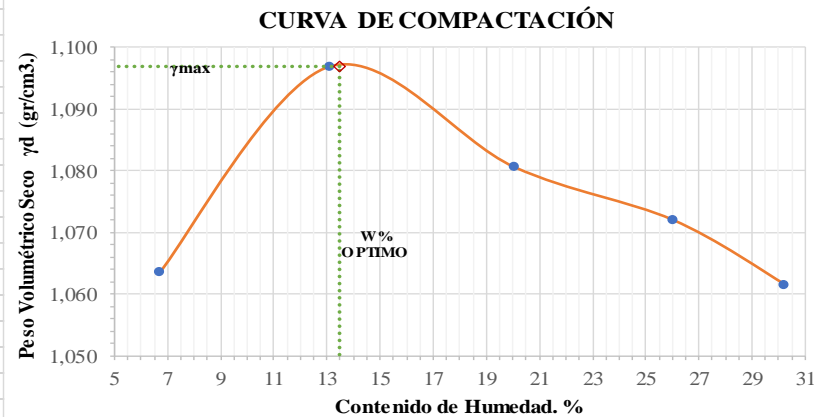
**1. PROCESO DE COMPACTACIÓN**

Ensayo Numero	1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida en %	7	14	21	28	35
P. molde+Suelo húmedo (gr)	10675	11018	11201	11375	11477
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3681	4024	4207	4381	4483
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,135	1,241	1,297	1,351	1,382

**2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD**

Recipiente Numero	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso del recipiente $W_r$	30,83	30,69	32,30	31,07	30,57	30,14	31,10	32,53	32,67	30,75
Rec+suelo húmedo $W_r+W_m$	156,87	104,49	157,97	117,63	210,53	120,97	211,60	240,51	314,96	161,09
Rec+suelo seco $W_s + W_m$	149,05	99,78	143,47	107,56	181,74	105,19	171,64	200,84	253,97	128,86
Peso sólidos $W_s$	118,22	69,09	111,17	76,49	151,17	75,05	140,54	168,31	221,30	98,11
Peso del agua $W_w$	7,82	4,71	14,50	10,07	28,79	15,78	39,96	39,67	60,99	32,23
Cont. Humedad $\omega\%$	6,61	6,82	13,04	13,17	19,04	21,03	28,43	23,57	27,56	32,85
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	6,72		13,10		20,04		26,00		30,21	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,064		1,097		1,081		1,072		1,062	

**3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA**



**4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO**

<b>Densidad Seca Maxima</b>	1,097	gr/cm <sup>3</sup>	<b>Humedad Óptimo</b>	13,50 %
-----------------------------	-------	--------------------	-----------------------	---------



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI

**ELABORADO POR:** Sofia Paredes **FECHA:** miércoles, 9 de noviembre de 2022

**PROVINCIA:** Cotopaxi **MUESTRA:** 4

**CANTON:** Latacunga **COORD:** 9911153; 759465

**PARROQUIA:** Guaytacama **NORMAS:** AASHTO T-180, ASTM D-1557

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

Golpes por Capa	56	Peso del Molde	6994	gr
Número de Capas	5	Volumen del Molde	3243,33	cm <sup>3</sup>
Peso del Martillo	10 lb	Altura de Caída	18"	
Peso Inicial Deseado	6000		6000	6000

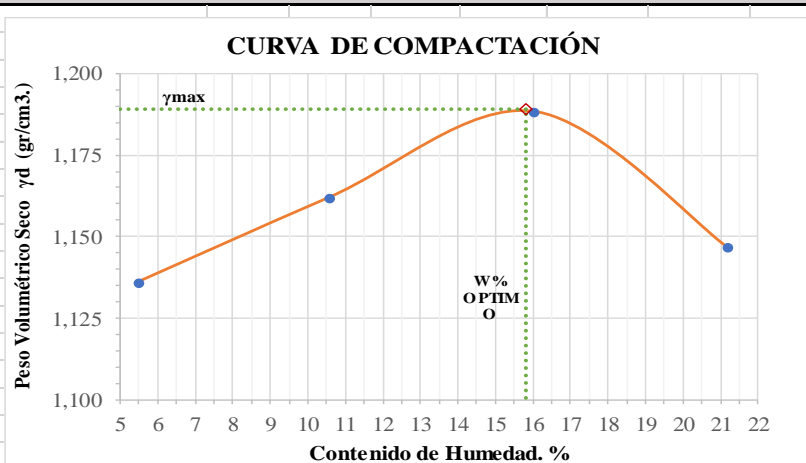
**1. PROCESO DE COMPACTACIÓN**

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	6	12	18	24
P. molde+Suelo húmedo (gr)	10880	11161	11465	11501
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3886	4167	4471	4507
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,198	1,285	1,379	1,390

**2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD**

Recipiente Numero	1	2	3	4	7	8	9	10
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	24,48	30,88	31,88	30,53	31,02	31,00	29,97	30,72
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	112,83	152,71	151,70	109,45	125,68	111,14	287,65	190,37
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	108,37	146,24	140,01	102,06	112,56	100,12	243,01	162,26
Peso solidos W <sub>s</sub>	83,89	115,36	108,13	71,53	81,54	69,12	213,04	131,54
Peso del agua W <sub>w</sub>	4,46	6,47	11,69	7,39	13,12	11,02	44,64	28,11
Cont. Humedad $\omega$ %	5,32	5,61	10,81	10,33	16,09	15,94	20,95	21,37
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	5,46	10,57	16,02	21,16				
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,136	1,162	1,188	1,147				

**3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA**



**4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO**

<b>Densidad Seca Maxima</b>	1,189	gr/cm <sup>3</sup>	<b>Humedad Óptimo</b>	15,80 %
-----------------------------	-------	--------------------	-----------------------	---------



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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	miércoles, 9 de noviembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	5
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORD:</b>	9917357; 753304
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-180, ASTM D-1557

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

Golpes por Capa	56		Peso del Molde	6994	gr
Número de Capas	5		Volumen del Molde	3243,33	cm <sup>3</sup>
Peso del Martillo	10 lb		Altura de Caída	18"	
Peso Inicial Deseado	6000	6000		6000	6000

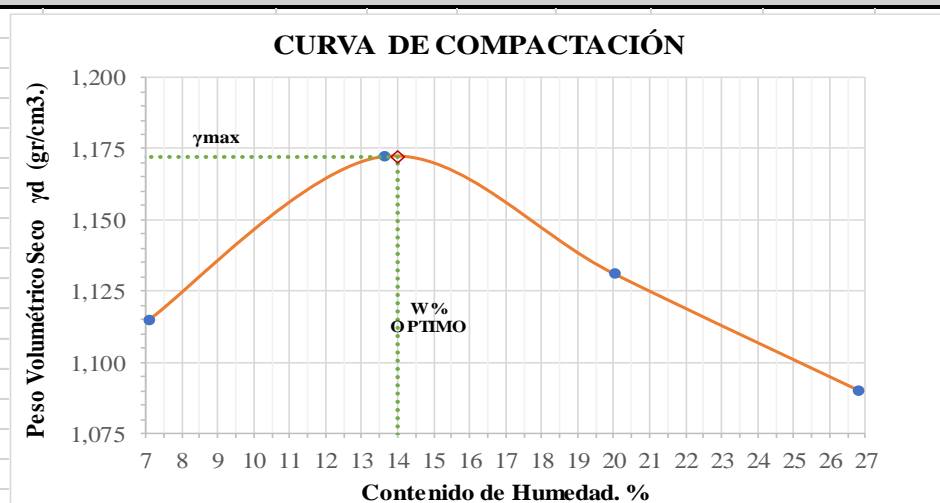
**1. PROCESO DE COMPACTACIÓN**

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	7	14	21	28
P. molde+Suelo húmedo (gr)	10865	11314	11396	11477
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3871	4320	4402	4483
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,194	1,332	1,357	1,382

**2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD**

Recipiente Numero	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso del recipiente $W_r$	31,07	32,34	30,75	25,28	30,96	32,59	30,10	30,65
Rec+suelo húmedo $W_r+W_m$	82,35	125,46	87,31	95,42	121,27	125,16	120,27	139,43
Rec+suelo seco $W_s + W_m$	78,98	119,27	80,52	87,00	106,20	109,73	100,80	116,93
Peso solidos $W_s$	47,91	86,93	49,77	61,72	75,24	77,14	70,70	86,28
Peso del agua $W_w$	3,37	6,19	6,79	8,42	15,07	15,43	19,47	22,50
Cont. Humedad $\omega\%$	7,03	7,12	13,64	13,64	20,03	20,00	27,54	26,08
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	7,08		13,64		20,02		26,81	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,115		1,172		1,131		1,090	

**3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA**



**4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO**

<b>Densidad Seca Maxima</b>	1,172	gr/cm <sup>3</sup>	<b>Humedad Óptimo</b>	14,00 %
-----------------------------	-------	--------------------	-----------------------	---------



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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	miércoles, 9 de noviembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	6
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORD:</b>	9920966; 752679
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-180, ASTM D-1557

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

Golpes por Capa	56		Peso del Molde	6994	gr
Número de Capas	5		Volumen del Molde	3243,33	cm <sup>3</sup>
Peso del Martillo	10 lb		Altura de Caída	18"	
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	

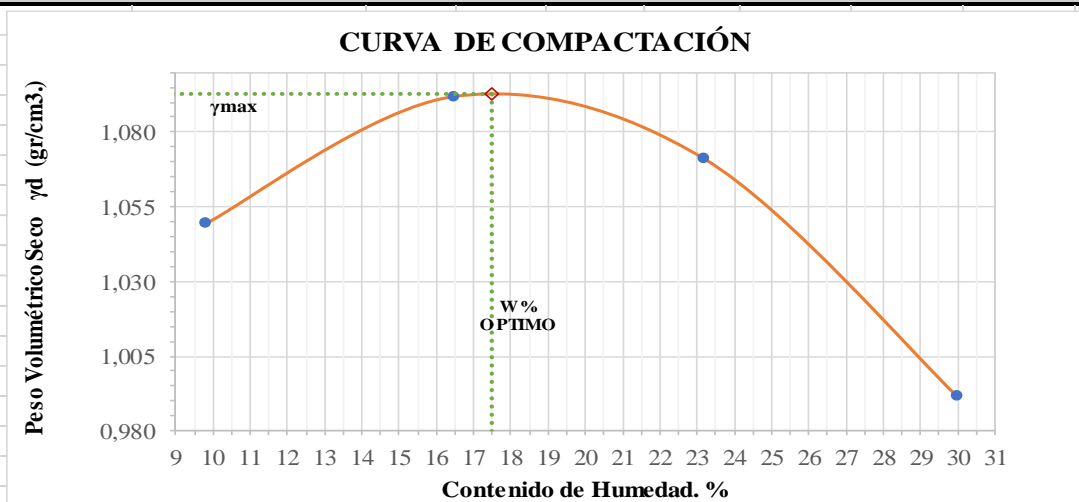
**1. PROCESO DE COMPACTACIÓN**

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	7	14	21	28
P. molde+Suelo húmedo (gr)	10731	11119	11273	11174
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3737	4125	4279	4180
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,152	1,272	1,319	1,289

**2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD**

Recipiente Numero	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	30,32	30,68	31,87	31,16	30,71	29,95	30,86	30,59
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	124,46	88,16	97,90	127,25	96,56	121,36	119,46	202,07
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	116,20	82,95	88,63	113,56	84,09	104,27	98,97	162,63
Peso solidos W <sub>s</sub>	85,88	52,27	56,76	82,40	53,38	74,32	68,11	132,04
Peso del agua W <sub>w</sub>	8,26	5,21	9,27	13,69	12,47	17,09	20,49	39,44
Cont. Humedad $\omega$ %	9,62	9,97	16,33	16,61	23,36	23,00	30,08	29,87
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	9,79		16,47		23,18		29,98	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,049		1,092		1,071		0,992	

**3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA**



**4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO**

<b>Densidad Seca Maxima</b>	<b>1,093</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>Humedad Óptimo</b>	<b>17,50</b>	<b>%</b>
-----------------------------	--------------	--------------------------	-----------------------	--------------	----------



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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	miércoles, 9 de noviembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	7
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORD:</b>	9915824; 748678
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-180, ASTM D-1557

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

Golpes por Capa	56		Peso del Molde	5819	gr
Número de Capas	5		Volumen del Molde	3243,33	cm <sup>3</sup>
Peso del Martillo	10 lb		Altura de Caída	18"	
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	

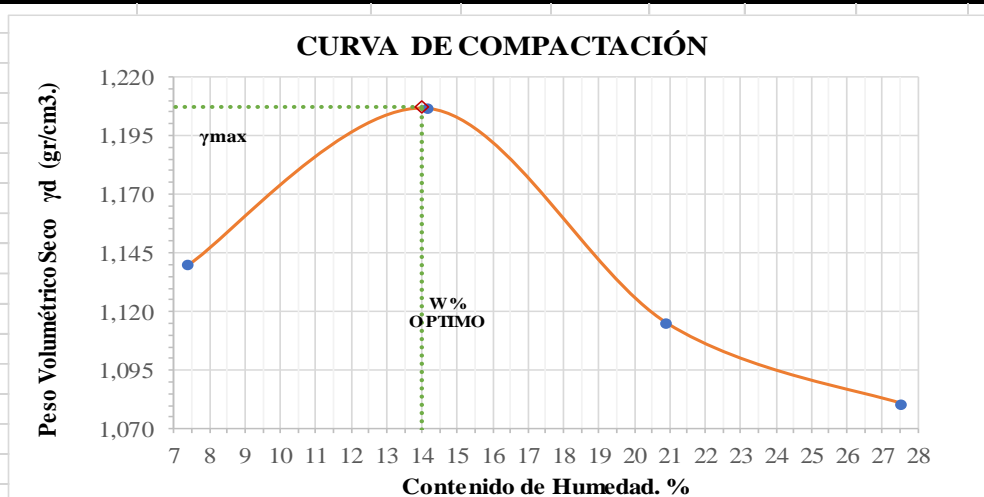
**1. PROCESO DE COMPACTACIÓN**

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	7	14	21	28
P. molde+Suelo húmedo (gr)	9791	10288	10191	10289
Peso suelo humedo Wm (gr)	3972	4469	4372	4470
Peso unitario humedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,225	1,378	1,348	1,378

**2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD**

Recipiente Numero	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	31,31	32,58	30,15	30,84	24,51	30,80	32,69	30,75
Rec+suelo humedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	84,67	124,57	94,70	136,85	102,65	137,98	249,17	163,05
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	80,93	118,32	86,65	123,71	89,10	119,48	202,50	134,41
Peso solidos W <sub>s</sub>	49,62	85,74	56,50	92,87	64,59	88,68	169,81	103,66
Peso del agua W <sub>w</sub>	3,74	6,25	8,05	13,14	13,55	18,50	46,67	28,64
Cont. Humedad $\omega$ %	7,54	7,29	14,25	14,15	20,98	20,86	27,48	27,63
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	7,41		14,20		20,92		27,56	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,140		1,207		1,115		1,080	

**3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA**



**4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO**

<b>Densidad Seca Maxima</b>	<b>1,207</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>Humedad Óptimo</b>	<b>14,00 %</b>
-----------------------------	--------------	--------------------------	-----------------------	----------------



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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	miércoles, 9 de noviembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	8
<b>CANTÓN:</b>	Latacunga	<b>COORD:</b>	9916368; 747040
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-180, ASTM D-1557

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

Golpes por Capa	56		Peso del Molde	5749	gr
Número de Capas	5		Volumen del Molde	3243,33	cm <sup>3</sup>
Peso del Martillo	10 lb		Altura de Caída	18"	
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	

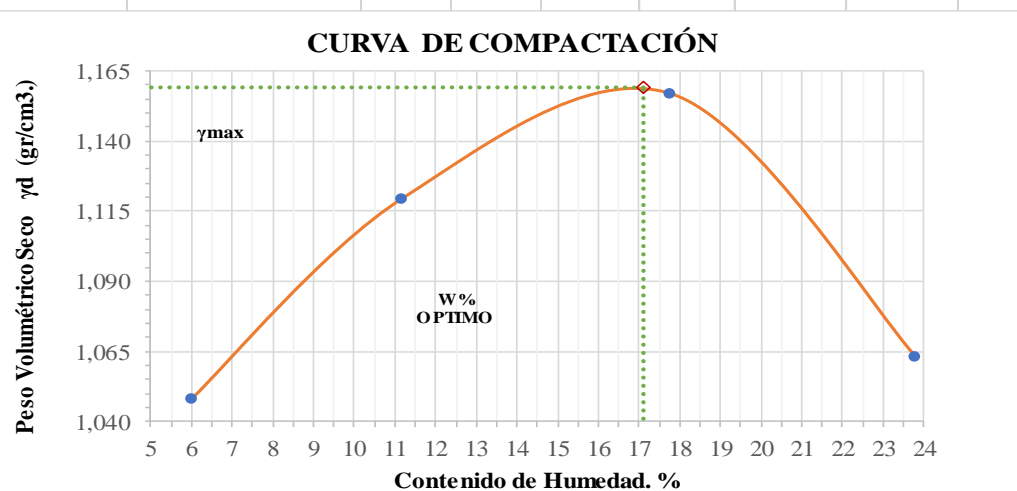
**1. PROCESO DE COMPACTACIÓN**

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	6	12	18	25
P. molde+Suelo húmedo (gr)	9354	9787	10168	10017
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3605	4038	4419	4268
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,112	1,245	1,362	1,316

**2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD**

Recipiente Numero	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	31,63	30,56	31,06	31,56	31,74	30,81	25,91	30,15
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	84,70	93,57	72,35	120,03	133,35	96,13	153,63	129,54
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	81,74	89,93	68,06	111,42	118,60	85,91	129,18	110,37
Peso sólidos W <sub>s</sub>	50,11	59,37	37,00	79,86	86,86	55,10	103,27	80,22
Peso del agua W <sub>w</sub>	2,96	3,64	4,29	8,61	14,75	10,22	24,45	19,17
Cont. Humedad $\omega$ %	5,91	6,13	11,59	10,78	16,98	18,55	23,68	23,90
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	6,02		11,19		17,76		23,79	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,048		1,120		1,157		1,063	

**3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA**



**4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO**

<b>Densidad Seca Maxima</b>	1,159	gr/cm <sup>3</sup>	<b>Humedad Óptimo</b>	17,10	%
-----------------------------	-------	--------------------	-----------------------	-------	---





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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	miércoles, 9 de noviembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	9
<b>CANTÓN:</b>	Latacunga	<b>COORD:</b>	9919217; 745420
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-180, ASTM D-1557

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

Golpes por Capa	56		Peso del Molde	5749	gr
Número de Capas	5		Volumen del Molde	3243,33	cm <sup>3</sup>
Peso del Martillo	10 lb		Altura de Caída	18"	
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	

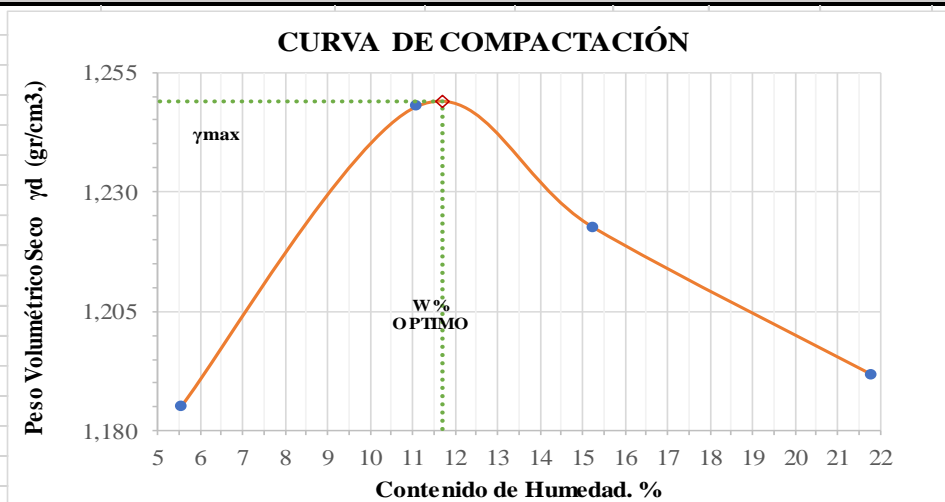
**1. PROCESO DE COMPACTACIÓN**

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	6	12	18	24
P. molde+Suelo húmedo (gr)	9806	10245	10318	10456
Peso suelo humedo Wm (gr)	4057	4496	4569	4707
Peso unitario humedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,251	1,386	1,409	1,451

**2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD**

Recipiente Numero	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	24,85	30,69	31,08	32,59	30,77	30,72	30,68	30,76
Rec+suelo humedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	111,66	98,96	105,39	137,33	120,54	137,72	259,91	205,65
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	107,02	95,43	97,93	126,93	108,14	124,21	221,30	172,58
Peso solidos W <sub>s</sub>	82,17	64,74	66,85	94,34	77,37	93,49	190,62	141,82
Peso del agua W <sub>w</sub>	4,64	3,53	7,46	10,40	12,40	13,51	38,61	33,07
Cont. Humedad $\omega$ %	5,65	5,45	11,16	11,02	16,03	14,45	20,25	23,32
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	5,55		11,09		15,24		21,79	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,185		1,248		1,222		1,192	

**3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA**



**4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO**

<b>Densidad Seca Maxima</b>	1,249	gr/cm <sup>3</sup>	<b>Humedad Óptimo</b>	11,70	%
-----------------------------	-------	--------------------	-----------------------	-------	---



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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI				
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	miércoles, 9 de noviembre de 2022		
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	10		
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORD:</b>	9921467; 747249		
<b>PARROQUIA:</b>	Guaytacama	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-180, ASTM D-1557		

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

Golpes por Capa	56			Peso del Molde	7016	gr
Número de Capas	5			Volumen del Molde	3243,33	cm <sup>3</sup>
Peso del Martillo	10 lb			Altura de Caída	18"	
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	

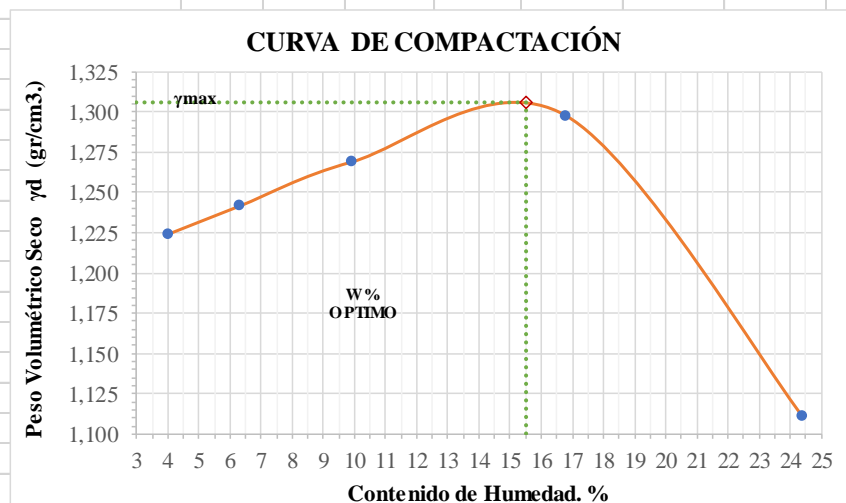
**1. PROCESO DE COMPACTACIÓN**

Ensayo Numero	1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida en %	2	5	7	17	21
P. molde+Suelo húmedo (gr)	9886	10036	11540	11931	11498
Peso suelo humedo Wm (gr)	4131	4281	4524	4915	4482
Peso unitario humedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,274	1,320	1,395	1,515	1,382

**2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD**

Recipiente Numero	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso del recipiente $W_r$	30,54	24,70	33,50	30,59	25,92	30,66	57,63	23,57	30,96	23,58
Rec+suelo humedo $W_r+W_m$	153,33	177,85	173,72	126,32	136,05	175,65	143,67	123,42	229,35	136,23
Rec+suelo seco $W_s + W_m$	148,68	171,77	165,47	120,59	126,08	162,61	131,38	109,01	190,62	114,05
Peso solidos $W_s$	118,14	147,07	131,97	90,00	100,16	131,95	73,75	85,44	159,66	90,47
Peso del agua $W_w$	4,65	6,08	8,25	5,73	9,97	13,04	12,29	14,41	38,73	22,18
Cont. Humedad $\omega\%$	3,94	4,13	6,25	6,37	9,95	9,88	16,66	16,87	24,26	24,52
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	4,04		6,31		9,92		16,77		24,39	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,224		1,242		1,269		1,298		1,111	

**3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA**



**4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO**

<b>Densidad Seca Maxima</b>	1,306	gr/cm <sup>3</sup>	<b>Humedad Óptimo</b>	15,50	%
-----------------------------	-------	--------------------	-----------------------	-------	---



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI			
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	miércoles, 9 de noviembre de 2022	
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	11	
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORD:</b>	9922111; 744472	
<b>PARROQUIA:</b>	Guaytacama	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-180, ASTM D-1557	

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

Golpes por Capa	56			Peso del Molde	7016 gr
Número de Capas	5			Volumen del Molde	3243,33 cm <sup>3</sup>
Peso del Martillo	10 lb			Altura de Caída	18"
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000

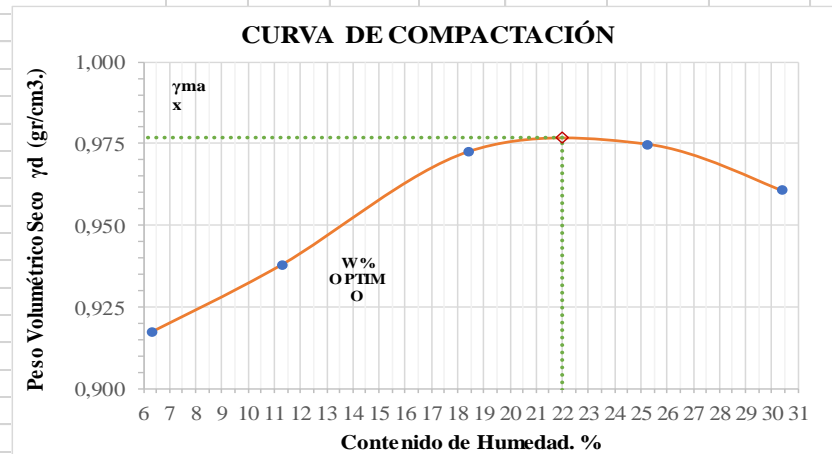
**1. PROCESO DE COMPACTACIÓN**

Ensayo Numero	1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida en %	7	14	21	28	35
P. molde+Suelo húmedo (gr)	10179	10402	10752	10976	11079
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3163	3386	3736	3960	4063
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	0,975	1,044	1,152	1,221	1,253

**2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD**

Recipiente Numero	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	30,63	30,23	24,71	30,55	30,84	25,56	31,27	31,87	24,88	30,77
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	111,29	148,84	114,79	112,00	160,87	118,88	144,89	201,60	161,17	153,28
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	106,38	142,02	105,54	103,84	140,40	104,52	121,86	167,58	128,22	125,84
Peso solidos W <sub>s</sub>	75,75	111,79	80,83	73,29	109,56	78,96	90,59	135,71	103,34	95,07
Peso del agua W <sub>w</sub>	4,91	6,82	9,25	8,16	20,47	14,36	23,03	34,02	32,95	27,44
Cont. Humedad $\omega$ %	6,48	6,10	11,44	11,13	18,68	18,19	25,42	25,07	31,89	28,86
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	6,29		11,29		18,44		25,25		30,37	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	0,918		0,938		0,973		0,975		0,961	

**3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA**



**4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO**

Densidad Seca Maxima	0,977	gr/cm <sup>3</sup>	Humedad Óptimo	22,00%
----------------------	-------	--------------------	----------------	--------



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	miércoles, 9 de noviembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	12
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORD:</b>	9921870; 743109
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-180, ASTM D-1557

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

Golpes por Capa	56		Peso del Molde	5749 gr
Número de Capas	5		Volumen del Molde	3243,33 cm <sup>3</sup>
Peso del Martillo	10 lb		Altura de Caída	18"
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000

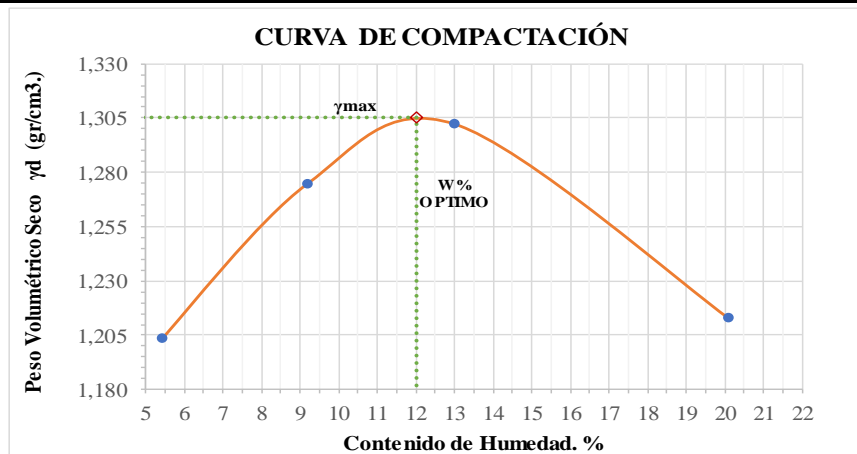
**1. PROCESO DE COMPACTACIÓN**

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	5	10	15	20
P. molde+Suelo húmedo (gr)	9863	10262	10521	10473
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4114	4513	4772	4724
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,268	1,391	1,471	1,457

**2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD**

Recipiente Numero	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso del recipiente $W_r$	31,08	32,59	30,77	30,72	30,68	30,76	24,85	30,69
Rec+suelo húmedo $W_r+W_m$	98,66	110,96	91,41	123,32	108,35	125,52	271,01	216,75
Rec+suelo seco $W_s + W_m$	95,12	107,00	86,00	116,00	99,25	114,80	232,40	183,68
Peso sólidos $W_s$	64,04	74,41	55,23	85,28	68,57	84,04	207,55	152,99
Peso del agua $W_w$	3,54	3,96	5,41	7,32	9,10	10,72	38,61	33,07
Cont. Humedad $\omega\%$	5,53	5,32	9,80	8,58	13,27	12,76	18,60	21,62
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	5,42		9,19		13,01		20,11	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,203		1,274		1,302		1,213	

**3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA**



**4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO**

<b>Densidad Seca Maxima</b>	1,305	gr/cm <sup>3</sup>	<b>Humedad Óptimo</b>	12,00 %
-----------------------------	-------	--------------------	-----------------------	---------



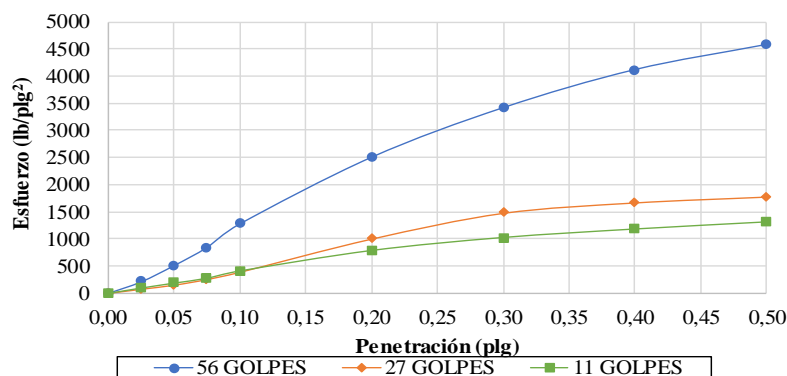
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI					
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes		<b>FECHA:</b>	5 de diciembre de 2022		
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi		<b>MUESTRA:</b>	1		
<b>CANTON:</b>	Latacunga		<b>COORDENADAS:</b>	9903205; 763901		
<b>PARROQUIA:</b>	Guaytacama		<b>NORMAS:</b>	ASTM D 1883		
<b>ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)- ASTM D 1883</b>						
<b>DATOS DE MOLDEO</b>						
Contenido de Humedad Óptima (%):			13,25			
<b>MOLDE N°</b>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>	
<b>DIMENSIONES (cm)</b>	Diámetro	14,95	Diámetro	14,95	Diámetro	14,95
	Altura	12,5	Altura	12,5	Altura	12,5
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes por capa	56		27		11	
Muestra húmeda + molde (gr)	10942		11757		10049	
Masa Molde (gr)	7432		8347		6754	
Masa Muestra Humeda (gr)	3510		3410		3295	
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2194,24		2194,24		2194,24	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,600		1,554		1,502	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>
<b>Recipiente N°</b>	1081	30	103	90	40	20
Rec+suelo humedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	191,81	187,70	189,37	195,68	155,44	161,50
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	174,41	169,75	170,70	175,89	140,55	146,07
Peso Recipiente W <sub>r</sub>	30,3	33,5	30,80	31,51	24,1	24,7
Peso Agua W <sub>w</sub>	17,40	17,95	18,67	19,79	14,89	15,43
Peso de Sólidos W <sub>s</sub>	144,13	136,22	139,90	144,38	116,48	121,41
Contenido Humedad ω%	12,07	13,18	13,35	13,71	12,78	12,71
Con. Hum. Prom. ω%	12,62		13,53		12,75	
Peso Unitario Seco γ <sub>d</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	1,420		1,369		1,332	
<b>DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	12203		13027		11359	
Masa Molde (gr)	7432		8347		6754	
Masa Muestra Humeda (gr)	4771		4680		4605	
Masa Agua Absorbida	1261		1270		1310	
% Agua Absorbida	35,93%		37,24%		39,76%	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>30</b>	<b>90</b>	<b>35</b>	<b>42</b>	<b>40</b>	<b>14</b>
P. Hum. + Recipiente	171,77	169,90	126,39	129,40	136,78	137,21
P. Seco + Recipiente	156,79	156,06	114,72	118,05	123,19	124,60
Peso Recipiente	33,53	31,51	24,79	24,90	24,07	26,62
Peso Agua	14,98	13,84	11,67	11,35	13,59	12,61
Peso de Sólidos	123,26	124,55	89,93	93,15	99,12	97,98
Contenido Humedad %	12,15	11,11	12,98	12,18	13,71	12,87
Con. Hum. Prom. %	11,63		12,58		13,29	

ENSAYO CBR						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg <sup>2</sup>		Velocidad de Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	1		2		3	
N° de golpes	56		27		11	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	638,3	212,8	228,0	76,0	293,3	97,8
0,050	1533,2	511,1	453,9	151,3	563,0	187,7
0,075	2533,2	844,4	768,8	256,3	830,9	277,0
0,100	3834,3	1278,1	1168,9	389,6	1230,1	410,0
0,200	7506,6	2502,2	3006,3	1002,1	2350,6	783,5
0,300	10238,9	3413,0	4435,3	1478,4	3060,6	1020,2
0,400	12336,6	4112,2	5013,6	1671,2	3523,9	1174,6
0,500	13724,4	4574,8	5339,0	1779,7	3913,2	1304,4

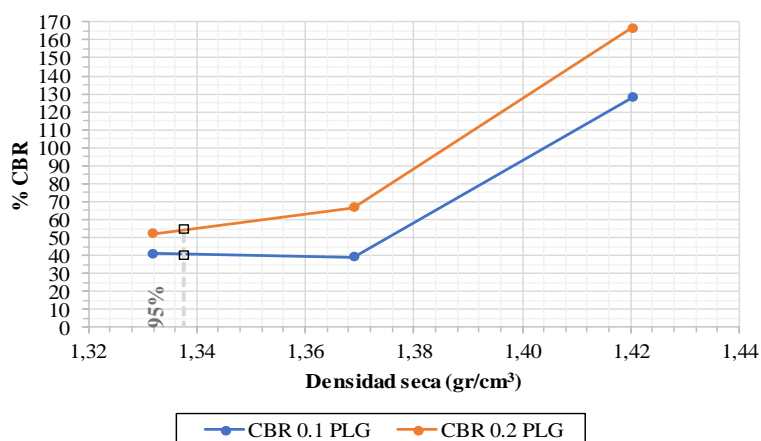
### ESFUERZO vs. PENETRACIÓN



### PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)

MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	1278,10	127,81	1,420	2502,20	166,81	1,420
2	389,63	38,96	1,369	1002,10	66,81	1,369
3	410,03	41,00	1,332	783,53	52,24	1,332

### % CBR vs. DENSIDAD SECA



### Densidad Seca Máxima DSM (gr/cm<sup>3</sup>)

1,408

95% DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	% CBR MAYOR
1,338	40,0	55,0	55,0



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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	5 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	1
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9909749; 763743
<b>PARROQUIA:</b>	Guaytacama	<b>NORMAS:</b>	ASTM D 1883

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

**DATOS DE MOLDEO**

Contenido de Humedad Óptima (%):		13,25				
<b>MOLDE N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>			
<b>DIMENSIONES (cm)</b>	Diámetro	14,95	Diámetro	14,95	Diámetro	14,95
	Altura	12,5	Altura	12,5	Altura	12,5
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes por capa	56		27		11	
Muestra húmeda + molde (gr)	9866		11357		10216	
Masa Molde (gr)	6754		8347		7432	
Masa Muestra Humeda (gr)	3112		3010		2784	
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2208,94		2208,94		2208,94	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,409		1,363		1,260	

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>
<b>Recipiente N°</b>	103	1080	70	49	29	20
Rec+suelo humedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	147,55	148,84	123,67	112,49	113,40	110,41
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	138,79	140,80	118,90	107,63	107,20	104,44
Peso Recipiente W <sub>r</sub>	30,8	30,3	57,64	30,58	26,7	24,7
Peso Agua W <sub>w</sub>	8,76	8,04	4,77	4,86	6,20	5,97
Peso de Sólidos W <sub>s</sub>	108,04	110,52	61,26	77,05	80,53	79,78
Contenido Humedad ω%	8,11	7,27	7,79	6,31	7,70	7,48
Con. Hum. Prom. ω%	7,69		7,05		7,59	
Peso Unitario Seco γ <sub>d</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	1,308		1,273		1,171	

**DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN**

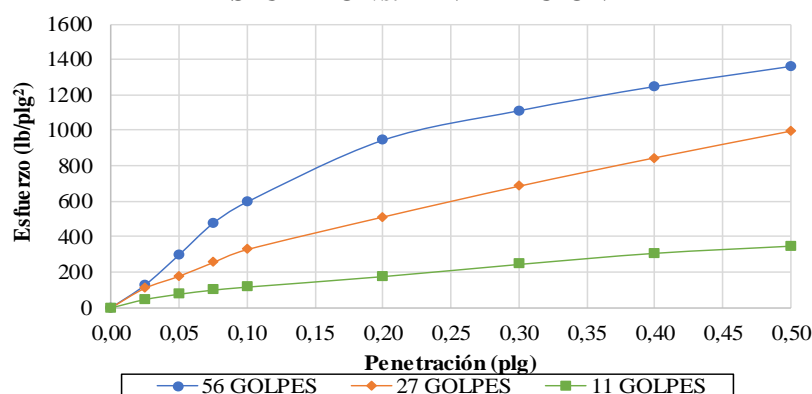
Muestra húmeda + molde (gr)	11328	12836	11754
Masa Molde (gr)	6754	8347	7432
Masa Muestra Humeda (gr)	4574	4489	4322
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2208,94	2208,94	2208,94
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	2,071	2,032	1,957
Masa Agua Absorbida	1462	1479	1538
% Agua Absorbida	46,98%	49,14%	55,24%

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	14	29	30	90	40	35
P. Hum. + Recipiente	122,87	124,40	143,71	144,84	123,78	117,90
P. Seco + Recipiente	108,81	111,27	126,70	128,11	107,40	103,31
Peso Recipiente	26,62	26,67	33,53	31,51	24,07	24,79
Peso Agua	14,06	13,13	17,01	16,73	16,38	14,59
Peso de Sólidos	82,19	84,60	93,17	96,60	83,33	78,52
Contenido Humedad %	17,11	15,52	18,26	17,32	19,66	18,58
Con. Hum. Prom. %	16,31		17,79		19,12	

ENSAYO CBR						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg <sup>2</sup>		Velocidad de Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	1		2		3	
N° de golpes	56		27		11	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	383,6	127,9	331,3	110,4	143,0	47,7
0,050	893,0	297,7	533,2	177,7	233,4	77,8
0,075	1424,3	474,8	763,2	254,4	303,6	101,2
0,100	1788,0	596,0	983,2	327,7	355,4	118,5
0,200	2833,8	944,6	1533,3	511,1	534,4	178,1
0,300	3333,0	1111,0	2053,8	684,6	741,6	247,2
0,400	3743,0	1247,7	2533,3	844,4	931,0	310,3
0,500	4082,8	1360,9	2983,8	994,6	1053,0	351,0

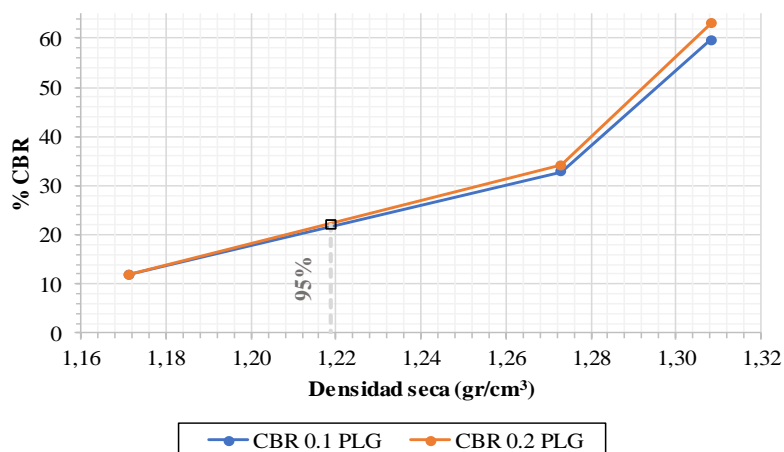
### ESFUERZO vs. PENETRACIÓN



### PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)

MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	596,00	59,60	1,308	944,60	62,97	1,308
2	327,73	32,77	1,273	511,10	34,07	1,273
3	118,47	11,85	1,171	178,13	11,88	1,171

### % CBR vs. DENSIDAD SECA



Densidad Seca Máxima DSM (gr/cm <sup>3</sup> )		1,283	
95% DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	% CBR MAYOR
1,219	22,0	22,2	22,2





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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	5 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	3
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9907830; 761579
<b>PARROQUIA:</b>	Guaytacama	<b>NORMAS:</b>	ASTM D 1883

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

**DATOS DE MOLDEO**

Contenido de Humedad Óptima (%):		13,50				
<b>MOLDE N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>			
<b>DIMENSIONES (cm)</b>	Diámetro	14,95	Diámetro	14,95	Diámetro	14,95
	Altura	12,5	Altura	12,5	Altura	12,5
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes por capa	56	27	11			
Muestra húmeda + molde (gr)	10277	10910	10424			
Masa Molde (gr)	7519	8269	7923			
Masa Muestra Humeda (gr)	2758	2641	2501			
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2208,94	2208,94	2208,94			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,249	1,196	1,132			

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>
<b>Recipiente N°</b>	10	17	89	52	AN1/3	85
Rec+suelo humedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	230,30	231,80	324,40	295,00	283,10	264,50
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	206,80	208,20	291,00	264,80	255,10	237,30
Peso Recipiente W <sub>r</sub>	30,3	30,3	33,50	33,40	34,7	30,5
Peso Agua W <sub>w</sub>	23,50	23,60	33,40	30,20	28,00	27,20
Peso de Sólidos W <sub>s</sub>	176,50	177,90	257,50	231,40	220,40	206,80
Contenido Humedad ω%	13,31	13,27	12,97	13,05	12,70	13,15
Con. Hum. Prom. ω%	13,29		13,01		12,93	
Peso Unitario Seco γ <sub>d</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	1,102		1,058		1,003	

**DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN**

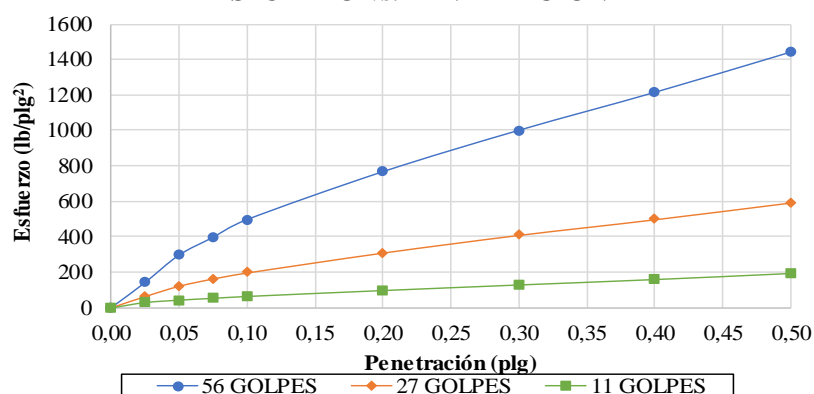
Muestra húmeda + molde (gr)	11639	12311	11860
Masa Molde (gr)	7519	8269	7923
Masa Muestra Humeda (gr)	4120	4042	3937
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2208,94	2208,94	2208,94
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,865	1,830	1,782
Masa Agua Absorbida	1362	1401	1436
% Agua Absorbida	49,38%	53,05%	57,42%

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	2(69)	55	07A2	96	1	44
P. Hum. + Recipiente	114,41	125,25	177,03	189,88	139,59	134,86
P. Seco + Recipiente	97,61	108,17	147,49	159,00	114,19	113,35
Peso Recipiente	30,91	30,51	32,90	31,52	23,82	26,14
Peso Agua	16,80	17,08	29,54	30,88	25,40	21,51
Peso de Sólidos	66,70	77,66	114,59	127,48	90,37	87,21
Contenido Humedad %	25,19	21,99	25,78	24,22	28,11	24,66
Con. Hum. Prom. %	23,59		25,00		26,39	

ENSAYO CBR						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg <sup>2</sup>		Velocidad de Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	1		2		3	
N° de golpes	56		27		11	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	425,7	141,9	190,9	63,6	89,0	29,7
0,050	890,2	296,7	366,7	122,2	129,2	43,1
0,075	1190,7	396,9	490,5	163,5	159,8	53,3
0,100	1490,8	496,9	592,4	197,5	190,6	63,5
0,200	2300,4	766,8	930,3	310,1	288,4	96,1
0,300	2999,4	999,8	1230,4	410,1	380,4	126,8
0,400	3640,2	1213,4	1495,8	498,6	470,2	156,7
0,500	4320,4	1440,1	1780,5	593,5	570,1	190,0

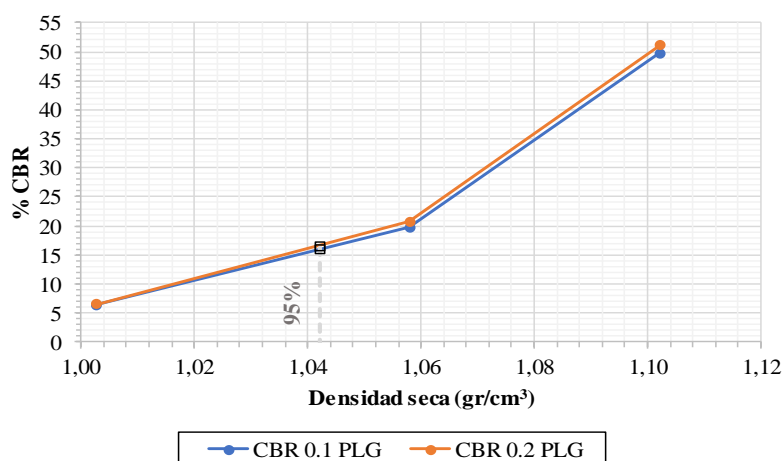
### ESFUERZO vs. PENETRACIÓN



### PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)

MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	496,93	49,69	1,102	766,80	51,12	1,102
2	197,47	19,75	1,058	310,10	20,67	1,058
3	63,53	6,35	1,003	96,13	6,41	1,003

### % CBR vs. DENSIDAD SECA



Densidad Seca Máxima DSM (gr/cm <sup>3</sup> )		1,097	
95% DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	% CBR MAYOR
1,042	16,0	16,5	16,5



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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	5 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	4
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9911153; 759465
<b>PARROQUIA:</b>	Guaytacama	<b>NORMAS:</b>	ASTM D 1883

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

**DATOS DE MOLDEO**

Contenido de Humedad Óptima (%):		15,80				
<b>MOLDE N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>			
<b>DIMENSIONES (cm)</b>	Diámetro	14,95	Diámetro	14,95	Diámetro	14,95
	Altura	12,5	Altura	12,5	Altura	12,5
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes por capa	56	27	11			
Muestra húmeda + molde (gr)	10869	11387	10762			
Masa Molde (gr)	7519	8269	7923			
Masa Muestra Humeda (gr)	3350	3118	2839			
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2208,94	2208,94	2208,94			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,517	1,412	1,285			

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>
<b>Recipiente N°</b>	85	AN1/3	89	52	17	10
Rec+suelo humedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	145,47	162,54	125,16	148,47	120,89	122,26
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	133,73	143,48	112,41	138,49	106,74	108,00
Peso Recipiente W <sub>r</sub>	33,2	33,4	31,35	31,03	24,8	23,6
Peso Agua W <sub>w</sub>	11,74	19,06	12,75	9,98	14,15	14,26
Peso de Sólidos W <sub>s</sub>	100,51	110,05	81,06	107,46	81,99	84,39
Contenido Humedad ω%	11,68	17,32	15,73	9,29	17,26	16,90
Con. Hum. Prom. ω%	14,50		12,51		17,08	
Peso Unitario Seco γ <sub>d</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	1,325		1,255		1,098	

**DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN**

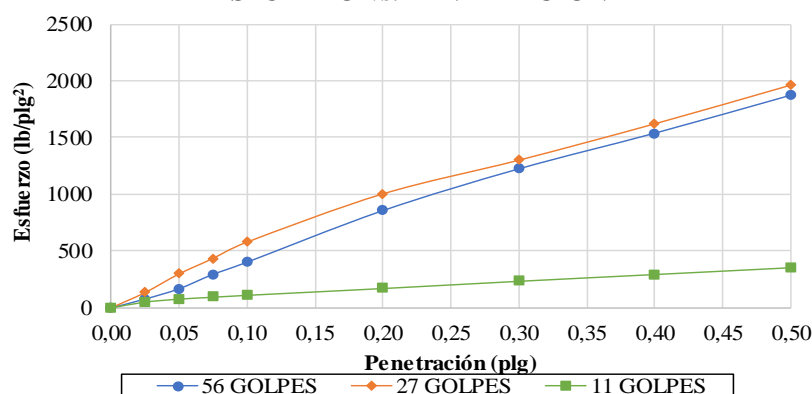
Muestra húmeda + molde (gr)	11657	12234	11714
Masa Molde (gr)	7519	8269	7923
Masa Muestra Humeda (gr)	4138	3965	3791
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2208,94	2208,94	2208,94
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,873	1,795	1,716
Masa Agua Absorbida	788	847	952
% Agua Absorbida	23,52%	27,16%	33,53%

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	103/A103	1081	49	70	20	42
P. Hum. + Recipiente	185,20	186,13	138,24	136,96	136,11	133,23
P. Seco + Recipiente	161,04	159,90	119,98	123,26	114,51	113,33
Peso Recipiente	30,80	30,28	57,64	30,58	24,66	24,90
Peso Agua	24,16	26,23	18,26	13,70	21,60	19,90
Peso de Sólidos	130,24	129,62	62,34	92,68	89,85	88,43
Contenido Humedad %	18,55	20,24	29,29	14,78	24,04	22,50
Con. Hum. Prom. %	19,39		22,04		23,27	

ENSAYO CBR						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg <sup>2</sup>		Velocidad de Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	1		2		3	
N° de golpes	56		27		11	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	233,4	77,8	402,5	134,2	153,6	51,2
0,050	503,8	167,9	892,6	297,5	233,3	77,8
0,075	883,4	294,5	1302,6	434,2	283,4	94,5
0,100	1203,8	401,3	1732,5	577,5	333,6	111,2
0,200	2563,3	854,4	3003,8	1001,3	513,4	171,1
0,300	3663,8	1221,3	3891,9	1297,3	703,8	234,6
0,400	4603,5	1534,5	4849,8	1616,6	882,6	294,2
0,500	5603,7	1867,9	5868,9	1956,3	1061,3	353,8

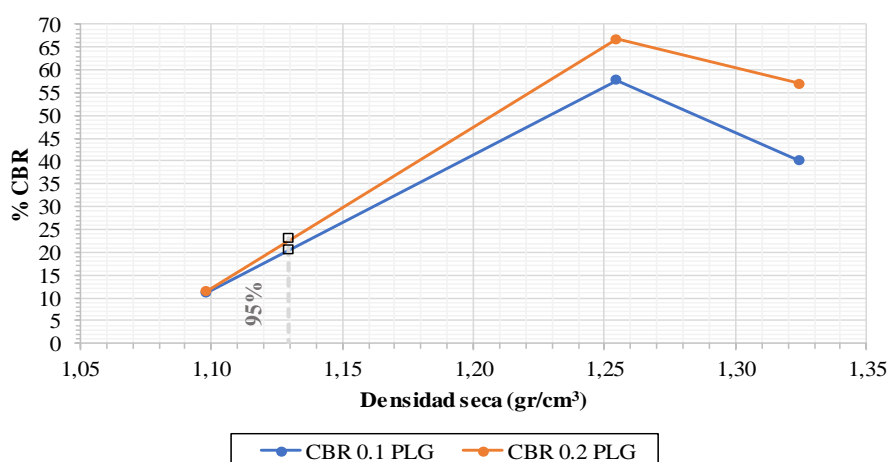
### ESFUERZO vs. PENETRACIÓN



### PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)

MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	401,27	40,13	1,325	854,43	56,96	1,325
2	577,50	57,75	1,255	1001,27	66,75	1,255
3	111,20	11,12	1,098	171,13	11,41	1,098

### % CBR vs. DENSIDAD SECA



Densidad Seca Máxima DSM (gr/cm <sup>3</sup> )		1,189	
95% DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	% CBR MAYOR
1,130	20,5	23,0	23,0



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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	5 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	5
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9917357; 753304
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	ASTM D 1883

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

**DATOS DE MOLDEO**

Contenido de Humedad Óptima (%):		14,00				
<b>MOLDE N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>			
<b>DIMENSIONES (cm)</b>	Diámetro	14,95	Diámetro	14,95	Diámetro	14,95
	Altura	12,5	Altura	12,5	Altura	12,5
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes por capa	56	27	11			
Muestra húmeda + molde (gr)	10433	10407	10207			
Masa Molde (gr)	7429	7623	7457,5			
Masa Muestra Humeda (gr)	3004	2784	2749,5			
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2208,94	2208,94	2208,94			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,360	1,260	1,245			

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>
<b>Recipiente N°</b>	88	17	1	59	9	77
Rec+suelo humedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	158,35	131,92	161,9	114,76	141,83	101,51
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	143,42	120,17	146,25	104,83	128,63	92,97
Peso Recipiente W <sub>r</sub>	32,6	31,2	31,53	30,85	31,9	31,0
Peso Agua W <sub>w</sub>	14,93	11,75	15,65	9,93	13,20	8,54
Peso de Sólidos W <sub>s</sub>	110,83	89,01	114,72	73,98	96,70	61,99
Contenido Humedad ω%	13,47	13,20	13,64	13,42	13,65	13,78
Con. Hum. Prom. ω%	13,34		13,53		13,71	
Peso Unitario Seco γ <sub>d</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	1,200		1,110		1,095	

**DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN**

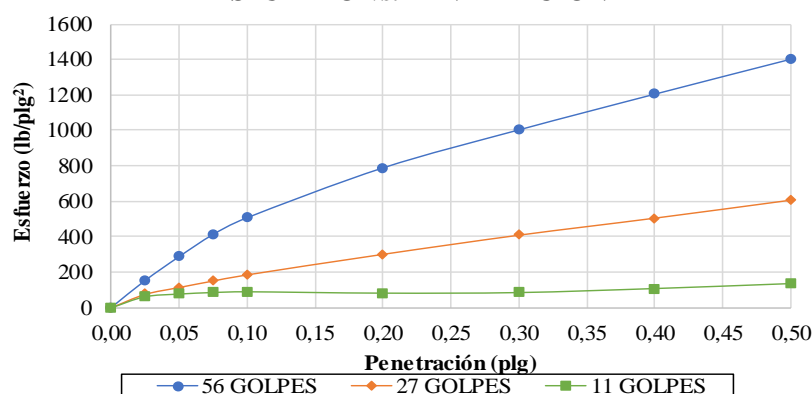
Muestra húmeda + molde (gr)	11642	11727	11516
Masa Molde (gr)	7429	7623	7457,5
Masa Muestra Humeda (gr)	4213	4104	4058,5
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2208,94	2208,94	2208,94
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,907	1,858	1,837
Masa Agua Absorbida	1209	1320	1309
% Agua Absorbida	40,25%	47,41%	47,61%

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	88	17	1	59	9	77
P. Hum. + Recipiente	146,17	154,16	169,15	136,07	141,27	127,54
P. Seco + Recipiente	126,63	132,59	142,31	114,92	119,61	109,28
Peso Recipiente	32,59	31,16	31,53	30,85	31,93	30,98
Peso Agua	19,54	21,57	26,84	21,15	21,66	18,26
Peso de Sólidos	94,04	101,43	110,78	84,07	87,68	78,30
Contenido Humedad %	20,78	21,27	24,23	25,16	24,70	23,32
Con. Hum. Prom. %	21,02		24,69		24,01	

ENSAYO CBR						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg <sup>2</sup>		Velocidad de Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	1		2		3	
N° de golpes	56		27		11	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	459,8	153,3	226,9	75,6	183,8	61,3
0,050	863,6	287,9	343,8	114,6	228,3	76,1
0,075	1239,0	413,0	453,3	151,1	253,9	84,6
0,100	1523,0	507,7	556,8	185,6	266,4	88,8
0,200	2366,2	788,7	903,3	301,1	244,0	81,3
0,300	3009,0	1003,0	1226,2	408,7	253,6	84,5
0,400	3613,0	1204,3	1513,3	504,4	319,6	106,5
0,500	4203,3	1401,1	1816,3	605,4	400,9	133,6

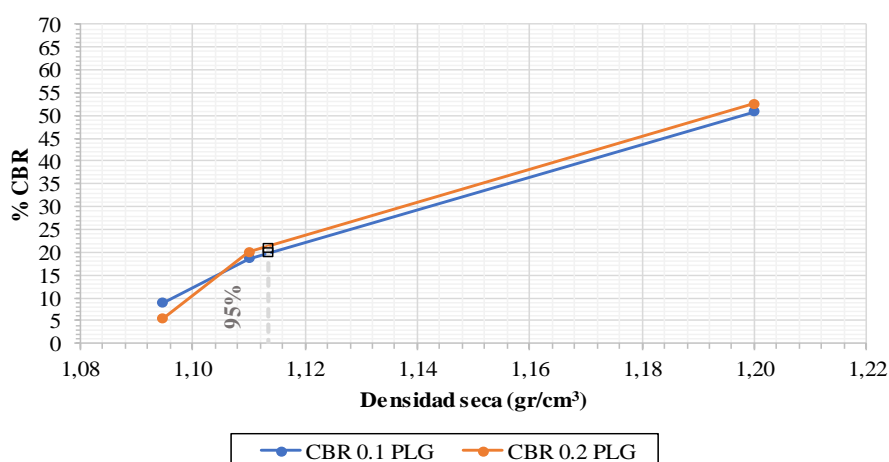
### ESFUERZO vs. PENETRACIÓN



### PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)

MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	507,67	50,77	1,200	788,73	52,58	1,200
2	185,60	18,56	1,110	301,10	20,07	1,110
3	88,80	8,88	1,095	81,33	5,42	1,095

### % CBR vs. DENSIDAD SECA



Densidad Seca Máxima DSM (gr/cm <sup>3</sup> )		1,172	
95% DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	% CBR MAYOR
1,113	20,0	21,0	21,0



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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	5 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	6
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9920966; 752679
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	ASTM D 1883

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

**DATOS DE MOLDEO**

Contenido de Humedad Óptima (%):		17,50				
<b>MOLDE N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>			
<b>DIMENSIONES (cm)</b>	Diámetro	14,95	Diámetro	14,95	Diámetro	14,95
	Altura	12,5	Altura	12,5	Altura	12,5
N° de Capas	5	5	5	5		
N° de Golpes por capa	56	27	11	11		
Muestra húmeda + molde (gr)	10417	9549	10757	10757		
Masa Molde (gr)	7432	6754	8347	8347		
Masa Muestra Humeda (gr)	2985	2795	2410	2410		
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2208,94	2208,94	2208,94	2208,94		
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,351	1,265	1,091	1,091		

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>
<b>Recipiente N°</b>	90	30	40	14	29	35
Rec+suelo humedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	132,23	132,24	96,80	101,06	108,81	109,34
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	116,87	116,99	85,82	89,81	95,92	96,21
Peso Recipiente W <sub>r</sub>	31,5	33,5	24,05	26,62	26,6	24,8
Peso Agua W <sub>w</sub>	15,36	15,25	10,98	11,25	12,89	13,13
Peso de Sólidos W <sub>s</sub>	85,36	83,46	61,77	63,19	69,28	71,42
Contenido Humedad ω%	17,99	18,27	17,78	17,80	18,61	18,38
Con. Hum. Prom. ω%	18,13		17,79		18,49	
Peso Unitario Seco γ <sub>d</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	1,144		1,074		0,921	

**DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN**

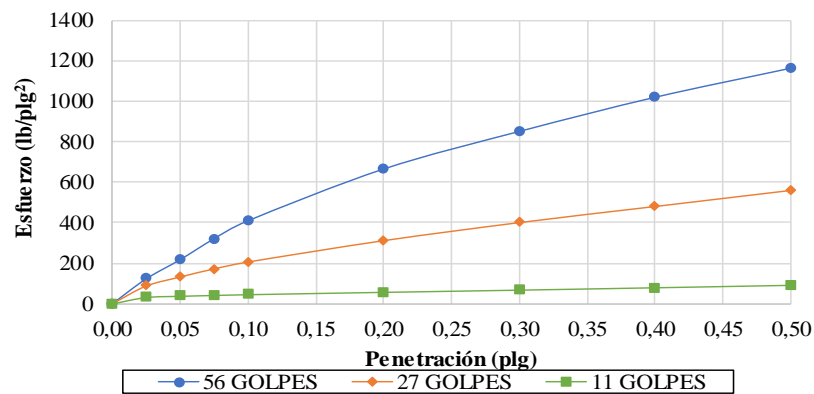
Muestra húmeda + molde (gr)	11520	10778	12133
Masa Molde (gr)	7432	6754	8347
Masa Muestra Humeda (gr)	4088	4024	3786
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2208,94	2208,94	2208,94
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,851	1,822	1,714
Masa Agua Absorbida	1103	1229	1376
% Agua Absorbida	36,95%	43,97%	57,10%

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	40	14	90	30	29	35
P. Hum. + Recipiente	95,77	103,05	134,91	148,33	99,98	103,04
P. Seco + Recipiente	81,52	88,66	111,78	124,09	81,28	83,21
Peso Recipiente	24,05	26,62	31,51	33,53	26,64	24,79
Peso Agua	14,25	14,39	23,13	24,24	18,70	19,83
Peso de Sólidos	57,47	62,04	80,27	90,56	54,64	58,42
Contenido Humedad %	24,80	23,19	28,82	26,77	34,22	33,94
Con. Hum. Prom. %	24,00		27,79		34,08	

ENSAYO CBR						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg <sup>2</sup>		Velocidad de Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	1		2		3	
N° de golpes	56		27		11	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	370,0	123,3	263,3	87,8	95,0	31,7
0,050	653,6	217,9	396,9	132,3	113,6	37,9
0,075	963,9	321,3	516,7	172,2	126,1	42,0
0,100	1230,4	410,1	618,2	206,1	137,4	45,8
0,200	1996,8	665,6	933,0	311,0	172,3	57,4
0,300	2553,5	851,2	1199,5	399,8	204,8	68,3
0,400	3058,6	1019,5	1436,7	478,9	239,9	80,0
0,500	3489,1	1163,0	1673,5	557,8	276,0	92,0

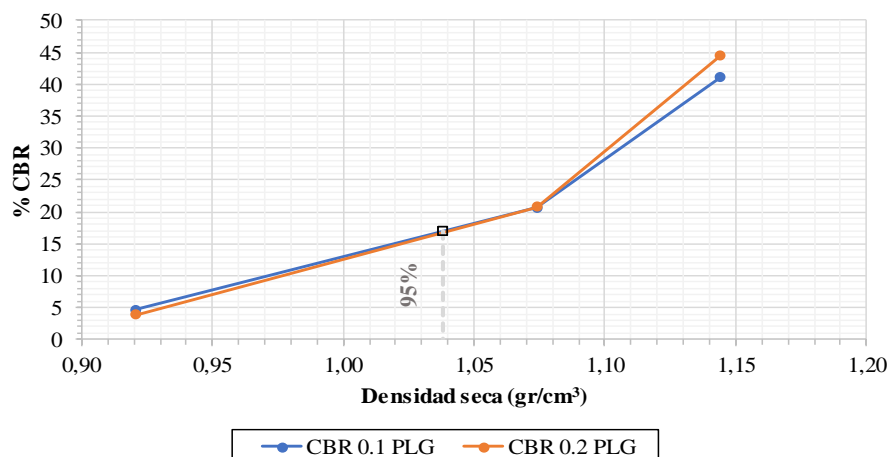
### ESFUERZO vs. PENETRACIÓN



### PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)

MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	410,13	41,01	1,144	665,60	44,37	1,144
2	206,07	20,61	1,074	311,00	20,73	1,074
3	45,80	4,58	0,921	57,43	3,83	0,921

### % CBR vs. DENSIDAD SECA



Densidad Seca Máxima DSM (gr/cm<sup>3</sup>)

1,093

95% DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	% CBR MAYOR
1,038	17,0	17,0	17,0





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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	5 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	7
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9915824; 748678
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	ASTM D 1883

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

**DATOS DE MOLDEO**

Contenido de Humedad Óptima (%):				14,00		
<b>MOLDE N°</b>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>	
<b>DIMENSIONES (cm)</b>	Diámetro	14,95	Diámetro	14,95	Diámetro	14,95
	Altura	12,5	Altura	12,5	Altura	12,5
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes por capa	56		27		11	
Muestra húmeda + molde (gr)	10635		10679		10144	
Masa Molde (gr)	7429		7623		7457,5	
Masa Muestra Humeda (gr)	3206		3056		2686,5	
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2208,94		2208,94		2208,94	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,451		1,383		1,216	

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>
<b>Recipiente N°</b>	17	2	88	25	15	16
Rec+suelo humedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	151,32	181,17	126,07	96,06	132,66	148,41
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	135,27	163,11	114,20	87,88	119,39	133,63
Peso Recipiente W <sub>r</sub>	24,8	30,9	30,58	24,35	25,5	30,6
Peso Agua W <sub>w</sub>	16,05	18,06	11,87	8,18	13,27	14,78
Peso de Sólidos W <sub>s</sub>	110,49	132,25	83,62	63,53	93,85	103,04
Contenido Humedad ω%	14,53	13,66	14,20	12,88	14,14	14,34
Con. Hum. Prom. ω%	14,09		13,54		14,24	
Peso Unitario Seco γ <sub>d</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	1,272		1,219		1,065	

**DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN**

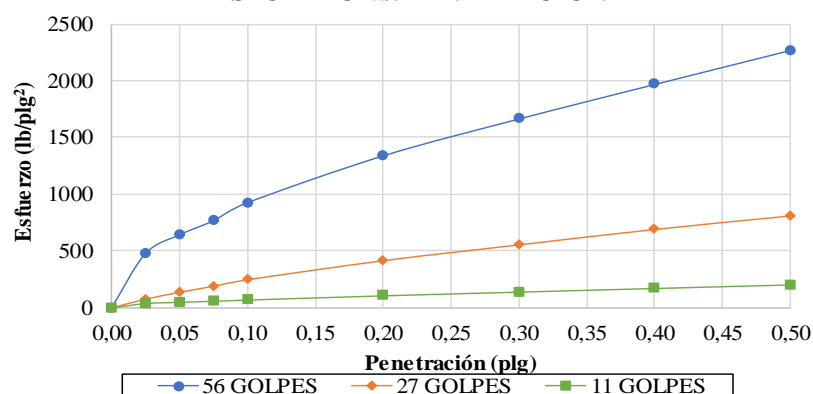
Muestra húmeda + molde (gr)	11792,5	11936,5	11491
Masa Molde (gr)	7429	7623	7457,5
Masa Muestra Humeda (gr)	4363,5	4313,5	4033,5
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2208,94	2208,94	2208,94
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,975	1,953	1,826
Masa Agua Absorbida	1157,5	1257,5	1347
% Agua Absorbida	36,10%	41,15%	50,14%

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	17	2	88	25	15	16
P. Hum. + Recipiente	135,61	160,40	123,45	151,11	137,79	197,02
P. Seco + Recipiente	118,14	141,63	108,18	128,07	114,85	165,59
Peso Recipiente	24,78	30,86	30,58	24,35	25,54	30,59
Peso Agua	17,47	18,77	15,27	23,04	22,94	31,43
Peso de Sólidos	93,36	110,77	77,60	103,72	89,31	135,00
Contenido Humedad %	18,71	16,95	19,68	22,21	25,69	23,28
Con. Hum. Prom. %	17,83		20,95		24,48	

ENSAYO CBR						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg <sup>2</sup>		Velocidad de Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	1		2		3	
N° de golpes	56		27		11	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	1433,3	477,8	231,8	77,3	116,5	38,8
0,050	1933,8	644,6	412,5	137,5	149,8	49,9
0,075	2306,6	768,9	576,6	192,2	179,3	59,8
0,100	2783,3	927,8	747,3	249,1	210,2	70,1
0,200	4023,8	1341,3	1253,6	417,9	323,5	107,8
0,300	4999,3	1666,4	1673,9	558,0	422,8	140,9
0,400	5913,3	1971,1	2083,3	694,4	520,2	173,4
0,500	6813,3	2271,1	2443,5	814,5	615,2	205,1

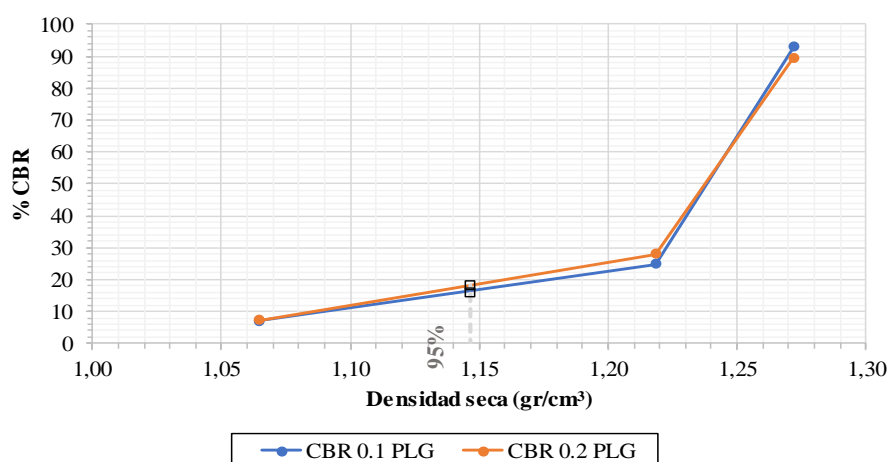
### ESFUERZO vs. PENETRACIÓN



### PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)

MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	927,77	92,78	1,272	1341,27	89,42	1,272
2	249,10	24,91	1,219	417,87	27,86	1,219
3	70,07	7,01	1,065	107,83	7,19	1,065

### % CBR vs. DENSIDAD SECA



Densidad Seca Máxima DSM (gr/cm <sup>3</sup> )		1,207	
95% DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	% CBR MAYOR
1,147	16,0	18,0	18,0



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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	5 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	8
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9916368; 747040
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	ASTM D 1883

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

**DATOS DE MOLDEO**

Contenido de Humedad Óptima (%):		17,10				
<b>MOLDE N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>			
<b>DIMENSIONES (cm)</b>	Diámetro	14,95	Diámetro	14,95	Diámetro	14,95
	Altura	12,5	Altura	12,5	Altura	12,5
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes por capa	56		27		11	
Muestra húmeda + molde (gr)	10525		10935		9749	
Masa Molde (gr)	7424		7623		7457,5	
Masa Muestra Humeda (gr)	3101		3312		2291,5	
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2208,94		2208,94		2208,94	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,404		1,499		1,037	

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>
<b>Recipiente N°</b>	4	99	77	88	59	9
Rec+suelo humedo Wr+Wm	94,37	195,90	115,46	186,30	112,98	206,27
Rec+suelo seco Ws + Wm	85,14	171,73	103,21	163,88	100,94	180,52
Peso Recipiente Wr	30,5	33,0	31,05	32,61	30,9	31,9
Peso Agua Ww	9,23	24,17	12,25	22,42	12,04	25,75
Peso de Sólidos Ws	54,63	138,72	72,16	131,27	70,04	148,62
Contenido Humedad ω%	16,90	17,42	16,98	17,08	17,19	17,33
Con. Hum. Prom. ω%	17,16		17,03		17,26	
Peso Unitario Seco γd (gr/cm <sup>3</sup> )	1,198		1,281		0,885	

**DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN**

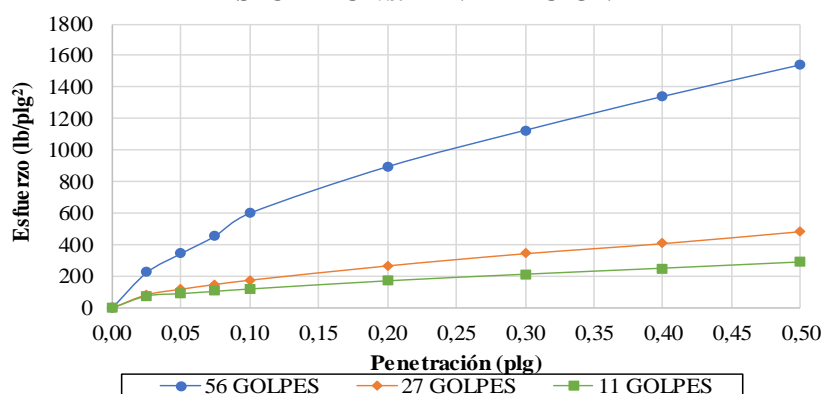
Muestra húmeda + molde (gr)	10885	12618,5	11487,5
Masa Molde (gr)	7424	7623	7457,5
Masa Muestra Humeda (gr)	3461	4995,5	4030
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2208,94	2208,94	2208,94
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,567	2,261	1,824
Masa Agua Absorbida	360	1683,5	1738,5
% Agua Absorbida	11,61%	50,83%	75,87%

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	4	99	77	88	59	9
P. Hum. + Recipiente	143,55	203,96	146,59	192,54	156,22	221,24
P. Seco + Recipiente	120,90	196,96	120,18	157,58	126,60	179,19
Peso Recipiente	30,5	33,0	31,05	32,61	30,9	31,9
Peso Agua	22,65	7,00	26,41	34,96	29,62	42,05
Peso de Sólidos	90,39	163,95	89,13	124,97	95,70	147,29
Contenido Humedad %	25,06	4,27	29,63	27,97	30,95	28,55
Con. Hum. Prom. %	14,66		28,80		29,75	

ENSAYO CBR						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg <sup>2</sup>		Velocidad de Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	1		2		3	
N° de golpes	56		27		11	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	668,9	223,0	248,6	82,9	225,0	75,0
0,050	1030,3	343,4	353,3	117,8	268,8	89,6
0,075	1366,8	455,6	443,9	148,0	312,6	104,2
0,100	1796,3	598,8	523,6	174,5	356,3	118,8
0,200	2678,3	892,8	793,4	264,5	509,6	169,9
0,300	3368,3	1122,8	1022,9	341,0	633,6	211,2
0,400	4010,1	1336,7	1213,0	404,3	746,6	248,9
0,500	4609,0	1536,3	1438,4	479,5	863,6	287,9

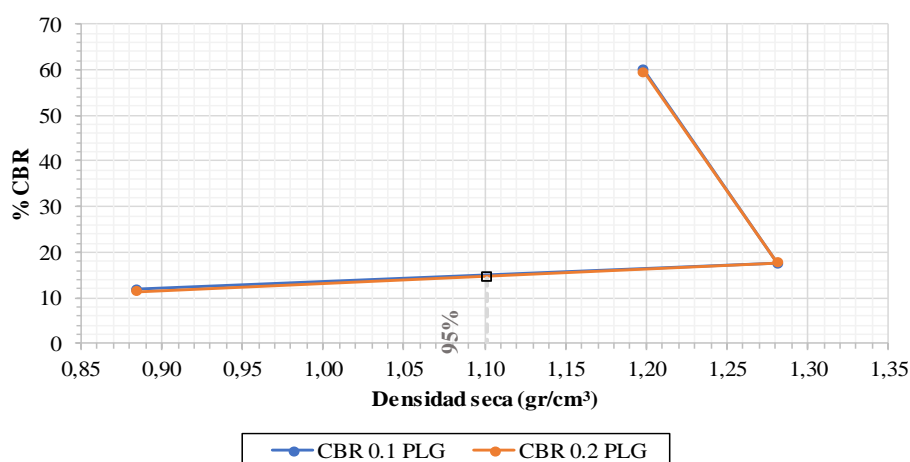
### ESFUERZO vs. PENETRACIÓN



### PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)

MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	598,77	59,88	1,198	892,77	59,52	1,198
2	174,53	17,45	1,281	264,47	17,63	1,281
3	118,77	11,88	0,885	169,87	11,32	0,885

### % CBR vs. DENSIDAD SECA



Densidad Seca Máxima DSM (gr/cm <sup>3</sup> )		1,159	
95% DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	% CBR MAYOR
1,101	14,5	14,5	14,5



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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	5 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	9
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9919217; 745420
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	ASTM D 1883

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

**DATOS DE MOLDEO**

Contenido de Humedad Óptima (%):		11,70				
<b>MOLDE N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>			
<b>DIMENSIONES (cm)</b>	Diámetro	14,95	Diámetro	14,95	Diámetro	14,95
	Altura	12,5	Altura	12,5	Altura	12,5
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes por capa	56	27	11			
Muestra húmeda + molde (gr)	10503	11173	11957			
Masa Molde (gr)	6327	8265	9108			
Masa Muestra Humeda (gr)	4176	2908	2849			
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2208,94	2208,94	2208,94			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,891	1,316	1,290			

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>
<b>Recipiente N°</b>	17	1	94	54	40	14
Rec+suelo humedo $W_r+W_m$	143,87	187,65	177,56	135,94	106,78	116,63
Rec+suelo seco $W_s + W_m$	131,32	171,46	162,77	125,48	98,32	107,17
Peso Recipiente $W_r$	31,2	31,6	33,63	30,61	24,2	26,7
Peso Agua $W_w$	12,55	16,19	14,79	10,46	8,46	9,46
Peso de Sólidos $W_s$	100,12	139,87	129,14	94,87	74,16	80,45
Contenido Humedad $\omega\%$	12,53	11,58	11,45	11,03	11,41	11,76
Con. Hum. Prom. $\omega\%$	12,05		11,24		11,58	
Peso Unitario Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,687		1,183		1,156	

**DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN**

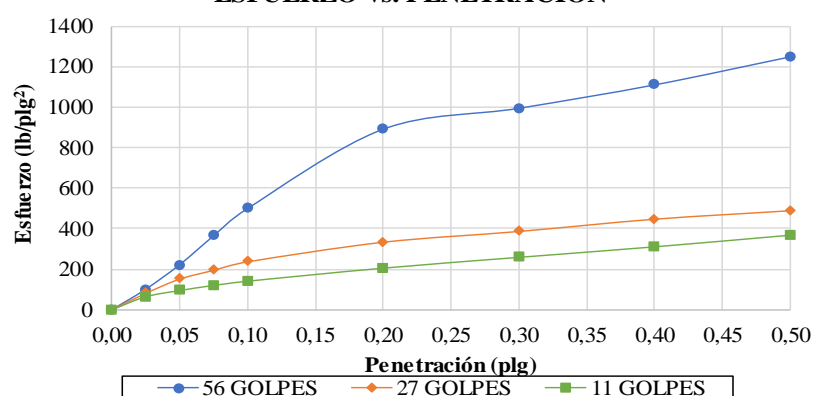
Muestra húmeda + molde (gr)	10881,5	12641,5	13377,5
Masa Molde (gr)	6327	8265	9108
Masa Muestra Humeda (gr)	4554,5	4376,5	4269,5
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2208,94	2208,94	2208,94
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	2,062	1,981	1,933
Masa Agua Absorbida	378,5	1468,5	1420,5
% Agua Absorbida	9,06%	50,50%	49,86%

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	17	1	94	54	40	14
P. Hum. + Recipiente	219,77	236,20	252,68	148,02	164,28	171,72
P. Seco + Recipiente	194,13	203,70	216,13	130,45	139,38	148,74
Peso Recipiente	31,20	31,59	33,63	30,61	24,16	26,72
Peso Agua	25,64	32,50	36,55	17,57	24,90	22,98
Peso de Sólidos	162,93	172,11	182,50	99,84	115,22	122,02
Contenido Humedad %	15,74	18,88	20,03	17,60	21,61	18,83
Con. Hum. Prom. %	17,31		18,81		20,22	

ENSAYO CBR						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg <sup>2</sup>		Velocidad de Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	1		2		3	
N° de golpes	56		27		11	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	304,0	101,3	243,3	81,1	193,0	64,3
0,050	666,5	222,2	456,3	152,1	285,8	95,3
0,075	1093,8	364,6	586,8	195,6	360,9	120,3
0,100	1498,8	499,6	713,3	237,8	423,5	141,2
0,200	2676,0	892,0	1005,3	335,1	616,3	205,4
0,300	2986,6	995,5	1165,8	388,6	776,0	258,7
0,400	3333,3	1111,1	1347,8	449,3	931,3	310,4
0,500	3748,6	1249,5	1473,8	491,3	1103,0	367,7

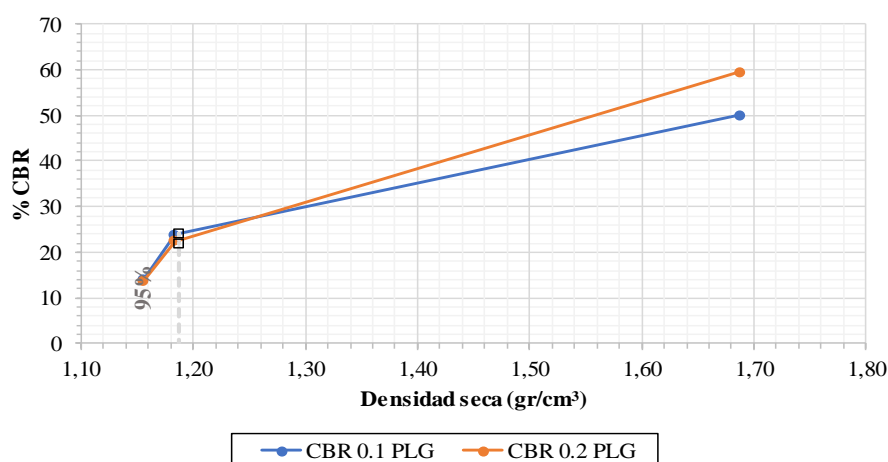
### ESFUERZO vs. PENETRACIÓN



### PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)

MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	499,60	49,96	1,687	892,00	59,47	1,687
2	237,77	23,78	1,183	335,10	22,34	1,183
3	141,17	14,12	1,156	205,43	13,70	1,156

### % CBR vs. DENSIDAD SECA



Densidad Seca Máxima DSM (gr/cm <sup>3</sup> )		1,249	
95% DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	% CBR MAYOR
1,187	24,0	22,0	24,0



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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	5 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	10
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9921467; 747249
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	ASTM D 1883

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

**DATOS DE MOLDEO**

Contenido de Humedad Óptima (%):		15,50				
<b>MOLDE N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>			
<b>DIMENSIONES (cm)</b>	Diámetro	14,95	Diámetro	14,95	Diámetro	14,95
	Altura	12,5	Altura	12,5	Altura	12,5
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes por capa	56	27	11			
Muestra húmeda + molde (gr)	10489	12096	10692			
Masa Molde (gr)	7457,5	7623	7429			
Masa Muestra Humeda (gr)	3031,5	4473	3263			
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2208,94	2208,94	2208,94			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,372	2,025	1,477			

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>
<b>Recipiente N°</b>	37	29	20	17	1	14
Rec+suelo humedo Wr+Wm	131,86	136,24	138,79	120,33	142,85	140,26
Rec+suelo seco Ws + Wm	117,94	121,49	110,16	105,76	125,96	124,03
Peso Recipiente Wr	26,0	26,7	24,68	24,74	23,8	26,7
Peso Agua Ww	13,92	14,75	28,63	14,57	16,89	16,23
Peso de Sólidos Ws	91,97	94,84	85,48	81,02	102,18	97,36
Contenido Humedad ω%	15,14	15,55	33,49	17,98	16,53	16,67
Con. Hum. Prom. ω%	15,34		25,74		16,60	
Peso Unitario Seco γd (gr/cm <sup>3</sup> )	1,190		1,610		1,267	

**DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN**

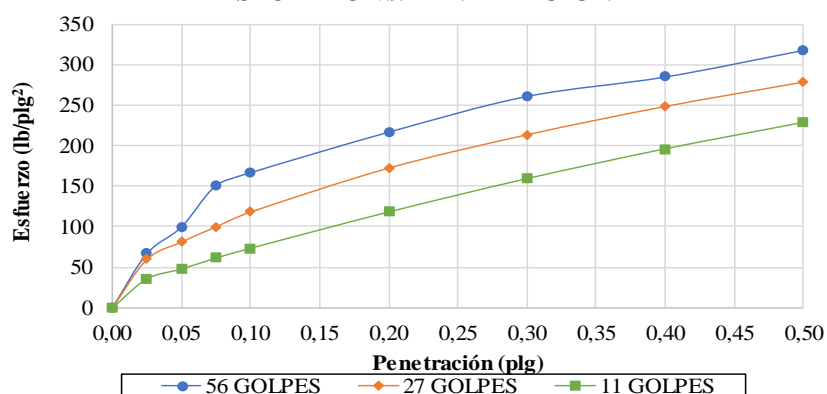
Muestra húmeda + molde (gr)	11781	13326	11963
Masa Molde (gr)	7457,5	7623	7429
Masa Muestra Humeda (gr)	4323,5	5703	4534
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2208,94	2208,94	2208,94
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,957	2,582	2,053
Masa Agua Absorbida	1292	1230	1271
% Agua Absorbida	42,62%	27,50%	38,95%

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	37	29	20	17	1	14
P. Hum. + Recipiente	113,02	136,08	134,91	132,23	126,31	147,33
P. Seco + Recipiente	98,71	118,90	116,53	114,55	109,62	127,13
Peso Recipiente	25,97	26,65	24,68	24,74	23,78	26,67
Peso Agua	14,31	17,18	18,38	17,68	16,69	20,20
Peso de Sólidos	72,74	92,25	91,85	89,81	85,84	100,46
Contenido Humedad %	19,67	18,62	20,01	19,69	19,44	20,11
Con. Hum. Prom. %	19,15		19,85		19,78	

ENSAYO CBR						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg <sup>2</sup>		Velocidad de Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	1		2		3	
N° de golpes	56		27		11	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	200,4	66,8	178,3	59,4	106,5	35,5
0,050	299,3	99,8	243,2	81,1	143,3	47,8
0,075	452,5	150,8	298,8	99,6	183,8	61,3
0,100	500,3	166,8	353,5	117,8	219,8	73,3
0,200	650,2	216,7	516,0	172,0	353,5	117,8
0,300	782,4	260,8	638,8	212,9	476,3	158,8
0,400	854,3	284,8	743,3	247,8	586,1	195,4
0,500	952,6	317,5	833,3	277,8	683,6	227,9

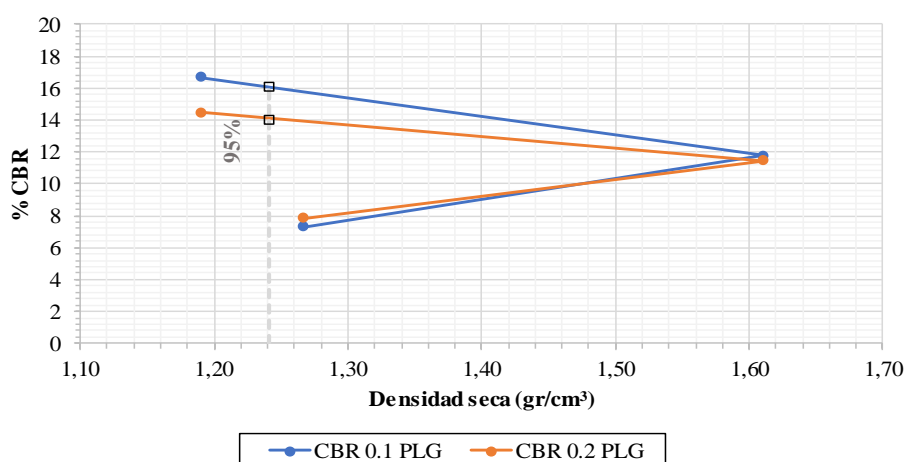
### ESFUERZO vs. PENETRACIÓN



### PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)

MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	166,77	16,68	1,190	216,73	14,45	1,190
2	117,83	11,78	1,610	172,00	11,47	1,610
3	73,27	7,33	1,267	117,83	7,86	1,267

### % CBR vs. DENSIDAD SECA



Densidad Seca Máxima DSM (gr/cm <sup>3</sup> )		1,306	
95% DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	% CBR MAYOR
1,241	16,1	14,0	16,1





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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofía Paredes	<b>FECHA:</b>	5 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	11
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9922111; 744472
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	ASTM D 1883

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

**DATOS DE MOLDEO**

Contenido de Humedad Óptima (%):		22,00				
<b>MOLDE N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>		<b>3</b>		
<b>DIMENSIONES (cm)</b>	Diámetro	14,95	Diámetro	14,95	Diámetro	14,95
	Altura	12,5	Altura	12,5	Altura	12,5
N° de Capas	5	5		5		
N° de Golpes por capa	56	27		11		
Muestra húmeda + molde (gr)	10326	10507		9953		
Masa Molde (gr)	7429	7623		7457,5		
Masa Muestra Humeda (gr)	2897	2884		2495,5		
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2208,94	2208,94		2208,94		
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,311	1,306		1,130		

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>
<b>Recipiente N°</b>	15	89	108	86	2	42
Rec+suelo humedo $W_r+W_m$	115,47	141,78	149,43	101,44	155,13	113,09
Rec+suelo seco $W_s + W_m$	99,09	121,73	127,83	88,71	132,27	96,89
Peso Recipiente $W_r$	25,6	31,9	30,20	31,26	30,9	24,9
Peso Agua $W_w$	16,38	20,05	21,60	12,73	22,86	16,20
Peso de Sólidos $W_s$	73,52	89,87	97,63	57,45	101,40	71,97
Contenido Humedad $\omega\%$	22,28	22,31	22,12	22,16	22,54	22,51
Con. Hum. Prom. $\omega\%$	22,29		22,14		22,53	
Peso Unitario Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,072		1,069		0,922	

**DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN**

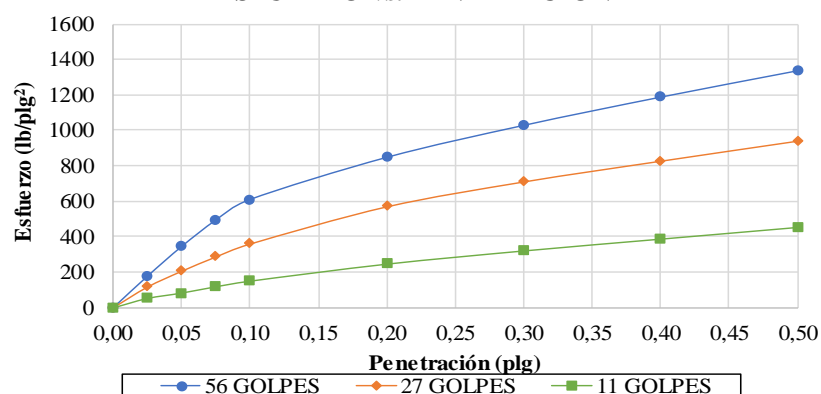
Muestra húmeda + molde (gr)	10774,5	12524	11419
Masa Molde (gr)	7429	7623	7457,5
Masa Muestra Humeda (gr)	3345,5	4901	3961,5
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2208,94	2208,94	2208,94
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,515	2,219	1,793
Masa Agua Absorbida	448,5	2017	1466
% Agua Absorbida	15,48%	69,94%	58,75%

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	15	89	108	86	2	42
P. Hum. + Recipiente	116,27	158,45	187,24	111,77	204,75	139,74
P. Seco + Recipiente	94,87	130,00	149,23	92,85	161,14	111,07
Peso Recipiente	25,57	31,86	30,20	31,26	30,87	24,92
Peso Agua	21,40	28,45	38,01	18,92	43,61	28,67
Peso de Sólidos	69,30	98,14	119,03	61,59	130,27	86,15
Contenido Humedad %	30,88	28,99	31,93	30,72	33,48	33,28
Con. Hum. Prom. %	29,93		31,33		33,38	

ENSAYO CBR						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg <sup>2</sup>		Velocidad de Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	1		2		3	
N° de golpes	56		27		11	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	533,5	177,8	351,1	117,0	158,8	52,9
0,050	1035,9	345,3	619,3	206,4	250,3	83,4
0,075	1482,7	494,2	861,3	287,1	356,8	118,9
0,100	1831,3	610,4	1080,6	360,2	451,3	150,4
0,200	2543,6	847,9	1711,8	570,6	738,8	246,3
0,300	3083,3	1027,8	2133,3	711,1	961,5	320,5
0,400	3559,8	1186,6	2484,4	828,1	1160,7	386,9
0,500	4005,1	1335,0	2823,7	941,2	1357,8	452,6

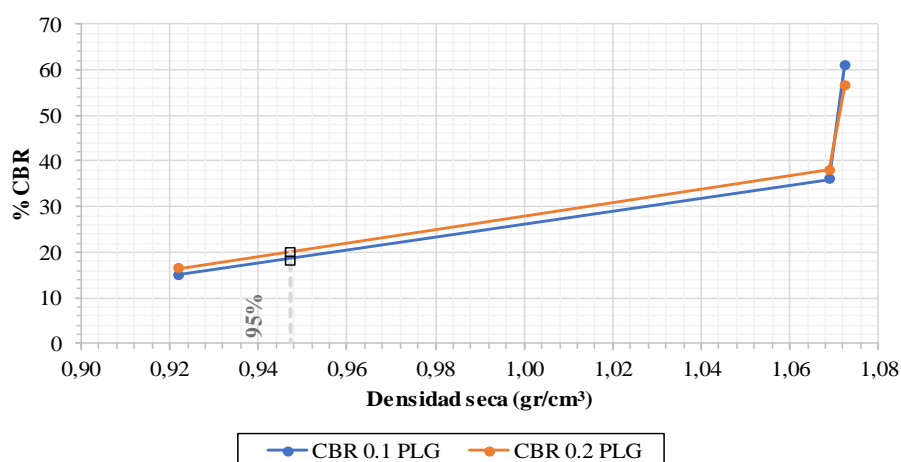
### ESFUERZO vs. PENETRACIÓN



### PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)

MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	610,43	61,04	1,072	847,87	56,52	1,072
2	360,20	36,02	1,069	570,60	38,04	1,069
3	150,43	15,04	0,922	246,27	16,42	0,922

### % CBR vs. DENSIDAD SECA



Densidad Seca Máxima DSM (gr/cm <sup>3</sup> )		0,997	
95% DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	% CBR MAYOR
0,947	18,0	20,0	20,0



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



**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>PROYECTO:</b>	ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
<b>ELABORADO POR:</b>	Sofia Paredes	<b>FECHA:</b>	5 de diciembre de 2022
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi	<b>MUESTRA:</b>	12
<b>CANTON:</b>	Latacunga	<b>COORDENADAS:</b>	9921870; 743109
<b>PARROQUIA:</b>	Toacaso	<b>NORMAS:</b>	ASTM D 1883

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

**DATOS DE MOLDEO**

Contenido de Humedad Óptima (%):		12,00				
<b>MOLDE N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>			
<b>DIMENSIONES (cm)</b>	Diámetro	14,95	Diámetro	14,95	Diámetro	14,95
	Altura	12,5	Altura	12,5	Altura	12,5
N° de Capas	5	5	5	5		
N° de Golpes por capa	56	27	11	11		
Muestra húmeda + molde (gr)	9553	11373	12157	12157		
Masa Molde (gr)	6327	8265	9108	9108		
Masa Muestra Humeda (gr)	3226	3108	3049	3049		
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2208,94	2208,94	2208,94	2208,94		
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,460	1,407	1,380	1,380		

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>	<b>Bandeja</b>	<b>Molde</b>
<b>Recipiente N°</b>	40	14	17	1	94	54
Rec+suelo humedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	128,87	172,65	162,56	120,94	91,78	101,63
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	116,95	156,46	147,77	110,48	85,32	94,17
Peso Recipiente W <sub>r</sub>	24,2	26,7	31,2	31,6	33,6	30,6
Peso Agua W <sub>w</sub>	11,92	16,19	14,79	10,46	6,46	7,46
Peso de Sólidos W <sub>s</sub>	92,79	129,74	116,57	78,89	51,69	63,56
Contenido Humedad ω%	12,85	12,48	12,69	13,26	12,50	11,74
Con. Hum. Prom. ω%	12,66		12,97		12,12	
Peso Unitario Seco γ <sub>d</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	1,296		1,245		1,231	

**DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN**

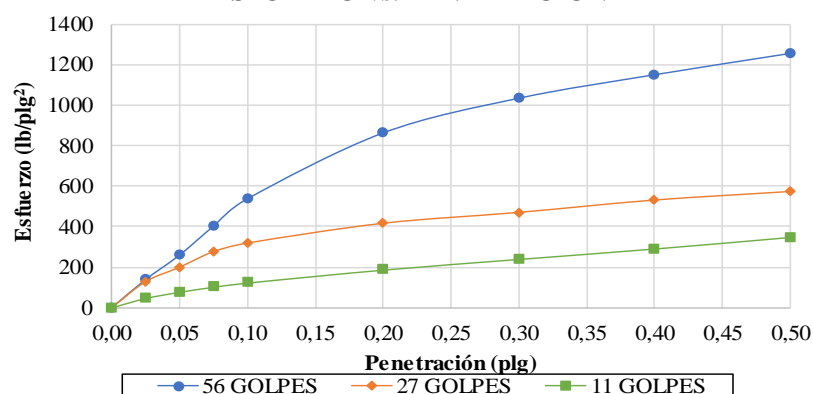
Muestra húmeda + molde (gr)	11081,5	12641,5	13377,5
Masa Molde (gr)	6327	8265	9108
Masa Muestra Humeda (gr)	4754,5	4376,5	4269,5
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2208,94	2208,94	2208,94
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	2,152	1,981	1,933
Masa Agua Absorbida	1528,5	1268,5	1220,5
% Agua Absorbida	47,38%	40,81%	40,03%

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	40	14	17	1	94	54
P. Hum. + Recipiente	204,77	221,20	237,68	133,02	149,28	156,72
P. Seco + Recipiente	179,13	188,70	201,13	115,45	124,38	133,74
Peso Recipiente	24,2	26,7	31,2	31,6	33,6	30,6
Peso Agua	25,64	32,50	36,55	17,57	24,90	22,98
Peso de Sólidos	154,97	161,98	169,93	83,86	90,75	103,13
Contenido Humedad %	16,55	20,06	21,51	20,95	27,44	22,28
Con. Hum. Prom. %	18,30		21,23		24,86	

ENSAYO CBR						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg <sup>2</sup>		Velocidad de Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	1		2		3	
N° de golpes	56		27		11	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	417,0	139,0	386,3	128,8	139,0	46,3
0,050	779,5	259,8	599,3	199,8	231,8	77,3
0,075	1206,8	402,3	829,8	276,6	306,9	102,3
0,100	1611,8	537,3	956,3	318,8	369,5	123,2
0,200	2586,0	862,0	1248,3	416,1	562,3	187,4
0,300	3099,6	1033,2	1408,8	469,6	722,0	240,7
0,400	3446,3	1148,8	1590,8	530,3	877,3	292,4
0,500	3761,6	1253,9	1716,8	572,3	1049,0	349,7

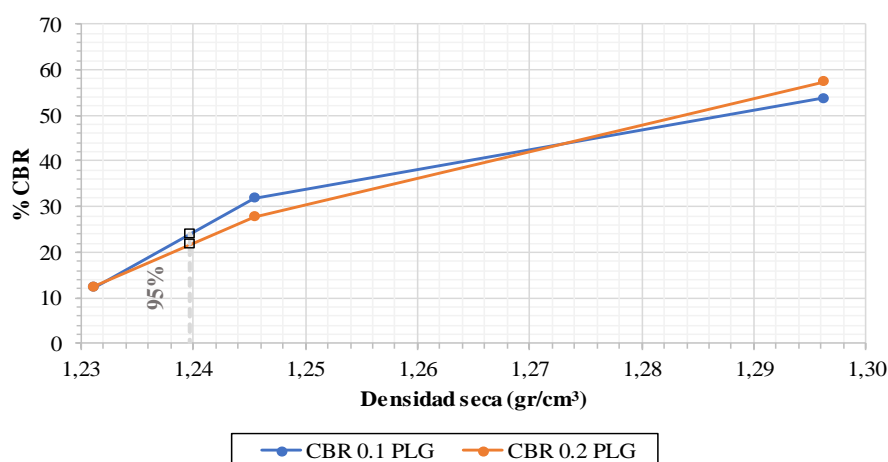
### ESFUERZO vs. PENETRACIÓN



### PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)

MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	537,27	53,73	1,296	862,00	57,47	1,296
2	318,77	31,88	1,245	416,10	27,74	1,245
3	123,17	12,32	1,231	187,43	12,50	1,231

### % CBR vs. DENSIDAD SECA



Densidad Seca Máxima DSM (gr/cm <sup>3</sup> )		1,305	
95% DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	% CBR MAYOR
1,240	24,0	22,0	24,0

# **Anexo # 2: Conteo Vehicular**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**PROYECTO DE INTEGRACION CURRICULAR**



PROYECTO: "ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI."

	Día	Mes	Año	Sentido	Ubicación	Realizado	Día N° 1
	LUNES	ENERO	2023	Ambos	GUINGOPANA	SOFIA PAREDES	
Hora	Livianos	Buses	Camiones			Total Vehículos/ 15min	Total
			Dos ejes	Tres ejes	>Tres ejes		
7:00 – 7:15	10	1	1	0	0	12	35
7:15 – 7 :30	7			0	0	7	
7:30 – 7:45	8			0	0	8	
7:45 – 8:00	6		2	0	0	8	
8:00 – 8:15	6		1	0	0	7	
8:15 – 8 :30	5		1	0	0	6	24
8:30 – 8:45	6			0	0	6	
8:45 – 9:00	5			0	0	5	
9:00 – 9:15	3		1	0	0	4	
9:15 – 9 :30	4		1	0	0	5	21
9:30 – 9:45	5		1	0	0	6	
9:45 – 10:00	5		1	0	0	6	
10:00 – 10:15	4			0	0	4	
10:15 – 10 :30	5		2	0	0	7	21
10:30 – 10:45	3		1	0	0	4	
10:45 – 11:00	4		2	0	0	6	
11:00 – 11:15	7		1	0	0	8	
11:15 – 11 :30	5			0	0	5	27
11:30 – 11:45	4		1	0	0	5	
11:45 – 12:00	6	1	2	0	0	9	
12:00 – 12:15	2		1	0	0	3	
12:15 – 12 :30	6			0	0	6	16
12:30 – 12:45	2		1	0	0	3	
12:45 – 13:00	4			0	0	4	
13:00 – 13:15	5		1	0	0	6	
13:15 – 13 :30	4			0	0	4	19
13:30 – 13:45	3		1	0	0	4	
13:45 – 14:00	5			0	0	5	
14:00 – 14:15	2			0	0	2	
14:15 – 14 :30	3		1	0	0	4	16
14:30 – 14:45	4			0	0	4	
14:45 – 15:00	5		1	0	0	6	
15:00 – 15:15	2		1	0	0	3	
15:15 – 15 :30	4			0	0	4	15
15:30 – 15:45	2		2	0	0	4	
15:45 – 16:00	3		1	0	0	4	
16:00 – 16:15	3			0	0	3	
16:15 – 16 :30	3			0	0	3	18
16:30 – 16:45	5		1	0	0	6	
16:45 – 17:00	4	1	1	0	0	6	
17:00 – 17:15	6		1	0	0	7	
17:15 – 17 :30	4			0	0	4	24
17:30 – 17:45	7		1	0	0	8	
17:45 – 18:00	5			0	0	5	
18:00 – 18:15	7			0	0	7	
18:15 – 18 :30	6		1	0	0	7	27
18:30 – 18:45	5		1	0	0	6	
18:45 – 19:00	6		1	0	0	7	
<b>Total</b>	225	3	35	0	0	263	



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**PROYECTO DE INTEGRACION CURRICULAR**



PROYECTO: “ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI.”

	Día	Mes	Año	Sentido	Ubicación	Realizado		Día N° 2
	MARTES	ENERO	2023	Ambos	GUINGOPANA	SOFIA PAREDES		
Hora	Livianos		Buses	Camiones			Total Vehículos/15min	Total
				Dos ejes	Tres ejes	>Tres ejes		
7:00 – 7:15	3		1	1	0	0	5	18
7:15 – 7:30	5			1	0	0	6	
7:30 – 7:45	3				0	0	3	
7:45 – 8:00	3			1	0	0	4	
8:00 – 8:15	6			0	0	0	6	23
8:15 – 8:30	5			1	0	0	6	
8:30 – 8:45	4			2	0	0	6	
8:45 – 9:00	4			1	0	0	5	
9:00 – 9:15	3			1	0	0	4	16
9:15 – 9:30	2			0	0	0	2	
9:30 – 9:45	4			1	0	0	5	
9:45 – 10:00	5				0	0	5	
10:00 – 10:15	2			0	0	0	2	13
10:15 – 10:30	3			1	0	0	4	
10:30 – 10:45	4			0	0	0	4	
10:45 – 11:00	3				0	0	3	
11:00 – 11:15	3			1	0	0	4	16
11:15 – 11:30	5				0	0	5	
11:30 – 11:45	4			1	0	0	5	
11:45 – 12:00	1		1		0	0	2	
12:00 – 12:15	3			0	0	0	3	16
12:15 – 12:30	4			1	0	0	5	
12:30 – 12:45	5			1	0	0	6	
12:45 – 13:00	2				0	0	2	
13:00 – 13:15	6			1	0	0	7	25
13:15 – 13:30	8				0	0	8	
13:30 – 13:45	3			1	0	0	4	
13:45 – 14:00	4			2	0	0	6	
14:00 – 14:15	6			1	0	0	7	19
14:15 – 14:30	3				0	0	3	
14:30 – 14:45	4				0	0	4	
14:45 – 15:00	4			1	0	0	5	
15:00 – 15:15	1				0	0	1	19
15:15 – 15:30	3			1	0	0	4	
15:30 – 15:45	8				0	0	8	
15:45 – 16:00	5			1	0	0	6	
16:00 – 16:15	5				0	0	5	20
16:15 – 16:30	3				0	0	3	
16:30 – 16:45	5			1	0	0	6	
16:45 – 17:00	4		1	1	0	0	6	
17:00 – 17:15	4			1	0	0	5	23
17:15 – 17:30	4				0	0	4	
17:30 – 17:45	5			1	0	0	6	
17:45 – 18:00	8				0	0	8	
18:00 – 18:15	7			1	0	0	8	27
18:15 – 18:30	6				0	0	6	
18:30 – 18:45	8				0	0	8	
18:45 – 19:00	5				0	0	5	
<b>Total</b>	205		3	27	0	0	235	235



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**PROYECTO DE INTEGRACION CURRICULAR**



PROYECTO: “ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI.”

Hora	Día	Mes	Año	Sentido	Ubicación	Realizado		Día N° 3
	MIÉRCOLES	ENERO	2023	Ambos	GUINGOPANA	SOFIA PAREDES		
	Livianos		Buses	Camiones			Total Vehículos/15min	Total
				Dos ejes	Tres ejes	>Tres ejes		
7:00 – 7:15	6		1	0	0	0	7	23
7:15 – 7:30	7		0	0	0	0	7	
7:30 – 7:45	2		0	1	0	0	3	
7:45 – 8:00	5		0	1	0	0	6	
8:00 – 8:15	3		0	2	0	0	5	21
8:15 – 8:30	7		0	0	0	0	7	
8:30 – 8:45	3		0	0	0	0	3	
8:45 – 9:00	5		0	1	0	0	6	
9:00 – 9:15	3		0	1	0	0	4	16
9:15 – 9:30	2		0	1	0	0	3	
9:30 – 9:45	5		0	0	0	0	5	
9:45 – 10:00	4		0	0	0	0	4	
10:00 – 10:15	5		0	1	0	0	6	21
10:15 – 10:30	4		0	0	0	0	4	
10:30 – 10:45	2		0	1	0	0	3	
10:45 – 11:00	8		0	0	0	0	8	
11:00 – 11:15	4		0	1	0	0	5	17
11:15 – 11:30	3		0	1	0	0	4	
11:30 – 11:45	5		0	1	0	0	6	
11:45 – 12:00	1		1	0	0	0	2	
12:00 – 12:15	7		0	0	0	0	7	24
12:15 – 12:30	8		0	0	0	0	8	
12:30 – 12:45	5		0	1	0	0	6	
12:45 – 13:00	3		0	0	0	0	3	
13:00 – 13:15	5		0	1	0	0	6	26
13:15 – 13:30	4		0	0	0	0	4	
13:30 – 13:45	7		0	1	0	0	8	
13:45 – 14:00	7		0	1	0	0	8	
14:00 – 14:15	3		0	0	0	0	3	19
14:15 – 14:30	3		0	1	0	0	4	
14:30 – 14:45	5		0	1	0	0	6	
14:45 – 15:00	5		0	1	0	0	6	
15:00 – 15:15	7		0	1	0	0	8	24
15:15 – 15:30	7		0	0	0	0	7	
15:30 – 15:45	2		0	1	0	0	3	
15:45 – 16:00	5		0	1	0	0	6	
16:00 – 16:15	6		0	1	0	0	7	25
16:15 – 16:30	4		0	0	0	0	4	
16:30 – 16:45	5		0	1	0	0	6	
16:45 – 17:00	7		1	0	0	0	8	
17:00 – 17:15	5		0	1	0	0	6	22
17:15 – 17:30	4		0	0	0	0	4	
17:30 – 17:45	4		0	1	0	0	5	
17:45 – 18:00	6		0	1	0	0	7	
18:00 – 18:15	6		0	0	0	0	6	24
18:15 – 18:30	4		0	1	0	0	5	
18:30 – 18:45	8		0	1	0	0	9	
18:45 – 19:00	3		0	1	0	0	4	
<b>Total</b>	229		3	30	0	0	262	262





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**PROYECTO DE INTEGRACION CURRICULAR**



PROYECTO: "ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI."

	Día	Mes	Año	Sentido	Ubicación	Realizado	Día N° 4	
	JUEVES	ENERO	2023	Ambos	GUINGOPANA	SOFIA PAREDES		
Hora	Livianos		Buses	Camiones			Total Vehículos/15min	Total
				Dos ejes	Tres ejes	>Tres ejes		
:00 – 7:15	6		1	1	0	0	8	26
15 – 7 :30	8		0	1	0	0	9	
:30 – 7:45	5		0	0	0	0	5	
:45 – 8:00	4		0	0	0	0	4	
:00 – 8:15	5		0	1	0	0	6	20
15 – 8 :30	6		0	1	0	0	7	
:30 – 8:45	5		0	0	0	0	5	
:45 – 9:00	1		0	1	0	0	2	
:00 – 9:15	2		0	1	0	0	3	18
15 – 9 :30	4		0	0	0	0	4	
:30 – 9:45	5		0	1	0	0	6	
45 – 10:00	5		0	0	0	0	5	
:00 – 10:15	3		0	1	0	0	4	13
15 – 10 :30	4		0	0	0	0	4	
:30 – 10:45	2		0	1	0	0	3	
:45 – 11:00	1		0	1	0	0	2	
:00 – 11:15	3		0	0	0	0	3	19
15 – 11 :30	5		0	0	0	0	5	
:30 – 11:45	4		0	0	0	0	4	
:45 – 12:00	6		1	0	0	0	7	
:00 – 12:15	4		0	0	0	0	4	14
15 – 12 :30	2		0	1	0	0	3	
:30 – 12:45	5		0	0	0	0	5	
:45 – 13:00	1		0	1	0	0	2	
:00 – 13:15	5		0	0	0	0	5	18
15 – 13 :30	4		0	0	0	0	4	
:30 – 13:45	2		0	1	0	0	3	
:45 – 14:00	6		0	0	0	0	6	
:00 – 14:15	4		0	1	0	0	5	16
15 – 14 :30	2		0	1	0	0	3	
:30 – 14:45	5		0	0	0	0	5	
:45 – 15:00	2		0	1	0	0	3	
:00 – 15:15	4		0	0	0	0	4	14
15 – 15 :30	3		0	0	0	0	3	
:30 – 15:45	3		0	0	0	0	3	
:45 – 16:00	3		0	1	0	0	4	
:00 – 16:15	2		0	1	0	0	3	24
15 – 16 :30	5		0	1	0	0	6	
:30 – 16:45	8		0	0	0	0	8	
:45 – 17:00	6		1	0	0	0	7	
:00 – 17:15	4		0	1	0	0	5	15
15 – 17 :30	3		0	0	0	0	3	
:30 – 17:45	4		0	0	0	0	4	
:45 – 18:00	2		0	1	0	0	3	
:00 – 18:15	6		0	0	0	0	6	26
15 – 18 :30	6		0	0	0	0	6	
:30 – 18:45	6		0	0	0	0	6	
:45 – 19:00	7		0	1	0	0	8	
<b>Total</b>	198		3	22	0	0	223	223



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**PROYECTO DE INTEGRACION CURRICULAR**



PROYECTO: "ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI."

	Día	Mes	Año	Sentido	Ubicación	Realizado	Día N° 5	
	VIERNES	ENERO	2023	Ambos	GUINGOPANA	SOFIA PAREDES		
Hora	Livianos		Buses	Camiones			Total Vehículos/15min	Total
				Dos ejes	Tres ejes	>Tres ejes		
7:00 – 7:15	8		1	1	0	0	10	29
7:15 – 7:30	7		0	1	0	0	8	
7:30 – 7:45	5		0	0	0	0	5	
7:45 – 8:00	5		0	1	0	0	6	
8:00 – 8:15	5		0	0	0	0	5	22
8:15 – 8:30	6		0	1	0	0	7	
8:30 – 8:45	5		0	0	0	0	5	
8:45 – 9:00	4		0	1	0	0	5	
9:00 – 9:15	3		0	1	0	0	4	18
9:15 – 9:30	3		0	0	0	0	3	
9:30 – 9:45	5		0	1	0	0	6	
9:45 – 10:00	5		0	0	0	0	5	
10:00 – 10:15	4		0	1	0	0	5	19
10:15 – 10:30	5		0	0	0	0	5	
10:30 – 10:45	3		0	1	0	0	4	
10:45 – 11:00	4		0	1	0	0	5	
11:00 – 11:15	4		0	1	0	0	5	22
11:15 – 11:30	5		0	0	0	0	5	
11:30 – 11:45	5		0	1	0	0	6	
11:45 – 12:00	4		1	1	0	0	6	
12:00 – 12:15	4		0	0	0	0	4	18
12:15 – 12:30	5		0	1	0	0	6	
12:30 – 12:45	4		0	1	0	0	5	
12:45 – 13:00	3		0	0	0	0	3	
13:00 – 13:15	5		0	1	0	0	6	20
13:15 – 13:30	5		0	0	0	0	5	
13:30 – 13:45	4		0	1	0	0	5	
13:45 – 14:00	3		0	1	0	0	4	
14:00 – 14:15	4		0	1	0	0	5	19
14:15 – 14:30	3		0	1	0	0	4	
14:30 – 14:45	5		0	0	0	0	5	
14:45 – 15:00	4		0	1	0	0	5	
15:00 – 15:15	1		0	1	0	0	2	11
15:15 – 15:30	2		0	0	0	0	2	
15:30 – 15:45	1		0	1	0	0	2	
15:45 – 16:00	4		0	1	0	0	5	
16:00 – 16:15	4		0	1	0	0	5	19
16:15 – 16:30	2		0	0	0	0	2	
16:30 – 16:45	6		0	1	0	0	7	
16:45 – 17:00	3		1	1	0	0	5	
17:00 – 17:15	5		0	1	0	0	6	24
17:15 – 17:30	6		0	0	0	0	6	
17:30 – 17:45	5		0	1	0	0	6	
17:45 – 18:00	5		0	1	0	0	6	
18:00 – 18:15	7		0	0	0	0	7	28
18:15 – 18:30	6		0	1	0	0	7	
18:30 – 18:45	7		0	1	0	0	8	
18:45 – 19:00	5		0	1	0	0	6	
<b>Total</b>	213		3	33	0	0	249	249



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**PROYECTO DE INTEGRACION CURRICULAR**



PROYECTO: "ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI."

	Día	Mes	Año	Sentido	Ubicación	Realizado		Día N° 6
	SABADO	ENERO	2023	Ambos	GUINGOPANA	SOFIA PAREDES		
Hora	Livianos		Buses	Camiones			Total Vehículos/15min	Total
				Dos ejes	Tres ejes	>Tres ejes		
7:00 – 7:15	6			1	0	0	7	23
7:15 – 7:30	5			0	0	0	5	
7:30 – 7:45	7			0	0	0	7	
7:45 – 8:00	3			1	0	0	4	
8:00 – 8:15	4			0	0	0	4	21
8:15 – 8:30	5			1	0	0	6	
8:30 – 8:45	6			1	0	0	7	
8:45 – 9:00	3			1	0	0	4	
9:00 – 9:15	5			1	0	0	6	18
9:15 – 9:30	3			0	0	0	3	
9:30 – 9:45	4			0	0	0	4	
9:45 – 10:00	5			0	0	0	5	
10:00 – 10:15	5			1	0	0	6	20
10:15 – 10:30	5			0	0	0	5	
10:30 – 10:45	2			0	0	0	2	
10:45 – 11:00	6			1	0	0	7	
11:00 – 11:15	6			1	0	0	7	23
11:15 – 11:30	4			0	0	0	4	
11:30 – 11:45	5			1	0	0	6	
11:45 – 12:00	6			0	0	0	6	
12:00 – 12:15	7			0	0	0	7	24
12:15 – 12:30	4			1	0	0	5	
12:30 – 12:45	7			1	0	0	8	
12:45 – 13:00	4			0	0	0	4	
13:00 – 13:15	4			1	0	0	5	17
13:15 – 13:30	3			0	0	0	3	
13:30 – 13:45	3			1	0	0	4	
13:45 – 14:00	4			1	0	0	5	
14:00 – 14:15	5			1	0	0	6	20
14:15 – 14:30	5			1	0	0	6	
14:30 – 14:45	4			0	0	0	4	
14:45 – 15:00	3			1	0	0	4	
15:00 – 15:15	5			1	0	0	6	21
15:15 – 15:30	3			0	0	0	3	
15:30 – 15:45	5			1	0	0	6	
15:45 – 16:00	5			1	0	0	6	
16:00 – 16:15	3			1	0	0	4	19
16:15 – 16:30	3			0	0	0	3	
16:30 – 16:45	5			1	0	0	6	
16:45 – 17:00	6			0	0	0	6	
17:00 – 17:15	4			1	0	0	5	21
17:15 – 17:30	5			0	0	0	5	
17:30 – 17:45	4			1	0	0	5	
17:45 – 18:00	5			1	0	0	6	
18:00 – 18:15	5			0	0	0	5	24
18:15 – 18:30	4			0	0	0	4	
18:30 – 18:45	7			1	0	0	8	
18:45 – 19:00	6			1	0	0	7	
<b>Total</b>	223		0	28	0	0	251	251



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**PROYECTO DE INTEGRACION CURRICULAR**



PROYECTO: "ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS GUAYTACAMA Y TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI."

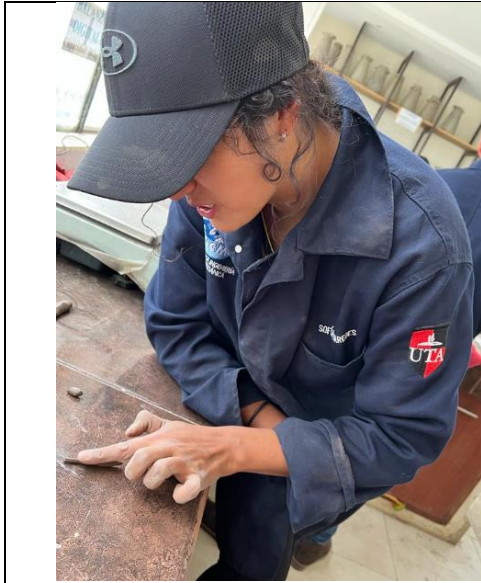
	Día	Mes	Año	Sentido	Ubicación	Realizado		Día N° 7
	DOMINGO	ENERO	2023	Ambos	GUINGOPANA	SOFIA PAREDES		
Hora	Livianos		Buses	Camiones			Total Vehículos/15min	Total
				Dos ejes	Tres ejes	>Tres ejes		
7:00 – 7:15	10		1	3	0	0	14	42
7:15 – 7:30	9		0	1	0	0	10	
7:30 – 7:45	7		0	2	0	0	9	
7:45 – 8:00	8		0	1	0	0	9	
8:00 – 8:15	9		0	1	0	0	10	36
8:15 – 8:30	5		0	1	0	0	6	
8:30 – 8:45	9		0	2	0	0	11	
8:45 – 9:00	6		0	3	0	0	9	
9:00 – 9:15	6		0	1	0	0	7	28
9:15 – 9:30	9		0	2	0	0	11	
9:30 – 9:45	5		0	1	0	0	6	
9:45 – 10:00	2		0	2	0	0	4	
10:00 – 10:15	7		0	1	0	0	8	25
10:15 – 10:30	5		0	1	0	0	6	
10:30 – 10:45	3		0	3	0	0	6	
10:45 – 11:00	4		0	1	0	0	5	
11:00 – 11:15	6	1	1	1	0	0	8	26
11:15 – 11:30	7		0	0	0	0	7	
11:30 – 11:45	5		0	1	0	0	6	
11:45 – 12:00	4		0	1	0	0	5	
12:00 – 12:15	8		0	0	0	0	8	28
12:15 – 12:30	7		0	1	0	0	8	
12:30 – 12:45	5		0	2	0	0	7	
12:45 – 13:00	5		0	0	0	0	5	
13:00 – 13:15	6		0	1	0	0	7	23
13:15 – 13:30	4		0	2	0	0	6	
13:30 – 13:45	5		0	1	0	0	6	
13:45 – 14:00	4		0	0	0	0	4	
14:00 – 14:15	3		0	1	0	0	4	13
14:15 – 14:30	4		0	0	0	0	4	
14:30 – 14:45	2		0	0	0	0	2	
14:45 – 15:00	2		0	1	0	0	3	
15:00 – 15:15	2		0	1	0	0	3	12
15:15 – 15:30	4		0	0	0	0	4	
15:30 – 15:45	1		0	1	0	0	2	
15:45 – 16:00	2		0	1	0	0	3	
16:00 – 16:15	3		0	0	0	0	3	8
16:15 – 16:30	2		0	0	0	0	2	
16:30 – 16:45	2		0	0	0	0	2	
16:45 – 17:00	1		0	0	0	0	1	
17:00 – 17:15	3		0	0	0	0	3	13
17:15 – 17:30	4		0	0	0	0	4	
17:30 – 17:45	3		0	1	0	0	4	
17:45 – 18:00	2		0	0	0	0	2	
18:00 – 18:15	2		0	0	0	0	2	11
18:15 – 18:30	4		0	1	0	0	5	
18:30 – 18:45	3		0	0	0	0	3	
18:45 – 19:00	1		0	0	0	0	1	
<b>Total</b>	220		2	43	0	0	265	265

# **Anexo # 3: Fotografías**

*Tabla 62. Anexos fotográficos*

<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> <p>PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</p> <p>ANEXOS FOTOGRAFICOS</p>	
	
	
<p><b>Fig 76.</b> <i>Ensayo pozo a cielo abierto</i></p>	<p><b>Fig 77.</b> <i>Ensayo densidad de campo</i></p>
	
<p><b>Fig 78.</b> <i>Ensayo DCP</i></p>	<p><b>Fig 79.</b> <i>Ensayo límite líquido método del cono</i></p>





**Fig 80.** *Ensayo límite plástico*



**Fig 81.** *Ensayo gravedad específica*



**Fig 82.** *Ensayo contenido de humedad*



**Fig 83.** *Ensayo granulometría*



<p><b>Fig 84.</b> <i>Ensayo límite líquido Copa Casagrande</i></p>	<p><b>Fig 85.</b> <i>Ensayo Proctor modificado</i></p>
	
<p><b>Fig 86.</b> <i>Ensayo CBR</i></p>	<p><b>Fig 87.</b> <i>Preparación de muestra</i></p>
	
<p><b>Fig 88.</b> <i>Toma de peso de muestra</i></p>	<p><b>Fig 89.</b> <i>Ensayo del cono, gravedad específica</i></p>

*Fuente: Sofia Paredes.*

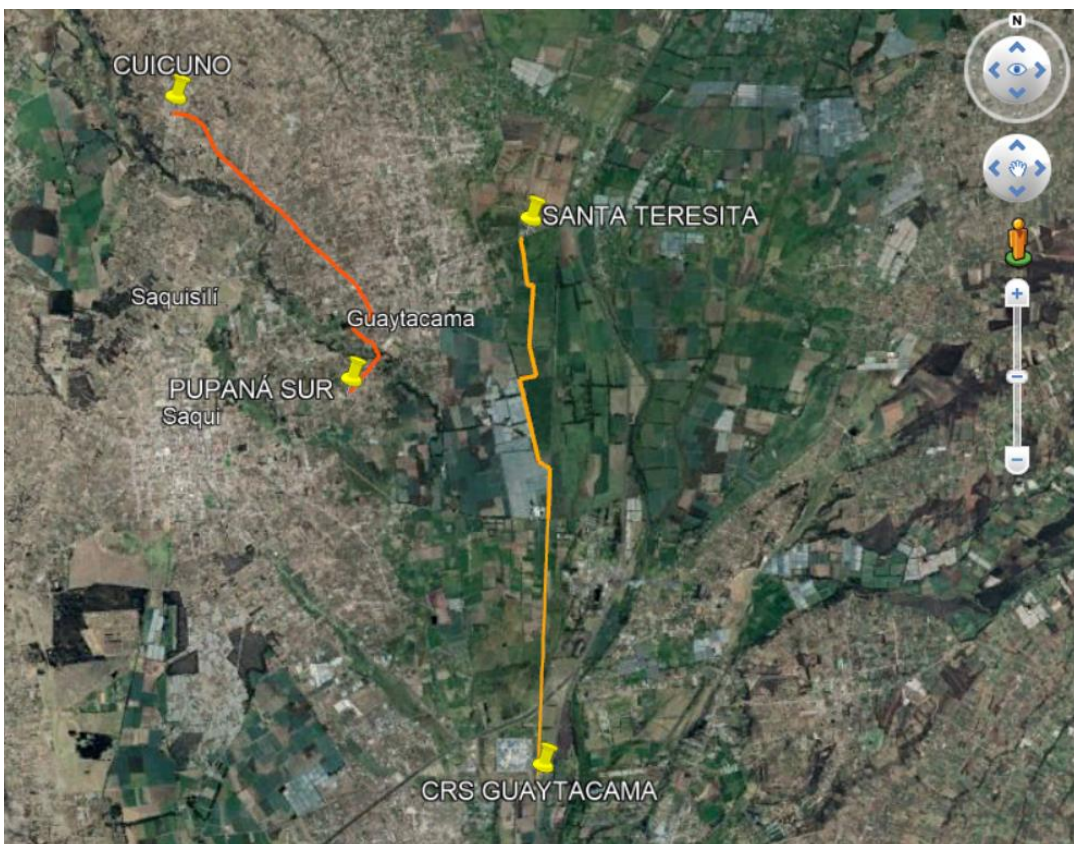


# **Anexo # 4: Mapas**



**Fig 90.** *Rutas para la toma de muestras de la parroquia Toacaso*

*Fuente: Sofia Paredes*



**Fig 91.** *Rutas para la toma de muestras de la parroquia Guaytacama*

*Fuente: Sofia Paredes.*