



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

**TRABAJO EXPERIMENTAL 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 LA PARROQUIA  
BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE  
COTOPAXI”**

---

**AUTORA:** Vanessa Fernanda Pérez Pintado

**TUTOR:** Ing. Mg. Favio Paúl Portilla Yandún

**AMBATO - ECUADOR**

**Marzo - 2023**

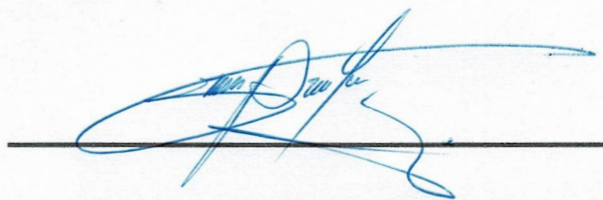
## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO DEL CANTÓN LATACUNGA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, realizado por la señorita Vanessa Fernanda Pérez Pintado, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 0503477846, estudiante de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

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

Ambato, marzo 2023



**Ing. Mg. Favio Paúl Portilla Yandún**

**TUTOR**

## AUTORÍA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **Vanessa Fernanda Pérez Pintado**, con C.I. 1804131918, 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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, 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



---

**Vanessa Fernanda Pérez Pintado**  
C.I. 1804131918  
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



---

**Vanessa Fernanda Pérez Pintado**  
C.I. 1804131918  
AUTORA

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por la estudiante Vanessa Fernanda Pérez Pintado, de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el Tema: **“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”**.

Ambato, marzo 2023

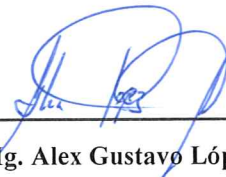
Para constancia firman:



---

Ing. Diego Sebastián Chérrez Gavilanes Mg.

**MIEMBRO CALIFICADOR**



---

Ing. Mg. Alex Gustavo López Arboleda

**MIEMBRO CALIFICADOR**

## DEDICATORIA

*El presente trabajo experimental dedico con mucho cariño a mis padres José Pérez, Myriam Pintado y a mis abuelitos por todo su cariño y motivación; por siempre creer en mí y brindarme el apoyo necesario para poder cumplir mis metas.*

*A mis hermanas, Johanna y Gabriela quienes con sus palabras de aliento nunca me dejaron decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante; por estar siempre presentes, apoyándome y aconsejándome.*

*A mi hermano Andrés por su sacrificio, comprensión y esfuerzo, por creer en mi capacidad y ser sin duda mi mejor ejemplo de superación, por siempre brindarme lo mejor para que nunca me falte nada.*

*Una mención especial a mis sobrinos Christopher Gabriel, Karla Victoria y María Emilia, quienes alegran mis días con cada una de sus ocurrencias; son una bendición en mi vida.*

***Vanessa Pérez Pintado***

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios por iluminar y guiarme cada paso en mi vida, por ser el apoyo y fortaleza cada día para seguir adelante cumpliendo con mis metas.*

*A mi familia, por ser un eje fundamental en mi vida, por todo el apoyo que me han brindado para cumplir mis sueños, quiero expresar un profundo agradecimiento ya que sin su apoyo nada de esto sería posible.*

*A la Universidad Técnica de Ambato, a los docentes de la facultad de Ingeniería Civil por brindarme sus conocimientos y así formarme como un gran ser humano y profesional, de manera especial a mi tutor Ing. Favio Portilla por su apoyo y por toda la ayuda brindada para el desarrollo y culminación del presente trabajo.*

*A mis amigos, con quienes compartimos grandes experiencias llenas de alegrías y tristezas, infinitas gracias por su paciencia y apoyo incondicional.*

**Vanessa Pérez Pintado**

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA 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.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
<b>CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes Investigativos.....	1
1.1.1. Fundamentación Teórica.....	6
1.1.1.1 Exploración y Muestreo de Suelos.....	6
1.1.1.2. Tipos de Suelos.....	6
1.1.1.3. Clasificación de suelos.....	7
1.1.1.4. Propiedades Índice del suelo.....	11
1.1.1.5. Propiedades Mecánicas del suelo.....	21
1.1.1.6. Pavimentos.....	24
1.1.1.7. Análisis de Correlaciones.....	33
1.1.2. Hipótesis.....	35
1.2. Objetivos.....	36
1.2.1. Objetivo general.....	36
1.2.2. Objetivos específicos.....	36



<b>CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA</b> .....	37
2.1. Materiales .....	37
2.2. Métodos .....	41
2.2.1. Tipos de Investigación .....	41
2.2.2. Descripción del procedimiento por fase.....	42
<b>CAPÍTULO III: - RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	53
3.1. Análisis y discusión de los resultados.....	53
3.1.1. Estudios Preliminares .....	53
3.1.2. Fase 1 .....	54
3.1.3. Fase 2 .....	59
3.1.4. Fase 3 .....	82
3.1.5. Fase 4 .....	109
3.2. Verificación de hipótesis.....	110
<b>CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	111
4.1. Conclusiones .....	111
4.2. Recomendaciones.....	113
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	114
Anexos .....	120
ANEXO A: ESTUDIO DE SUELOS .....	120
ANEXO B: AFORO VEHICULAR .....	229
ANEXO C: FOTOGRAFÍAS .....	237

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación de suelos según AASHTO .....	9
<b>Tabla 2:</b> Clasificación de suelos sistema SUCS .....	10
<b>Tabla 3</b> Estados del suelo .....	12
<b>Tabla 4.</b> Granulometría (a).....	15
<b>Tabla 5.</b> Clasificación de suelos según %PASA .....	16
<b>Tabla 6.</b> Criterio Cu y Cc .....	17
<b>Tabla 7.</b> Valores de Gs .....	18
<b>Tabla 8.</b> Densidad del agua y Coeficiente K.....	18
<b>Tabla 9.</b> Porosidad, relación de vacíos de suelo típicos en estado natural.....	20
<b>Tabla 10.</b> Métodos de Ensayo Proctor .....	21
<b>Tabla 11.</b> Clasificación de suelos según él %CBR .....	24
<b>Tabla 12.</b> Niveles de confiabilidad según el orden de la vía.....	28
<b>Tabla 13.</b> Índice de serviciabilidad .....	29
<b>Tabla 14.</b> Periodo de diseño .....	30
<b>Tabla 15.</b> Valor coeficiente de drenaje.....	30
<b>Tabla 16.</b> Espesores mínimos.....	31
<b>Tabla 17.</b> Materiales para excavación de muestras .....	37
<b>Tabla 18.</b> Materiales y equipos utilizados en ensayos de campo .....	38
<b>Tabla 19.</b> Equipos y materiales utilizados en el laboratorio .....	38
<b>Tabla 20.</b> Software utilizado para el análisis de correlaciones .....	40
<b>Tabla 21.</b> Software AASHTO 93 .....	40
<b>Tabla 22.</b> Software utilizado para zonificación de suelos.....	41
<b>Tabla 23.</b> Variables correlación lineal.....	48
<b>Tabla 24.</b> Correlación Logarítmica .....	49
<b>Tabla 25.</b> Correlación Exponencial.....	50
<b>Tabla 26.</b> Correlación Potencial .....	51
<b>Tabla 27.</b> Coordenadas UTM de calicatas .....	53
<b>Tabla 28.</b> Ensayo granulométrico y clasificación de suelos.....	54
<b>Tabla 29.</b> Resultados Límites de Atterberg.....	55
<b>Tabla 30.</b> Resultados gravedad específica de sólidos .....	55

<b>Tabla 31.</b> Resultados densidad de campo.....	56
<b>Tabla 32.</b> Densidad seca, húmeda in-situ .....	57
<b>Tabla 33.</b> Densidad máxima laboratorio, %W .....	58
<b>Tabla 34.</b> Resultados CBR .....	59
<b>Tabla 35.</b> Resultados DCP .....	60
<b>Tabla 36.</b> Resultados Propiedades Índice.....	57
<b>Tabla 37.</b> Resultados Propiedades Mecánicas.....	58
<b>Tabla 38.</b> Ecuaciones de correlación.....	59
<b>Tabla 39.</b> Tabla resumen de vehículos .....	82
<b>Tabla 40.</b> Distribución del tráfico .....	84
<b>Tabla 41.</b> Valor K.....	85
<b>Tabla 42.</b> Resumen general TPDA Actual .....	87
<b>Tabla 43.</b> Tráfico actual .....	89
<b>Tabla 44.</b> Periodo de diseño .....	89
<b>Tabla 45.</b> Índice de crecimiento (i) .....	90
<b>Tabla 46.</b> Tránsito Promedio Diario.....	91
<b>Tabla 47.</b> Clase de carretera .....	91
<b>Tabla 48.</b> Factor de daño .....	92
<b>Tabla 49.</b> Tabla resumen número de ejes equivalentes.....	94
<b>Tabla 50.</b> Nivel de confianza.....	94
<b>Tabla 51.</b> Desviación Estándar.....	95
<b>Tabla 52.</b> Días con estación en Salcedo .....	99
<b>Tabla 53.</b> Calidad de drenaje.....	99
<b>Tabla 54.</b> Calidad de drenaje.....	100
<b>Tabla 55.</b> Espesores mínimos.....	100
<b>Tabla 56.</b> Datos para diseño de pavimento .....	101
<b>Tabla 57.</b> Cálculo SN2 .....	103
<b>Tabla 58.</b> Espesores carpeta asfáltica.....	105
<b>Tabla 59.</b> Cálculo espesores del pavimento .....	108

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Fig. 1</b> Tipos de suelos .....	7
<b>Fig. 2</b> Curva de flujo Límite Líquido de una arena limosa .....	13
<b>Fig. 3</b> Gráfica de Plasticidad .....	14
<b>Fig. 4</b> Esquema del aparato de cono y arena.....	15
<b>Fig. 5</b> Curvas granulométricas de diferentes suelos.....	16
<b>Fig. 6</b> Fases del suelo .....	19
<b>Fig. 7.</b> Curvas de compactación de diferentes suelos .....	21
<b>Fig. 8</b> Esquema DCP.....	22
<b>Fig. 9</b> Máquina Multispeed .....	23
<b>Fig. 10.</b> Estructura del Pavimento.....	24
<b>Fig. 11</b> Capa de rodadura Av. Bolivariana .....	25
<b>Fig. 12</b> Estructura de pavimento Flexible .....	26
<b>Fig. 13</b> Estructura del pavimento Rígido .....	26
<b>Fig. 14.</b> Coeficiente estructural carpeta asfáltica .....	31
<b>Fig. 15</b> Capa a2, base granular .....	32
<b>Fig. 16</b> Capa a3 subbase granular .....	32
<b>Fig. 17.</b> Curva de mejor ajuste .....	33
<b>Fig. 18.</b> Diagrama de dispersión .....	33
<b>Fig. 19</b> Obtención de muestras .....	42
<b>Fig. 20</b> Ensayo de cono y arena .....	43
<b>Fig. 21.</b> Ejecución Ensayo DCP.....	43
<b>Fig. 22.</b> Contenidos de humedad .....	44
<b>Fig. 23.</b> Tamices.....	44
<b>Fig. 24</b> Copa de Casagrande .....	45
<b>Fig. 25</b> Límite plástico .....	45
<b>Fig. 26</b> Picnómetro con suelo sumergido.....	46
<b>Fig. 27</b> Compactación de suelos .....	46
<b>Fig. 28</b> Molde en remojo.....	47
<b>Fig. 29.</b> Mapeo provincia de Cotopaxi.....	53
<b>Fig. 30</b> LP - LL .....	60
<b>Fig. 31</b> Correlación $W_{opt}$ -LL .....	61
<b>Fig. 32</b> Correlación $\gamma_d$ in-situ- $W_{opt}$ .....	62

<b>Fig. 33</b> Correlación $\gamma_d$ in-situ - e .....	63
<b>Fig. 34</b> Correlación Ga-Wnat (%).....	64
<b>Fig. 35</b> Correlación Ga-Wnat (%).....	65
<b>Fig. 36</b> Correlación $W_{opt}$ -LL-LP .....	66
<b>Fig. 37</b> Correlación $\gamma_{max}$ -LL-LP .....	67
<b>Fig. 38</b> Correlación $\gamma_{max}$ -Límite Líquido- %Finos .....	68
<b>Fig. 39</b> Correlación $\gamma_d$ in-situ - $\gamma_{max}$ - $W_{opt}$ % .....	69
<b>Fig. 40</b> Correlación DN-%Finos .....	70
<b>Fig. 41</b> Correlación DN-IP.....	71
<b>Fig. 42</b> Correlación $W_{opt}$ -DN .....	72
<b>Fig. 43</b> Correlación $\gamma$ in-situ-LL-DCP .....	73
<b>Fig. 44</b> $W_{opt}$ -DN-Wnat .....	74
<b>Fig. 45</b> Correlación CBR mayor- $W_{opt}$ .....	76
<b>Fig. 46</b> Correlación CBR vs DN .....	77
<b>Fig. 47</b> Correlación CBR MAYOR -%FINOS .....	78
<b>Fig. 48</b> Correlación CBR MAYOR- Wnat .....	79
<b>Fig. 49</b> CBR MAYOR- $W_{opt}$ -DCP .....	80
<b>Fig. 50</b> Correlación CBR MAYOR-DN- $W_{opt}$ .....	81
<b>Fig. 51</b> Comportamiento Diario .....	83
<b>Fig. 52</b> Comportamiento de tránsito del domingo .....	83
<b>Fig. 53</b> Distribución del tráfico.....	84
<b>Fig. 54</b> Tipo de vehículos .....	92
<b>Fig. 55</b> Coeficiente estructural a1 .....	96
<b>Fig. 56</b> Coeficiente estructural a2 .....	97
<b>Fig. 57</b> Coeficiente estructural a3 .....	98
<b>Fig. 58.</b> Ecuación AASHTO SN1 .....	102
<b>Fig. 59</b> Cálculo SN3.....	104
<b>Fig. 60</b> Cálculo SN.....	107
<b>Fig. 61</b> Carta de plasticidad SUCS .....	109
<b>Fig. 62</b> Clasificación de suelos .....	110

## RESUMEN

El California Bearing Ratio (CBR) es el parámetro más utilizado para dimensionar pavimentos flexibles mundialmente; sin embargo, realizar este ensayo conlleva mucho tiempo y presenta costos significativos. Para simplificar esto se consideró un análisis de regresión simple y múltiple a través de las correlaciones existentes entre las propiedades índice y mecánicas de doce muestras representativas de las zonas de estudio; tomando en consideración para ello, ensayos de campo (DCP, Densidad de campo) y ensayos de laboratorio (Humedad Natural, Granulometría, Límites de Atterberg, Gravedad Específica, CBR, Proctor Modificado). En el análisis de resultados los suelos estudiados se clasificaron como arenosos con presencia de limo según la SUCS y la ASSHTO; de igual manera, se integró correlaciones y regresiones lineales simples con una tendencia polinómica de grado dos y correlaciones múltiples, con la dispersión de resultados obtenidos de los ensayos mencionados anteriormente. Se obtuvieron veinte y dos correlaciones de las cuales el 54.55 por ciento de los resultados presentaron un coeficiente de determinación mayor a 0.50, el 40.90 por ciento mostraron valores mayores a 0.60 y apenas en el 4.55 por ciento se observó un valor de 0.36. No obstante, se comparó explícitamente la correlación determinada a través de las variables de CBR mayor a partir de una fórmula exponencial con el DCP según la normativa ASTM D6951. Posteriormente se realizó el diseño de pavimentos flexibles para el CBR de laboratorio y el CBR calculado.

**Palabras claves:** Correlaciones, Propiedades índice, Propiedades mecánicas, Coeficiente de determinación, CBR, DCP.

## ABSTRACT

The California Bearing Ratio (CBR) is the most widely used parameter for sizing flexible pavements worldwide; however, performing this assay is time consuming and has significant costs. To simplify this, a simple and multiple regression analysis was considered through the existing correlations between the index and mechanical properties of twelve representative samples of the study areas; taking into consideration for this, field tests (DCP, Field density) and laboratory tests (Natural Humidity, Granulometry, Atterberg Limits, Specific Gravity, CBR, Modified Proctor). In the analysis of results, the soils studied were classified as sandy with the presence of silt according to the SUCS and the ASSHTO; In the same way, correlations and simple linear regressions were integrated with a polynomial trend of degree two and multiple correlations, with the dispersion of results obtained from the previously mentioned tests. Twenty-two correlations were obtained, of which 54.55 percent of the results presented a coefficient of determination greater than 0.50, 40.90 percent showed values greater than 0.60, and only 4.55 percent showed a value of 0.36. However, the correlation determined through the higher CBR variables from an exponential formula was compared explicitly with the DCP according to ASTM D6951. Subsequently, the design of flexible pavements for the laboratory CBR and the calculated CBR was carried out.

**Keywords:** Correlations, Index properties, Mechanical properties, Coefficient of determination, CBR, DCP.

## CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes Investigativos

Uno de los principales problemas que afectan a las carreteras son la inadecuada construcción de la estructura del pavimento. La capa de subrasante en especial debe cumplir con requisitos ingenieriles, como la capacidad de cargas de tráfico sin presentar ni sufrir ningún tipo de deformaciones, asentamiento o propiedades de hinchamiento. Mientras mayor resistencia presenta la subrasante a la deformación, mayor es la carga que puede soportar antes de alcanzar una deformación crítica.[1]-[2]

La relación de carga de California (CBR) es un parámetro aplicado para evaluar el módulo de rigidez y la resistencia al corte en la subrasante, generalmente es utilizado en el diseño de pavimentos flexibles para carreteras y aeropuertos. Cuanto mayor sea el valor de CBR, mejor será el material, siempre que otros parámetros como la densidad, el contenido de humedad cumplan con las especificaciones adecuadas.[2] Evidentemente, este tipo de ensayo conlleva mayor costo y logística en comparación a los demás; sin embargo, los resultados obtenidos en algunos procesos no son de gran precisión por la alteración de la muestra o el mal método de preparación; debido a ello, a partir de la aplicación de ecuaciones de correlación se pueden validar los valores de la prueba de CBR de manera eficaz.[3]

El CBR al ser un parámetro que evalúa la subrasante puede presentar una relación general entre los grupos de suelo y los valores de CBR; según Guangqing, Baolin y Baojian en sus hallazgos reportaron que el valor de CBR disminuirá a medida que aumente la proporción de arcilla y evidenciando también, que la mayor influencia se encuentra en la distribución del tamaño de las partículas en los suelos, dando a notar que en un suelo con el mismo índice de plasticidad (IP) va a obtener un valor de CBR diferente, esto en base a los estudios realizados en materiales de subrasante de la autopista Hebei- China.[4]

Por otra parte, en Jamshoro, Pakistán se presentan suelos en su mayoría con alta presencia de arcilla, limo y esquisto, evidenciando fallas en la construcción de carreteras debido a su baja capacidad de carga. A partir de las correlaciones desarrolladas en la investigación se evidencia que el valor de CBR depende de gran



manera del límite líquido (LL) e índice plasticidad (IP); cuando el IP aumenta el valor del CBR disminuye y este a su vez, aumenta con el incremento de LL.[5]

En la misma línea según lo evidenciado por Ramasubbarao y Sankar al analizar la relación de muestras de suelo de grano fino a través de regresiones lineales simples, múltiples teniendo a consideración el valor de CBR como variable independiente y Grava, Arena, Finos, IP, LL, IP como variables dependientes; se consideró que el mejor modelo desarrollado a partir de regresiones lineales se encuentra en la relación del valor de CBR con la Densidad seca máxima y también en sus hallazgos se demostró que al utilizar análisis de regresión lineal múltiple se obtuvieron valores de coeficiente de correlación ( R) de 0.96 y un coeficiente de determinación ( R<sup>2</sup>) de 0.92 considerado el mejor al analizar el grupo de suelos objeto de estudio de Jordania. Sin embargo, al igual que en las investigaciones mencionadas anteriormente, se considera una estimación razonable al correlacionar el valor de CBR entre las propiedades índice. [6]

Al realizar este tipo de relaciones no siempre se van a obtener resultados óptimos como es el caso de Toyebo, Sujayath, Tariku, Tadesse que reportaron intentos de correlación entre las variables de carga de California y las propiedades índice de la subrasante de suelos del pueblo de Boditi, Etiopía; según los análisis realizados no se pudo predecir un valor confiable para el análisis de regresión lineal ente CBR y las propiedades índice dado que el coeficiente de determinación más alto fue 0.1806. No obstante, no es el mismo caso para el análisis de regresión múltiple con LL, IP y % suelo más fino en el cual se obtuvo una relación confiable de R<sup>2</sup>= 0.984 siendo esta la única aplicable para este tipo de suelos.[7]

El cono dinámico de Penetración (DCP) también es utilizado para evaluar el índice de resistencia del suelo, con la diferencia que se realiza de manera in-situ con mayor facilidad obtenido resultados de manera instantánea para evaluar la variabilidad de las condiciones del suelo, por lo cual lo hace óptimo para desarrollar correlaciones con los valores de CBR, dado que se realizará una comparación entre resultados obtenidos en campo y en laboratorio.[8], [9]

En comparación en años anteriores en el que se utilizaba específicamente el CBR como único ensayo para evaluar la resistencia del suelo, en la actualidad el DCP es ampliamente utilizado en países como Estados Unidos, Reino Unido, Australia,

Sudáfrica entre otros debido a la versatilidad en el que este proporciona una fuerza rápida de la resistencia in-situ de las capas de pavimento y subrasantes. Según Zumrawi al realizar un análisis de tres muestras de suelo de Sudán en diferentes condiciones de estado inicial se determinó correlaciones de relación lineal óptimas entre CBR, DCP y las propiedades del suelo, obteniendo resultados para el coeficiente de determinación de 0.90; considerando que estos dependen netamente del índice de plasticidad y del contenido de arcilla del suelo, con los resultados obtenidos se predice de manera confiable la resistencia del suelo.[10]

Mientras que, en la investigación realizada en la provincia de Sorsogon, Filipinas; se evidencian hallazgos de relaciones del CBR empapado y otras pruebas in situ como DCP; para ello en esta investigación se trabajó con quince muestras de suelo, generalmente con suelos no plásticos (NP) y A-7 perteneciente a suelos arcillosos según el sistema AASHTO. Al realizar las múltiples correlaciones se obtuvo un coeficiente mayor de determinación ( $R^2$ ) de 0.76, mostrando una curva de determinación de un ajuste óptimo. Sin embargo, para validar el resultado es necesario incrementar el número de muestras a analizar y así emplear con mayor certeza las correlaciones obtenidas en la investigación. [11]

Alrededor de Latinoamérica también se han realizado investigaciones de este tipo obteniendo coeficientes idóneos en las relaciones halladas; entre los estudios realizados, se encuentra el análisis de veinte muestras de suelos representativamente arenoso limoso y gravoso arenoso en Tegucigalpa, Honduras; el cual se basa en determinar los valores del DCP para así obtener a través de una fórmula empírica especificada en la normativa ASTM D 6951 el valor de CBR in-situ y comparar con el valor de CBR determinado en laboratorio. Una vez realizados los ensayos tanto in-situ como en campo y a través de la obtención de correlaciones DCP-CBR Laboratorio con un coeficiente de determinación de 0.88 que es relativamente bueno, se concluye que a través de la fórmula empírica mencionada se puede obtener válidamente el valor de CBR para los suelos objeto de estudios. No obstante, teniendo en consideración que este análisis es solamente aplicable para suelos que no tengan fragmentos rocosos.[12]

Por su parte, Araujo planteó un método alternativo para encontrar de manera ágil el valor del CBR, esto a partir de la correlación entre propiedades índice de suelos, con la información de la base de datos de un laboratorio de suelos de Piura, Perú. Al

realizar las respectivas correlaciones se identificó lo siguiente: una correlación múltiple mostrará mejores resultados que una simple para obtener el valor de CBR, dependiendo netamente de la combinación de varios parámetros según el tipo de suelo. En esta investigación se obtuvo una correlación ( $R^2$ ) 0.881, el mejor valor entre todos los suelos analizados de esta investigación.[13]

En Colombia particularmente en Sincelejo, se realizó un análisis de cuarenta y seis muestras de suelos, los cuales según la clasificación AASHTO pertenecían a suelos de tipo arcillosos en un rango alto de su composición, a partir de los resultados de esta investigación se determinó un coeficiente de determinación mayor al 80% y se estimó una ecuación de correlación entre CBR y el DCP como una alternativa confiable para la determinación indirecta del CBR.[14]

En el mismo país con base en pruebas de cuarenta y cuatro suelos de grano fino saturados en la localidad de Arauca; Flores, Torres, Torres P y Peña detallan una correlación significativa entre CBR y DCP con un valor del coeficiente de correlación del 93% y un coeficiente de determinación de 0.86. Por lo tanto, sugieren que la correlación obtenida de forma lineal es aplicable para suelos de esta localidad siendo la mejor relación encontrada para esta investigación, teniendo en cuenta que tendrá un impacto tanto en aspectos económico y al momento de agilizar tiempo al determinar el valor de CBR a partir de la correlación obtenida.[15]

En Ecuador también se han realizado varias investigaciones sobre las correlaciones mencionadas anteriormente, obteniendo resultados fiables y adaptables según el tipo de suelo con el que se esté trabajando. Según los hallazgos de Guato al determinar un gran número de correlaciones a partir de doce muestras de estudio de la parroquia Huambaló del canto Pelileo, clasificados según la SUCS como suelos arenosos mal graduados en su gran mayoría; se hallaron como resultados principales cuatro ecuaciones de grado dos, las cuales fueron utilizadas para predecir el valor de CBR a partir de propiedades índice y del valor de DCP. Las correlaciones obtenidas presentaron un valor del coeficiente de determinación de 0.50 - 0.80 categorizadas como buenas.[16]

En el estudio realizado en suelos blandos de la zona Challubamba, Cuenca se encontró correlaciones significativas entre el DCP, densidad seca in-situ y CBR como también entre el DCP y CBR presentando coeficientes de determinación ajustados de 0.93 y 0.91 respectivamente, pero no se encontró una influencia significativa entre el DCP-CBR y el límite líquido, el límite plástico o el índice de plasticidad; No obstante, las correlaciones obtenidas se asemejan a los resultados desarrollados por otros autores con el mismo tipo de suelos, validando los resultados.[17]

Un trabajo más reciente en suelos de la provincia de Tungurahua de los cantones Cevallos, Quero, Ambato, Tisaleo, Mocha proporcionó dos correlaciones en función de la humedad óptima y densidad seca máxima, la segunda se obtiene el valor de CBR en función de la humedad natural y densidad seca presentando los mayores coeficientes de determinación en el rango de 0.94 de ciento sesenta y dos muestras de suelo, clasificadas según la SUCS como arenas con presencia de limo y arcilla y según la AASHTO correspondientes a A-2-4. Se concluye del trabajo investigativo que los valores de CBR obtenidos a partir de las ecuaciones de tipo exponencial y potencial alcanzadas son cercanos al valor de CBR de laboratorio.[18]

La prueba CBR se puede considerar como un problema al momento de buscar su valor; esto debido a su alto costo, laborioso y conlleva mucho tiempo; los resultados de la prueba, a veces, no son precisos debido a la perturbación de la muestra y la mala calidad de las condiciones de prueba del laboratorio.[1] El propósito de este trabajo radica en servir como soporte para la verificación de resultados mediante la determinación de correlaciones entre propiedades índice ( $L_i$ ,  $L_p$ ,  $I_p$ ), porcentaje de granulometría (gravas, arenas, finos) y propiedades mecánicas (humedad óptima, densidad seca máxima, entre otros) de suelos de la parroquia Belisario Quevedo, cantón Latacunga y tener como referencia el diseño preliminar de pavimentos, la zonificación y clasificación de los diferentes tipos de suelos.

### **1.1.1. Fundamentación Teórica**

#### **1.1.1.1 Exploración y Muestreo de Suelos**

La exploración y muestreo es una de las principales operaciones antes de analizar y ensayar cualquier tipo de suelo; en el presente trabajo se realizó una exploración directa con un muestreo simple aleatorio, los cuales se obtuvieron de suelos naturales de subrasante.

##### ➤ *Pozos a cielo Abierto*

Permiten examinar los estratos de suelo en estado natural, color del suelo, humedad, entre otros; este tipo de perforación no puede aplicarse a profundidades mayores ya que implicaría grandes riesgos, debido a ello se deben efectuar pozos de 1.50m x 1.50 de sección y la profundidad que se aplicó en este trabajo fue de 1.00 m. A través de este método de exploración se pueden obtener muestras alteradas e inalteradas. [19]

##### ➤ *Muestras Alteradas*

Se presentan porciones de suelo constituidas por el material disgregado o fragmentado, este tipo de muestras deben ser protegidas para no perder la humedad, por la cual la deben ser introducida en bolsas con parafina y ser transportada en forma adecuada. En este tipo de muestras principalmente se pueden determinar las propiedades índice y mecánicas.[20]

##### ➤ *Muestras Inalteradas*

Son muestras que conservan su estructura y se obtienen de suelos finos que pueden labrarse sin producir ningún tipo de disgregación, estas se obtienen de las paredes de una excavación o de una terracería. Se deben transportar envolviéndolas en varias capas de geotextil o una tela impermeabilizada con brea o parafina para que no pierdan humedad.[20]

#### **1.1.1.2. Tipos de Suelos**

##### ➤ *Gravas*

Formados por fragmentos de rocas, cuarzo o jaspe con presencia de óxido de hierro, su tamaño es de 75 mm a 2 mm.[21]

Generalmente presentan una forma redondo debido a los desgastes cuando son acarreadas por cantos de agua. Se encuentran en fosas y lechos de ríos.[19]

➤ Arenas

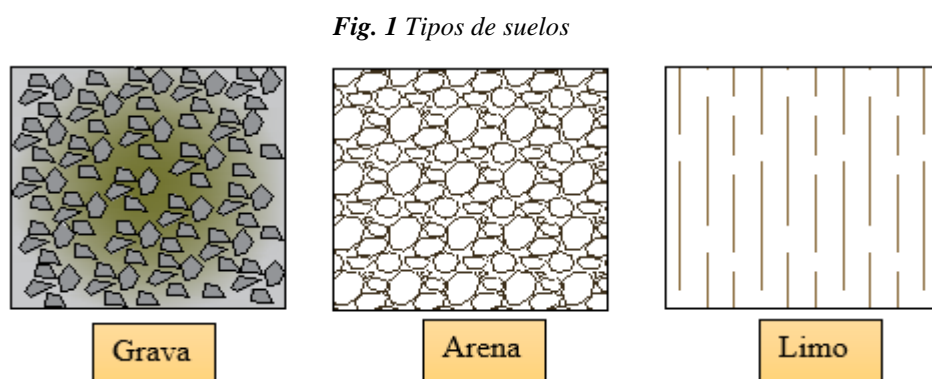
Sus partículas presentan un tamaño entre 2 y 0,050 mm. [22]Al ser mezcladas con agua no se forman agregados continuos, al contrario, tienden a separarse con facilidad, son el resultado de la trituración artificial de rocas.[19]

➤ Limos

Los limos se presentan regularmente en un rango de 0.074 mm hasta 0.001 son el resultado de la meteorización de las rocas. Cuando están húmedos presentan una cohesión aparente por la acumulación de la tensión superficial, pero al secarse se contraen y los grumos se rompen fácilmente con la presión de los dedos. Se clasifican en: limo orgánico e inorgánico. [23]

➤ Arcillas

Se presentan sus partículas en tamaños menores de 0.002 mm, este tipo de suelo al estar en presencia del agua pueden producir grandes cambios de volumen y fuerza como son generalmente los terrones[23].



### 1.1.1.3. Clasificación de suelos

Existen una gran variedad de suelos que presentan propiedades similares entre sí; para poder identificar cada uno de ellos se han creado sistemas de clasificación, operando principalmente según la distribución granulométrica e índice de plasticidad.

Actualmente se utilizan los siguientes sistemas de clasificación: American Association of State Highway Officials (AASHTO) y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

➤ *Sistema de clasificación AASHTO*

Fue presentado en 1928 por Public Roads como el sistema de clasificación exclusivamente para carreteras, en 1966 la AASHTO adoptaron nuevas modificaciones en este sistema (Norma AASHTO M145).[24]

Este sistema clasifica el suelo en siete grupos principales A-1 al A-7 y, la evaluación se realiza mediante un índice de grupo, que es un valor calculado a partir de una fórmula empírica.[24] **Tabla N°1.**

Los suelos de tipo granular se identifican en los grupos A-1 al A-3 mientras tanto los suelos finos limos arcillosos se presentan en los grupos A-4 hasta A-7 y se describen así:

- Grupo A-1: Se comprende suelos bien graduados generalmente compuestos por gravas, arenas y material ligante de poca plasticidad.[25]
- Grupo A-2: Abarcan una diversificación de material granular, se encuentran material fino en cantidades menores al 35%. [25]
- Grupo A-3: Incluyen arenas de río con nula o poca presencia de gravas, arenas finas e incluso de playa con presencia de limo sin plasticidad.[25]
- Grupo A-4: Pertenecen los suelos limosos, con presencia del 75% de material fino que pasa el tamiz #200.[25]
- Grupo A-5: Se toma en consideración los suelos mencionados anteriormente incluyendo material micáceo presentando un límite líquido elevado.[25]
- Grupo A-6: Los suelos de este grupo son principalmente las arcillas, incluyendo mezclas arcillo-arenosas.[25]
- Grupo A-7: Comprende los suelos mencionados en el grupo A-6 con un alto porcentaje de límite líquido. [25]

**Tabla 1. Clasificación de suelos según AASHTO**

Clasificación General		MATERIAL GRANULAR							MATERIALES LIMO-ARCILLOSO				
		(35% o menos para el tamiz N°200)							(más del 35% para el tamiz N°200)				
		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
A-1-a	A-1-b	A-2-4	A-2-5		A-2-6	A-2-7	A-7-5	A-7-6					
Porcentaje que PASA	N°10	máx. 50		min 51								min 36	
	N°40	máx. 30	máx. 50	máx. 10	máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	min 36	min 36	min 36		
	N°200	máx. 15	máx. 25										
Características de la fracción que pasa el tamiz N°40	L1			Np	máx. 40	min 41	máx.40	min 41	máx. 40	min 41	máx.40	min 41	
	IP	máx. 6			máx. 10	máx. 10	min 11	min 11	máx. 10	máx. 10	min 11	min 11	
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes		Fragmentos de roca, grava y arena		Arena Fina	Limo o grava arcillosa y arena				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos		
Clasificación General de la subrasante		Excelente a buena				Regular			Regular a mala				

**Fuente:** *Fundamento de Ingeniería Geotécnica Braja M. Das.*[22]

➤ *Sistema unificado de clasificación del suelo (SUCS)*

Este sistema fue propuesto por Arthur Casagrande en 1942 para ser aplicado en la construcción de aeropistas militares en la Segunda Guerra Mundial, originalmente se denominaba clasificación para aeropistas (CA). Este, es adoptado como un método estándar de clasificación de suelos para obras en especial de ingeniería, con la normativa ASTM D-2487.[24]

Para identificar cada tipo de suelo Casagrande dividió en grupos y asignó en estos prefijos y sufijos. Los prefijos son las iniciales de los principales tipos de suelo que son: grava (G), arena (S), limo inorgánico (M), arcilla inorgánica (C), suelos orgánicos de grano fino (O) y turba, lodo, suelos altamente orgánicos (Pt).[19]

Las subdivisiones se identifican a través de sufijos y se simbolizan así: Suelo bien clasificado (W), mal clasificado (P), baja plasticidad (L), alta plasticidad (H).[19]

**Tabla N°2.**



Según el porcentaje que retuvieron o pasaron en los tamices, al momento de realizar el ensayo de granulometría se clasifican así:

- Grava: Porcentaje que pasa el tamiz de 76.2 mm y es retenido en el tamiz N°4.
- Arena: Porcentaje que pasa en tamiz N°4 y retenido en el tamiz N°200.
- Limos y Arcillas: Porcentaje que pasa el tamiz #200.[22]

**Tabla 2:** Clasificación de suelos sistema SUCS

Divisiones Mayores		Símbolo	Nombres Típicos	Criterios de clasificación para Suelos granulares		
Suelos de grano grueso (más del 50% de la fracción gruesa es menor que el tamiz N°200)	Gravas (más de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz N° 4)	Gravas Limpias (Pocos o ningún fino)	GW	Gravas bien graduadas, mezclas gravosas, pocos o ningún fino.	$C_u = D_{60}/D_{10} > 4$ $C_c = 1 < D_{30}^2/D_{10} * D_{60} < 3$	
			GP	Gravas pobremente graduadas, mezclas grava- arena, pocos o ningún fino.	No cumplir todos los requisitos de gradación para GW	
		Gravas con finos (Cantidad Apreciable de finos)	GM	Gravas limosas, mezcla grava-arena-limo.	Limite de Atterberg por debajo de la línea A ó $I_p < 4$	Si el material esta con $4 < IP < 7$ se considera de frontera y se les asigna doble símbolo.
			GC	Gravas arcillosas, mezcla grava-arena-arcilla.	Limite de Atterberg por encima de la línea A ó $I_p > 7$	
	Arenas (más de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz N°4)	Arenas Limpias (Poco o ningún fino)	SW	Arenas bien graduadas, arenas, gravosas, pocos o ningún fino.	$C_u = D_{60}/D_{10} > 6$ $C_c = 1 < D_{30}^2/D_{10} * D_{60} < 3$	
			SP	Arenas pobremente graduadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino.	No cumplir todos los requisitos de gradación para SW	
		Arenas con finos (Cantidad apreciable de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas arena-limo.	Limite de Atterberg por debajo de la línea A ó $I_p < 4$	Si el material esta con $4 < IP < 7$ se considera de frontera y se les asigna doble símbolo.
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.	Limite de Atterberg por encima de la línea A ó $I_p > 7$	

**Fuente:** Manual de laboratorios Joseph Bowles[23]

Divisiones Mayores		Símbolo	Nombres Típicos	Criterios de clasificación para Suelos granulares
Suelos de grano fino (más del 50% del material pasa el tamiz N°200)	Limos y arcillas (Limite líquido $W_L < 50$ )	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de de roca, arenas finas limosas o arcillosas con poca plasticidad.	1. Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva de granulometría. 2. Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz N° 200) los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% - GW, GP, SW, SP Más del 12% - GM, GC, SM, SC De 5 a 12% - Casos de frontera que requieren doble símbolo.
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a mediana, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.	
		OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.	
	Limos y arcillas (Limite líquido $W_L > 50$ )	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos arenosos finos, suelos elásticos.	
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.	
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos.	
	Suelos altamente orgánicos	Pt	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.	

Fuente: Manual de laboratorio Joseph Bowles.[23]

#### 1.1.1.4. Propiedades Índice del suelo

Son aquellas propiedades que indican el comportamiento del suelo, clasificando y considerando las diferentes fases del suelo (sólida, líquida y gaseosa) para expresar relaciones entre ellos.[21]

##### ➤ Contenido de Humedad (%)

Es un ensayo que determina la relación existente entre la cantidad de agua presente en la estructura de un suelo en términos de su peso en seco. [26] Al aumentar el contenido de humedad se disminuye la resistencia al corte de suelos cohesivos; no obstante, para suelos no cohesivos se obtiene como resultados fluidos viscosos. La evaluación del contenido de humedad se realiza generalmente en estudio de mejoramiento de suelos (compactación, uso de aditivos, etc.).[23]

El resultado de este ensayo se expresa en porcentaje y se realiza mediante las siguientes normas: AASHTO T 265-2015, INEN 690. Aplicando la siguiente expresión:

$$\omega (\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100 \quad Ec.1$$

Donde:

$\omega$  = Contenido de Humedad (%)

$W_w$  = Peso del agua presente en la masa de suelo.

$W_s$  = Peso seco de los sólidos

➤ *Límites de Atterberg*

Albert Atterberg desarrolló un método para describir la consistencia de los suelos trabajando con diferentes contenidos de humedad. Definió que un suelo susceptible de ser plástica puede presentar los siguientes estados.[22]

*Tabla 3 Estados del suelo*

<b>Estado Líquido</b>	Presentan una apariencia de una suspensión
<b>Estado Semilíquido</b>	Sus propiedades son como de un fluido viscoso
<b>Estado Plástico</b>	El suelo tiende a comportarse plásticamente*.
<b>Estado Semisólido</b>	Tienen una apariencia de sólido, pero disminuye el volumen al estar el suelo seco.
<b>Estado Sólido</b>	El volumen no varía al presentarse el suelo seco.

*Fuente: Fundamentos de la Mecánica de Suelos, Badillo.[27]*

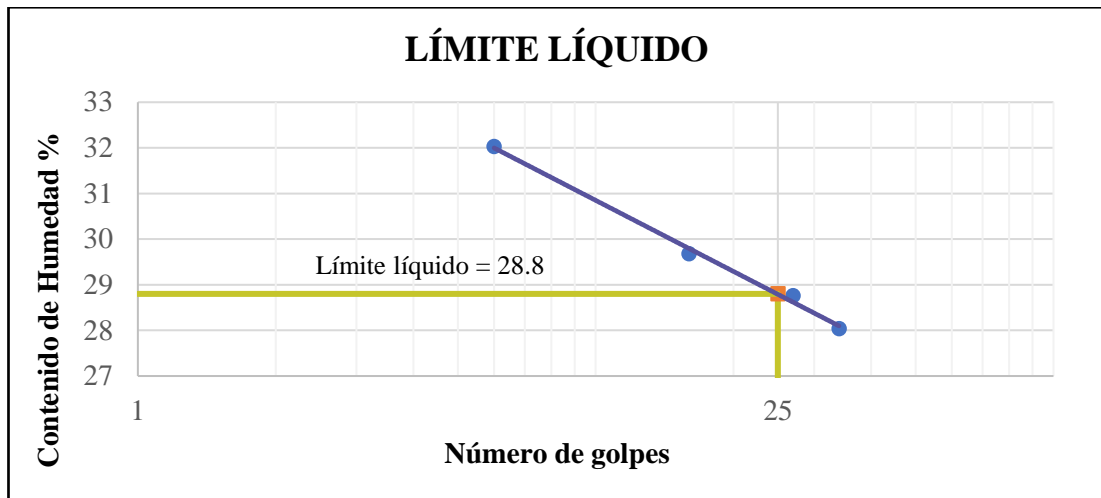
\*Se denomina plasticidad, a la propiedad de un material capaz de soportar deformaciones rápidas, sin variación volumétrica y sin presentar grietas. [27]

➤ *Límite Líquido*

Es la frontera convencional entre los estados semilíquido y plástica.[27] Este ensayo determina el contenido de agua a través de estos estados; utilizando un dispositivo mecánico denominado Copa de Casagrande; es un recipiente de bronce o latón en el cual, a partir de un determinado número de golpes, se establece la fluencia del suelo en condiciones normalizadas.[28]

El límite líquido es asumido cuando se determina el contenido de agua a los 25 golpes, a través de la gráfica denominada curva de flujo y se realiza según la **AASHTO T 89-02, INEN 691**. [22]

Fig. 2 Curva de flujo Límite Líquido de una arena limosa



Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

➤ *Límite Plástico*

Se denomina así debido a que se encuentra entre los estados plástico y semisólido, se encarga de evaluar el contenido de agua a través de la realización de cilindros enrollados de (3mm) generalmente se realiza con la palma de la mano sobre una placa de vidrio. Aplicando la normativa **AASHTO T 90-00, INEN-692**. [27]

➤ *Índice de Plasticidad*

Es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, este componente es uno de los encargados para clasificar los distintos tipos de suelo según la SUCS y la AASHTO. Un suelo es considera no plástica cuando el valor de IP sea inferior o igual a cero.

$$I_p = LL - LP \quad \text{Ec.2}$$

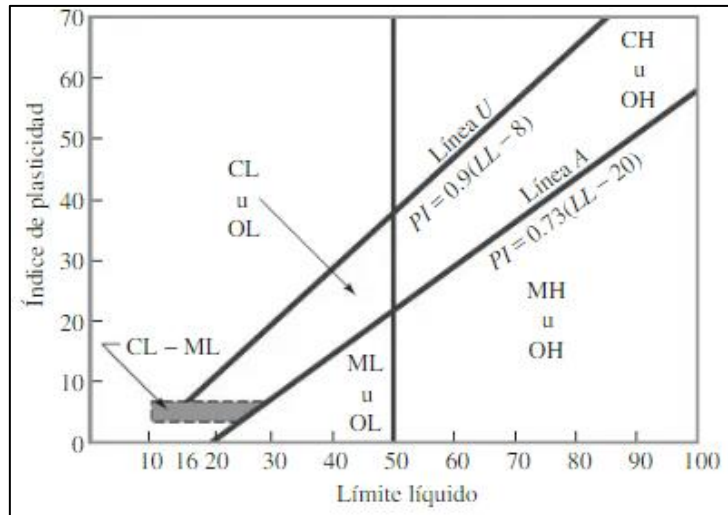
Donde:

$I_p$  = Índice de plasticidad

$LL$  = Límite Líquido

$LP$  = Límite Plástico

Fig. 3 Gráfica de Plasticidad



Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

➤ *Densidad de campo*

Principalmente, el objetivo de este ensayo es determinar la densidad o peso unitario insitu como también obtener el porcentaje de compactación. Existen varios métodos para obtener dichos valores sin embargo uno de los principales es el método de Cono y Arena, reglamentado por la normativa **AASHTO T 191 2014**. [29]

Este método es aplicable en suelos cuyo tamaño de partículas sean igual o menor a 50 mm. [29] Se considera destructivo dado que se deben extraer las muestras de campo para obtener los valores de peso específico. Es el método más usado sin embargo conlleva un tiempo establecido en realizarse. [30]

Al realizar este ensayo se alcanzará dos tipos de densidades y se expresan de la siguiente manera:

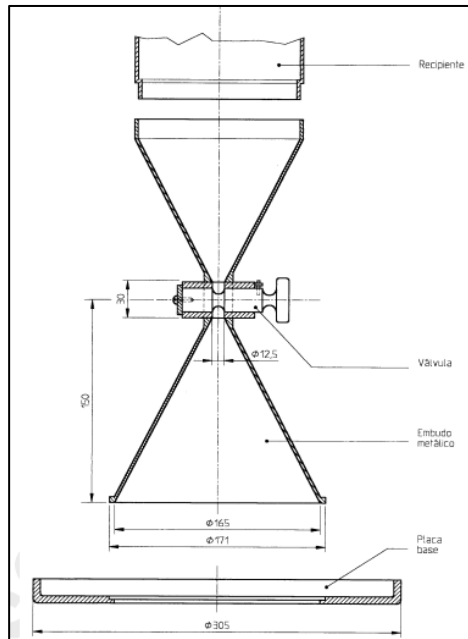
**Densidad húmeda:**

$$\gamma_h = \frac{\text{Peso del suelo húmedo}}{\text{Unidad de volumen}} \quad \text{Ec.3}$$

**Densidad seca:** Este valor se tiende a comparar con el obtenido al realizar en el ensayo Proctor modificado para obtener así el porcentaje de compactación. [29]

$$\gamma_d = \frac{\text{Peso del suelo seco}}{\text{Unidad de volumen}} \quad \text{Ec.4}$$

Fig. 4 Esquema del aparato de cono y arena



Fuente: MINVU.[56]

➤ Granulometría

Se emplea este método de prueba para determinar la distribución del tamaño de partículas y posteriormente clasificar los materiales junto a los límites de consistencia. A través de la aplicación de tamices de diferentes aberturas especificadas en la normativa, comprendiendo que se debe pesar lo que retiene cada uno. En la Tabla 4 se encuentran los tamices ocupados en el presente trabajo [31]

Tabla 4. Granulometría (a)

Proyecto:		"ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"				
GRANULOMETRÍA						
Parroquia:	Belisario Quevedo		Norma:	AASHTO T 88 2013		
Fecha:	09/11/02022		Ensayado por:	Vanessa Pérez Pintado		
Nº Muestra:	1		Revisado por:	Ing. Favio Portilla		
Coordenadas:	X= 9890776			Y=769406		
# Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% de retención parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4	4,750	0,00	131,41	0,00%	0,00%	100,00%
8	2,360	4,31	135,72	0,43%	0,43%	99,57%
10	2,000	7,36	143,08	0,74%	1,18%	98,82%
16	1,180	92,68	235,76	9,34%	10,52%	89,48%
30	0,600	163,36	399,12	16,47%	26,99%	73,01%
40	0,425	62,41	461,53	6,29%	33,28%	66,72%
50	0,300	120,15	581,68	12,11%	45,39%	54,61%
60	0,250	27,80	609,48	2,80%	48,19%	51,81%
100	0,150	96,81	706,29	9,76%	57,95%	42,05%
200	0,075	146,87	853,16	14,81%	72,76%	27,24%
Bandeja		270,27	1123,43	27,24%	100,00%	0,00%
Total		992,02				

Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

A través de lo que retiene cada tamiz, se puede clasificar el suelo de la siguiente manera:

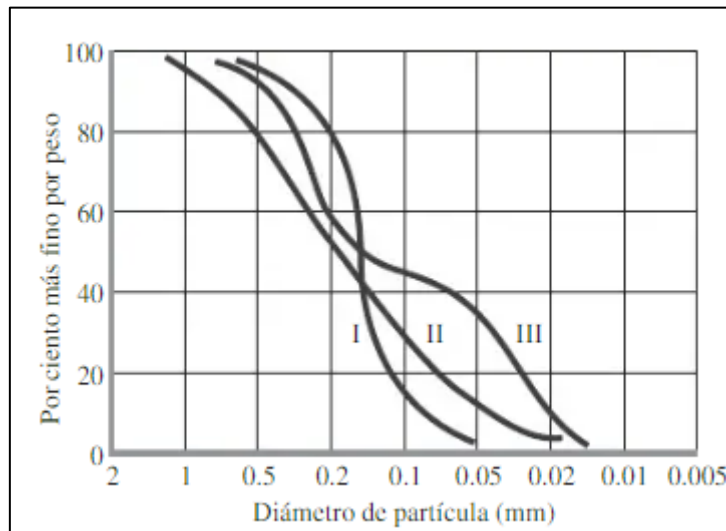
*Tabla 5. Clasificación de suelos según %PASA*

Grava	Arena Gruesa	Arena Fina	Limo y arcilla
Pasa el tamiz de 75 mm y retiene en el tamiz N°10.	Pasa tamiz N°200 y retiene en el tamiz N°40.	Pasa tamiz N°40 y retiene en el tamiz N°200.	Pasa el tamiz N°200.

*Fuente: AASHTO[32]*

**Curva distribución granulométrica:** Tienden a dibujarse en las ordenadas el porcentaje que Pasa y en las abscisas el tamaño de partículas, generalmente se lo realiza con una escala semilogarítmica. A través de la forma de la curva se puede observar si las partículas del suelo presentan homogeneidad o no.[19]

*Fig. 5 Curvas granulométricas de diferentes suelos*



*Fuente: Braja M. Das ,2015.[22]*

En la Fig. 5 se aprecian tres tipos de curvas granulométricas, demostrando la (I) curva mal graduada, (II) curva bien graduada, (III) clasificación de brecha.[22]

Las curvas granulométricas también son utilizadas para determinar en estas, el valor de tres factores de gran importancia como son:

**Coefficiente de uniformidad:** Fue propuesto por Hazen, el cual definió como una medida de uniformidad.[19]

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{Ec.5}$$

Donde:

$Cu$  = Coeficiente de uniformidad

$D_{60}$  = Diámetro del 60% que PASA

**Coeficiente de gradación o curvatura:**

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \cdot D_{10}} \quad \text{Ec.6}$$

Donde:

$Cu$  = Coeficiente de gradación

**Tamaño efectivo:** Diámetro del 10% que retiene.

*Tabla 6. Criterio  $Cu$  y  $Cc$*

<b>Cu</b>	>4	Gravas
	>6	Arenas
<b>Cc</b>	1-3	Gravas y arenas

*Fuente: Braja M. Das[22]*

#### ➤ *Gravedad Específica*

Su unidad es adimensional permite calcular las fases de los suelos como la relación de vacíos, grado de saturación para contenidos y densidades de agua dados. [33]

Definiendo como sólidos a aquellas partículas minerales que no presentan solubilidad en el agua, este ensayo se basa en la normativa **AASHTO T 100 2015** y **ASTM D 854-10**. [33]

$$Gs = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad \text{Ec.7}$$

Donde:

$Gs$  = Gravedad Específica

$\gamma_s$  = Peso Específico de los sólidos

$\gamma_w$  = Peso Específico del agua



Los hallazgos de Bowles determinaron que también se puede clasificar el suelo según el valor de ( $G_s$ ), en caso de no obtener un valor confiable se de realizar un ensayo con muestras representativas mínimo tres y promediar el valor de estos.[23]

Tabla 7. Valores de  $G_s$

Soil	$G_s$
Gravel	2.65–2.68
Sand	2.65–2.68
Silt, inorganic	2.62–2.68
Clay, organic	2.58–2.65
Clay, inorganic	2.68–2.75

Fuente: Bowles J. (1995)[23]

Se pueden obtener los valores de densidad del agua en las diferentes temperaturas, así como el valor K.

Tabla 8. Densidad del agua y Coeficiente K

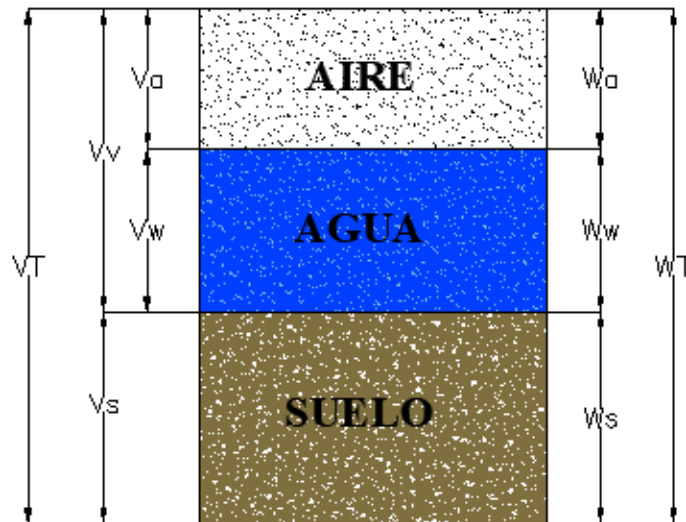
Temperature (°C)	Density (g/mL) <sup>a</sup>	Temperature Coefficient (K)	Temperature (°C)	Density (g/mL) <sup>a</sup>	Temperature Coefficient (K)	Temperature (°C)	Density (g/mL) <sup>a</sup>	Temperature Coefficient (K)	Temperature (°C)	Density (g/mL) <sup>a</sup>	Temperature Coefficient (K)
15.0	0.99910	1.00090	16.0	0.99895	1.00074	17.0	0.99878	1.00057	18.0	0.99860	1.00039
.1	0.99909	1.00088	.1	0.99893	1.00072	.1	0.99876	1.00055	.1	0.99858	1.00037
.2	0.99907	1.00087	.2	0.99891	1.00071	.2	0.99874	1.00054	.2	0.99856	1.00035
.3	0.99906	1.00085	.3	0.99889	1.00069	.3	0.99872	1.00052	.3	0.99854	1.00034
.4	0.99904	1.00084	.4	0.99888	1.00067	.4	0.99871	1.00050	.4	0.99852	1.00032
.5	0.99902	1.00082	.5	0.99886	1.00066	.5	0.99869	1.00048	.5	0.99850	1.00030
.6	0.99901	1.00080	.6	0.99885	1.00064	.6	0.99867	1.00047	.6	0.99848	1.00028
.7	0.99899	1.00079	.7	0.99883	1.00062	.7	0.99865	1.00045	.7	0.99847	1.00026
.8	0.99898	1.00077	.8	0.99881	1.00061	.8	0.99863	1.00043	.8	0.99845	1.00024
.9	0.99896	1.00076	.9	0.99879	1.00059	.9	0.99862	1.00041	.9	0.99843	1.00022
19.0	0.99841	1.00020	20.0	0.99821	1.00000	21.0	0.99799	0.99979	22.0	0.99777	0.99957
.1	0.99839	1.00018	.1	0.99819	0.99998	.1	0.99797	0.99977	.1	0.99775	0.99954
.2	0.99837	1.00016	.2	0.99816	0.99996	.2	0.99795	0.99974	.2	0.99773	0.99952
.3	0.99835	1.00014	.3	0.99814	0.99994	.3	0.99793	0.99972	.3	0.99771	0.99950
.4	0.99833	1.00012	.4	0.99812	0.99992	.4	0.99791	0.99970	.4	0.99768	0.99947
.5	0.99831	1.00010	.5	0.99810	0.99990	.5	0.99789	0.99968	.5	0.99766	0.99945
.6	0.99829	1.00008	.6	0.99808	0.99987	.6	0.99786	0.99966	.6	0.99764	0.99943
.7	0.99827	1.00006	.7	0.99806	0.99985	.7	0.99784	0.99963	.7	0.99761	0.99940
.8	0.99825	1.00004	.8	0.99804	0.99983	.8	0.99782	0.99961	.8	0.99759	0.99938
.9	0.99823	1.00002	.9	0.99802	0.99981	.9	0.99780	0.99959	.9	0.99756	0.99936
23.0	0.99754	0.99933	24.0	0.99730	0.99909	25.0	0.99705	0.99884	26.0	0.99679	0.99858
.1	0.99752	0.99931	.1	0.99727	0.99907	.1	0.99702	0.99881	.1	0.99676	0.99855
.2	0.99749	0.99929	.2	0.99725	0.99904	.2	0.99700	0.99879	.2	0.99673	0.99852
.3	0.99747	0.99926	.3	0.99723	0.99902	.3	0.99697	0.99876	.3	0.99671	0.99850
.4	0.99745	0.99924	.4	0.99720	0.99899	.4	0.99694	0.99874	.4	0.99668	0.99847
.5	0.99742	0.99921	.5	0.99717	0.99897	.5	0.99692	0.99871	.5	0.99665	0.99844
.6	0.99740	0.99919	.6	0.99715	0.99894	.6	0.99689	0.99868	.6	0.99663	0.99842
.7	0.99737	0.99917	.7	0.99712	0.99892	.7	0.99687	0.99866	.7	0.99660	0.99839
.8	0.99735	0.99914	.8	0.99710	0.99889	.8	0.99684	0.99863	.8	0.99657	0.99836
.9	0.99732	0.99912	.9	0.99707	0.99887	.9	0.99681	0.99860	.9	0.99654	0.99833
27.0	0.99652	0.99831	28.0	0.99624	0.99803	29.0	0.99595	0.99774	30.0	0.99565	0.99744
.1	0.99649	0.99828	.1	0.99621	0.99800	.1	0.99592	0.99771	.1	0.99562	0.99741
.2	0.99646	0.99825	.2	0.99618	0.99797	.2	0.99589	0.99768	.2	0.99559	0.99738
.3	0.99643	0.99822	.3	0.99615	0.99794	.3	0.99586	0.99765	.3	0.99556	0.99735
.4	0.99641	0.99820	.4	0.99612	0.99791	.4	0.99583	0.99762	.4	0.99553	0.99732
.5	0.99638	0.99817	.5	0.99609	0.99788	.5	0.99580	0.99759	.5	0.99550	0.99729
.6	0.99635	0.99814	.6	0.99607	0.99785	.6	0.99577	0.99756	.6	0.99547	0.99726
.7	0.99632	0.99811	.7	0.99604	0.99783	.7	0.99574	0.99753	.7	0.99544	0.99723
.8	0.99629	0.99808	.8	0.99601	0.99780	.8	0.99571	0.99750	.8	0.99541	0.99720
.9	0.99627	0.99806	.9	0.99598	0.99777	.9	0.99568	0.99747	.9	0.99538	0.99716

Fuente: ASTM D 854 (2002)[33]

➤ *Relaciones fundamentales del suelo*

Una forma más clara para conocer de mejor manera la estructura de los suelos es a través de las relaciones fundamentales, las cuales utilizan la masa o el volumen del suelo. En la Fig. 6 se muestra las fases principales del suelo.[34]

**Fig. 6** Fases del suelo



*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

**Relación de Vacíos:** También conocido como volumen de sólidos ( $e$ ) está ocupado por aire o agua o una mezcla entre los dos.[21]

Según Badillo y Rodríguez esta relación presenta valores mayores a 0.25 y menores a 15, presenta parámetros adimensionales.[27]

$$e = \frac{v_v}{v_s} \quad \text{Ec.8}$$

Donde:

$v_v$  = Volumen de vacíos

$v_s$  = Volumen de sólidos

**Porosidad:** Se denomina poros a los espacios vacíos que están ocupados por agua o aire, durante periodos secos el espacio poroso lleno de aire aumentara y cuando se presentan grandes precipitaciones el espacio ocupado por agua aumentará.[35] Presentan valores entre 20% a 95%.[27]

$$n (\%) = \frac{Vv}{Vm} * 100 \quad \text{Ec.9}$$

Donde:

$Vv$  = Volumen de vacíos

$Vm$  = Volumen de la masa

**Tabla 9.** Porosidad, relación de vacíos de suelo típicos en estado natural

Descripción	Porosidad ( $n$ )	Relación de vacíos ( $e$ )	Humedad ( $w$ ) <sup>a</sup>	Peso volumétrico			
				g/cm <sup>3</sup>		lb/pie <sup>3</sup>	
				$\gamma_d^b$	$\gamma_{sat}^c$	$\gamma_d$	$\gamma_{sat}$
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 gracial 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

Fuente: Peck, Hanson, Thornburn.[24]

**Grado de saturación del agua:** Se expresa en porcentaje, evalúa la cantidad de agua presente en el suelo y sus valores están ente 0% (suelo sin presencia de agua) y 100% (suelo saturado).[21]

$$Gw (\%) = \frac{Vw}{Vv} * 100 \quad \text{Ec.10}$$

Donde:

$Va$  = Volumen de agua

$Vv$  = Volumen de vacíos

**Grado de saturación del aire:** Es la relación entre el volumen de aire y de vacíos, este se expresa en porcentaje y se denomina también como grado de aireación presente en el suelo. Presenta valores entre a 0%-100%. [36]

$$G_a (\%) = \frac{V_a}{V_v} * 100 \quad \text{Ec.11}$$

Donde:

$V_a$  = Volumen del aire

$V_v$  = Volumen de vacíos

### 1.1.1.5. Propiedades Mecánicas del suelo

#### ➤ Proctor Modificado

La compactación del suelo da como resultado un aumento de la densidad y la resistencia al corte, y una reducción del asentamiento y la permeabilidad.[37]

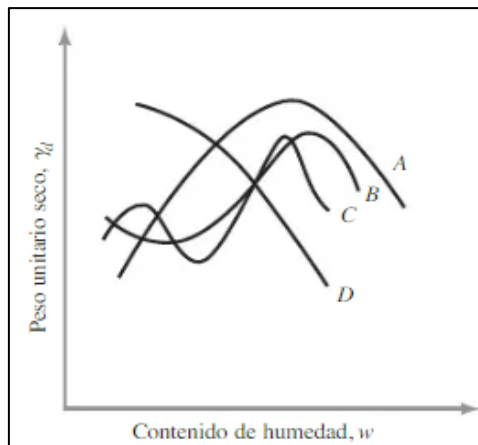
El ensayo Proctor modificado se realiza según la normativa **AASHTO T 180** y fue creado por Ralph Proctor; este ensayo permite determinar la densidad seca máxima en relación con el porcentaje de humedad óptima en determinados suelos a través de una curva identificada como curva de compactación.[38]-[39]

*Tabla 10. Métodos de Ensayo Proctor*

	Material	Capas	#Golpes	Diámetro (mm)	Volumen molde (cm <sup>3</sup> )
<b>Método A</b>	%RET Tamiz N°4 ≤ 20%	5	25	101,6	943,3
<b>Método B</b>	%RET Tamiz N°4 > 20%	5	25	101,6	943,3
	%RET Tamiz 3/8 in ≤ 20%				
<b>Método C</b>	%RET Tamiz 3/8 in < 20%	5	56	152,4	2124
	%RET Tamiz ¾ in > 30%				

*Fuente: Portilla Favio.[40]*

*Fig. 7. Curvas de compactación de diferentes suelos*



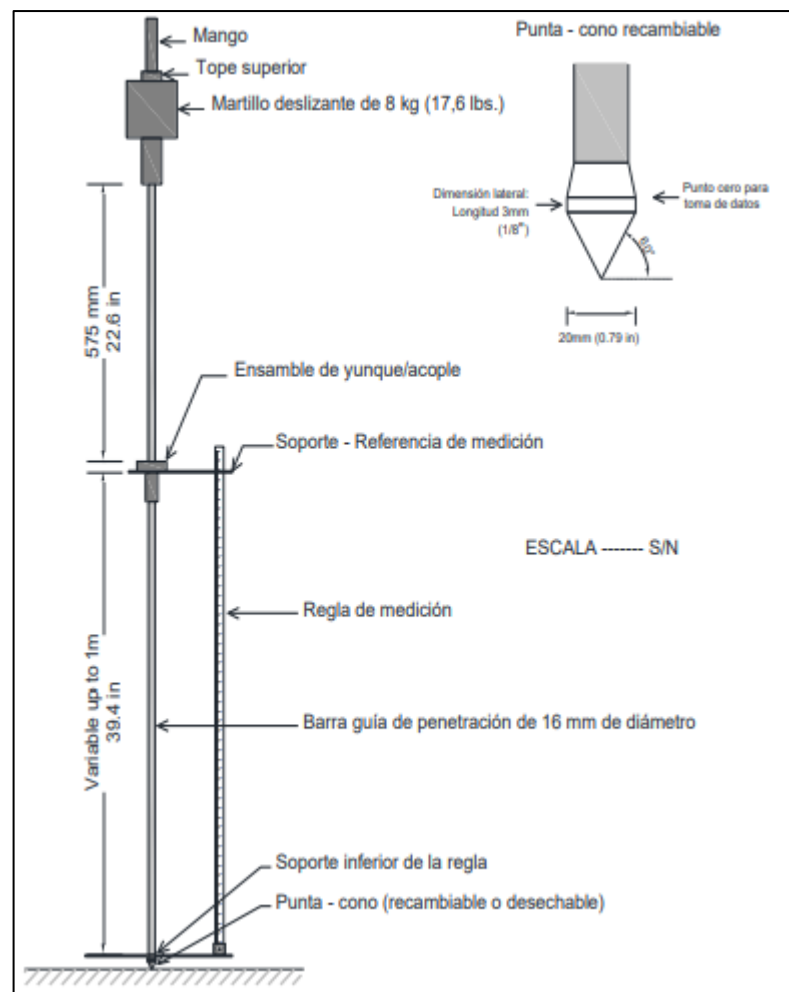
*Fuente: Braja M. Das (2015).[22]*

➤ Cono Dinámico de Penetración (DCP)

Descrito por la norma **ASTM 6951**, fue desarrollado por Scala ; este tipo de ensayo evalúa la resistencia de los suelos de la subrasante obteniendo valores netamente insitu; teóricamente es la profundidad de penetración en mm para una sola caída del martillo, es decir el cono (de 60° con un diámetro de base de 20 mm) se introduce en el suelo hasta la profundidad deseada y se calcula el índice DCP promedio, estos valores se representan en una gráfica en función del número de golpes en las abscisas y la penetración en las ordenadas.[41]-[9]

Tomando en consideración que en los hallazgos de Vuuren describe la prueba DCP como un método de gran facilidad que se puede utilizar para evaluar el CBR. [42]

*Fig. 8 Esquema DCP*



*Fuente: ASTM D 6951*

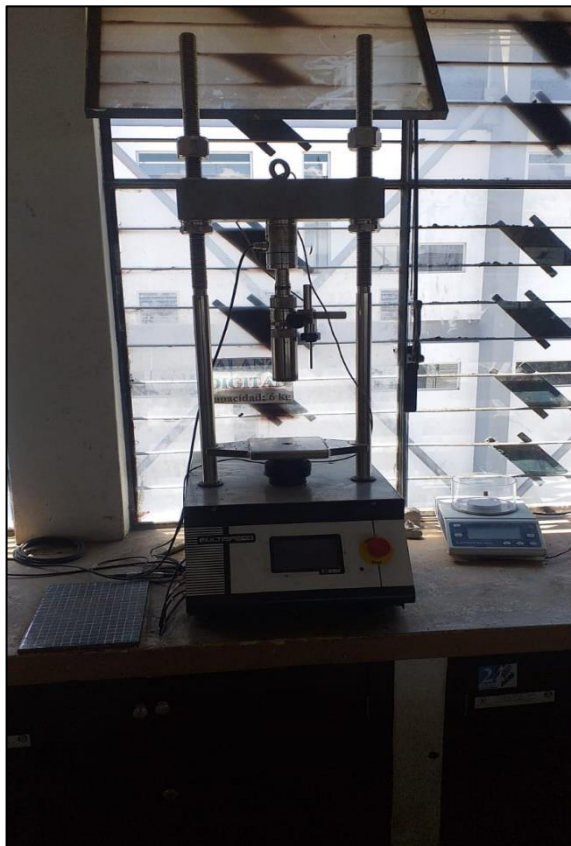
➤ California Bearing Ratio (CBR)

Fue desarrollado por el Departamento de Carreteras del Estado de California para evaluar la resistencia de las subrasantes de las carreteras, durante la Segunda Guerra Mundial y luego fue adoptada como un método estándar de diseño en diferentes partes del mundo.[2]-[3]

El CBR es una prueba estimada para evaluar la resistencia de la subbase y la subrasante de la carretera para el diseño del espesor del pavimento; este ensayo se realiza empujando un émbolo estándar sobre el suelo a una velocidad fija de penetración y midiendo la fuerza requerida para mantener esa velocidad, generalmente se realiza para una densidad seca del 90 %, 95 % o 100 %.[43]-[44]

$$CBR (\%) = \frac{\text{Carga unitaria de ensayo}}{\text{Carga unitaria patrón}} * 100 \quad \text{Ec.12}$$

*Fig. 9 Máquina Multispeed*



*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

*Tabla 11. Clasificación de suelos según el %CBR*

Clasificación	%CBR	
GW	60-80	Excelente
GP	35-60	Bueno
GM	40-80	
GC, SW, SM	20-40	
SP	15-25	
SC	10-20	Regular
ML, CL	5-15	
OL, MH	4-8	
CH, OH	3-5	Muy Pobre
Pt	-	

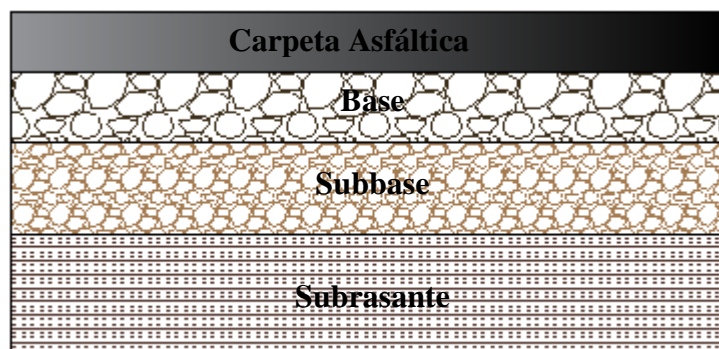
*Fuente: Guide for Mechanistic-Empirical Design.[45]*

### 1.1.1.6. Pavimentos

➤ *Definición de Pavimento*

Está constituido por un conjunto de capas superpuestas de materiales seleccionados apropiadamente compactados, esta estructura es encargada de recibir las cargas de tránsito las cuales serán transmitidas a estratos inferiores del subsuelo.[46]-[47]

*Fig. 10. Estructura del Pavimento*



*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

➤ *Subrasante*

Es el soporte de las capas de pavimento, preparada como fundición de la estructura de pavimento siendo generalmente la superficie del terreno.[47]-[48]

➤ *Subbase*

Capa compuesta generalmente por materiales gruesos cribados, los cuales deben presentar un coeficiente de desgaste de máximo 50%. Su principal función es impedir el bombeo en grietas y extremos del pavimento y mejorando en gran parte la capacidad de soporte del suelo en la subrasante. [46]

➤ *Base*

En esta capa más importante del sistema estructural, está constituida por agregados graduados y compactados. Presenta mayor espesor y capacidad estructural del pavimento.[38]-[46]

Sus funciones radican en reducir al mínimo los efectos del congelamiento y es la encargada de absorber las cargas producidas por el tráfico.

➤ *Capa de Rodadura*

Es la última capa del pavimento sobre la cual circularán vehículos y debido a eso sus funciones deben presentar: textura, regularidad, impermeabilidad, resistencia y seguridad.

*Fig. 11 Capa de rodadura Av. Bolivariana*



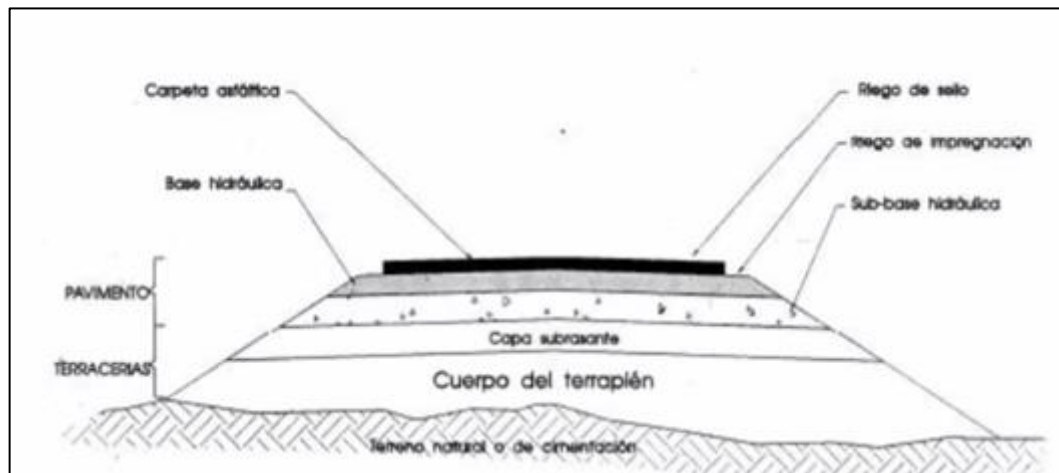
*Fuente: El Heraldo (2022)*



➤ *Tipos de Pavimentos*

**Pavimentos Flexibles:** Está conformada por una carpeta bituminosa, su principal función es la disminución de las deformaciones como cambios volumétricos en la capa subrasante, en el componente económico es el mejor en comparación a otros tipos de pavimentos y actúa como un filtro de la base impidiendo que el porcentaje de finos que se encuentra en la subrasante contaminen la calidad de la base. [46]

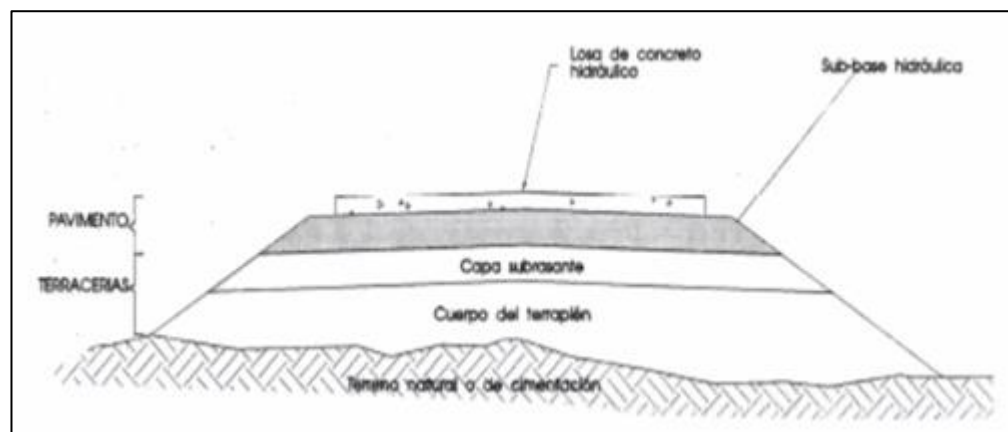
*Fig. 12 Estructura de pavimento Flexible*



*Fuente: Yánez Gustavo.[50]*

**Pavimento Rígido:** Capa constituida por una losa de concreto hidráulico apoyada sobre una capa de material seleccionado, su capacidad estructural depende de la resistencia que las losas presenten, su función principal es servir como una capa de transición y dotar un apoyo estable al pavimento.[46]

*Fig. 13 Estructura del pavimento Rígido*



*Fuente: Yánez Gustavo.[50]*

➤ *Método de Diseño AASHTO*

Basado en los hallazgos obtenidos de las pruebas realizadas en Ottawa, Illinois; específicamente diseñado para pavimentos flexibles, presenta una ecuación empírica con la cual se obtiene el componente denominado número estructural (SN); es fundamental para determinar el espesor de las capas que conforman el pavimento. No obstante, es recomendable utilizar este método en caminos de una alta carga de vehículos pesados y largos períodos de análisis.[46]-[49]

$$\log_{10}W_{18} = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10} MR - 8.07$$

**Ec.13**

Donde:

$W_{18}$  = Número de cargas de 18 kips

$Z_R$  = Abscisa correspondiente a un área igual a la confiabilidad  $R$

$S_o$  = Desvío estándar

$\Delta PSI$  = Pérdida de serviciabilidad

$MR$  = Módulo resiliente de la subsrante

$SN$  = Número estructural (in)

➤ *Parámetros de Diseño*

**Tráfico promedio diario anual:** También conocido como sus siglas: TPDA. Es el encargado de analizar el tráfico actual; a través de estaciones temporales, permanentes contabilizando el tráfico que se produzca en la carretera A partir de este se obtiene el tráfico futuro, desarrollado y generado.

$$TPDA = \frac{VHP * FHP}{k} \quad \text{Ec. 14}$$

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.

**Tráfico Generado:** Su utilización es específicamente en vías ya existentes, considerando que será atraído por la carretera.

$$Tg = 20\% TPDA \quad \text{Ec. 15}$$

$$Ta = 10\% TPDA \quad \text{Ec. 16}$$

**Tráfico Desarrollado:** Es aquel parámetro ocupado cuando se está trabajando con una vía que aún no existe o se encuentra en proyectos y se expresa así:

$$Td = 5\% TPDA \quad \text{Ec.17}$$

$$TPDA_{TOTAL} = Tg + Ta + Td TPDA_{Actual} \quad \text{Ec.18}$$

**Nivel de Confianza:** Se simboliza con la letra (R) y describe la importancia de la vía respectivamente.

*Tabla 12. Niveles de confiabilidad según el orden de la vía*

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	R	
	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: Yáñez Gustavo.[50]*

**Índice de Serviciabilidad y Desviación Estándar:** El índice de serviciabilidad evalúa parámetros acerca de la condición actual del pavimento desde 0 (Mala) – 5(Muy buena). [50]

*Tabla 13. Índice de serviciabilidad*

<b>Pt</b>	0-1	Muy Malo
	1-2	Malo
	2-3	Regular
	3-4	Bueno
	4-5	Muy Bueno

*Fuente: Yáñez Gustavo.[50]*

$$Po\ inicial = 4.2 - 4.5 \quad \text{Ec.19}$$

La Desviación Estándar ( $S_o$ ) determina los datos dispersos que configuran la curva del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito.[51]

$$S_o = 0.44$$

**Tránsito Equivalente:** Se realiza particularmente en vehículos pesados, transformando el tráfico proyectado a ejes simples de cargas equivalente de 18000 lbs.[51]

$$F_{ss} = \left(\frac{L_{ss}}{6.6}\right)^4 \rightarrow \text{Ejes simples} \quad \text{Ec.20}$$

$$F_{sd} = \left(\frac{L_{sd}}{8.2}\right)^4 \rightarrow \text{Ejes dobles} \quad \text{Ec.21}$$

$$F_t = \left(\frac{L_{ss}}{15}\right)^4 \rightarrow \text{Ejes Tridem} \quad \text{Ec.22}$$

$$F_{tr} = \left(\frac{L_{ss}}{23}\right)^4 \rightarrow \text{Ejes Tandem} \quad \text{Ec.23}$$

**Periodo de Diseño:**

*Tabla 14. Periodo de diseño*

Periodo de diseño	Condiciones del camino	Años
Alto volumen	Urbano	30-50
	Rural	20-50
Bajo volumen	Pavimentado	15-25
	Revestido	10-20

*Fuente: Yáñez Gustavo.[50]*

**Módulos Resilientes:** Se determina a través del valor del CBR del material estudiado.[50]

$$F_{ss} = 1500 * CBR \quad (CBR \leq 7) \quad \text{Ec.24}$$

$$F_{sd} = 3000 * CBR^{0.65} \quad (7 < CBR \leq 20) \quad \text{Ec.25}$$

$$F_t = 4326 * \ln(CBR) + 241 \quad (CBR > 20) \quad \text{Ec.26}$$

**Coefficiente de Drenaje:**

*Tabla 15. Valor coeficiente de drenaje*

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

*Fuente: Yáñez Gustavo.[50]*

➤ *Espesores Mínimos*

Los espesores mínimos obtenidos en la Tabla N°16 son recomendados por la normativa AASHTO.

Tabla 16. Espesores mínimos

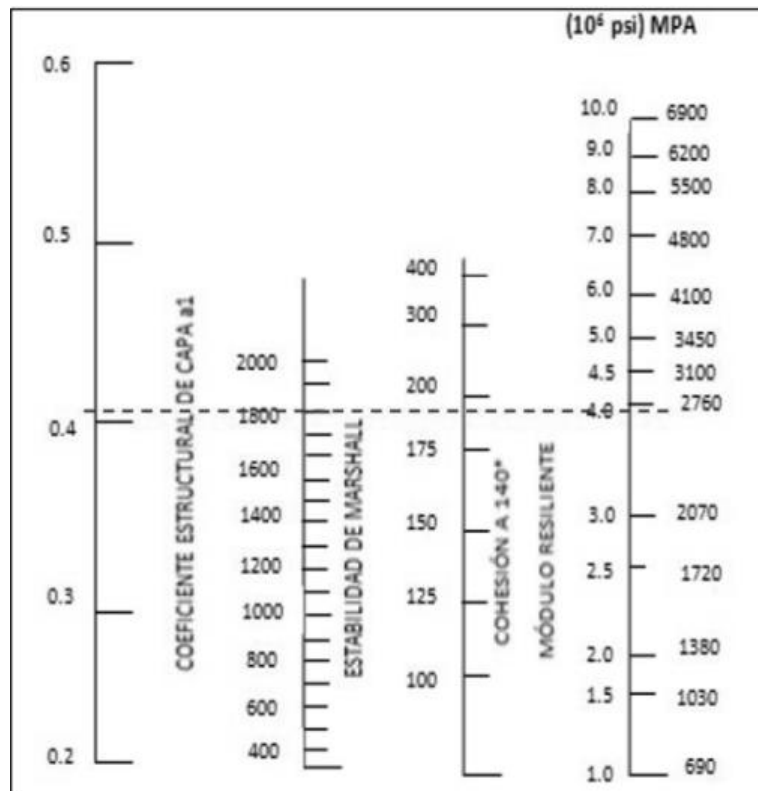
Número de ESALs	Concreto asfáltico cm	Base granular cm
Menos de 50,000	2,5	10
50,001-15,000	5	10
150,001-500,000	6,5	10
500,001-2,000,000	7,5	15
2,000,001-7,000,000	9	15
Mayor de 7,000,000	10	15

Fuente: Yáñez Gustavo.[50]

➤ *Coefficientes estructurales*

### Carpeta Asfáltica

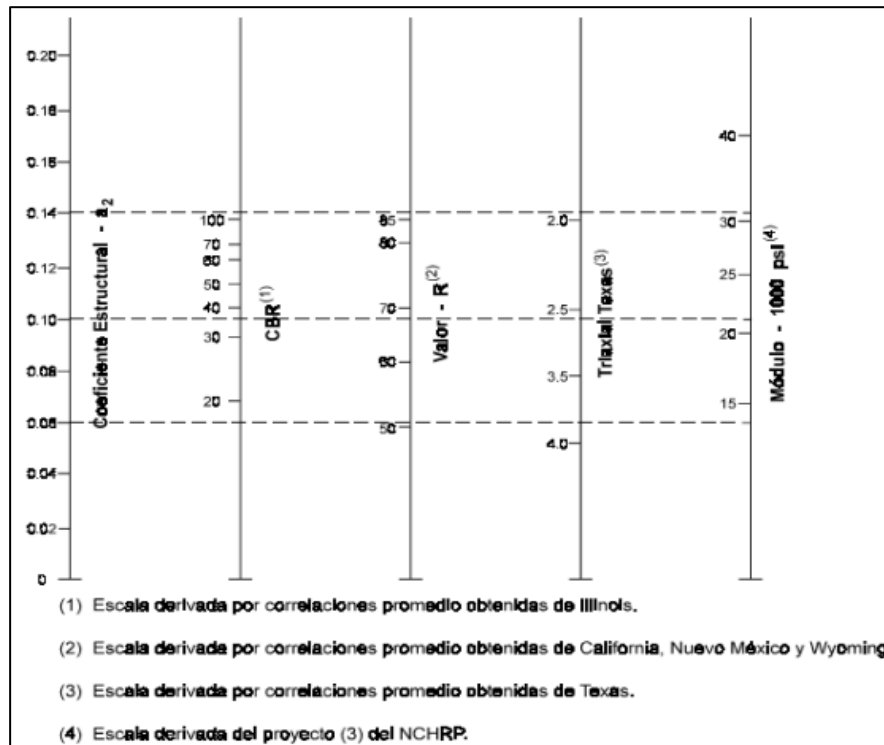
Fig. 14. Coeficiente estructural carpeta asfáltica



Fuente: AASHTO 1993.[52]

## Base

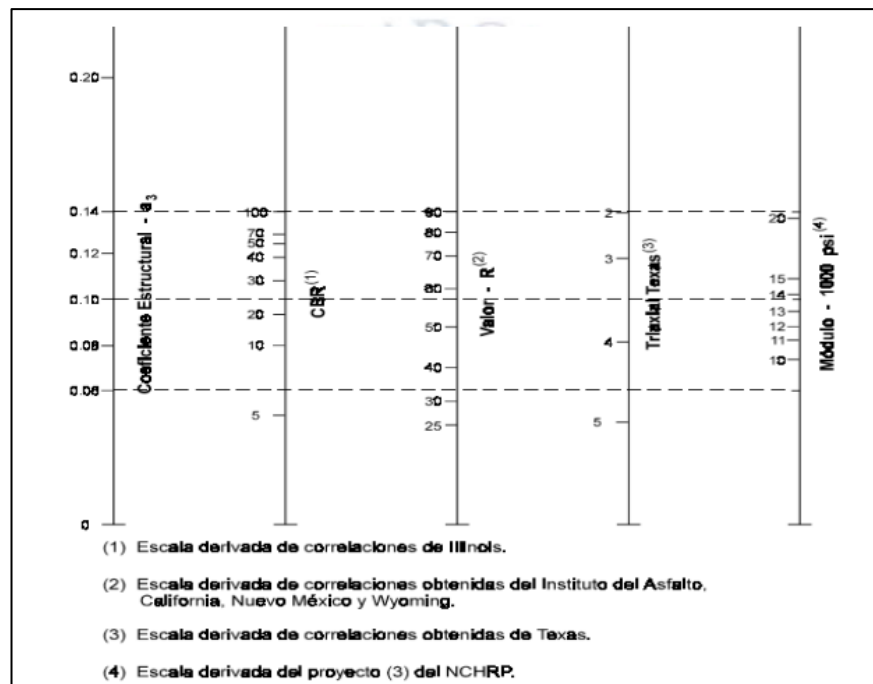
Fig. 15 Capa a2, base granular



Fuente: AASHTO 1993.[52]

## Subbase

Fig. 16 Capa a3 subbase granular



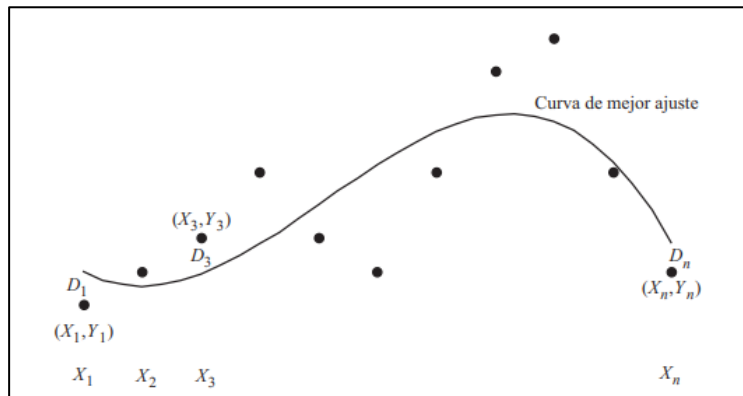
Fuente: AASHTO 1993.[52]

### 1.1.1.7. Análisis de Correlaciones

El análisis de regresión es un componente de la estadística encargado de indagar, analizar la relación existente entre dos o más variables relacionadas en una forma no determinística.[53]

**Método de mínimos cuadrados:** Se define como un método de estimación en el cual las variables son determinadas a través de la suma de cuadrados, sometiendo los valores a diferentes condiciones obteniendo una serie de puntos para posteriormente representar en una gráfica, este método determina los valores de a y b de la recta que presente un mejor ajuste.[54]

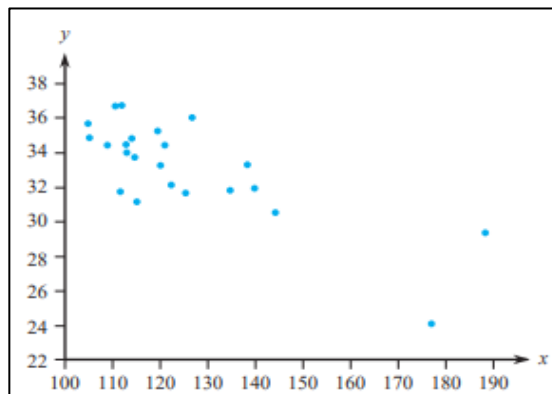
*Fig. 17. Curva de mejor ajuste*



*Fuente: Estadística Schaum*

**Diagrama de dispersión:** Cada par  $(x,y)$  se encuentra representado por un punto graficado en un sistema de coordenadas bidimensionales, aun cuando ninguna curva simple pasará exactamente por todos los puntos, hay claros indicios de que los puntos se encuentran dispersos alrededor de una línea recta.[55]

*Fig. 18. Diagrama de dispersión*



*Fuente: Devore J. (2012)*



**Regresión lineal simple:** Se considera una sola variable de regresión y una sola variable de respuesta (variable dependiente).[55]

**Regresión múltiple:** Relación existente entre dos o más variables, resuelta de manera análoga y sus variables presentan terminaciones en variables X, Y, Z.

**Coefficiente de determinación ( $R^2$ ):** También denominado coeficiente de Pearson es utilizado para determinar la adecuación de un modelo de regresión, cuanto más se acerque el valor a 1 mejor será el ajuste obteniendo una adecuada ecuación de predicción de las variables analizadas.

**Coefficiente de correlación (R):** La correlación cuantifica el grado en que se relacionan las variables dependientes e independientes. El coeficiente de correlación dice cuánto una variable tiende a cambiar cuando el otro lo hace. Cuando R es 0.0, no hay relación. Cuando R es 1, existe una buena relación.[6]

### **1.1.2. Hipótesis**

¿Es posible hallar correlaciones entre el CBR, DCP, Propiedades Índice y Mecánicas en los suelos representativos de la parroquia Belisario Quevedo, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi con un coeficiente de determinación mayor al 50%?

## **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 la parroquia Belisario Quevedo, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Determinar las propiedades índices – 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





El presente trabajo experimental fue desarrollado en cuatro fases, cada una demuestra el cumplimiento de los objetivos planteados.

### 2.1. Materiales

➤ *Estudios Preliminares*

Se desarrolló la excavación de las doce calitas a cielo abierto en el cantón Belisario Quevedo, utilizando los materiales presentados en la tabla 17.

*Tabla 17. Materiales para excavación de muestras*

<b>SONDEO Y EXCAVACIÓN DE MUESTRAS</b>			
Equipo:	GPS	Equipo:	Palas /Picos
Marca:	Garmin	Marca:	-
			
<b>Descripción:</b> Instrumento utilizado para la obtención de coordenadas UTM de cada calicata.		<b>Descripción:</b> Materiales utilizados para la excavación manual de suelos	
Equipo:	Flexómetro	Equipo:	Costales
Marca:	Stanley	Marca:	
			
<b>Descripción:</b> Utilizado para medir la profundidad de las excavaciones.		<b>Descripción:</b> Almacenamiento del suelo excavado.	

*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

➤ *Ensayos de campo y laboratorio*

En las siguientes tablas se presenta de manera general los materiales utilizados en campo y laboratorio para poder realizar los análisis respectivos de las muestras representativas de la parroquia de Belisario Quevedo, cantón Latacunga.






*Tabla 18. Materiales y equipos utilizados en ensayos de campo*

ENSAYOS DE CAMPO			
Ensayo:	DCP	Ensayo:	Cono y Arena
Materiales:	Equipo DCP	Materiales:	Cono, cincel, cuchareta, placa metálica, balanza, clavos y martillo.
			
<b>Descripción:</b> Equipo para evaluar la resistencia del suelo in situ.		<b>Descripción:</b> Equipo utilizado para determinar la densidad insitu del suelo.	

*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

*Tabla 19. Equipos y materiales utilizados en el laboratorio*

ENSAYOS DE LABORATORIO			
Ensayo:	Contenido de humedad	Ensayo:	Granulometría
Materiales:	Balanza y recipientes metálicos	Materiales:	Tamices, maquina tamizadora, brocha, recipiente y balanza.
			
<b>Descripción:</b> Materiales utilizados para determinar el contenido de humedad de un suelo.		<b>Descripción:</b> Materiales utilizados para identificar los porcentajes de grava, arena y limo.	


Ensayo:	Límite Líquido	Ensayo:	Límite Plástico
Materiales:	Copa Casagrande, espátula y acanalador.	Materiales:	Placa de vidrio, recipientes
			
<b>Descripción:</b> Determina la consistencia del suelo.		<b>Descripción:</b> Determina el contenido de agua a través de cilindros	
Ensayo:	Gravedad Específica	Ensayo:	Proctor Modificado Tipo B
Materiales:	Picnómetros, embudo, termómetro, recipientes y pipeta.	Materiales:	Bandeja metálica, martillo, molde, probeta graduada, palustre, flexómetro.
			
<b>Descripción:</b> Equipo para evaluar el contenido de vacíos en las partículas del suelo		<b>Descripción:</b> Utilizado para encontrar la densidad máxima y humedad óptima.	
Ensayo:		CBR	
Materiales:		Bandeja metálica, martillo, molde, probeta graduada, palustre, pesa anular, pesa ranurada, máquina multispeed.	
			
<b>Descripción:</b> Equipo utilizado para determinar la resistencia de los suelos.			

*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado.*

➤ *Determinación de correlaciones simples y múltiples*

Las correlaciones fueron efectuadas a través de los parámetros de los suelos como son la propiedad índice, mecánicas, CBR y DCP.

**Tabla 20.** Software utilizado para el análisis de correlaciones

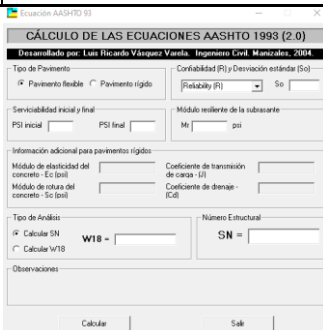
ANÁLISIS DE CORRELACIONES	
Software:	Microsoft Excel
	
<p><b>Descripción:</b> Software utilizado para determinar datos numéricos a través de hojas de cálculo.</p>	

*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

➤ *Diseño de pavimentos flexibles*

Se utilizó un software basado en la AASHTO 93 para realizar el diseño de pavimentos de manera eficaz y con resultados óptimos.

**Tabla 21.** Software AASHTO 93

DISEÑO DE PAVIMENTOS	
Software:	AASHTO 93
	
<p><b>Descripción:</b> Determinación del número estructural para el diseño de pavimentos.</p>	

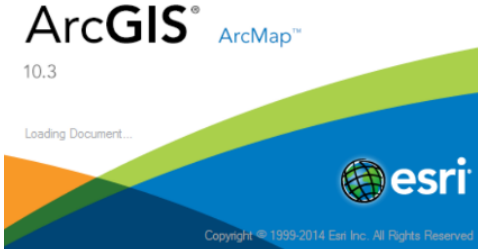
*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

Para el conteo de tráfico vehicular se utilizó formato ya establecidos para aplicarlos en campo en la estación establecida.

➤ *Zonificación de suelos de las áreas analizadas*

La zonificación de suelos representativos de la parroquia objeto de estudio se realizó a través de la clasificación SUCS y AASHTO.

**Tabla 22.** Software utilizado para zonificación de suelos

ZONIFICACIÓN DE SUELOS	
Software:	ArcGIS
	
<p><b>Descripción:</b> Programa utilizado para realizar mapeos de diferentes lugares.</p>	

*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

## 2.2. Métodos

### 2.2.1. Tipos de Investigación

➤ *Investigación de Campo*

Fue utilizada en las doce calicatas establecidas en la parroquia, con el fin de realizar los ensayos in situ como son: Densidad de campo (Cono y Arena) y Cono Dinámico de Penetración (DCP).

➤ *Investigación de Laboratorio*

Este tipo de investigación fue aplicada cuando se realizaron los ensayos según la normativa respectiva para cada uno, para determinar y analizar las propiedades índice y mecánicas, CBR de los suelos representativos de la parroquia.



➤ *Investigación Correlacional*

Una vez realizado los diferentes ensayos tanto in-situ como en el laboratorio se procede a correlacionar cada resultado obtenido para encontrar una ecuación que nos permita determinar el valor de CBR.

➤ *Investigación Bibliográfica*

Este se aplica en el presente trabajo de forma general, ya que se debe realizar la zonificación de los suelos según lo establecido en las normas SUCS y AASHTO y para ello se debe realizar las diferentes investigaciones.

**2.2.2. Descripción del procedimiento por fase**

➤ *Estudios preliminares*

Se extrajeron las muestras representativas de la parroquia de estudio de cuatro vías, de las cuales en cada una se recopiló tres muestras, obteniendo en total para el análisis del trabajo experimental de doce muestras.

Para la obtención de cada muestra se realizó una calicata de 1.50\*1.50 m y 1.00 m de profundidad en el costado de las vías.

*Fig. 19 Obtención de muestras*



*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

➤ *Fase 1: Ensayos de campo y laboratorio*

**Ensayos de campo**

*Densidad de campo:* Una vez retirada la capa vegetal de la calicata se procede a nivelar el suelo utilizando los materiales mencionados en la tabla 18, se coloca la placa metálica y se excava el suelo aproximadamente hasta lograr una profundidad de 15 cm. Posteriormente se coloca el recipiente de cono y arena, se suelta la arena de Ottawa y se toman los pesos respectivos.

*Fig. 20 Ensayo de cono y arena*



*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

*Cono penetrómetro dinámico (DCP):* Utilizando netamente los materiales de la tabla 18 este ensayo se realizó retirando la capa vegetal y con la ayuda del equipo DCP se procede a penetrar el suelo hasta 900 mm anotando el número de golpes y la penetración que se determinó, respectivamente.

*Fig. 21. Ejecución Ensayo DCP*



*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

## Ensayos de laboratorio

*Contenido de humedad:* Una vez retiradas las doce muestras, de cada una se reservó una muestra representativa se procedió a colocar en recipientes metálicos resistentes al calor y se tomaron los pesos de cada uno para así obtener el contenido de humedad.

**Fig. 22.** *Contenidos de humedad*



**Fuente:** *Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

*Granulometría:* Para elaborar el ensayo se basó en la normativa AASHTO T 88 2013, se procedió a pesar una cantidad respectiva de muestra para empezar con el ensayo y a continuación se colocó los tamices en orden descendiente, quedando en el siguiente orden: tamiz N° 4,10,16,40,60,100,200 colocando estos en una mesa vibratoria. A partir de ello se pesó lo que retiene cada tamiz y finalmente procesan los datos en Excel.

**Fig. 23.** *Tamices*



**Fuente:** *Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

*Límite Líquido:* En base a la normativa AASHTO T 89 2013 se preparó una muestra que pasó por el tamiz N°40, con lo ayuda de un mortero y el pistilo se disgregó el suelo, a continuación, se colocó este en la copa de Casagrande y así a través de los golpes estos se deben clasificar en los siguientes parámetros: De 0-15, de 15-25, 25-35 y de 35-40, estos se obtienes colocando en el suelo diferente porcentaje de agua.

*Fig. 24 Copa de Casagrande*



*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

*Límite Plástico:* El ensayo consistió en realizar cinco cilindros de 3 mm de diámetro y 5 cm de largo en la palma de la mano o en una placa metálica con humedades similares, del suelo que pasa el tamiz N°40, este procedimiento se realizó bajo la normativa AASHTO T 90 2016.

*Fig. 25 Límite plástico*



*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

*Gravedad Específica:* Este ensayo se realizó bajo los parámetros de la normativa AASHTO 100 2015 consistió en colocar una porción de suelo que pase por el tamiz N°40, una vez pesado el picnómetro con agua, con la ayuda de un embudo se colocó el suelo se tomó los pesos respectivos, la temperatura y finalmente se situó en el equipo baño María con el fin de que se expulse todos los vacíos de las partículas del suelo.

**Fig. 26** Picnómetro con suelo sumergido



*Fuente:* Vanessa Fernanda Pérez Pintado

*Proctor modificado:* Consiste en compactar una porción de suelo según la normativa AASHTO 180-2018 en un molde ya establecido, con el martillo de compactación se ejecutó 56 golpes por cinco capas a través de diferentes contenidos de humedad hasta obtener los parámetros de humedad óptima y densidad seca máxima.

**Fig. 27** Compactación de suelos



*Fuente:* Vanessa Fernanda Pérez Pintado

*CBR*: La prueba de relación de carga de California se realizó con la normativa AASHTO T 193 2013. Se realiza el mismo procedimiento que el ensayo Proctor modificado con la diferencia que se compacta con el contenido de humedad óptima, cinco capas con golpes de 11,27,56. Las muestras se dejaron en reposo durante tres días y luego se ensayaron los cilindros en la máquina de compresión.

*Fig. 28 Molde en remojo*



*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

➤ *Fase 2: Determinación de correlaciones*

El análisis de las correlaciones múltiples se realizó a partir de tres variables utilizando el procedimiento de las tablas mostradas según sea el caso.

- **Correlación lineal**

$$\sum Z = a_0N + a_1 \sum X + a_2 \sum Y$$

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

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

Ecuación M. lineal  $Z = a_0 + a_1X + a_2Y$  Ec.27

Tabla 23. Variables correlación lineal

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”								
<b>CORRELACIÓN MÚLTIPLE LINEAL</b>									
<b>Tutor:</b>	Ing. Favio Portilla			<b>Realizado por:</b>			Pérez Pintado Vanessa		
<b>N ° MUESTRA</b>	<b>VARIABLE</b>								
	X	Y	Z	XZ	YZ	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	Z <sup>2</sup>

Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

- *Correlación logarítmica*



$$\sum Z = a_0 N + a_1 \sum X' + a_2 \sum Y$$

$$\sum X'Z = a_0 \sum X' + a_1 \sum X'^2 + a_2 \sum X'Y$$

$$\sum YZ = a_0 \sum Y + a_1 \sum X'Y + a_2 \sum Y^2$$

*Ecuación M. Logarítmica*       $Z = a_0 + a_1 \log X' + a_2 Y$     Ec.28

*Tabla 24. Correlación Logarítmica*

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”									
CORRELACIÓN MÚLTIPLE LOGARÍTMICA										
<b>Tutor:</b>	Ing. Favio Portilla				<b>Realizado por:</b>	Pérez Pintado Vanessa				
N° MUESTRA	VARIABLE			$X' = \log X$	$X'Z$	YZ	$X'Y$	$X'^2$	$Y^2$	$Z^2$
	X	Y	Z							

*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*



- *Correlación exponencial*



$$\sum Z' = a_0 N + a_1 \sum X + a_2 \sum Y$$

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

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

*Ecuación M. Exponencial*      $\ln(Z) = \ln(a_0) + a_1 X + a_2 Y$      **Ec.29**

*Tabla 25. Correlación Exponencial*

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”								
<b>CORRELACIÓN MÚLTIPLE EXPONENCIAL</b>										
<b>Tutor:</b>		Ing. Favio Portilla			<b>Realizado por:</b>		Pérez Pintado Vanessa			
<b>N° MUESTRA</b>	<b>VARIABLE</b>			$Z' = \text{Log}(Z)$	XZ'	Y Z'	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	Z' <sup>2</sup>
	X	Y	Z							

*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

- *Correlación potencial*



$$\sum Z' = a_0 N + a_1 \sum X' + a_2 \sum Y'$$

$$\sum X'Z' = a_0 \sum X' + a_1 \sum X'^2 + a_2 \sum X'Y'$$

$$\sum Y'Z' = a_0 \sum Y' + a_1 \sum X'Y' + a_2 \sum Y'^2$$

*Ecuación M. Potencial*       $\log(Z) = \log(a_0) + a_1 \log(X) + a_2 \log(Y)$     **Ec.30**

*Tabla 26. Correlación Potencial*

 <p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b></p> 													
<b>Proyecto:</b>		“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”											
<b>CORRELACIÓN MÚLTIPLE LOGARÍTMICA</b>													
<b>Tutor:</b>			Ing. Favio Portilla						<b>Realizado por:</b>		Pérez Pintado Vanessa		
<b>N°</b>	<b>V.</b>												
<b>MUESTRA</b>	X	Y	Z	$X' = \log(X)$	$Y' = \log(Y)$	$Z' = \log(Z)$	XZ	YZ	XY	$X^2$	$Y^2$	$Z^2$	

*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

➤ *Fase 3: Diseño de pavimentos*

Para cumplir con esta fase, se realizó en primera instancia el conteo vehicular durante siete días por doce horas, establecidas desde las 06h00 hasta las 18h00, para ello se escogió la vía en la que se encontró mayor flujo vehicular conjunto este proceso se desarrolló con el software establecido por la AASHTO-93 en el cual se obtuvo a partir de este, los espesores mínimos de la carpeta asfáltica; en el trabajo experimental se realizó el diseño para dos valores de CBR siendo el primero aquel que se determinó en el laboratorio y el segundo, fue el valor determinado a partir de la mejor correlación hallada entre las propiedades índice, mecánicas, CBR y DCP.

➤ *Fase 4: Zonificación de suelos*

En la última etapa se realizó la zonificación de suelos de las muestras representativas analizadas de la parroquia Belisario Quevedo, esto se logró según lo establecido en los sistemas de clasificación de suelos de la SUCS y AASHTO a través de los parámetros de límite líquido, índice de plasticidad, porcentaje de arena, finos, valor de Cu, Cc posteriormente con la aplicación del software ArcGIS se realizó el mapeo de la parroquia.

## CAPÍTULO III: - RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Análisis y discusión de los resultados

#### 3.1.1. Estudios Preliminares

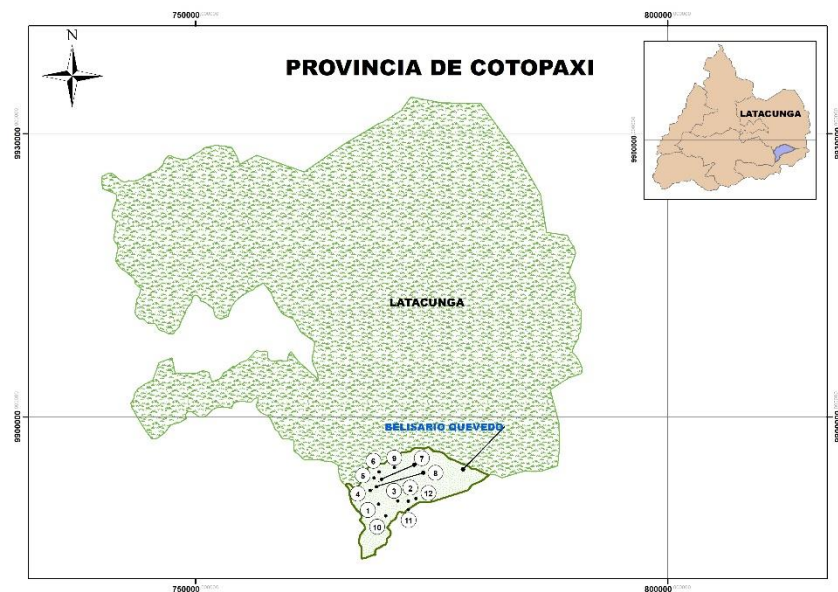
El análisis de suelos del presente trabajo se realizó en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, parroquia Belisario Quevedo. Se presenta las coordenadas de las calicatas en la Tabla 27.

*Tabla 27. Coordenadas UTM de calicatas*

CANTÓN	PARROQUIA	M	COORDENADAS UTM	
			NORTE (m)	ESTE (m)
LATACUNGA	BELISARIO QUEVEDO	1	9890776	769406
		2	9891079	772547
		3	9891096	771435
		4	9892224	768512
		5	9893546	768937
		6	9894173	769459
		7	9893387	769710
		8	9892607	769190
		9	9894658	771076
		10	9889516	77016
		11	9890176	772545
		12	9891361	773365

*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

*Fig. 29. Mapeo provincia de Cotopaxi*



*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

### 3.1.2. Fase 1

Una vez ejecutados los ensayos de campo y laboratorio mencionados en el capítulo II, se hallaron los siguientes resultados:

#### 3.1.2.1. Propiedades Índice

- Granulometría

La Tabla 28 presenta los resultados al ejecutar el ensayo granulométrico en las doce muestras de estudio.

*Tabla 28. Ensayo granulométrico y clasificación de suelos*

N° Muestra	CLASIFICACIÓN		GRANULOMETRÍA		
	AASHTO	SUCS	%G	%S	%F
1	A-2-4	SM	0,00	72,89	27,11
2	A-2-4	SP-SM	0,00	88,36	11,64
3	A-2-4	SM	0,00	87,84	12,16
4	A-2-4	SM	0,00	83,56	16,44
5	A-2-4	SP-SM	0,00	91,03	8,97
6	A-2-4	SP-SM	0,00	91,43	8,57
7	A-2-4	SM	0,00	87,50	12,50
8	A-2-4	SM	0,00	81,43	18,57
9	A-2-4	SP-SM	0,00	94,04	5,96
10	A-2-4	SP-SM	0,00	89,00	11,00
11	A-2-4	SM	0,00	72,64	27,36
12	A-2-4	SM	0,00	83,17	16,83

*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

Se puede apreciar que todas las muestras según el sistema de clasificación AASHTO son categorizados como A-2-4 denominados limo o grava arcillosa y arena (**Tabla 1**); mientras que, según el sistema SUCS (**Tabla 2**), más del 50% de las muestras fueron categorizadas como arenas mal graduadas con limo (SP-SM) y el resto como arenas limosas (SM); dado que el porcentaje que PASA el tamiz 200 es menor a 35%, acotando que en ninguna muestra se observó presencia de gravas.

- Límites de Atterberg

Al determinar los límites de consistencia de los suelos representativos de la parroquia se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 29. Resultados Límites de Atterberg**

Nº Muestra	LL	LP	IP
1	24,40	21,90	2,50
2	33,90	28,02	5,88
3	28,80	24,07	4,73
4	25,90	21,68	4,22
5	23,30	20,09	3,21
6	31,70	28,84	2,86
7	38,20	32,14	6,06
8	22,58	21,93	0,65
9	23,50	21,61	1,89
10	21,90	19,93	1,97
11	23,00	21,28	1,72
12	19,70	18,11	1,59

*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

Para el límite líquido los valores oscilan desde 19.70-38.20 (%) con un índice de plasticidad en el 66% de las muestras menor a cuatro, cuyos valores están dentro del rango establecido en la **Tabla 1 y 2** para el tipo de suelo clasificado.

- Gravedad Específica

**Tabla 30. Resultados gravedad específica de sólidos**

Nº Muestra	Gs
1	2,68
2	2,65
3	2,66
4	2,66
5	2,66
6	2,62
7	2,65
8	2,65
9	2,68
10	2,69
11	2,65
12	2,67

*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

En lo descrito en la **Tabla 7**, para suelos de arenas con limos se establece un valor 2.65-2.68, en las muestras analizadas el 83.33% presentó resultados similares a excepción de la M6 y M10 las cuales presentaron valores de 2.62 y 2.69, respectivamente.

- Densidad de campo

Este ensayo proporcionó resultados tanto para propiedades índice como para mecánicas y se expresan, así:

*Tabla 31. Resultados densidad de campo*

N° Muestra	DENSIDAD DE CAMPO			
	e	n	Gw	Ga
1	0,78	43,89	49,96	50,04
2	1,18	54,22	84,17	15,83
3	0,89	47,20	55,17	44,83
4	0,81	44,80	44,11	55,89
5	0,78	43,79	67,41	32,59
6	0,65	39,44	84,13	15,87
7	0,74	42,45	85,08	14,92
8	0,79	44,00	50,46	49,54
9	0,99	49,64	41,76	58,24
10	0,76	43,09	68,83	31,17
11	0,91	47,77	41,76	58,24
12	0,87	46,42	50,07	49,93

*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

Se estiman valores para la relación de vacíos de 0.65-1.18, en la porosidad desde 39.44 – 54.22 (%) los cuales están dentro de los rangos permitidos según la **Tabla 9** y denotando también los valores de grado de saturación del agua con valores de 41.76 - 84.17 y para el grado de saturación del aire fueron de 14.92 -58.24; identificando según varios autores valores óptimos. De los resultados mencionados se deduce que al momento de realizar el ensayo en un gran porcentaje de las muestras se encontraban con un porcentaje de saturación del agua relativamente alto; sin embargo, se debe considerar que estas relaciones solo demuestran el estado de los suelos más no son dependientes para otros parámetros.

### 3.1.2.2. Propiedades Mecánicas

- Densidad de campo

En la Tabla 32 se presentan los resultados considerados para propiedades mecánicas.

*Tabla 32. Densidad seca, húmeda in-situ*

N° Muestra	DENSIDAD DE CAMPO	
	$\gamma_{h_{in.situ}}$	$\gamma_{d_{in.situ}}$
1	1,72	1,50
2	1,67	1,41
3	1,66	1,40
4	1,67	1,47
5	1,79	1,54
6	1,92	1,58
7	1,89	1,53
8	1,71	1,47
9	1,56	1,35
10	1,83	1,53
11	1,59	1,38
12	1,66	1,42

*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

Como resultados para los pesos volumétricos específicamente para la densidad húmeda in-situ se hallaron valores desde 1.56-1.92 ( $g/cm^3$ ) y para la densidad seca entre 1.38-1.58 ( $g/cm^3$ ) los cuales según la **Tabla 9** a los suelos analizados clasificó como arenas uniformes, sueltas.

- Proctor Modificado

Se aplicó el método B bajo la normativa AASHTO T 180, en la Tabla 33 se estiman los resultados al elaborar este ensayo, demostrando los parámetros fundamentales como los valores densidad seca máxima y el contenido de humedad óptima.



**Tabla 33. Densidad máxima laboratorio, %W**

N° Muestra	PROCTOR MODIFICADO	
	$\gamma_{dmax}$	%W <sub>óptima</sub>
1	1,69	15,00
2	1,71	13,00
3	1,74	15,20
4	1,69	13,60
5	1,72	11,50
6	1,75	13,00
7	1,59	23,10
8	1,60	13,80
9	1,62	14,00
10	1,87	14,00
11	1,59	17,00
12	1,88	11,30

*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

Los valores establecidos para la densidad seca máxima fueron de 1.59-1.88 ( $g/cm^3$ ) y el porcentaje de contenido de humedad en las muestras favorecen desde 11.30 – 23.10 (%). Demostrando en la M7 un valor mayor en comparación a los de más con respecto el contenido de humedad óptima.

- California Bearing Ratio (CBR)

La **Tabla 37** presenta los resultados del CBR a partir de tres parámetros: %CBR para 0.1in, %CBR para 0.2 in y el %CBR mayor entre los ya mencionados considerando una densidad seca máxima del 95%.

*Tabla 34. Resultados CBR*

N° Muestra	CBR		
	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	% CBR MAYOR
1	25,00	23,00	25,00
2	9,40	8,90	9,40
3	12,50	10,80	12,50
4	29,00	25,00	29,00
5	10,20	9,00	10,20
6	16,90	15,50	16,90
7	28,00	23,00	28,00
8	19,20	16,10	19,20
9	8,00	11,50	11,50
10	25,70	30,00	30,00
11	10,90	11,40	11,40
12	25,00	21,84	25,00

*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

Los resultados evidencian rangos del %CBR entre 9.40- 30.00 y según la **Tabla 11** estos se categorizan como porcentajes buenos confirmando a través de este, una vez más la clasificación del suelo.

- Cono Penetrómetro Dinámico (DCP)

Los resultados de la prueba DCP se aprecian en la **Tabla 35**, demostrando como valores máximos en la M5 de 32.47 (mm/golpe) infiriendo una mayor penetración para este tipo de suelo; en el caso de la M10 se presenta un valor mínimo de 8.14 (mm/golpe) señalando que el tipo de suelo no tuvo una penetración en gran magnitud debido a que el suelo pertenecía a una cangahua.



*Tabla 35. Resultados DCP*

N° Muestra	DCP
	DN
1	18,23
2	12,75
3	13,61
4	9,91
5	32,47
6	26,94
7	11,86
8	10,21
9	20,66
10	8,14
11	12,84
12	11,98

*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*



### 3.1.2.3. Tabla de resultados Propiedades Índice y Mecánicas

Tabla 36. Resultados Propiedades Índice

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 														
Proyecto:	“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”													
PROPIEDADES ÍNDICE														
N° Muestra	CLASIFICACIÓN		$\omega\%$	GRANULOMETRÍA			LL	LP	IP	Gs	DENSIDAD DE CAMPO			
	AASHTO	SUCS		%G	%S	%F					e	n	Gw	Ga
1	A-2-4	SM	15,50	0,00	72,89	27,11	24,40	21,90	2,50	2,68	0,78	43,89	49,96	50,04
2	A-2-4	SP-SM	17,76	0,00	88,36	11,64	33,90	28,02	5,88	2,65	1,18	54,22	84,17	15,83
3	A-2-4	SM	18,83	0,00	87,84	12,16	28,8	24,07	4,73	2,66	0,89	47,20	55,17	44,83
4	A-2-4	SM	14,07	0,00	83,56	16,44	25,90	21,68	4,22	2,66	0,81	44,80	44,11	55,89
5	A-2-4	SP-SM	17,94	0,00	91,03	8,97	23,30	20,09	3,21	2,66	0,78	43,79	67,41	32,59
6	A-2-4	SP-SM	20,90	0,00	91,43	8,57	31,70	28,84	2,86	2,62	0,65	39,44	84,13	15,87
7	A-2-4	SM	23,56	0,00	87,50	12,50	38,20	32,14	6,06	2,65	0,74	42,45	85,08	14,92
8	A-2-4	SM	13,33	0,00	81,43	18,57	22,58	21,93	0,65	2,65	0,79	44,00	50,46	49,54
9	A-2-4	SP-SM	16,75	0,00	94,04	5,96	23,50	21,61	1,89	2,68	0,99	49,64	41,76	58,24
10	A-2-4	SP-SM	19,53	0,00	89,00	11,00	21,90	19,93	1,97	2,69	0,76	43,09	68,83	31,17
11	A-2-4	SM	15,79	0,00	72,64	27,36	23,00	21,28	1,72	2,65	0,91	47,77	41,76	58,24
12	A-2-4	SM	18,82	0,00	83,17	16,83	19,70	18,11	1,59	2,67	0,87	46,42	50,07	49,93

Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

Tabla 37. Resultados Propiedades Mecánicas

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”							
PROPIEDADES MECÁNICAS								
N° Muestra	PROCTOR MODIFICADO		DENSIDAD DE CAMPO		CBR			DCP
	$\gamma_{dmax}$	%Wóptima	$\gamma_h$	$\gamma_d$	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	% CBR MAYOR	DN
1	1,69	15,00	1,72	1,50	25,00	23,00	25,00	18,23
2	1,71	13,00	1,67	1,41	9,40	8,90	9,40	12,75
3	1,74	15,20	1,66	1,40	12,50	10,80	12,50	13,61
4	1,69	13,60	1,67	1,47	29,00	25,00	29,00	9,91
5	1,72	11,50	1,79	1,54	10,20	9,00	10,20	32,47
6	1,75	13,00	1,92	1,58	16,90	15,50	16,90	26,94
7	1,59	23,10	1,89	1,53	28,00	23,00	28,00	11,86
8	1,60	13,80	1,71	1,47	19,20	16,10	19,20	10,21
9	1,62	14,00	1,56	1,35	8,00	11,50	11,50	20,66
10	1,87	14,00	1,83	1,53	25,70	30,00	30,00	8,14
11	1,59	17,00	1,59	1,38	10,90	11,40	11,40	12,84
12	1,88	11,30	1,66	1,42	25,00	21,84	25,00	11,98

Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

### 3.1.3. Fase 2

La Tabla 6 muestra el resumen de las ecuaciones obtenidas en este estudio.

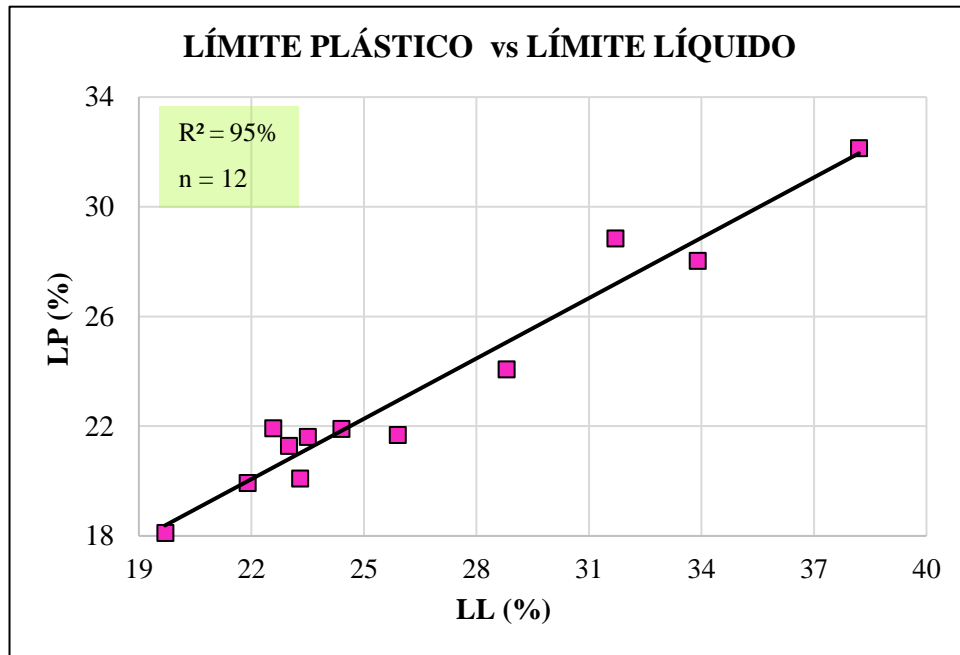
Tabla 38. Ecuaciones de correlación

N°	Ecuación	R <sup>2</sup>	Fig.
<b>CORRELACIONES ENTRE PROPIEDADES ÍNDICE</b>			
1	$LP = 0.733LL + 3.94$	95	30
2	$Wóp = 0.560LL + 0.784$	75	31
3	$\gamma d_{in-situ} = 0.005Wóp^2 - 0.177Wópt + 2.920$	52	32
4	$\gamma d_{in-situ} = -0.415e + 1.816$	63	33
5	$Gw = 0.377Wnat^2 - 9.380Wnat + 102.7$	74	34
6	$Ga = -0.494Wnat^2 + 13.675Wnat - 39.773$	80	35
7	$Wóp = -5.349 - 0.468LL + 1.434LP$	87	36
8	$\gamma d_{máx} = 2.321 + 0.059LL - 0.094LP$	55	37
9	$\gamma d_{máx} = 2.290 - 0.014LL - 0.013\%FINOS$	63	38
10	$\gamma d_{in-situ} = 1.033 + 0.415\gamma d_{máx} - 0.020 Wóp$	50	39
<b>CORRELACIONES DCP – PROPIEDADES ÍNDICE</b>			
11	$DN = 0.083\%FINOS^2 - 3.091\%FINOS + 38.658$	52	40
12	$DN = -2.058IP^2 + 14.379IP - 1.234$	57	41
13	$Wópt = -0.014DN^2 + 0.46DN + 11.019$	52	42
14	$\gamma d_{in-situ} = 1.314 + 0.003LL + 0.005 DN$	36	43
15	$Wóp = 6.821 - 0.277DN + 0.733Wnat$	67	44
16	$\gamma d_{in-situ} = 1.305 + 0.0045Wnat + 0.0053 DN$	50	45
<b>CORRELACIONES CBR-PROPIEDADES ÍNDICE</b>			
17	$CBR_{mayor} = 0.298Wóp^2 - 9.422Wóp + 86.690$	53	46
18	$CBR_{mayor} = 104.23DN^{-0.662}$	54	47
19	$CBR_{mayor} = -0.031\%Finos^2 + 1.822\%Finos - 0.674$	55	48
20	$CBR_{mayor} = 0.367Wnat^2 - 12.567Wnat + 119.49$	58	49
21	$CBR_{mayor} = -151.34 + 2.27Wópt + 79.21\gamma d_{máx}$	70	50
22	$CBR_{mayor} = 60.394 - 0.729DN - 2.117 Wóp$	53	51

Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

## Correlación N°1

Fig. 30 LP - LL



Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

$$\text{Ecuación: } LP = 0.733(LL) + 3.94$$

$$n = 12$$

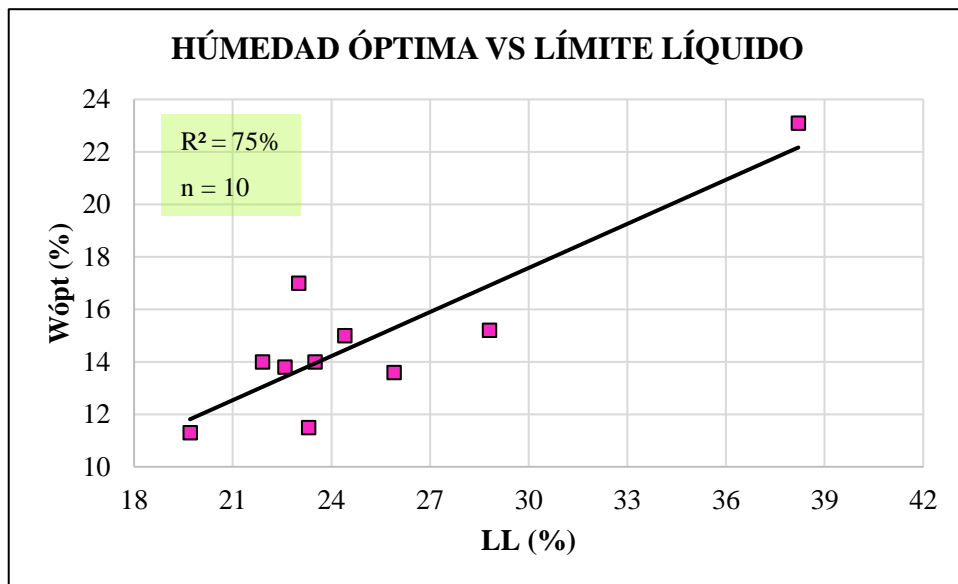
### Análisis:

En la figura 30 se aprecia la regresión lineal simple establecida entre el límite plástico y el límite líquido expresada a través de una función polinómica grado dos con un coeficiente de determinación de 95%, demostrando con este valor un porcentaje alto de correlación y confiabilidad entre las variables analizadas teniendo en cuenta que para dicha regresión se utilizaron los resultados de las 12 muestras.

Se puede denotar a través de la correlación que entre estos parámetros existe una relación directamente proporcional, es decir mientras aumente el valor del Límite Líquido el valor del Límite Plástico también lo hará, como lo establecen empíricamente varios autores.

## Correlación N°2

Fig. 31 Correlación Wópt -LL



Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

$$\text{Ecuación: } W_{\text{ópt}} = 0.560LL + 0.784$$

### Análisis:

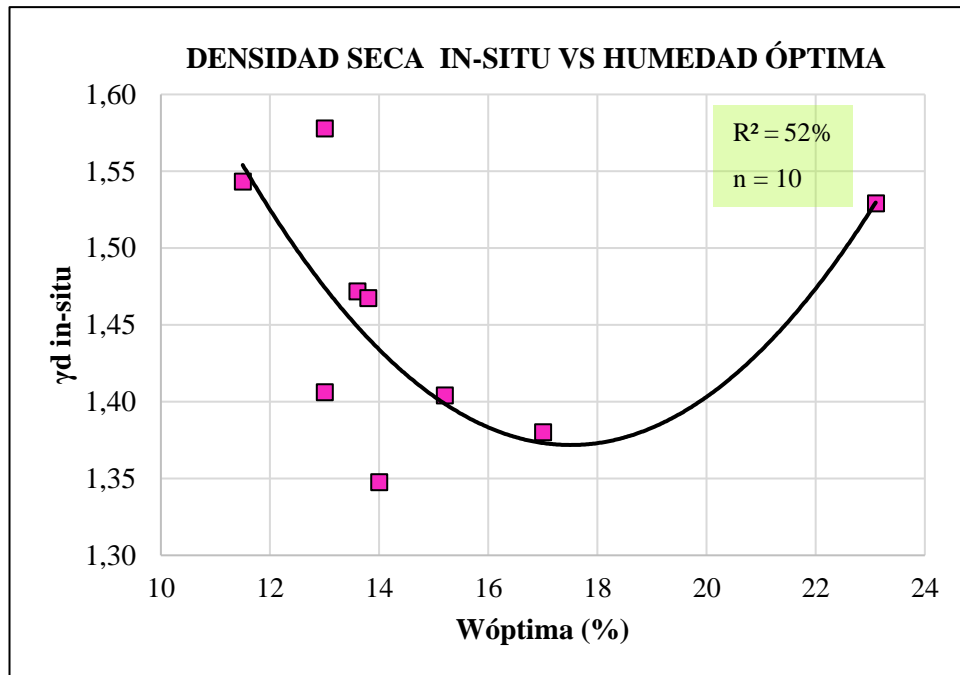
El coeficiente de determinación en la correlación estipulada a través de los parámetros de Wópt-LL tuvo como resultado un valor de 75%, comprendiendo este como un valor relativamente bueno y la efectividad de una relación entre las variables analizadas. Es necesario mencionar que el análisis de esta correlación se hizo específicamente con diez datos eliminando los más lejanos a la línea de tendencia, trabajando con una ecuación lineal.

Entendiendo a través de esta que la humedad óptima depende netamente de límite líquido dado que a mayor contenido de agua el suelo se presentaría en un estado de saturación; mientras que, al tener conocimiento de la humedad óptima el suelo presentara una consistencia más firme y por eso al momento de realizar el ensayo se especificará en este, golpes mayores a 25 demostrando que entre este rango de golpes realizados a través de la copa de Casagrande se halla el valor de la humedad óptima y de esta manera optimiza el tiempo utilizando el método tradicional para determinar la humedad óptima.



### Correlación N°3

Fig. 32 Correlación  $\gamma_d$  in-situ-  $W_{\text{ópt}}$



Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

$$\text{Ecuación: } \gamma_{d_{in-situ}} = 0.005W_{\text{ópt}}^2 - 0.177W_{\text{ópt}} + 2.920$$

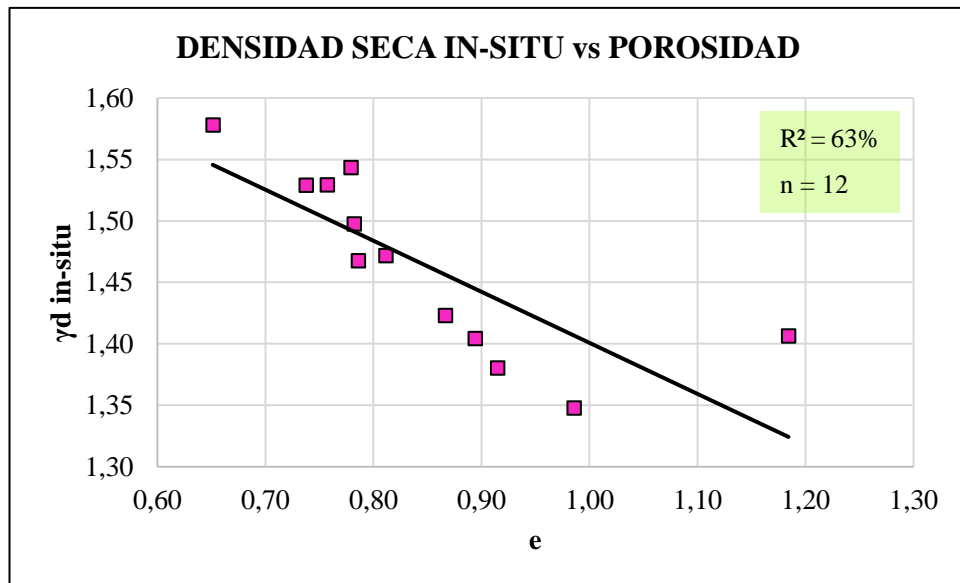
#### Análisis:

Se elaboró una correlación existente a partir de una línea de tendencia polinómica de grado dos, trabajando como variable independiente el contenido de humedad óptimo y variable dependiente la densidad seca in-situ determinando a partir de estos un valor de  $R^2$  de 52% lo cual nos indica que a partir de estas variables no existe una relación óptima para este tipo de suelos.

A través de la ecuación obtenida de esta correlación se infiere que a partir de los datos de humedad óptima se puede obtener el valor de la densidad seca in-situ de manera instantánea de modo que, la densidad in-situ disminuye conforme la humedad óptima aumenta hasta el punto mínimo en donde la densidad tiende a aumentar cuando la humedad óptima crece.

## Correlación N°4

Fig. 33 Correlación  $\gamma_d$  in-situ - e



Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

$$\text{Ecuación: } \gamma_{d_{in-situ}} = -0.415e + 1.816$$

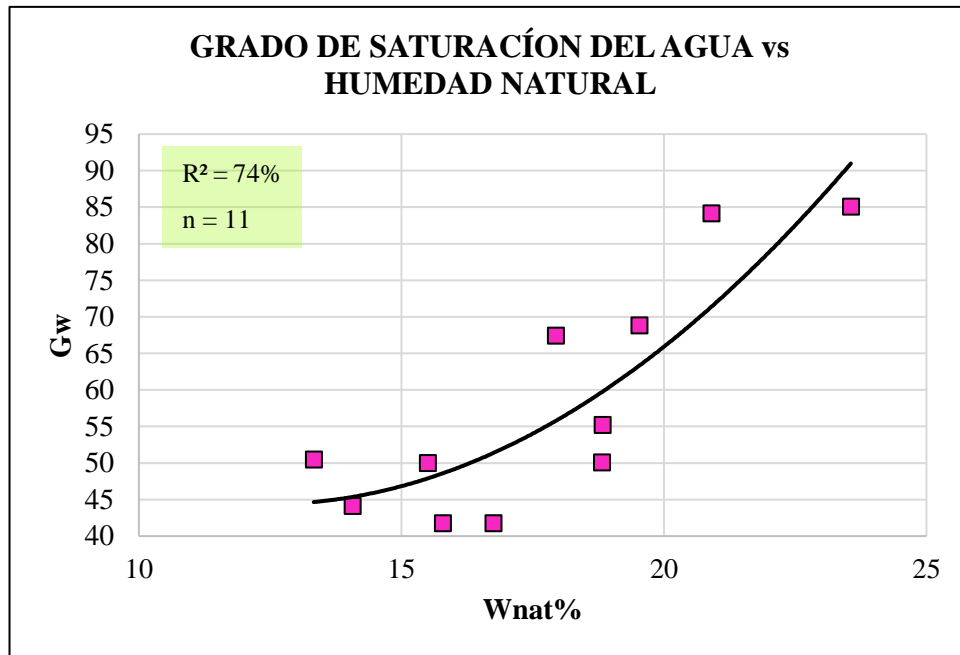
### Análisis:

La gráfica presentada es un modelo de correlación con un porcentaje del 63% realizado a partir de una tendencia lineal teniendo como partícipes a los doce datos establecidos entre las variables de densidad seca in-situ y la porosidad. El valor de  $R^2$ , demuestra que entre las variables mencionadas existe una relación estable y viable.

A mayor porosidad la densidad seca in-situ irá disminuyendo debido a que los poros presentes del suelo estarán cubiertos por agua o aire dando como resultado que el suelo se encuentre en el estado de saturación en el caso en el que los poros estén cubiertos totalmente por agua y de igual manera, mientras menos porosidad existe en el suelo se tendrá una densidad mayor como se puede observar de la correlación presentada en este caso obteniendo el mayor valor de 1.58 ( $g/cm^3$ ) perteneciente a la M6.

## Correlación N°5

Fig. 34 Correlación Ga-Wnat (%)



Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

$$\text{Ecuación: } Gw = 0.377Wnat^2 - 9.380Wnat + 102.7$$

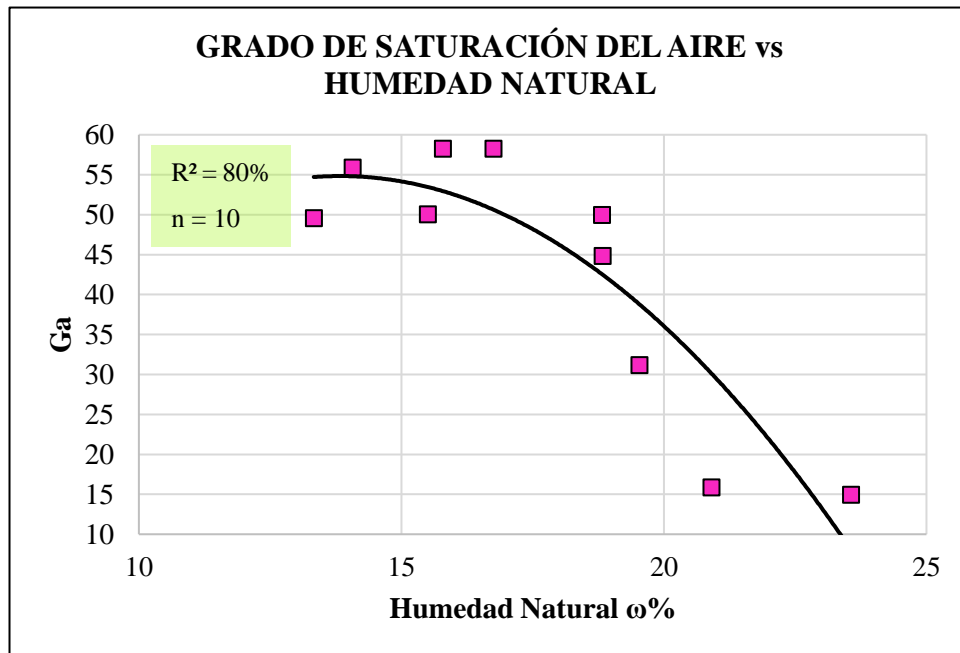
### Análisis:

A partir del modelo de regresión presentado a través de una línea de tendencia polinómica grado dos y como objeto de estudio teniendo a once datos de la relación establecida entre el grado de saturación del agua y el porcentaje de humedad natural, se obtuvo como resultado un  $R^2$  de 74% demostrando una relación existente entre las variables, dado que el  $R^2$  es mayor a 50%.

Tanto el grado de saturación del agua como el porcentaje de humedad natural actúan de manera directamente proporcional dado que a mayor porcentaje de contenido de humedad natural mayor será el porcentaje del grado de saturación del agua; esto ocurrió debido a que, cuando el suelo se presente en un estado de saturación como se ha mencionado en el análisis de las demás correlaciones todos los poros del suelos estarán ocupados totalmente por agua, en el caso de la gráfica mostrada el mayor valor de grado de saturación del agua fue de 85.08% demostrando que al extraer la muestra el suelo no se presentaba totalmente seco ni saturado.

## Correlación N°6

Fig. 35 Correlación Ga-Wnat (%)



Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

$$\text{Ecuación: } Ga = -0.494Wnat^2 + 13.675Wnat - 39.773$$

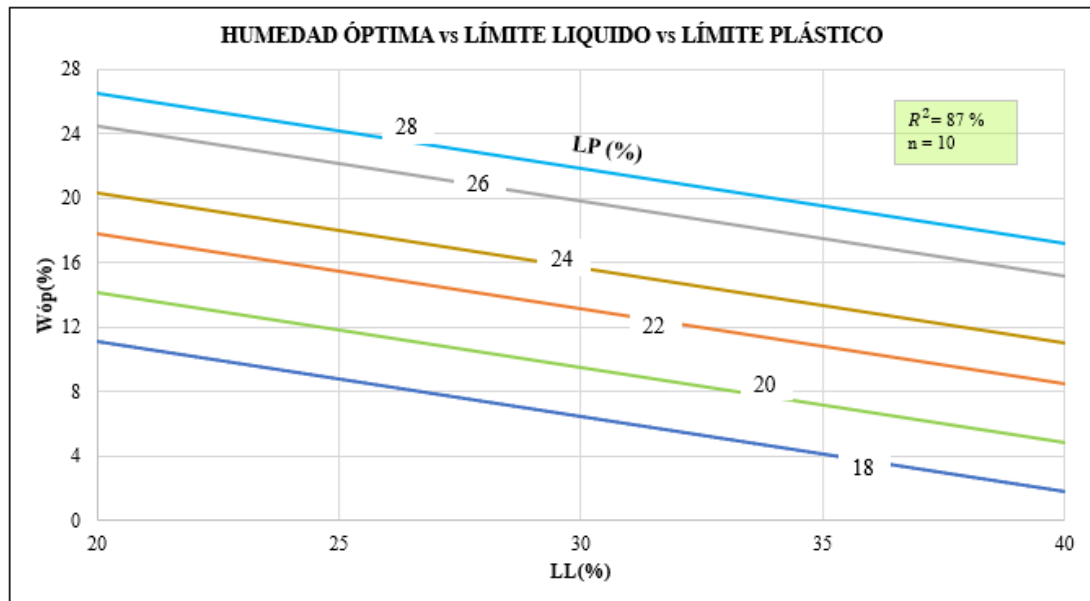
### Análisis:

Dada la regresión presentada con una tendencia polinómica de grado dos, analizando el grado de saturación del aire y el porcentaje de humedad natural mostró un coeficiente de determinación muy bueno con la elaboración de correlaciones entre diez datos.

La ecuación mostrada es aplicable para los suelos analizados; debido a lo cual, expresa que mientras más porcentaje de aire se encuentre en los suelos el contenido de humedad natural será menor como se apreció al tener un porcentaje de contenido de humedad de 13,33% y un grado de saturación del aire de 49.54% en la M8. En el caso de la M7 se observó el rango mayor de grado de saturación del agua de todos los suelos presentando un valor de 23.56% y 14.92% para el grado de saturación del aire, entendiendo que, específicamente en esta muestra el suelo presentaba una humedad relativamente considerable por lo cual el porcentaje de grado de saturación del agua es bajo.

## Correlación N°7

Fig. 36 Correlación Wópt -LL-LP



Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

$$\text{Ecuación: } W_{óp} = -5.349 - 0.468LL + 1.434LP$$

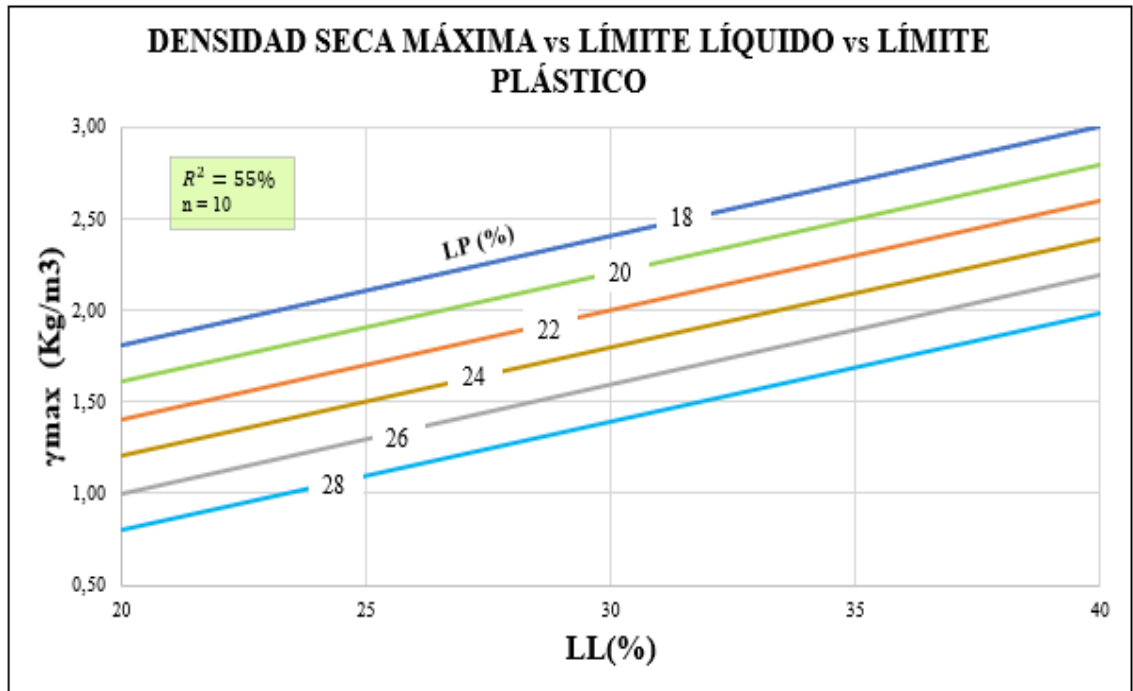
### Análisis:

En la figura 35 se observa la dispersión de diez puntos los cuales a través de una regresión múltiple lineal se determinó como resultado un valor muy bueno para la definición  $R^2$  de 86% mostrando una relación óptima entre las variables de humedad óptima, límite líquido y límite plástico.

La figura expresa a través de las variables de límite líquido y límite plástico que se puede hallar el valor de la humedad óptima de manera sencilla; estos son aplicables de manera que, en los límites de Atterberg al momento de realizar los ensayos se puede determinar la consistencia del suelo e ir identificando, respectivamente.

### Correlación N°8

Fig. 37 Correlación  $\gamma_{max}$  -LL-LP



Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

$$\text{Ecuación: } \gamma_{d_{\max}} = 2.321 + 0.059LL - 0.094LP$$

#### Análisis:

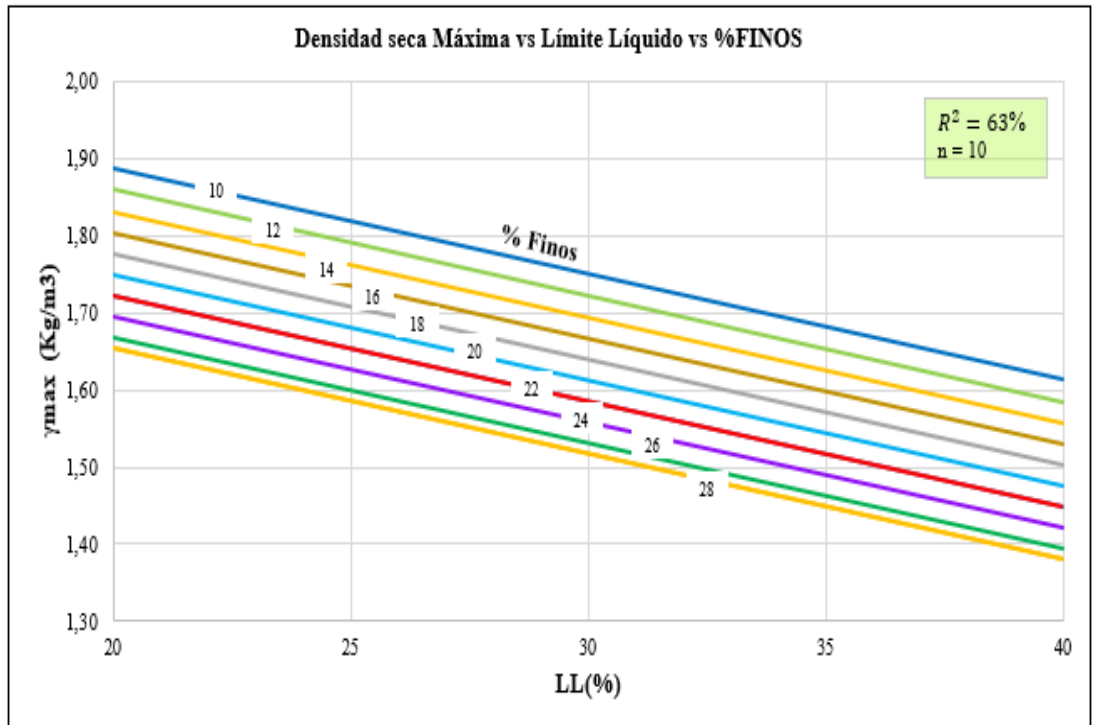
Se logró un análisis de regresión lineal múltiple con resultado mínimo de coeficiente de determinación  $R^2$  de 55% para la relación entre las variables de densidad seca máxima, límite líquido y límite plástico, se tomó en consideración la dispersión de once datos.

En consecuencia, el resultado determinado es considerado regular según varios autores ya que representa una relación mínima entre las variables utilizadas; sin embargo, al realizar el análisis oportuno, la ecuación que nace de la correlación es muy interesante ya que los límites de Atterberg pueden predecir el valor de la densidad seca máxima sin realizar el ensayo encargado de esto como es el Proctor Modificado, esta relación

ocurre porque desde el inicio de estos ensayos se puede notar a simple vista cómo se comporta el suelos variando el contenido de humedad.

## Correlación N°9

**Fig. 38** Correlación  $\gamma_{max}$ -Límite Líquido- %Finos



*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

$$\text{Ecuación: } \gamma_{d_{m\acute{a}x}} = 2.290 - 0.014LL - 0.013\%FINOS$$

### Análisis:

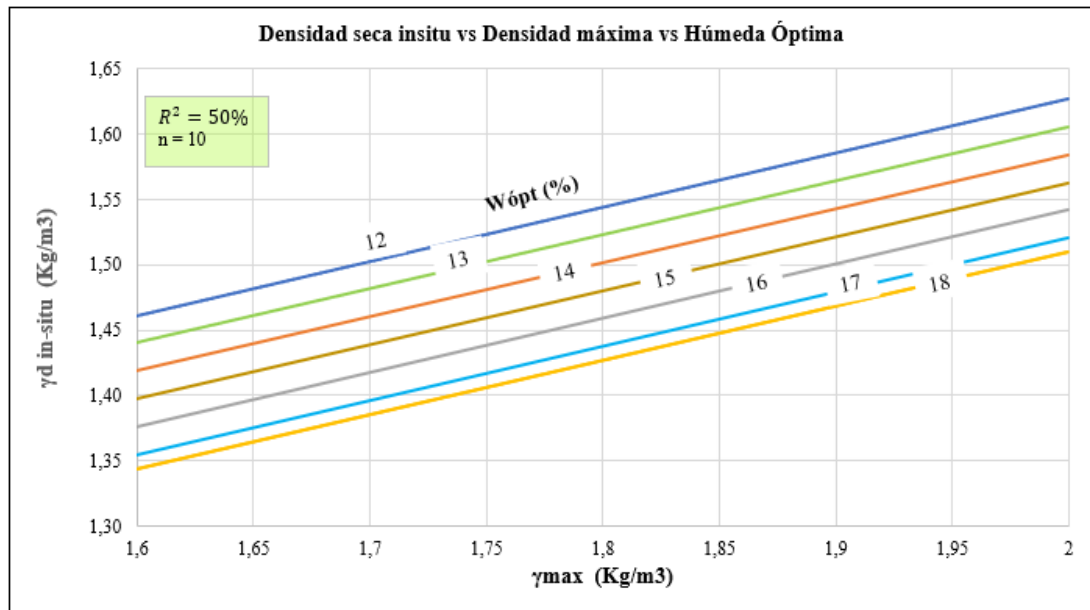
Se aprecia en la gráfica una regresión lineal múltiple con una correlación de once datos entre las variables densidad seca máxima, límite líquido y el porcentaje de finos que se encontraron en los suelos, definiendo a este como el %PASA el tamiz número 200.

Estableciendo un coeficiente de determinación  $R^2$  de 63% definiendo a este como una relación buena entre la dispersión de datos y las variables.

La densidad seca máxima depende proporcionalmente del límite líquido y el porcentaje de finos, tomando en consideración en primera instancia que todos los valores de las variables fueron determinados en el laboratorio. Notándose de la ecuación que el límite líquido depende totalmente del porcentaje de finos y la densidad seca máxima de estas como lo antes ya mencionado.

## Correlación N°10

Fig. 39 Correlación  $\gamma_d$  in-situ -  $\gamma_{max}$  -  $W_{opt}\%$



Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

$$\text{Ecuación: } \gamma_{d_{in-situ}} = 1.033 + 0.415\gamma_{d_{m\acute{a}x}} - 0.020 W_{\acute{o}p}$$

### Análisis:

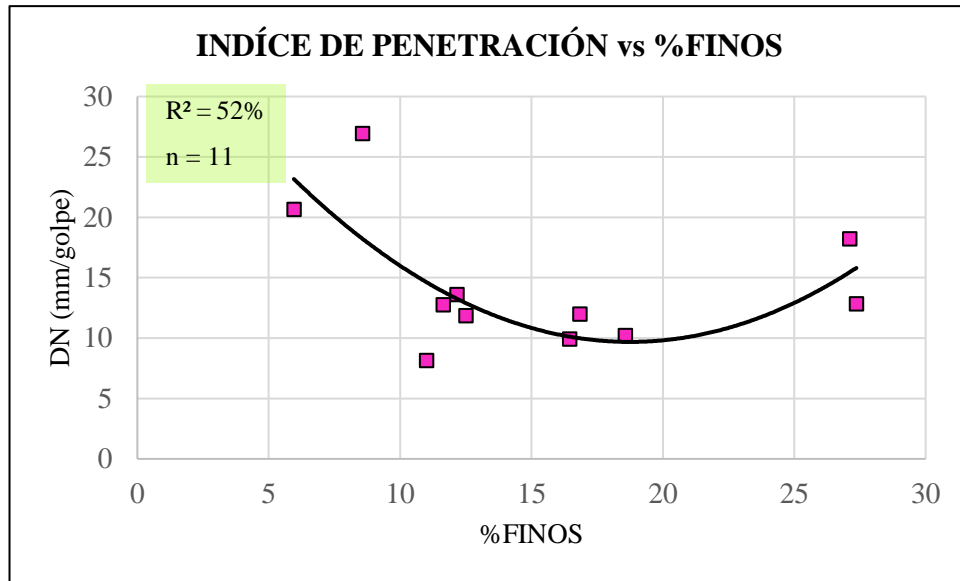
En esta correlación, se alcanzó como resultado un coeficiente de determinación  $R^2$  de 50% cumpliendo con el porcentaje mínimo para establecer una relación entre las variables estudiadas en este caso son: densidad seca in-situ, densidad seca máxima y humedad óptima; destacando que la correlación se realizó a través de diez datos.

Específicamente en este caso la densidad seca máxima depende proporcionalmente del contenido de humedad y a su vez la densidad seca in-situ depende de estas. Tomando en consideración que en esta regresión se trabajó con valores obtenidos de laboratorio y de campo.



## Correlación N°11

Fig. 40 Correlación DN-%Finos



Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

$$\text{Ecuación: } DN = 0.083\%FINOS^2 - 3.091\%FINOS + 38.658$$

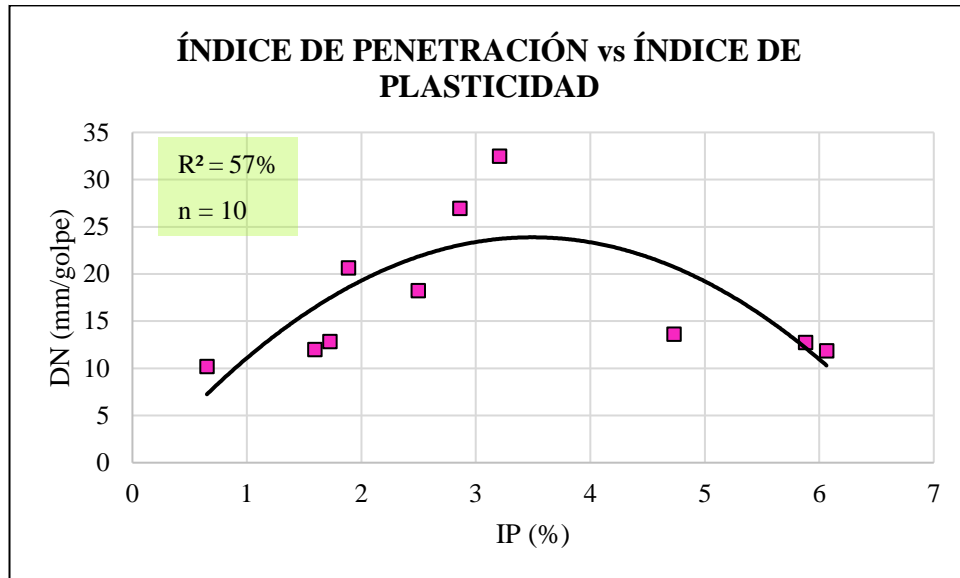
### Análisis:

La regresión mostrada con una tendencia polinómica de grado dos se realizó a través del análisis del índice de penetración con respecto al % de Finos; tomando en consideración la dispersión de once puntos alcanzando un valor de 52% lo que compete al coeficiente de determinación  $R^2$ . Se detalló que esta correlación apenas y cumple con el porcentaje mínimo.

De la gráfica se comprende lo siguiente; a menor porcentaje de finos el índice de penetración tiende a aumentar, al tener aproximadamente el 11-30% de finos la penetración se hace un tanto complicado, pero sin embargo en estos porcentajes disminuye el porcentaje del índice de penetración como es el caso de la M10 en la que presenta un porcentaje de finos del 11% y un índice de penetración de apenas el 8.14 (mm/golpe).

## Correlación N°12

Fig. 41 Correlación DN-IP



Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

$$\text{Ecuación: } DN = -2.058IP^2 + 14.379IP - 1.234$$

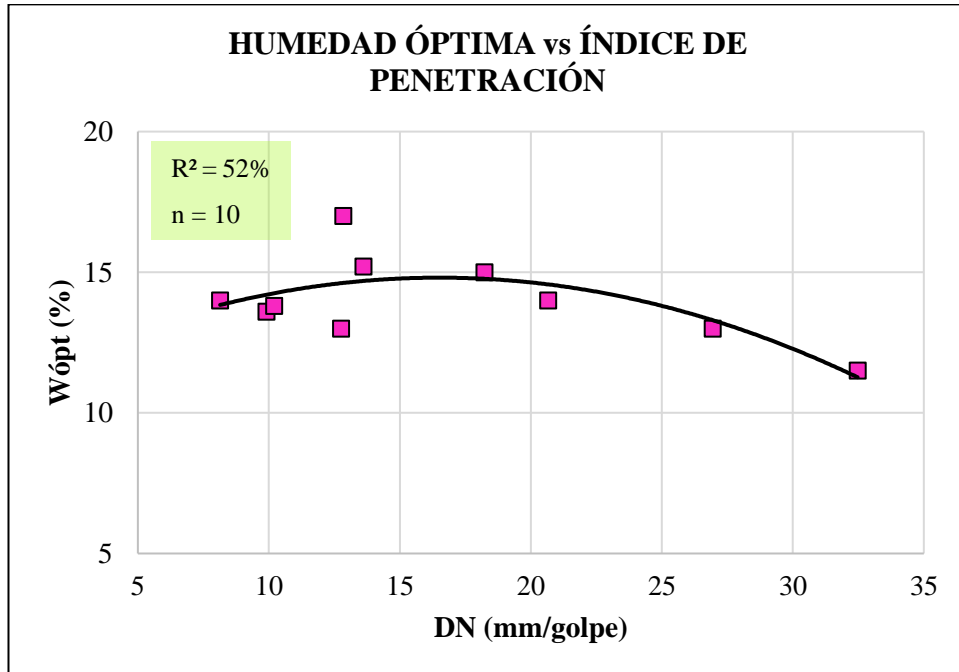
### Análisis:

Se estima una regresión polinómica de grado dos con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 57% siendo este un valor regular, pero demostró una relación existente entre el índice de penetración y el índice de plasticidad con una dispersión de diez datos.

A través de la gráfica presentada se denota que se puede obtener el valor del índice de penetración a partir del índice de plasticidad actuando de la siguiente forma, mientras más denso se encuentre el suelo (mayor porcentaje de índice de plasticidad) la penetración realizada será mínima.

### Correlación N°13

Fig. 42 Correlación  $W_{\text{ópt}}-DN$



Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

$$\text{Ecuación: } W_{\text{ópt}} = -0.014DN^2 + 0.46DN + 11.019$$

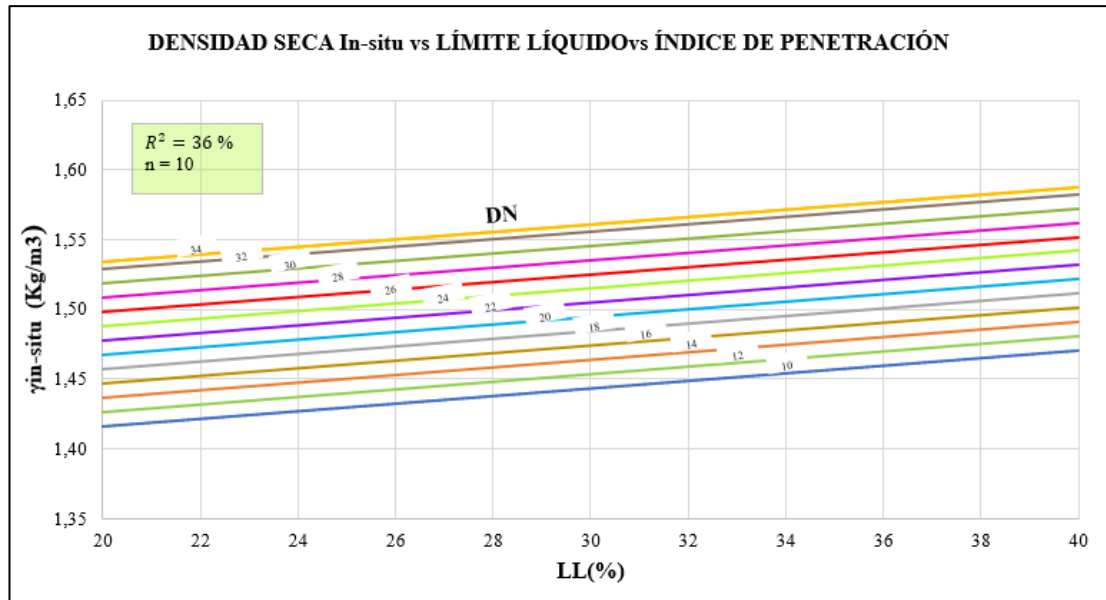
#### Análisis:

En la figura 42 se detalla el resultado de la aplicación de una regresión lineal simple con una tendencia polinómica de grado dos, se tomó en consideración la variable dependiente como la humedad óptima y la independiente el índice de penetración con un coeficiente de determinación del  $R^2$  52% considerando según varios autores un valor mínimo, aceptable.

Se utilizó alrededor de diez puntos para lograr la correlación, la gráfica demostró que desde el índice de penetración se puede determinar el contenido de humedad óptima, se presenta una gráfica creciente hasta el punto de inflexión donde a partir de este es decreciente lo que significa que a mayor penetración el suelo tendrá una humedad óptima más alta.

## Correlación N°14

Fig. 43 Correlación  $\gamma_{in-situ}$ -LL-DN



Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

$$\text{Ecuación: } \gamma_{d_{in-situ}} = 1.314 + 0.003LL + 0.005 DN$$

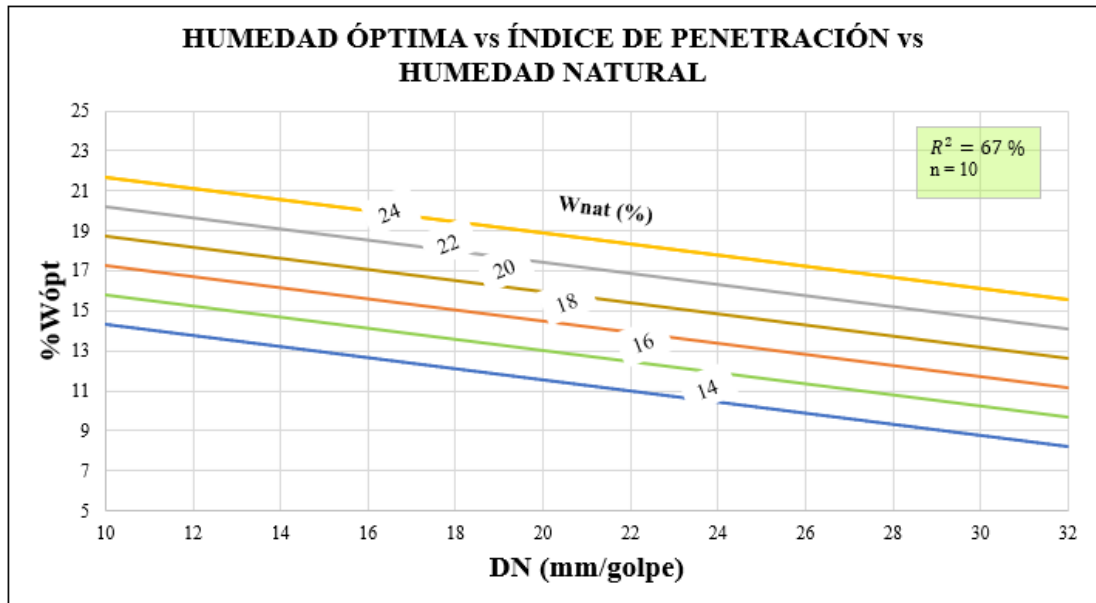
### Análisis:

En la correlación presentada, se alcanzó como resultado un coeficiente de determinación  $R^2$  de 36%, un valor menor al mínimo permitido para establecer una relación entre las variables estudiadas en este caso es: densidad seca in-situ, límite líquido e índice de penetración; para ello se ocupó nueve datos.

Dada la gráfica se infiere que no cumple con lo especificado en las bibliografías ni en lo que ocurre al elaborar los ensayos; debido a que si la densidad seca in-situ tiende a aumentar el índice de penetración debería disminuir ya que la consistencia del suelo no se encontrará tan compacta.

## Correlación N°15

Fig. 44 W<sub>ópt</sub>-DN-W<sub>nat</sub>



Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

$$\text{Ecuación: } W_{óp} = 6.821 - 0.277DN + 0.733W_{nat}$$

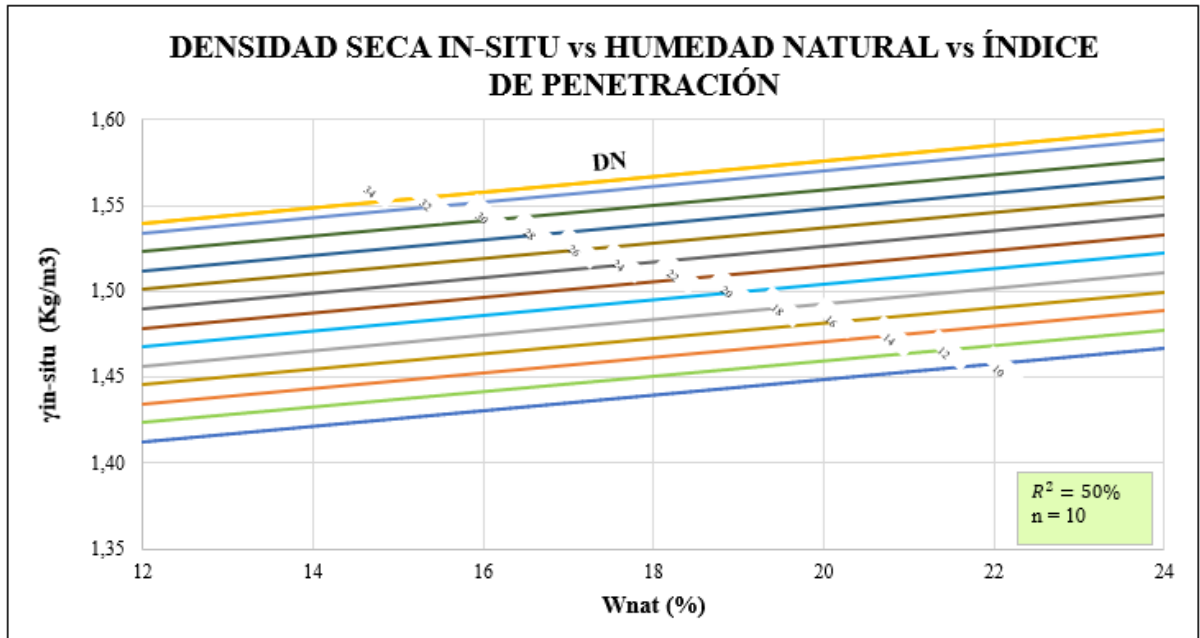
### Análisis:

A partir de tres variables se determinó una regresión lineal múltiple teniendo como objeto de estudio al contenido de humedad óptimo, índice de penetración y la humedad natural, como resultado de aquello se consiguió un coeficiente de determinación  $R^2$  de 67% entre diez datos analizados.

Al relacionar tanto el índice de penetración como la humedad natural como resultante de este se halló el valor del porcentaje de contenido de humedad, el cual demostró los rangos establecidos del índice de penetración desde 10-32 (mm/golpe), la humedad natural 14-24 % y finalmente la variable dependiente desde 10-25 %.

## Correlación N°16

Fig. 45  $\gamma_{in-situ}$ - $W_{nat}$ - $DN$



Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

$$\text{Ecuación: } \gamma_{d_{in-situ}} = 1.305 + 0.0045W_{nat} + 0.0053 DN$$

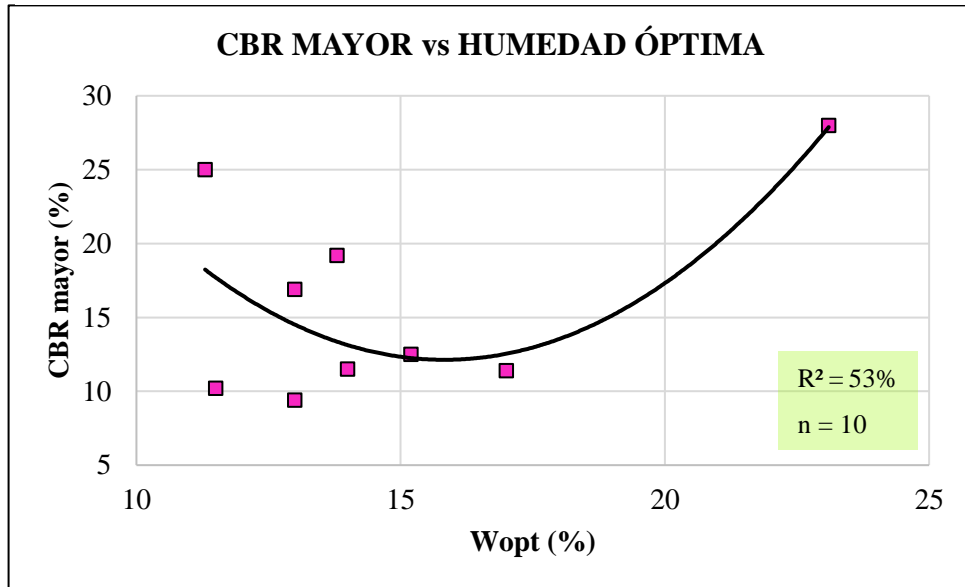
### Análisis:

Como resultado de una correlación a partir de diez puntos se halló un valor de coeficiente de determinación de  $R^2$  50% cumpliendo apenas con el valor mínimo entre la densidad seca in-situ, el porcentaje de humedad natural y el índice de penetración.

Para este caso el índice de penetración expresó valores desde un rango de 10-34 (mm/golpe), la humedad natural se presentó en valores desde 12-24% y en un 1.40-1.55 () para lo que se refiere al valor de la densidad seca in-situ  $kg/m^3$ .

## Correlación N°17

Fig. 46 Correlación CBR mayor-Wópt



Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

$$\text{Ecuación: } CBR_{mayor} = 0.298W_{óp}^2 - 9.422W_{óp} + 86.690$$

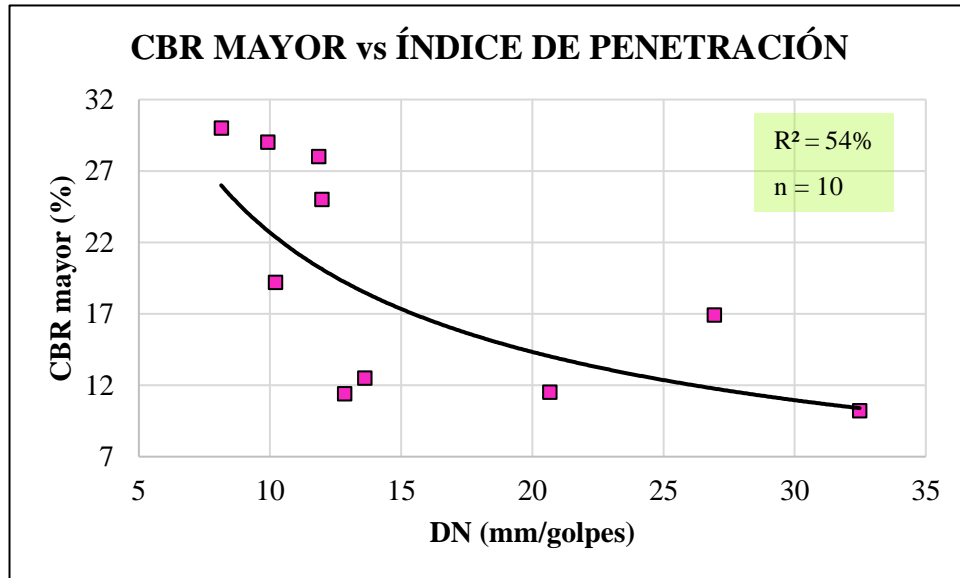
### Análisis:

Se expresa en la gráfica el resulta de una regresión con tendencia polinómica de grado dos entre una de las variables de gran importancia para este estudio como es el porcentaje de CBR mayor para este caso y el porcentaje del contenido de humedad óptimo, se presentó un coeficiente de determinación  $R^2$  del 53% que se expresa como un valor regular.

De la gráfica presentada se infiere que, mientras mayor sea el porcentaje de agua que necesite el suelo mayor será la resistencia a la carga por los que se evalúen a estos; es decir, existe una proporcionalidad directa entre las variables estudiadas.

## Correlación N°18

Fig. 47 Correlación CBR vs DN



Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

$$\text{Ecuación: } CBR_{\text{mayor}} = 104.23DN^{-0.662}$$

### Análisis:

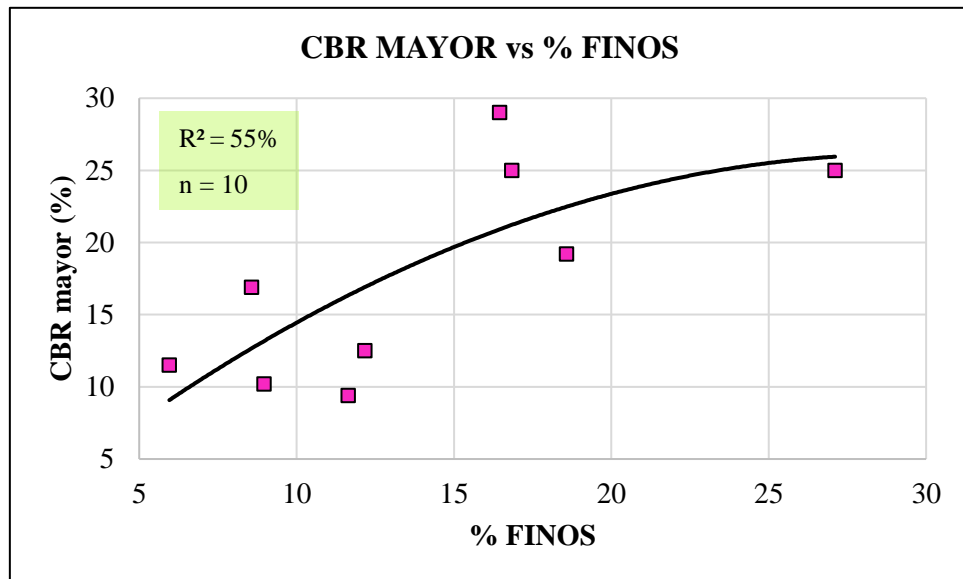
A partir de una regresión simple con tendencia potencial con una dispersión de diez datos trabajando como variable dependiente el denominado CBR mayor y como variable independiente el índice de penetración se halló como resultado un porcentaje de determinación  $R^2$  del 54%, pese a que apenas cumple con el mínimo para el presente trabajo experimental esta correlación es de gran importancia.

Se pudo apreciar en la gráfica presentada que a medida que el índice de penetración tiende a incrementarse el valor de CBR mayor es decir el parámetro que evalúa la resistencia del suelo en laboratorio disminuye evidenciando que entre estas se encontraron trabajando de manera inversamente proporcional. Esto ocurre; por lo que si se obtuvo un mayor valor de índice de penetración se debió porque el suelo mostró una consistencia densa, al presentarse de esa manera no podrá resistir demasiadas cargas. Al realizar una comparación con la normativa ASTM D 6951, se apreció que la curva presentada por la norma y la lograda por la correlación se asemejan demostrando que se cumple lo señalado por la norma.



## Correlación N°19

Fig. 48 Correlación CBR MAYOR -%FINOS



Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

$$\text{Ecuación: } CBR_{mayor} = -0.031\%FINOS^2 + 1.822\%FINOS - 0.674$$

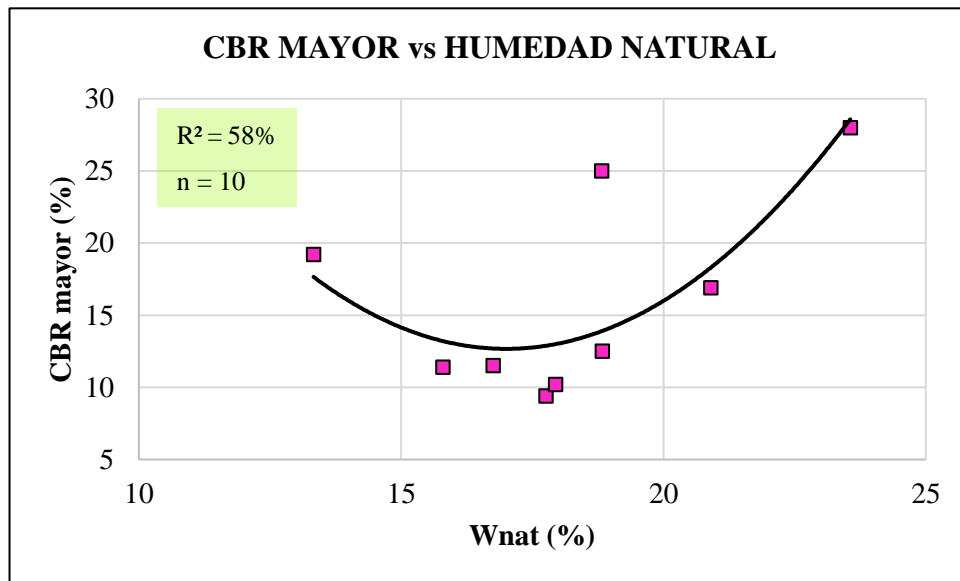
### Análisis:

Tomando en consideración la dispersión de puntos de las variables de CBR mayor (%) y el %Finos a través de una tendencia polinómica de grado dos se halló un resultado de 55% para el coeficiente de determinación  $R^2$ , categorizada como bueno.

En la gráfica se determinó lo siguiente; a medida que aumenta el porcentaje de finos la resistencia que presenta el suelo irá creciendo gradualmente. A través de la ecuación presentada se pretende buscar el valor de CBR mayor (%) a partir del %Finos; sin embargo, el coeficiente de determinación no abarca un gran porcentaje por ende es necesario trabajar con un incremento de muestras para tener un valor fijo a través de la correlación presentada.

## Correlación N°20

Fig. 49 Correlación CBR MAYOR- Wnat



Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

$$\text{Ecuación: } CBR_{mayor} = 0.367Wnat^2 - 12.567Wnat + 119.49$$

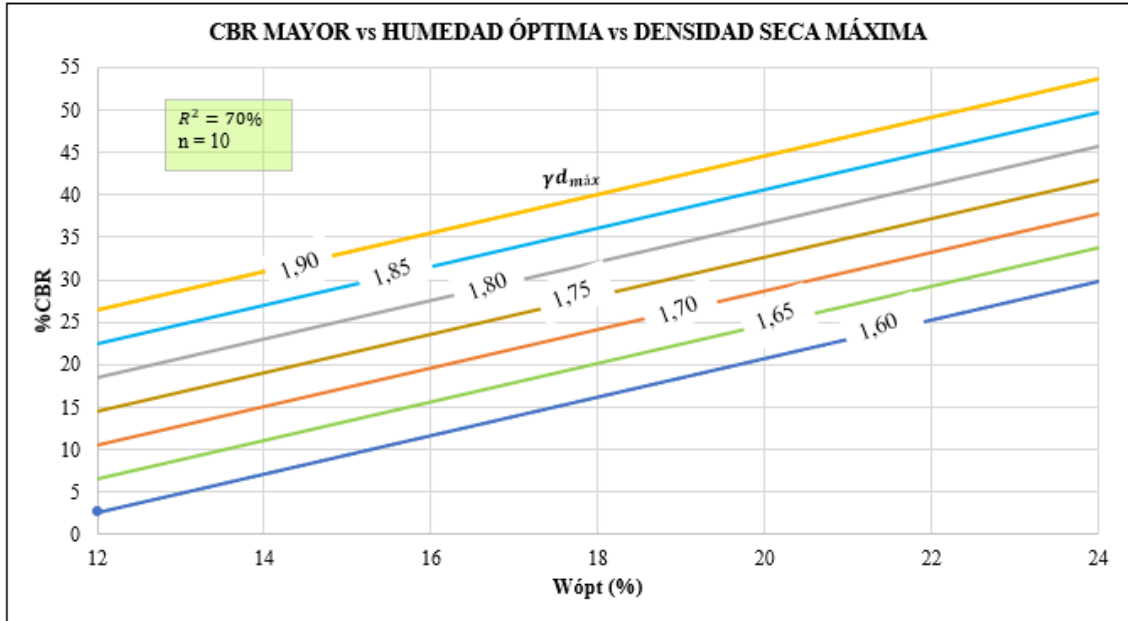
### Análisis:

A partir de dos variables como fueron el CBR mayor (%) y el contenido de humedad natural se determinó una regresión de tendencia polinómica de grado dos obteniendo un valor del coeficiente de determinación  $R^2$  del 58%, cumpliendo con el valor mínimo, establecido.

La relación presentada en la gráfica es directamente proporcional dado que, a mayor valor del contenido de humedad el porcentaje de CBR tiende a crecer es decir resistirá más, tomando en consideración que al momento de realizar el CBR se realiza con un contenido de humedad específicamente controlado.

## Correlación N°21

Fig. 50 CBR MAYOR-Wópt-DCP



Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

$$\text{Ecuación: } CBR_{mayor} = -151.34 + 2.27Wópt + 79.21\gamma d_{m\acute{a}x}$$

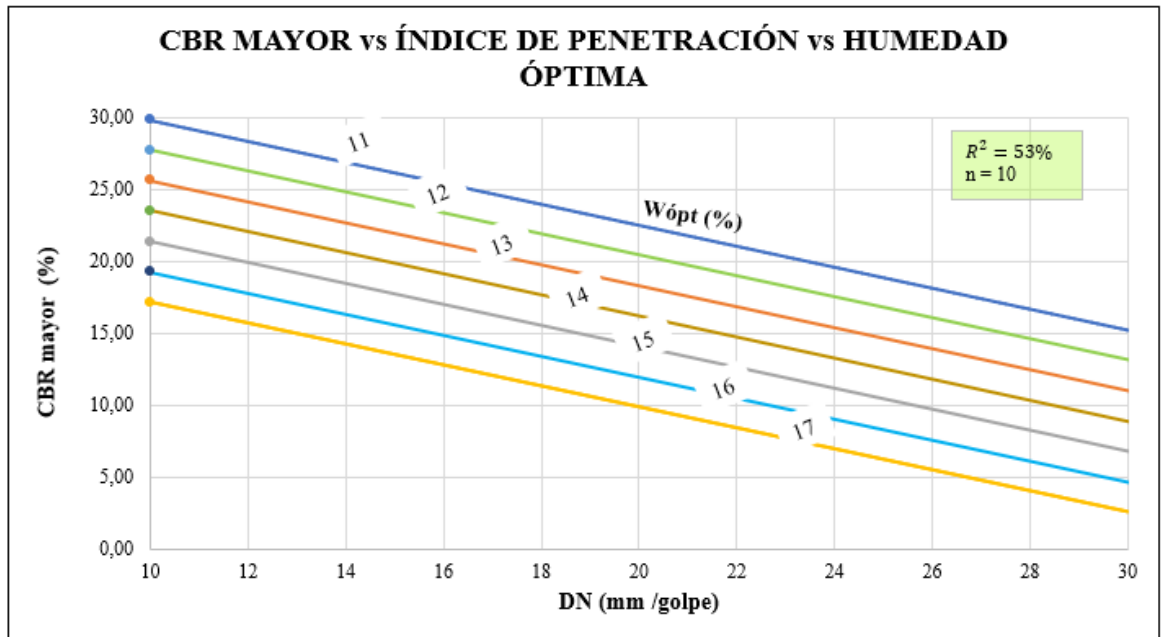
### Análisis:

Dado el modelo de regresión presentado a través de una regresión lineal múltiple y como objeto de estudio se tuvo a diez datos de la relación establecida entre el CBR mayor (%), humedad óptima y la densidad seca máxima, se halló como resultado un coeficiente de determinación  $R^2$  de 70% demostrando así, una relación buena entre las variables mencionadas.

Los valores de las tres variables objeto de estudio fueron datos calculados de laboratorio, de modo que al correlacionar la humedad óptima y la densidad seca máxima otorgan como resultado el porcentaje de CBR mayor. Este trabajo de forma directamente proporcional, con un rango establecido desde (0-25) % para la humedad óptima desde (12-24) % y finalmente para la densidad seca máxima de (1.9-1.60).

## Correlación N°22

Fig. 51 Correlación CBR MAYOR-DN-Wópt



Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

$$\text{Ecuación: } CBR_{mayor} = 60.394 - 0.729DN - 2.117 Wópt$$

### Análisis:

La regresión mostrada con una tendencia lineal múltiple se realizó a través del análisis del CBR mayor, índice de penetración y humedad óptima; tomando en consideración la dispersión de diez puntos alcanzando un valor de 53% lo que compete al coeficiente de determinación  $R^2$ .

La correlación entre las variables es inversamente proporcional, por lo que, mientras mayor sea el índice de penetración el suelo no presentará una gran resistencia a los esfuerzos adquiridos y también es aplicable esto, cuando tienda a aumentar el contenido de humedad óptimo. El rango de CBR mayor se encuentra establecido desde (15-30) %, 10-30 (mm/golpe) para el índice de penetración y de 11-17 (%) para la humedad óptima.



### 3.1.4. Fase 3

En esta fase se realizó el diseño de pavimentos a partir de dos valores de CBR, el obtenido en el laboratorio y aquel que se logró a través de la correlación establecida entre el CBR mayor (%) y el índice de penetración (mm/golpe).

➤ *Tráfico promedio diario anual*

Para ello, se realizó el conteo vehicular durante doce horas por siete días como referencia en los siguientes horarios: 6h00 – 18h00 según lo establecido en el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), esto se ejecutó en la vía Cesar León de la cual se extrajo las muestras de suelo (4,5,6)

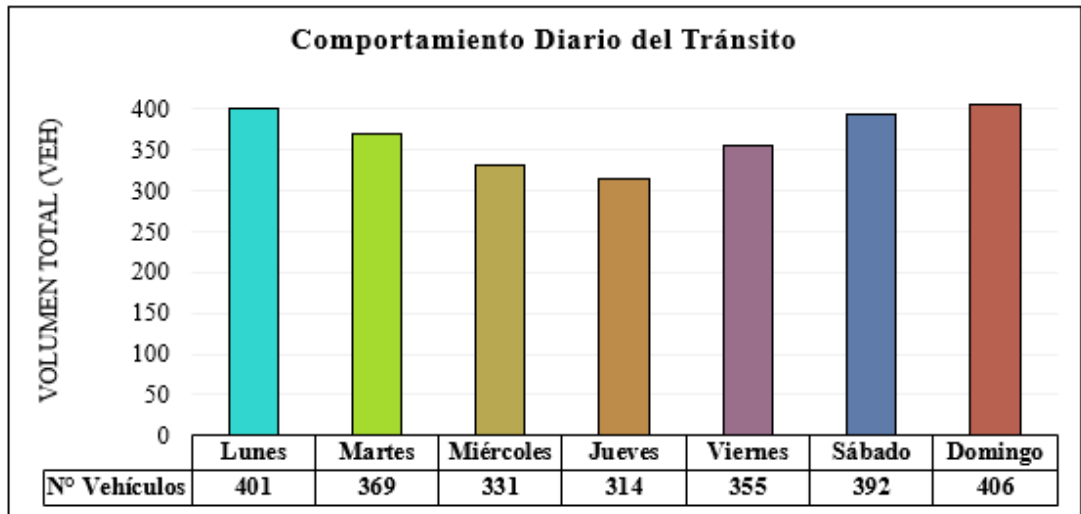
*Tabla 39. Tabla resumen de vehículos*

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO. CANTÓN						
<b>Parroquia:</b>	<b>Belisario Quevedo</b>	<b>Vía:</b>	<b>Cesar León</b>				
<b>Fecha:</b>	<b>22/01/2023</b>	<b>Sentido:</b>	<b>Ambos sentidos</b>				
<b>Estación N°</b>	<b>1</b>	<b>Elaborado por:</b>	<b>Vanessa Pérez Pintado</b>				
<b>RESUMEN DE VEHÍCULOS</b>							
<b>Día</b>	<b>Livianos (A)</b>	<b>Buses (B)</b>	<b>Camiones</b>			<b>OTROS</b>	<b>TOTAL</b>
			<b>Dos ejes</b>	<b>Tres ejes</b>	<b>&gt;Tres ejes</b>		
<b>Lunes</b>	295	12	94	0	0	0	401
<b>Martes</b>	279	2	87	0	0	1	369
<b>Miércoles</b>	301	2	28	0	0	0	331
<b>Jueves</b>	234	3	75	0	0	2	314
<b>Viernes</b>	274	3	78	0	0	0	355
<b>Sábado</b>	312	2	73	0	0	5	392
<b>Domingo</b>	327	2	70	0	0	7	406
<b>Total</b>	2022	26	505	0	0	15	2568

*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

Mediante la tabla presentada, se infiere que el día con mayor flujo vehicular es el domingo con un total de 406 vehículos. En la gráfica 51 se aprecia a través de un gráfico de barras el comportamiento vehicular en los siete días.

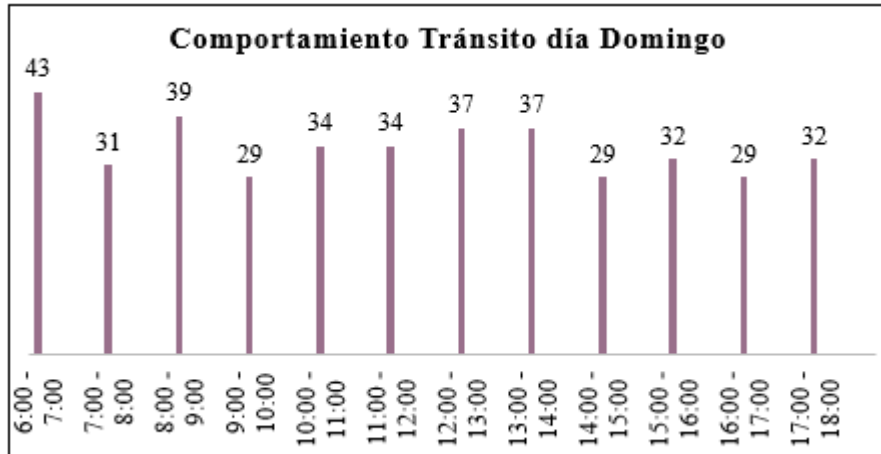
*Fig. 52 Comportamiento Diario*



*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

De la imagen se infiere como ya se mencionó anteriormente el día con mayor flujo vehicular fue el domingo con un total de 406 vehículos, siguiendo el lunes con 401 vehículos y el día con menor tráfico se encontró con 314 perteneciente al jueves.



*Fig. 53 Comportamiento de tránsito del domingo*



*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

En la figura se detalla el flujo vehicular que se obtuvo para el día domingo, analizando que el intervalo de hora 6:00-7:00 el flujo vehicular fue mayor en comparación a los demás intervalos.

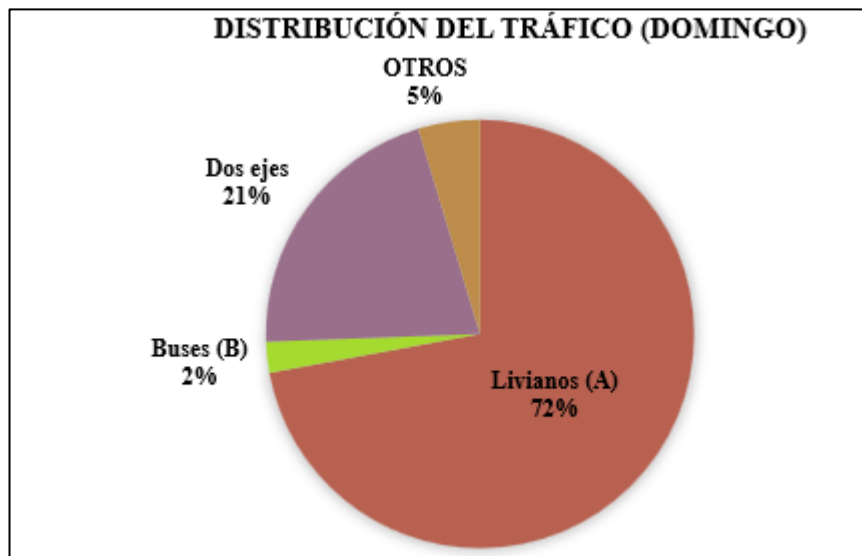
Tabla 40. Distribución del tráfico

 <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 INDICE Y MECANICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"							
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Vía:</b>	Cesár León					
<b>Fecha:</b>	22/01/2023	<b>Sentido:</b>	Ambos sentidos					
<b>Estación N°</b>	1	<b>Elaborado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado					
VEHÍCULOS HORA PICO								
Hora	Livianos (A)	Buses (B)	Camiones			OTROS	TOTAL	ACUMULADO
			Dos ejes	Tres ejes	>Tres ejes			
5:00 – 6:145	8	0	1	0	0	1	10	43
6:14 – 6:30	9	0	3	0	0	0	12	
6:30 – 6:45	7	1	3	0	0	0	11	
6:45 – 7:00	7	0	2	0	0	1	10	
<b>Total</b>	31	1	9	0	0	2	43	
<b>Total %</b>	72%	2%	21%	0%	0%	5%	100%	

Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

La distribución de tráfico del domingo es la mencionada en la tabla presentada, a partir de este el 72% representan a vehículos livianos (A), alcanzando el 2% a Buses (B), para camiones de dos ejes el 21% y representado en otros como bicicletas se presentó el 5% obteniendo un total de estas para el día de mayor circulación del 43%.

Fig. 54 Distribución del tráfico



Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

De la siguiente representación gráfica se aprecia en gran magnitud el porcentaje de carros livianos que se encontraron al realizar el conteo vehicular en la avenida Cesar León.

**Factor Hora Pico:**

$$FHP = \frac{VHMD}{N * Q_{15 \text{ máx}}} \text{ Ec.31}$$

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.*

$$FHP = \frac{43}{4 * 12}$$

$$FHP = 0.896$$

$$FHP = 0.896$$

Dado que el valor calculado es inferior 1, se estimó ese valor para el presente ejercicio.

**Valor K:** Dado que la vía analizada se encuentra en una zona rural el valor k es de 12-18%, aplicando para este un valor de 15%.

*Tabla 41. Valor K*

Zona	k
Urbana	8 - 12 %
Rural	12 - 18 %

*Fuente: MTOP*

Cálculo del TPDA para vehículos livianos, buses, y camiones.

$$TPDA = \frac{VHP * FHP}{k}$$



- Livianos:

$$TPDA_{livianos} = \frac{31 * 1}{0.15}$$

$$TPDA_{livianos} = 207 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

- Buses:

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

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

- Camiones:

$$TPDA_{Camiones} = \frac{9 * 1}{0.15}$$

$$TPDA_{Camiones} = 60 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

- TPDA actual:

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

$$TPDA_{actual} = 207 + 7 + 60$$

$$TPDA_{actual} = 273 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

En la **Tabla 42** se presenta de manera resumida los datos calculados para un mejor entendimiento.

Tabla 42. Resumen general TPDA Actual

Tipo de vehículo	Hora Pico	TPDA Actual
Liviano	31	207
Buses	1	7
Camiones	9	60
<b>Total:</b>		273

Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

**Cálculo del Tráfico atraído (Ta) para livianos, buses y camiones.**

$$Ta = 10\% TPDA$$

- Livianos:

$$TPDA_{livianos} = 0.10 * 207$$

$$TPDA_{livianos} = 21 \text{ vehículos/día}$$

- Buses:

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

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

- Camiones:

$$TPDA_{Camiones} = 0.10 * 60$$

$$TPDA_{Camiones} = 6 \text{ vehículos/día}$$

**Determinación del Tráfico Generado (Tg) para livianos, buses y camiones.**

$$Tg = 20\% TPDA$$

- Livianos:

$$TPDA_{livianos} = 0.20 * 207$$

$$TPDA_{livianos} = 41 \text{ vehículos/día}$$

- Buses:

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

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

- Camiones:

$$TPDA_{camiones} = 0.20 * 60$$

$$TPDA_{camiones} = 12 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

**Tr\u00e1fico Desarrollado (Td) para livianos, buses y camiones**

$$Td = 5\% TPDA$$

- Livianos:

$$TPDA_{livianos} = 0.05 * 207$$

$$TPDA_{livianos} = 10 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

- Buses:

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

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

- Camiones:

$$TPDA_{camiones} = 0.05 * 60$$

$$TPDA_{camiones} = 3 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

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

$$TPDA_{Total} = 273 + 27 + 55 + 14$$

$$TPDA_{Total} = 369 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Tabla 43. Tráfico actual

Tráfico actual del proyecto					
Tipo de Vehículo	TPDA Actual	Tráfico generado	Tráfico atraído	Tráfico desarrollado	TPDA Total
Liviano	207	41	21	10	279
Bus	7	1	1	0	9
Camiones	60	12	6	3	81
<b>Total</b>	273	55	27	14	369

Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

A partir de la siguiente tabla se presenta de forma general el resultado del TPDA actual para la vía analizada, del cual se determinó un valor de 369 vehículos/día.

- **Tráfico Futuro**

En el presente proyecto, la vía se tomó como pavimentada de bajo volumen de tráfico, con lo cual el periodo de diseño será de **20 años**, según lo especificado en la AASHTO 1993.

Tabla 44. Periodo de diseño

Tipo de Carretera	Periodo de Diseño
Urbana con altos volúmenes de tránsito	30 - 50
Interurbana con altos volúmenes de tránsito	20 - 50
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito	15 - 25
Revestidas con bajos volúmenes de tránsito	10

Fuente: Manual para el diseño de pavimentos AASHTO 1993.

$$Tf = TPDA_{Total} * (1 + i)^n$$

Donde:

$Tf$ : Tráfico futuro.

$TPDA_{Total}$ : Tráfico promedio diario anual del año de estudio.

$i$ : Índice de crecimiento.

- Índice de crecimiento: Según lo especificado en la normativa MTOP, este resultado se basa en la siguiente tabla:

*Tabla 45. Índice de crecimiento (i)*

<b>Tasa de crecimiento anual del tráfico (%)</b>			
<b>Periodo</b>	<b>Livianos</b>	<b>Buses</b>	<b>Camiones</b>
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: MTOP, 2016.*

Determinación del tráfico futuro para el año 2043:

- Livianos:

$$Tf = 279 * \left(1 + \frac{3.25}{100}\right)^{20}$$

$$Tf = 529 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

- Buses:

$$Tf = 9 * \left(1 + \frac{1.62}{100}\right)^{20}$$

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

- Camiones:

$$Tf = 81 * \left(1 + \frac{1.58}{100}\right)^{20}$$

$$Tf = 111 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$Tf_{Total\ 2043} = Tf\ \text{livianos} + Tf\ \text{buses} + Tf\ \text{camiones}$$

$$Tf_{Total} = 529 + 12 + 111$$

$$Tf_{Total} = 652 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

**Tabla 46. Tránsito Promedio Diario**

AÑO	%CRECIMIENTO			TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO			
	LIVIANO	BUS	CAMION	LIVIANO	BUS	CAMION	TPDA Total
2023	3.57	1.78	1.74	279	9	81	369
2024	3.57	1.78	1.74	289	9	82	381
2025	3.57	1.78	1.74	299	9	84	392
2026	3.57	1.78	1.74	310	9	85	405
2027	3.25	1.62	1.58	317	10	86	413
2028	3.25	1.62	1.58	327	10	88	425
2029	3.25	1.62	1.58	338	10	89	437
2030	3.25	1.62	1.58	349	10	90	449
2031	3.25	1.62	1.58	360	10	92	462
2032	3.25	1.62	1.58	372	10	93	476
2033	3.25	1.62	1.58	384	11	95	489
2034	3.25	1.62	1.58	397	11	96	504
2035	3.25	1.62	1.58	410	11	98	518
2036	3.25	1.62	1.58	423	11	99	533
2037	3.25	1.62	1.58	437	11	101	549
2038	3.25	1.62	1.58	451	11	102	565
2039	3.25	1.62	1.58	465	12	104	581
2040	3.25	1.62	1.58	481	12	106	598
2041	3.25	1.62	1.58	496	12	107	616
2042	3.25	1.62	1.58	512	12	109	634
2043	3.25	1.62	1.58	529	12	111	652

*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

Como se aprecia en la Tabla 46, se denota los resultados para el año 2043 tanto para vehículos livianos, buses y camiones el valor calculado del tránsito promedio diario.

- Selección de vía según el Tráfico Futuro

En base a la clasificación que realiza la MTOP en función, la vía del proyecto corresponde a una vía colectora de tercer grado.

**Tabla 47. Clase de carretera**

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: MTOP (2003).*

- **Diseño del pavimento Método AASHTO 93**

El factor de daño de vehículos es un parámetro de gran importancia para determinar el número de ejes equivalentes W18.

Factor de daño (FD): Se calculo según lo especificado en la normativa NEVI-12.

*Fig. 55 Tipo de vehículos*

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

*Fuente: NEVI-12*

Mediante este, se procedió a calcular el factor de daño para los vehículos analizados.

*Tabla 48. Factor de daño*

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	-	-	-	-	-	-	
2DB	7	1.265	11	3.238	-	-	-	-	4.504
3 - A	7	1.265	-	-	20	3.160	-	-	4.426
4 - C	7	1.265	-	-	-	-	24	1.186	2.451

*Fuente: MTOP (2003)*

- Factor daño buses:

$$FD_{bus} = \left(\frac{4 \text{ Ton}}{6.6}\right)^4 + \left(\frac{8 \text{ Ton}}{8.2}\right)^4 = 1.041$$

- Factor daño camiones 2DA:

$$FD_{2DA} = \left(\frac{3 \text{ Ton}}{6.6}\right)^4 + \left(\frac{7 \text{ Ton}}{6.6}\right)^4 = 1.308$$

- **Número de ejes equivalentes acumulados W18**

Para realizar este, se tomó en consideración que los vehículos cuyo peso acumulado de sus ejes sean inferior a 8.2 toneladas, no se deben tomar en cuenta.

$$W_{18} = TPDA_{final} * 365 * FD$$

Donde:

$W_{18}$ : Ejes equivalentes.

$FD$ : Factor de daño.

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

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

$$W_{18} = (1.041 * 12 * 365) + (1.308 * 111 * 365)$$

$$W_{18} = 5.76E + 04$$

$$W_{18}Acum = (7.76E + 04) + (9.82E + 05)$$

$$W_{18}Acum = 1.04E + 06$$

Por dirección

$$W_{18} Total = W_{18}Acumulado * 0.5$$

$$W_{18} Total = (1.04E + 06) * 0.5 \rightarrow 5.20E + 05$$



**Tabla 49. Tabla resumen número de ejes equivalentes**

AÑO	%CRECIMIENTO			TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO				W18 parcial	W18 Acumulado	W18 Por dirección
	LIVIANO	BUS	CAMION	LIVIANO	BUS	CAMION	TPDA Total			
2023	3.57	1.78	1.74	279	9	81	369	4.21E+04	4.21E+04	2.10E+04
2024	3.57	1.78	1.74	289	9	82	381	4.28E+04	8.49E+04	4.25E+04
2025	3.57	1.78	1.74	299	9	84	392	4.36E+04	1.28E+05	6.42E+04
2026	3.57	1.78	1.74	310	9	85	405	4.43E+04	1.73E+05	8.64E+04
2027	3.25	1.62	1.58	317	10	86	413	4.48E+04	2.18E+05	1.09E+05
2028	3.25	1.62	1.58	327	10	88	425	4.55E+04	2.63E+05	1.32E+05
2029	3.25	1.62	1.58	338	10	89	437	4.63E+04	3.09E+05	1.55E+05
2030	3.25	1.62	1.58	349	10	90	449	4.70E+04	3.56E+05	1.78E+05
2031	3.25	1.62	1.58	360	10	92	462	4.77E+04	4.04E+05	2.02E+05
2032	3.25	1.62	1.58	372	10	93	476	4.85E+04	4.53E+05	2.26E+05
2033	3.25	1.62	1.58	384	11	95	489	4.93E+04	5.02E+05	2.51E+05
2034	3.25	1.62	1.58	397	11	96	504	5.00E+04	5.52E+05	2.76E+05
2035	3.25	1.62	1.58	410	11	98	518	5.08E+04	6.03E+05	3.01E+05
2036	3.25	1.62	1.58	423	11	99	533	5.16E+04	6.54E+05	3.27E+05
2037	3.25	1.62	1.58	437	11	101	549	5.24E+04	7.07E+05	3.53E+05
2038	3.25	1.62	1.58	451	11	102	565	5.33E+04	7.60E+05	3.80E+05
2039	3.25	1.62	1.58	465	12	104	581	5.41E+04	8.14E+05	4.07E+05
2040	3.25	1.62	1.58	481	12	106	598	5.50E+04	8.69E+05	4.35E+05
2041	3.25	1.62	1.58	496	12	107	616	5.58E+04	9.25E+05	4.63E+05
2042	3.25	1.62	1.58	512	12	109	634	5.67E+04	9.82E+05	4.91E+05
2043	3.25	1.62	1.58	529	12	111	652	5.76E+04	1.04E+06	5.20E+05

*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

- Confiabilidad**

La vía de estudio pertenece a una zona rural y tiene una clasificación de vía colectora de clase III, por lo tanto, se asume el nivel de confianza de 85%.

**Tabla 50. 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*

- Desviación estándar global (So)**

El valor de desviación estándar global en base al manual de diseño de pavimentos AASHTO 1993 para pavimentos flexibles está comprendido entre 0.40 y 0.50. Se recomienda un valor de **So= 0.45**.

- **Desviación estándar normal (Zr):**

A partir de lo describe en la normativa AASHTO, se obtuvo un valor de -1.037 para lo que corresponde a la desviación estándar.

*Tabla 51. 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*

- **Índice de Serviciabilidad:**

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

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.20$$

- **Módulo de resiliencia de la subrasante (Mr):**

Se tomó un valor de CBR de laboratorio de 10.20 % perteneciente a la muestra 5.

$$Mr (PSI) = 3000 CBR^{0.65} \quad (7\% < CBR < 20\%)$$

$$Mr (PSI) = 3000(10.20)^{0.65}$$

$$Mr (PSI) = 13574.11 \text{ psi} \rightarrow 13.57 \text{ ksi}$$

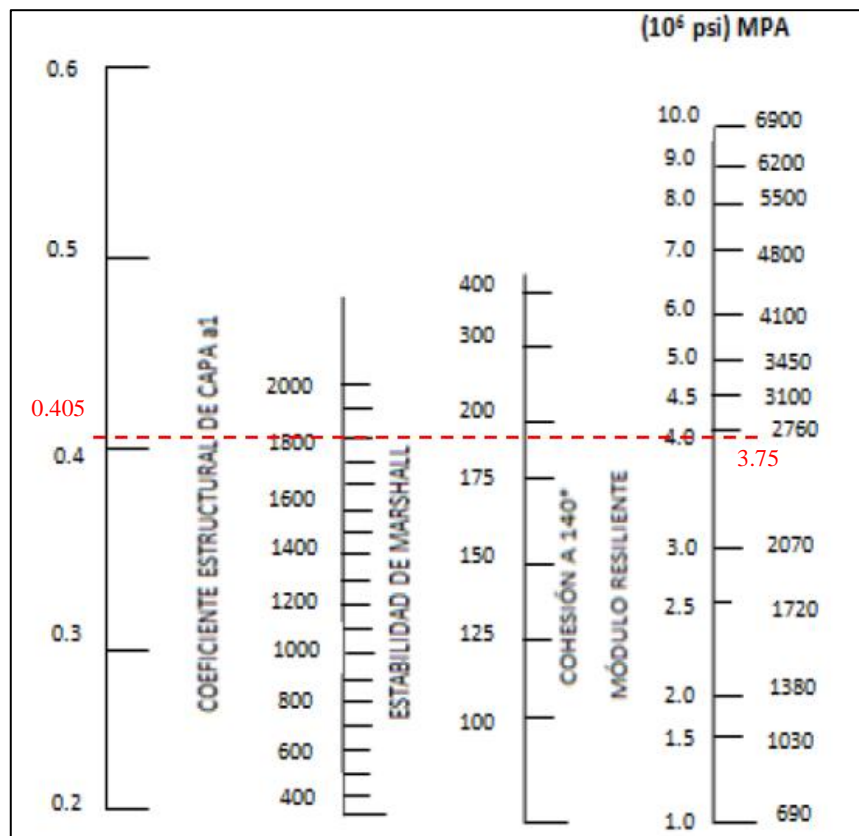
➤ *Coefficientes estructurales:*

Para determinar los coeficientes estructurales, es necesario conocer los valores de CBR para base y subbase, al igual que el valor de estabilidad Marshall. El valor de CBR mínimo para capa base es de 80% mientras que para capa subbase es de 30%, esto en base a las especificaciones técnicas del MTOP.

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

El valor mínimo de estabilidad Marshall es de 1800 lb para vehículos pesados, esto en base a la norma AASHTO 93 para el diseño de pavimento.

**Fig. 56** Coeficiente estructural al

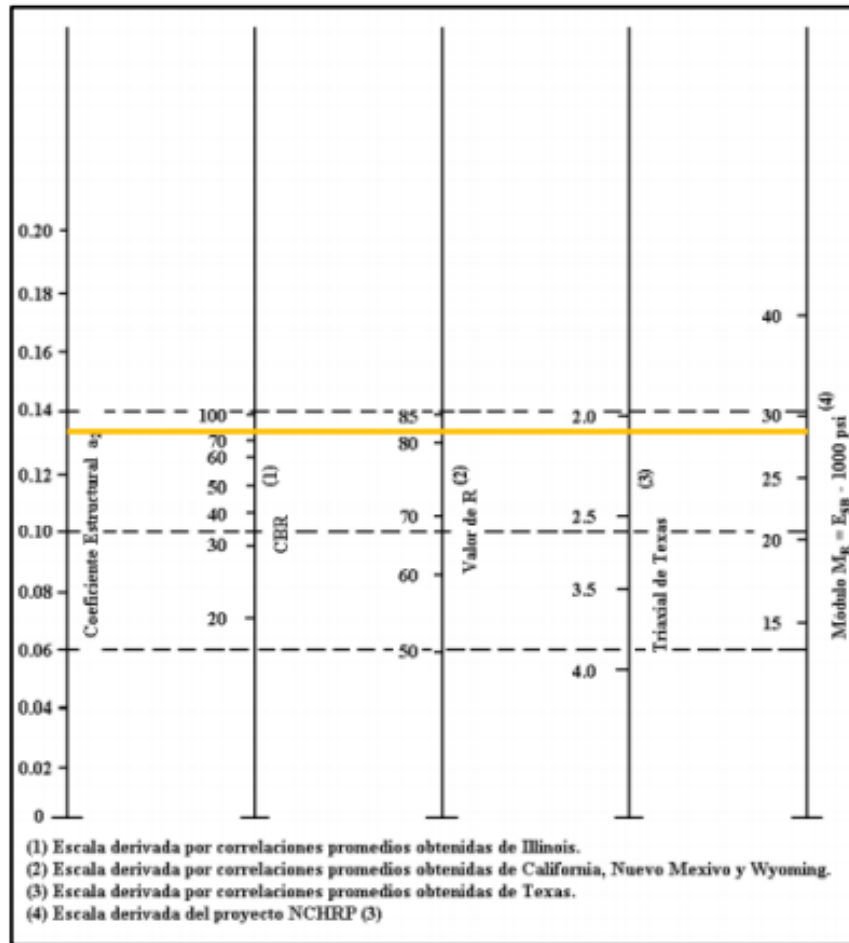


*Fuente: AASHTO 1993*

- Mr = 37500 psi
- a1= 0.405

## Coefficiente estructural de la base ( $a_2$ )

Fig. 57 Coeficiente estructural  $a_2$

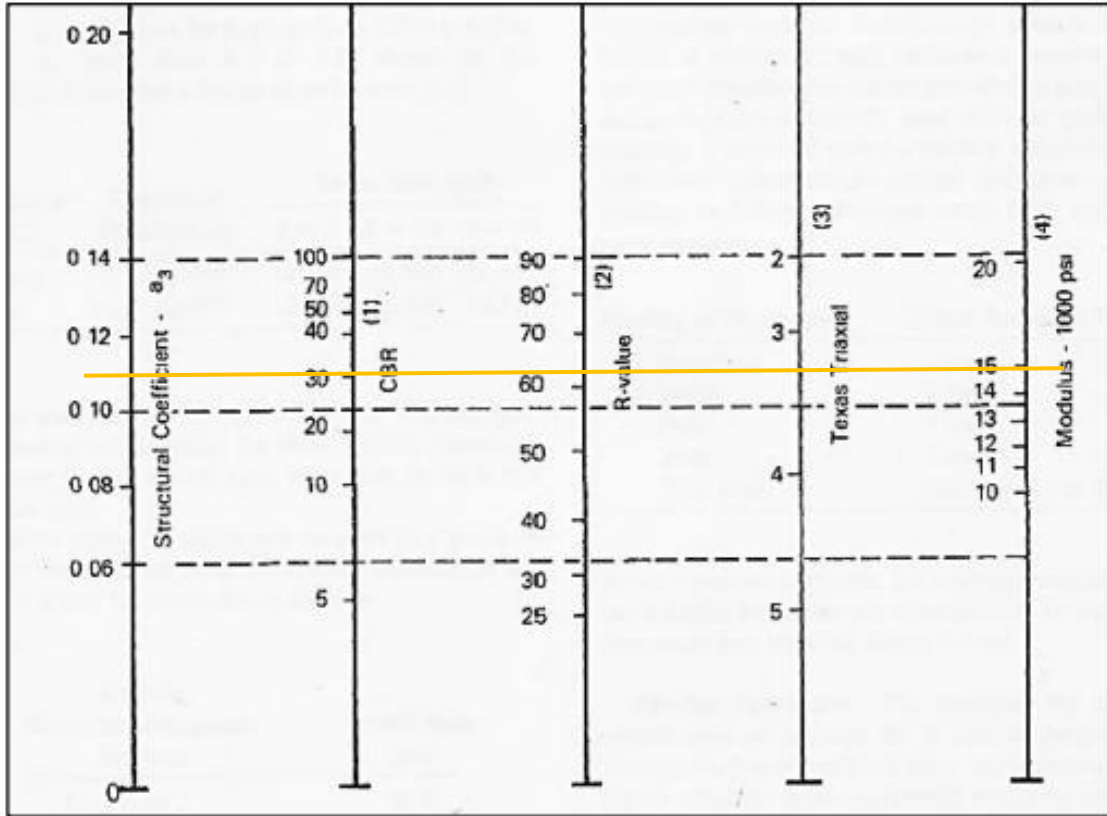


Fuente: AASHTO 1993

- CBR = 80%
- $M_r = 28\ 000$  psi
- $a_2 = 0.133$

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

*Fig. 58 Coeficiente estructural  $a_3$*



*Fuente: AASHTO 1993*

- CBR = 30%
- $M_r = 14\,900$  psi
- $a_3 = 0.108$

➤ *Coefficiente de drenaje (m2, m3):*

Los datos para determinar los coeficientes de drenaje son tomados de los anuarios meteorológicos del INAMI, la estación meteorológica más cercana a la parroquia Belisario Quevedo es la estación meteorológica M004 ubicada en Rumipamba Salcedo.

*Tabla 52. Días con estación en Salcedo*

Mes	Precipitación (mm)	Días con precipitación	Días secos
Enero	10	10	21
Febrero	100	17	12
Marzo	38	13	18
Abril	42	10	20
Mayo	70	22	9
Junio	5	11	19
Julio	15	16	15
Agosto	15	13	18
Septiembre	5	12	18
Octubre	35	14	17
Noviembre	35	10	20
Diciembre	28	14	17

*Fuente: INAMHI 2013*

En base a datos del INAMI se observa que existen más días secos que días con presencia de precipitaciones, además de que existe presencia de precipitaciones durante todo el año.

Se estima que el tiempo en que el agua será eliminada será de un día, por lo cual la calidad del drenaje es buena.

*Tabla 53. 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: AASHTO 1993*

Según una clasificación por niveles la calidad de drenaje fue de:

*Tabla 54. Calidad de drenaje*

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles			
	< 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*

➤ *Espesores mínimos*

Los espesores mínimos para pavimentos flexibles en base al número de ejes equivalentes y de acuerdo con el manual de diseño de pavimento AASHTO93 son los siguientes:

*Tabla 55. Espesores mínimos*

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 **519690.395**.

- Espesor mínimo para carpeta asfáltica = 5.0 cm
- Espesor mínimo para capa base = 15 cm

*Tabla 56. Datos para diseño de pavimento*

<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>		652
<b>Período de diseño</b>		20 años
<b>Descripción</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Valores</b>
W18 Diseño	W18	519690,395
CBR Laboratorio	CBR [%]	10,2
Confiabilidad	R [%]	85
Desviación estandar normal	Zr	-1,037
Desviación estandar global	So	0,45
Índice de serviciabilidad	PSI	2,2
Módulo de resiliencia de la subrasante	Mr [Psi]	13574,11
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
Coficiente estructural de la carpeta afáltica	a1	0,405
Coficiente estructural de la base	a2	0,133
Coficiente estructural de la sub-base	a3	0,108
Coficiente de drenaje	m2	1,00
	m3	1,00

*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*



➤ *Diseño de la estructura*

**SN1 Carpeta Asfáltica**

*Fig. 59. Ecuación AASHTO SN1*

*Fuente: Software Ecuación AASHTO 93.*

$$D_1 \geq SN_1/a_1$$

$$D_1 \geq 1.78/(0.405/2.54)$$

$$D_1 \geq 11.16$$

**Asumo el espesor mínimo  $D_1 = 5 \text{ cm}$**

$$SN_1 = a_1 * D_1$$

$$SN_1 = 5 * (0.405/2.54)$$

$$SN_1 = 0.79$$

SN2

Tabla 57. Cálculo SN2

Fuente: Software Ecuación AASHTO 93.

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

$$D_2 \geq \frac{2.26 - 0.79}{(0.133/2.54) * 1.00}$$

$$D_2 \geq 28.07 \text{ cm}$$

**Asumo el espesor mínimo  $D_2 = 15 \text{ cm}$**

$$SN_2 = a_2 * D_2 * m_2$$

$$SN_2 = 15 * (0.133/2.54) * 1.00$$

$$SN_2 = 0.79$$

SN3

Fig. 60 Cálculo SN3

Fuente: Software Ecuación AASHTO 93.

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

$$D_3 \geq \frac{2.34 - 0.79 - 0.79}{(0.108/2.54) * 1.00}$$

$$D_3 \geq 17.87 \text{ cm}$$

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

$$SN_3 = a_3 * D_3 * m_3$$

$$SN_3 = 20 * (0.108/2.54) * 1.00$$

$$SN_3 = 0.85$$

### Comprobación

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

$$0.79 + 0.79 + 0.85 \geq 2.34$$

$$2.43 \geq 2.34 \text{ Si Cumple!}$$

Los espesores de cada capa son:

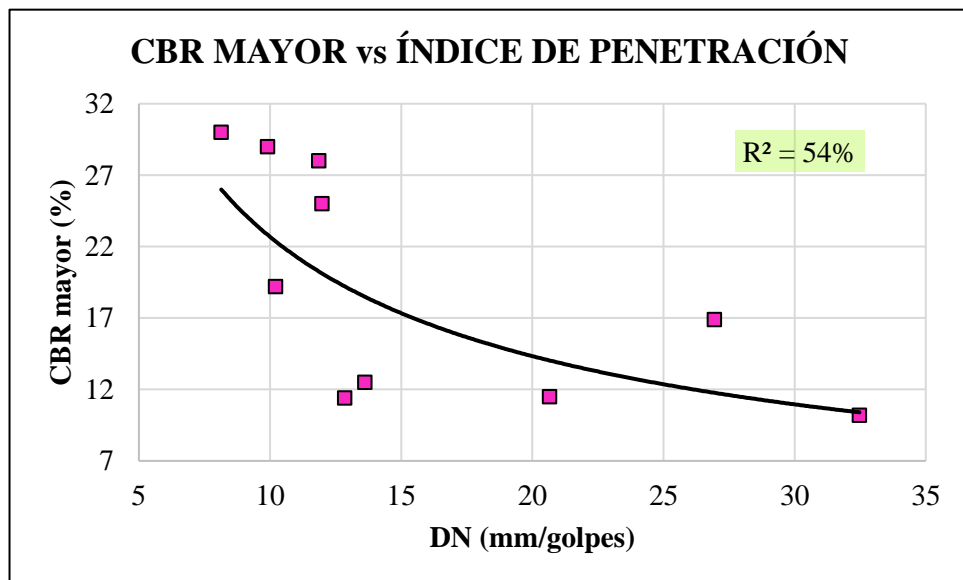
*Tabla 58. Espesores carpeta asfáltica*

Estructura del pavimento	Espesor (cm)
Carpeta Asfáltica	5
Base	15
Subbase	20

*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

### Diseño del pavimento a partir del CBR de la correlación N°18

*Fig. 46. Correlación CBR vs DN*



*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

Dada la correlación se procedió a remplazar el valor de DN como objeto de estudio la M5 con un valor de 32.47 (mm/golpe).

$$CBR_{mayor} = 104.23DN^{-0.662}$$

$$CBR_{mayor} = 104.23 * 32.47^{-0.662}$$

$$CBR_{mayor} = 10.409 (\%)$$

Una vez calculado el valor de CBR dada la ecuación se determinó el valor del módulo de resiliencia, así:

$$Mr (PSI) = 3000 CBR^{0.65} \quad (10\% < CBR < 20\%)$$

$$Mr (PSI) = 3000(10.40)^{0.65}$$

$$\mathbf{Mr (PSI) = 13746.53 \text{ psi} \rightarrow 13.75 \text{ ksi}}$$

Fig. 61 Cálculo SN

**Ecuación AASHTO 93**

**CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)**

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

Tipo de Pavimento  
 Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)  
 85 %  $Z_r = -1.037$  So 0.45

Serviciabilidad inicial y final  
 PSI inicial 4.2 PSI final 2

Módulo resiliente de la subrasante  
 Mr 13746.53 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)  Coeficiente de transmisión de carga - (J)   
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)  Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis  
 Calcular SN **W18 = 519690.395**  
 Calcular W18

Número Estructural  
**SN = 2.33**

Observaciones

Fuente: AASHTO 1993

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

$$D_3 \geq \frac{2.33 - 0.79 - 0.79}{(0.108/2.54) * 1.00}$$

$$D_3 \geq 17.63 \text{ cm}$$

Se asume un espesor de:  $D_3 = 20 \text{ cm}$

$$SN_3 = a_3 * D_3 * m_3$$

$$SN_3 = 20 * (0.108/2.54) * 1.00$$

$$SN_3 = 0.85$$

### Comprobación

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

$$0.79 + 0.79 + 0.85 \geq 2.33$$

$$2.43 \geq 2.33 \text{ Si Cumple!}$$

Los espesores determinados para cada capa son:

*Tabla 59. Cálculo espesores del pavimento*

Estructura del pavimento	Espesor (cm)
Carpeta Asfáltica	5
Base	15
Subbase	20

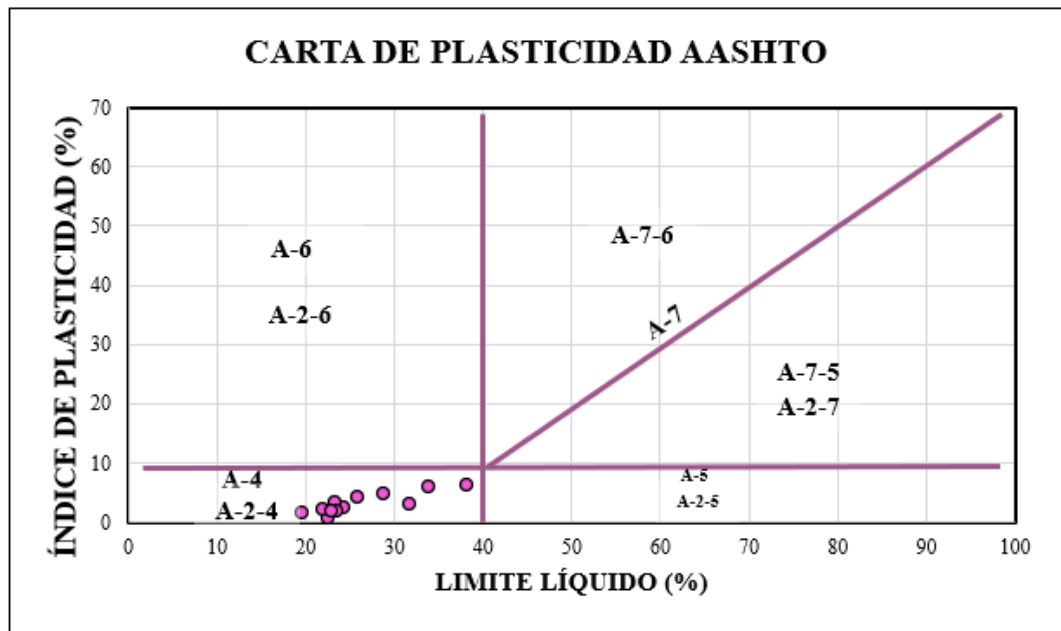
*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

### 3.1.5. Fase 4

Finalmente, en esta etapa se realizó la zonificación de suelos analizados durante todo el trabajo experimental según el sistema AASHTO y SUCS; tomando en consideración la denominada carta de plasticidad y a través de un mapeo de la parroquia Belisario Quevedo.

- *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*

*Fig. 62 Carta de plasticidad SUCS*



*Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado*

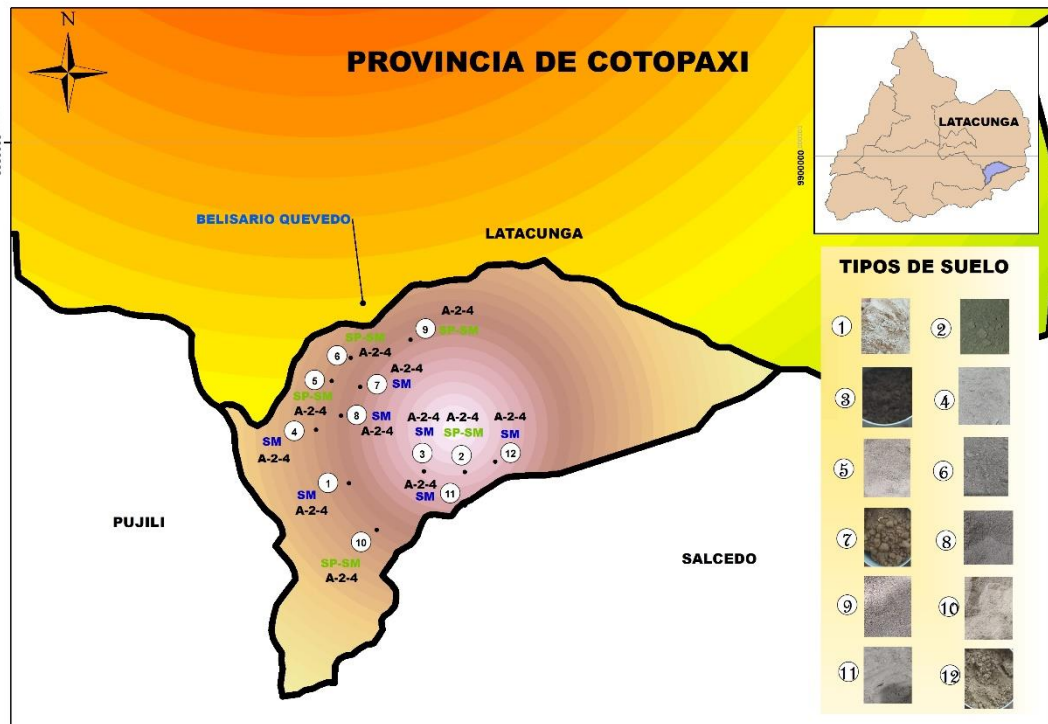
En la figura presentada, se graficó la carta de plasticidad según el sistema AASHTO y en esta constan los valores límite líquido e índice de plasticidad, se observó que todos los suelos pertenecen al grupo de suelos A-2-4, con este análisis se comprueba lo anunciado en las fases anteriores sobre la clasificación de los suelos.

- *Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)*

El índice de plasticidad presentó valores desde (0.65-5.88) % y el límite líquido (19.70-38.20) % por lo cual, el 83.33% de los suelos analizados en la parroquia Belisario Quevedo cumplen con lo establecido en la normativa las cuales exponen que se debe tener un valor de índice de plasticidad menor al 4% denominado la presencia de suelos de clase (SM) mezclas de arena -limo.



Fig. 63 Clasificación de suelos



Fuente: Vanessa Fernanda Pérez Pintado

### 3.2. Verificación de hipótesis

Después del análisis realizado a partir de la elaboración de correlaciones junto a regresiones simples, múltiples en varios casos con tendencia polinómica de grado dos, se determinó una relación existente entre cada una de las variables, de las cuales se obtuvo coeficientes de determinación  $R^2$  desde 50-95%, de esta manera se hallaron 22 correlaciones que pueden ser utilizadas en los suelos representativos de la parroquia Belisario Quevedo; sin embargo, también existió una correlación en las que no se puede relacionar de manera óptima como fue el caso en las que participan las variables de  $\gamma d_{in-situ}$ , LL y DN, del análisis de este resultó un  $R^2$  de 36%.

## CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

- Se determinaron las propiedades índice y mecánicas de los suelos representativos de la parroquia Belisario Quevedo, de los cuales se identificó que en los límites de Atterberg de manera específica el índice de plasticidad se presentó en una tendencia de 0.65-5.88 % demostrando, así que los suelos presentan baja plasticidad.
- Según los hallazgos producidos a través del ensayo del cono penetrómetro dinámico (DCP) los suelos se presentaron en condiciones desde 9.91-32.47 (mm/golpe). La muestra (M5) fue la que presentó un valor mayor de penetración de 32.47 (mm/golpe) y la muestra (M4) presentó apenas 9.91 (mm/golpe);
- Dada la recolección de datos se obtuvo un total de 22 correlaciones, se presentó valores para el coeficiente de determinación  $R^2$  desde 36-95%, teniendo en cuenta que en un gran porcentaje de las correlaciones el análisis se hizo a partir de diez datos.
- La correlación de regresión lineal múltiple (N°14) que tuvo como objeto de estudio a las variables de límite líquido, índice de penetración para así lograr determinar el valor de la densidad seca in-situ, fue una de las correlaciones que menor relación presentó entre las variables, dado que se determinó un coeficiente de determinación  $R^2$  de 36% por debajo de lo mínimo establecido.
- En la Fig.43 de la correlación  $\gamma_{in-situ}$ -LL-DCP se comprobó que no cumple con lo establecido según varios autores de mecánica de suelos ya que esta denota que a mayor penetración la densidad seca tiende a disminuir lo cual es algo erróneo ya que a mayor densidad las partículas del suelo estarán menos sueltas y por lo tanto el índice de penetración en éstas será mayor.

- La correlación de regresión lineal entre el límite plástico y el límite líquido fue la mejor relación que se obtuvo a partir de la dispersión de doce datos, se obtuvo un valor de coeficiente de determinación  $R^2$  de 95%.
- Entre la relación establecida entre el  $CBR_{mayor}$  y el índice de penetración (DN) se halló la ecuación para predecir el valor de CBR a partir del DN; presentó un valor aceptable para el coeficiente de determinación  $R^2$  del 54%, siguiendo la misma tendencia en lo establecido en la normativa ASTM D 6951.
- Se determinó a través del valor de  $CBR_{laboratorio} = 10.20$  y el  $CBR_{calculado} = 10.20$  el diseño de pavimentos flexibles; del cual, se obtuvo como resultado espesores similares en los dos casos; siguiendo con lo especificado en la normativa AASHTO.
- Se zonificó los suelos representativos de la parroquia Belisario Quevedo según la clasificación SUCS, en el que 41.67% de las muestras se catalogaron como (SP-SM) definidas como arenas mal graduadas con presencia de limo y el 58.33% como arenas limosas (SM).
- Con relación a la clasificación de suelos según la AASHTO fueron categorizadas como limo o grava arcillosa (A-2-4).
- Se concluye, a través del rango establecido para el índice de plasticidad (0.65-6.06) % y en comparación con la norma SUCS que el suelo se clasifica como SM debido a que se presentan valores de  $IP < 4$ .

## 4.2. Recomendaciones

- Es recomendable identificar el tipo de normas con las que se va a trabajar en cada ensayo, ya que en varios casos tiende a presentar actualizaciones.
- En base a libros o normativas comparar cada uno de los resultados que se obtendrán en cada ensayo para establecer resultados verificables.
- Es necesario concientizar y dar a conocer a los pobladores de la parroquia los beneficios que conllevan realizar este tipo de estudios en el sector.
- Se recomienda implementar los equipos tanto para Proctor Modificado y CBR para optimizar el tiempo en la elaboración de estos debido a que son ensayos de gran importancia y varios estudiantes requieren de ellos.
- Se sugiere a la comunidad FICM implementar proyectos con relación al estudio de suelos a través de correlaciones para incrementar la base de datos a nivel del Ecuador e identificar los distintos tipos de suelos y optimizar de esta manera el tiempo de varios operadores al momento de estar en campo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] T. Taskiran, «Prediction of California bearing ratio (CBR) of fine-grained soils by AI methods», *Advances in Engineering Software*, vol. 41, n.º 6, pp. 886-892, 2010, doi: 10.1016/j.advengsoft.2010.01.003.
- [2] N.; Ekeocha y Egesi, «Evaluation of Subgrade Soils using California Bearing Ratio (Cbr) in Parts of Rivers State», *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, vol. 18, n.º 2, 2014, doi: 10.4314/jasem.v18.
- [3] I. González Farias, W. Araujo, y G. Ruiz, «Prediction of California Bearing Ratio from Index Properties of Soils Using Parametric and Non-parametric Models», *Geotechnical and Geological Engineering*, vol. 36, n.º 6, dic. 2018, doi: 10.1007/s10706-018-0548-1.
- [4] G. Yang, B. Xiong, y B. Zhang, «Study on the engineering characteristic of California Bearing Ratio (CBR) of expressway subgrade material», en *Advanced Materials Research*, 2011, vol. 250-253. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.250-253.3759.
- [5] F. Iqbal, A. Kumar, y A. Murtaza, «Co-Relationship between California Bearing Ratio and Index Properties of Jamshoro Soil», *Mehran University Research Journal of Engineering and Technology*, vol. 37, n.º 1, pp. 177-190, 2018, [En línea]. Available: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01676724>
- [6] G. v Ramasubbarao y S. Sankar, «Predicting Soaked CBR Value of Fine-Grained Soils Using Index and Compaction Characteristics», *Jordan Journal of Civil Engineering*, vol. 7, n.º 3, 2013.
- [7] S. T. Torgano, M. Sujayath Ali, E. T. Yenealem, y A. T. Tumato, «CORRELATION BETWEEN CBR VALUES AND INDEX PROPERTIES OF SUBGRADE SOILS: IN THE CASE OF BODITI TOWN», *IJARIE*, vol. 6, n.º 3, Ethiopia, 2020. [En línea]. Available: [www.ijariie.com](http://www.ijariie.com)

- [8] G. H. Gregory y S. A. Cross, «Correlation of california bearing ratio with shear strength parameters», *Transp Res Rec*, vol. 1, n.º 1989, pp. 148-153, 2007, doi: 10.3141/1989-17.
- [9] S. D. Mohammadi, M. R. Nikoudeh, H. Rahimi, y M. Khomehchiyan, «Application of the Dynamic Cone Penetrometer (DCP) for determination of the engineering parameters of sandy soils», *Eng Geol*, vol. 101, n.º 3-4, pp. 195-203, oct. 2008, doi: 10.1016/j.enggeo.2008.05.006.
- [10] M. M. E. Zumrawi, «Prediction of In-situ CBR of Subgrade Cohesive Soils from Dynamic Cone Penetrometer and Soil Properties», *International Journal of Engineering and Technology*, vol. 6, n.º 5, pp. 439-442, 2014, doi: 10.7763/ijet.2014.v6.738.
- [11] E. S. Encinares, J. Krizzia, y D. Encela, «Prediction of California Bearing Ratio (CBR) using Dynamic Cone Penetrometer (DCP) for Soils from Second District in the Province of Sorsogon», 2022.
- [12] Bermúdez Josué, Vásquez Oswaldo, y Moncada Rigoberto, «Validación del método de DCP aplicando en campo en relación al ensayo CBR en laboratorio.», Costa Rica, jul. 2016.
- [13] W. Araujo, «Ecuaciones de correlación de CBR con propiedades índice de suelos para la ciudad de Piura», Universidad de Piura, Perú , 2014.
- [14] F. J. Wilches, J. Jairo, F. Díaz, J. Rodrigo, y H. Ávila, «Correlation between California Bearing Ratio (CBR) and Dynamic Cone Penetrometer (DCP) for soil from Sincelejo city in Colombia», 2018. [En línea]. Available: <http://www.ripublication.com>
- [15] Florez C.H., Torres F.A., Torres P., y Peña C.A., «ESTIMATION-OF-CBR-VALUE-USING-DYNAMIC-CONE-PENETROMETER», Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia, 2017.
- [16] Guato Joyce, «Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares de la parroquia Huambaló del cantón San Pedro de Pelileo, provincia de Tungurahua», Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, 2022.

- [17] Ordóñez Diego, «Determinación de una correlación entre el valor de CBR y el ensayo DCP para suelos del cantón Cuenca», Cuenca, 2022.
- [18] Gallegos María, «Análisis de resultados de proyecto macro: correlación entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de los cantones Ambato, Quero, Tisaleo, Mocha y Cevallos», Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2022.
- [19] Crespo Villalaz Carlos, *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*, 5ta ed. México , 2004.
- [20] SCT. Secretaria de Comunicaciones y Transportes, *Normas para muestreo y pruebas de materiales, equipos y sistemas Carreteras y Aeropistas-Materiales para Terracerías*, 6.<sup>a</sup> ed. México, 1986.
- [21] Whitlow Roy, *Fundamentos de Mecánica de Suelos*, 2.<sup>a</sup> ed. México, 1999.
- [22] Braja M. Das, *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*, Cuarta. México, 2015.
- [23] Bowles Joseph, *Foundation Analysis and design* , 5.<sup>a</sup> ed. 1995.
- [24] Peck Ralph, Hanson Walter, y Thornburn Thomas, *Ingeniería de Cimentaciones*, 2.<sup>a</sup> ed. México .
- [25] Montejo Alfonso, *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras*, 2.<sup>a</sup> ed. Bogotá, 2002.
- [26] Puentes Jairo, «Correlación entre los resultados obtenidos del ensayo de CBR de campo y el ensayo de resistencia a la penetración estándar SPT en condiciones normales, en suelos cohesivos.», Bogotá, 2018.
- [27] Badillo Eulalio y Rodríguez Alfonso, *Fundamentos de la Mecánica de Suelos*, 2.<sup>a</sup> ed. México, 1973.
- [28] INEN, «Mecánica de Suelos Determinación del Límite Líquido Método de Casa Grande», *Norma Técnica Ecuatoriana*, 1982.
- [29] Guerrón Silvia, «Comparación de resultados de densidad de campo por los métodos cono y arena, volumétrico y densidad nuclear », Universidad Central del Ecuador, Quito, 2013.

- [30] Flores Yesid y Villafuerte Marco, «Comparación de la densidad entre métodos gravimétrico y geofísico en sub base de pavimento, Calle Gordon Magne, Cusco-2021 », Universidad César Vallejo, Perú, 2021.
- [31] ASTM C 136-06, «Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates 1», 2006. doi: 10.1520/C0136-06.
- [32] AASHTO M (145-91), «Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes», 2004 [En línea]. Available: [www.astm.org](http://www.astm.org),
- [33] ASTM D 854-02, «Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer», 2002.
- [34] Aguirre Víctor y Yépez Silvana, «MANUAL DE LABORATORIO PARA LOS ENSAYOS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS.», UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO, Quito, 2019.
- [35] Bock Emily, «Soil and Soil Water Relationships», *Virginia Cooperative Extension*, 2016, [En línea]. Available: [www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/](http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/)
- [36] Leoni Augusto, «PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS». <http://ingenieroleoni.com/wp-content/uploads/2015/09/Capitulo-1-Propiedades-F--sicas-de-los-suelos.pdf>
- [37] H. S. Shaivan y A. Sridharan, «Comparison of Reduced Modified Proctor vs Modified Proctor», *Geotechnical and Geological Engineering*, vol. 38, n.º 6, pp. 6891-6897, dic. 2020, doi: 10.1007/s10706-020-01405-3.
- [38] Condori Nilda, «ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO AL MATERIAL DE CAPA BASE DE LA CARRETERA CRUCE CUARTEL AVICHACA – CRUCE CALA CALA EN LAS PROGRESIVAS 2+000 HASTA 2+500», Bolivia, 2017.
- [39] Botía Wilmer, «Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memoria de cálculo», Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, 2015.



- [40] Portilla Favio y Pillajo Alejandra, «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», PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, Quito, 2001.
- [41] K. S. Gill, J. N. Jha, y A. K. Choudhary, «CBR Value Estimation Using Dynamic Cone Penetrometer», *Indian Geotechnical Conference-2010*.
- [42] Hasan A. Alghamdi, «Dynamic Cone Penetrometer (DCP) Based Evaluation of Sustainable Low Volume Road Rehabilitation Techniques », the Russ College of Engineering and Technology of Ohio University, 2016.
- [43] M. M. Nujid, J. Idrus, N. A. Azam, D. A. Tholibon, y D. Jamaluddin, «Correlation between california bearing ratio (CBR) with plasticity index of marine stabilizes soil with cockle shell powder», en *Journal of Physics: Conference Series*, dic. 2019, vol. 1349, n.º 1. doi: 10.1088/1742-6596/1349/1/012036.
- [44] Carter Michael y Bentley Stephen, «California Bearing Ratio», en *Soil Properties and their Correlations*, vol. 2, 2016.
- [45] National Cooperative Highway Research Program Transportation Research Board National Research Council, «Guide for Mechanistic-Empirical Design OF NEW AND REHABILITATED PAVEMENT STRUCTURES FINAL DOCUMENT APPENDIX CC-1: CORRELATION OF CBR VALUES WITH SOIL INDEX PROPERTIES NCHRP», 2001.
- [46] Fonseca Alfonso, *Ingeniería en Pavimentos para carreteras*. Bogotá, 2002.
- [47] Mata Marco, «GUÍA BÁSICA PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES Y SUBBASES PARA CARRETERAS EN EL SALVADOR», UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL, El Salvador, 2010.
- [48] MTOP, «VOLUMEN N° 3 ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS Y PUENTES», Quito, 2013.

- [49] Garcia Andres, «DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO POR EL METODO AASHTO-93 EMPLEANDO EL SOFTWARE DISAASHTO-93», UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA, Colombia, 2015.
- [50] Yáñez Gustavo, «DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES».
- [51] Pallasco Jefferson, «EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA QUEVEDO EN SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS», PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, Quito, 2018.
- [52] AASHTO, *Guí AASHTO para diseño de estructuras de pavimentos*. 1993.
- [53] Devore Jay, *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias.*, 8.<sup>a</sup> ed. 2012.
- [54] Torrelavega, «Ajuste por mínimos cuadrados».
- [55] Montgomery Douglas y Runger George, *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería*, 2.<sup>a</sup> ed. México, 2003.
- [56] NCh1516 II, «Ministerio de la Vivienda y Urbanismo (MINVU)».

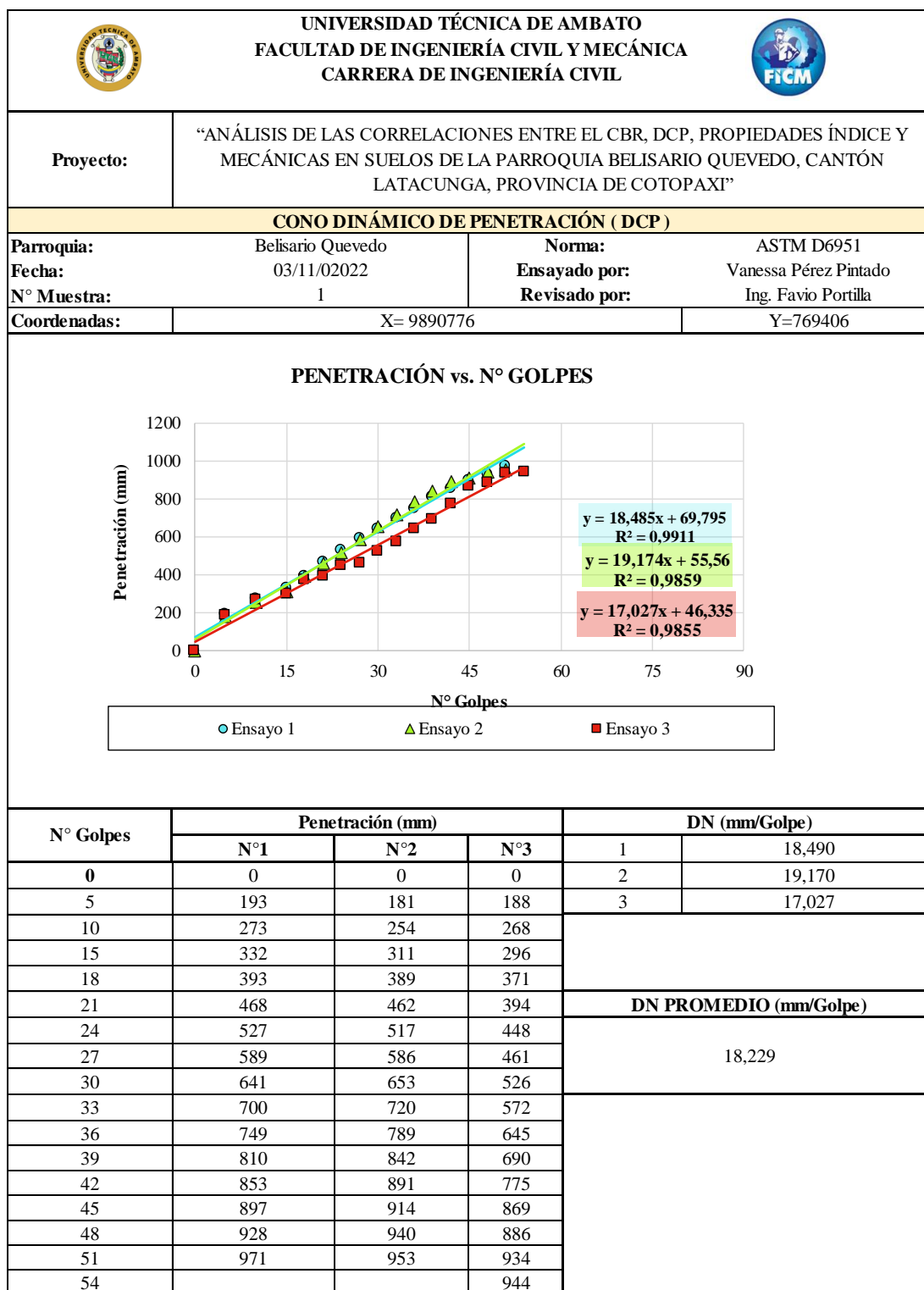
Anexos

# **ANEXO A**



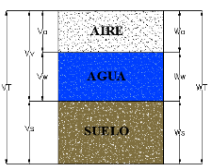
# **ESTUDIO DE SUELOS**

# **ANEXO A1: MUESTRA #1**

## Anexo A1-1. Ensayo DCP





## Anexo A1-2. Densidad de Campo

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”			
<b>DENSIDAD DE CAMPO (CONO Y ARENA)</b>				
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 191 2014	
<b>Fecha:</b>	03/11/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado	
<b>N° Muestra:</b>	1	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla	
<b>Coordenadas:</b>	X= 9890776		Y=769406	
<b>PESO DEL SUELO EXTRAÍDO</b>				
Peso del suelo extraído + funda	2643,00		gr	
Peso de la funda	3,30		gr	
Peso del suelo húmedo	2639,70		gr	
<b>VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO</b>				
Peso inicial del aparato lleno de arena	7155,00		gr	
Peso final del aparato lleno de arena	2423,00		gr	
Peso de la arena en la perforación	3065,00		gr	
<b>Peso de la arena en el cono (Calibración del cono)</b>	<b>1667,00</b>		gr	
<b>Densidad de la arena de Ottawa</b>	<b>1,583</b>		gr/cm <sup>3</sup>	
Volumen de la perforación ensayada	1530,64		cm <sup>3</sup>	
<b>HUMEDAD NATURAL Y DENSIDAD SECA</b>				
N° recipiente	<b>66A</b>	<b>03A</b>	-	
Peso recipiente (W <sub>r</sub> )	11,40	11,50	gr	
Peso suelo húmedo + recipiente (W <sub>h</sub> + W <sub>r</sub> )	33,85	34,47	gr	
Peso suelo seco + recipiente (W <sub>s</sub> + W <sub>r</sub> )	30,69	31,66	gr	
Peso de agua (W <sub>w</sub> )	3,16	2,81	gr	
Peso suelo seco (W <sub>s</sub> )	19,29	20,16	gr	
Contenido de humedad (W%)	16,38	13,94	%	
W Promedio (%)	15,16		%	
<b>FASES DEL SUELO</b>				
	<b>VOLUMEN</b>		<b>PESOS</b>	
	V <sub>v</sub> =	5,62		
	V <sub>a</sub> =	2,81	W <sub>a</sub> =	0,00
	V <sub>w</sub> =	2,81	W <sub>w</sub> =	2,81
	V <sub>s</sub> =	7,19	W <sub>s</sub> =	19,29
	V <sub>m</sub> =	12,81	W <sub>m</sub> =	22,10
<b>PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO</b>				
Densidad Húmeda (γ <sub>h</sub> )	1,72		gr/cm <sup>3</sup>	
Densidad seca (γ <sub>d</sub> )	1,50		gr/cm <sup>3</sup>	
Contenido de humedad natural (W%)	15,16		%	
Relación de vacíos (e)	0,78		-	
Porosidad (n)	43,89		%	
Grado de saturación del agua (G <sub>w</sub> %)	49,96		%	
Grado de saturación del aire (G <sub>a</sub> %)	50,04		%	



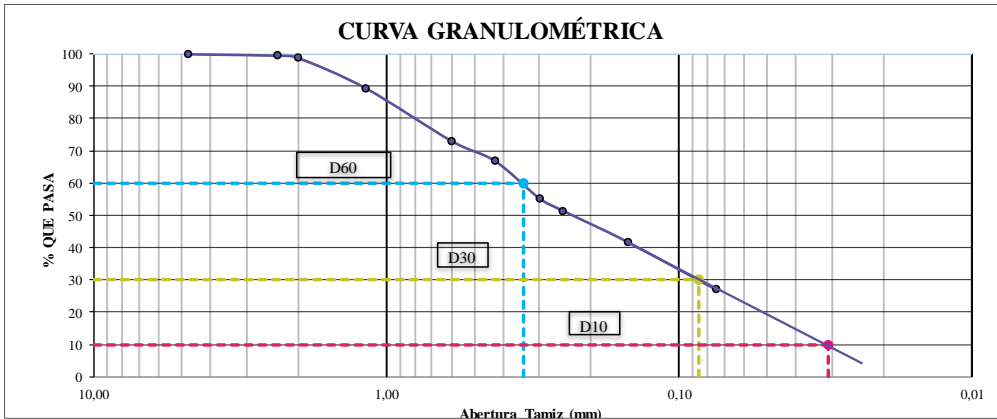
### Anexo A1-3. Gravedad específica

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”		
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS</b>			
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 100 2015
<b>Fecha:</b>	01/12/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado
<b>N° Muestra:</b>	1	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Coordenadas:</b>	X= 9890776		Y=769406
Peso del picnómetro + agua (W <sub>bw</sub> )	649,40	g	
Peso del picnómetro + agua+ suelo sug (W <sub>bws</sub> )	685,43	g	
Temperatura del agua + suelo	23	°C	
N° Recipiente	33		
Peso del recipiente (W <sub>r</sub> )	107,52	gr	
Peso del recipiente + suelo seco	164,88	gr	
<b>Factor de corrección por temperatura (K)</b>	0,9976	gr	
<b>Peso del suelo seco (W<sub>s</sub>)</b>	<b>57,36</b>	gr	
<b>Desplazamiento de agua (D<sub>w</sub>)</b>	<b>21,33</b>		
<b>Gravedad específica (G<sub>s</sub>)</b>	<b>2,68</b>		

### Anexo A1-4. Contenido de humedad natural



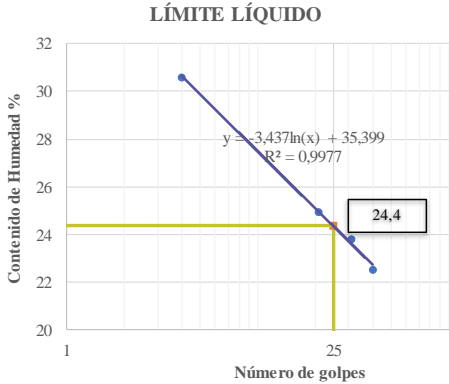
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>Proyecto:</b>	“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”		
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 265 2015
<b>Fecha:</b>	08/11/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado
<b>N° Muestra:</b>	1	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Coordenadas:</b>	X= 9890776		Y=769406
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (w%)</b>			
N° recipiente	<b>89</b>	<b>103</b>	-
Peso recipiente (W <sub>r</sub> )	31,81	30,76	gr
Peso suelo húmedo + recipiente (W <sub>h</sub> + W <sub>r</sub> )	130,76	118,08	gr
Peso suelo seco + recipiente (W <sub>s</sub> + W <sub>r</sub> )	117,47	106,37	gr
Peso de agua (W <sub>w</sub> )	13,29	11,71	gr
Peso suelo seco (W <sub>s</sub> )	85,66	75,61	gr
Contenido de humedad ω%	15,51	15,49	%
<b>W Promedio (%)</b>	<b>15,50</b>		<b>%</b>

## Anexo A1-5. Granulometría



 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”					
<b>GRANULOMETRÍA</b>						
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 88 2013			
<b>Fecha:</b>	08/11/02022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado			
<b>N° Muestra:</b>	1	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla			
<b>Coordenadas:</b>	X= 9890776			Y=769406		
# Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% de retención parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4	4,750	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,360	4,31	4,31	0,43	0,43	99,57
10	2,000	7,36	11,67	0,74	1,17	98,83
16	1,180	92,68	104,35	9,30	10,47	89,53
30	0,600	163,36	267,71	16,38	26,85	73,15
40	0,425	62,41	330,12	6,26	33,11	66,89
50	0,300	115,15	445,27	11,55	44,66	55,34
60	0,250	37,80	483,07	3,79	48,45	51,55
100	0,150	96,81	579,88	9,71	58,16	41,84
200	0,075	146,87	726,75	14,73	72,89	27,11
<b>Bandeja</b>		270,27	997,02	27,11	100,00	0,00
<b>Total</b>						
						
<b>RESULTADOS</b>						
<i>Coefficiente de uniformidad y curvatura</i>						
<b>D10 (mm)</b>	0,031	<b>Cu</b>	10,97			
<b>D30 (mm)</b>	0,086	<b>Cc</b>	0,70			
<b>D60 (mm)</b>	0,340	<b>TNM (mm)</b>	1,18			
<i>Fracción de Partículas</i>	% Grava	% Arena	% Finos			
	0,00	72,89	27,11			

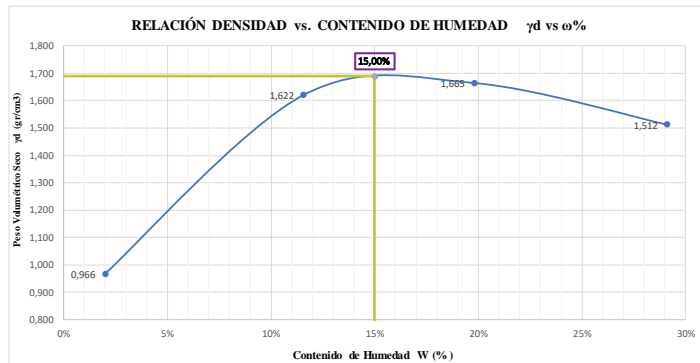


## Anexo A1-6. Límites de Atterberg



 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"								
LÍMITE LÍQUIDO									
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo			<b>Norma:</b>	AASHTO T 89 2013				
<b>Fecha:</b>	15/11/2022			<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado				
<b>N° Muestra:</b>	1			<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla				
<b>Coordenadas:</b>	X= 9890776			Y=769406					
Número de Golpes	4			21		31		40	
N° Recipiente	66 AI	17	18	33A	65	34	74	5	
Peso recipiente (gr)	11,06	11,46	11,50	11,08	10,85	11,24	11,53	17,78	
Peso suelo húmedo + rec (gr)	15,81	15,31	16,22	16,47	17,36	17,52	18,06	22,85	
Peso suelo seco + rec (gr)	14,67	14,43	15,28	15,39	16,08	16,34	16,91	21,88	
Peso agua (gr) Ws	1,14	0,88	0,94	1,08	1,28	1,18	1,15	0,97	
Peso de sólidos (gr) Ws	3,61	2,97	3,78	4,31	5,23	5,10	5,38	4,10	
Contenido de humedad ω%	31,58	29,63	24,87	25,06	24,47	23,14	21,38	23,66	
Promedio de ω%	30,60		24,96		23,81		22,52		
LÍMITE LÍQUIDO									
									
ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO									
Recipiente	P1	200	90	76	54				
Peso recipiente (gr)	10,79	10,70	10,74	10,61	10,70				
Peso suelo húmedo + rec (gr)	11,49	11,66	11,44	11,46	11,34				
Peso suelo seco + rec (gr)	11,36	11,49	11,32	11,31	11,22				
Peso agua (gr) Ww	0,13	0,17	0,12	0,15	0,12				
Peso sólidos (gr) Ws	0,57	0,79	0,58	0,70	0,52				
Contenido de humedad ω%	22,81	21,52	20,69	21,43	23,08				
Promedio de ω%	21,90								
<b>LÍMITE LÍQUIDO (LL%)</b>	24,40			<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>					
<b>LÍMITE PLÁSTICO (LP%)</b>	21,90			AASHTO	A-2-4				
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP = LL - LP)</b>	2,50			SUCS	SM				

## Anexo A1-7. Proctor Modificado

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 	
<b>Proyecto:</b>	"ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"
<b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</b>	
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo
<b>Fecha:</b>	09/11/2022
<b>N° Muestra:</b>	1
<b>Coordenadas:</b>	X= 9890776 Y=769406
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
<b>ALTURA CAÍDA</b>	18" o 1.5ft
<b>PESO MOLDE</b>	13977 gr
<b>ALTURA DEL MOLDE</b>	12,8 cm
<b>DIÁMETRO</b>	15 cm
<b>VOL. MOLDE</b>	2261,952 cm <sup>3</sup>
<b>P. MARTILLO</b>	18 lb
<b>NÚMERO DE CAPAS</b>	5
<b>NÚMERO DE GOLPES</b>	56
<b>PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>	
<b>Ensayo</b>	1 2 3 4
<b>Peso inicial deseado</b>	6000 6000 6000 6000
<b>Hum. Inicial Estimada %</b>	0% 8% 16% 24%
<b>P.molde + suelo húmedo (gr)</b>	16206 18071 18490 18393
<b>Peso suelo húmedo</b>	2229 4094 4513 4416
<b>Peso Unitario Húmedo <math>\gamma_m</math> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	0,985 1,810 1,995 1,952
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	
<b>N° Recipiente</b>	83 88A 81 71 28 16 19 74
<b>Peso recipiente (gr)</b>	24,84 24,3 30,73 30,53 24,05 24,34 26,49 31,17
<b>Peso suelo húmedo + rec (gr)</b>	103,01 82,2 92,16 68,33 74,59 76,54 99,16 115,32
<b>Peso suelo seco + rec (gr)</b>	101,44 81,09 85,62 64,51 66,25 67,89 82,66 96,47
<b>Peso agua (gr)</b>	1,57 1,11 6,54 3,82 8,34 8,65 16,5 18,85
<b>Peso suelo seco(gr)</b>	76,6 56,79 54,89 33,98 42,2 43,55 56,17 65,3
<b>Contenido de humedad <math>\omega</math>%</b>	2,05% 1,95% 11,91% 11,24% 19,76% 19,86% 29,38% 28,87%
<b>Promedio de <math>\omega</math>%</b>	2,00% 11,58% 19,81% 29,12%
<b>Densidad seca <math>\gamma_d</math> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	0,966 1,622 1,665 1,512
<b>Densidad máxima <math>\gamma_{max}</math> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1,69
<b>Humedad óptima %</b>	15,00%

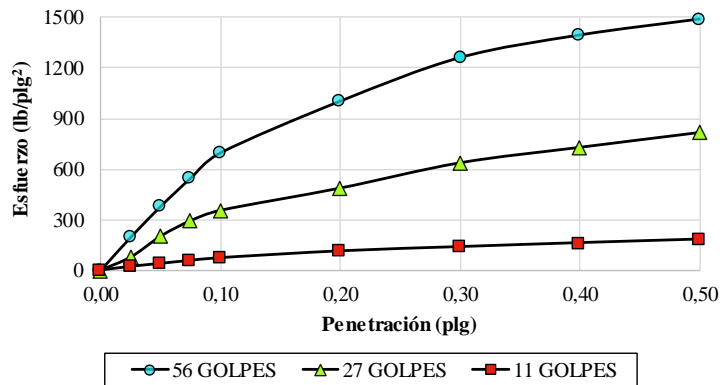


**Anexo A1-8. CBR**

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”				
<b>ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>						
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo		<b>Norma:</b>	AASHTO T 193 2013		
<b>Fecha:</b>	02/12/2022		<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado		
<b>N° Muestra:</b>	1		<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla		
<b>Coordenadas:</b>	X= 9890776			Y=769406		
<b>DATOS DE MOLDEO</b>						
<b>Contenido de Humedad Óptima (%):</b>			<b>15,00%</b>			
<b>MOLDE N°</b>	1		2		3	
<b>DIMENSIONES</b>	Diámetro	15,24	Diámetro	15,11	Diámetro	15,24
	Altura	12,573	Altura	12,573	Altura	15,24
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
Peso molde + suelo húmedo (gr)	11787		13505		11647	
Peso del Molde (gr)	7416		9261		7522	
Peso Muestra Humeda (gr)	4371		4244		4125	
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2293,51		2254,54		2293,51	
Peso Unitario Húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1,906</b>		<b>1,882</b>		<b>1,799</b>	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
N° Recipiente	<b>28</b>	<b>12</b>	<b>32</b>	<b>19</b>	<b>98</b>	<b>82</b>
Peso Recipiente (gr)	24,03	25,3	26,45	25,69	32,65	31,27
Peso suelo húmedo + rec (gr)	86,66	78,33	109,78	91,87	151,63	178,73
Peso suelo seco + rec (gr)	78,60	71,75	98,54	83,05	136,51	158,70
Peso agua (gr)	8,06	6,58	11,24	8,82	15,12	20,03
Peso de Sólidos	54,57	46,45	72,09	57,36	103,86	127,43
Contenido de humedad $\omega\%$	14,77	14,17	15,59	15,38	14,56	15,72
Promedio de $\omega\%$	14,47		15,48		15,14	
Peso Unitario Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1,665</b>		<b>1,630</b>		<b>1,562</b>	
<b>DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
Peso molde + suelo húmedo (gr)	11935		13741		11968	
Peso del Molde (gr)	7416		9261		7522	
Peso Muestra Humeda (gr)	4519		4480		4446	
Masa Agua Absorbida	148		236		321	
% Agua Absorbida	3,39%		5,56%		7,78%	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
N° Recipiente	<b>3V</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>105</b>	<b>2V</b>	<b>1V</b>
Peso Recipiente (gr)	37,81	32,57	29,98	30,96	16,68	19,94
Peso suelo húmedo + rec (gr)	80,34	124,07	106,51	84,46	73,49	76,81
Peso suelo seco + rec (gr)	72,88	106,37	91,47	73,64	60,67	64,23
Peso agua (gr)	7,46	17,70	15,04	10,82	12,82	12,58
Peso de Sólidos	35,07	73,80	61,49	42,68	43,99	44,29
Contenido de humedad $\omega\%$	21,27	23,98	24,46	25,35	29,14	28,40
Promedio de $\omega\%$	<b>22,63</b>		<b>24,91</b>		<b>28,77</b>	

ENSAYO CBR						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg <sup>2</sup>		Vel.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	586,0	195,3	233,5	77,8	63,0	21,0
0,050	1133,1	377,7	606,6	202,2	116,0	38,7
0,075	1633,6	544,5	881,3	293,8	169,4	56,5
0,100	2082,9	694,3	1065,2	355,1	216,6	72,2
0,200	3001,4	1000,5	1462,3	487,4	336,2	112,1
0,300	3774,9	1258,3	1913,3	637,8	411,0	137,0
0,400	4176,3	1392,1	2188,9	729,6	480,8	160,3
0,500	4460,6	1486,9	2453,5	817,8	543,8	181,3

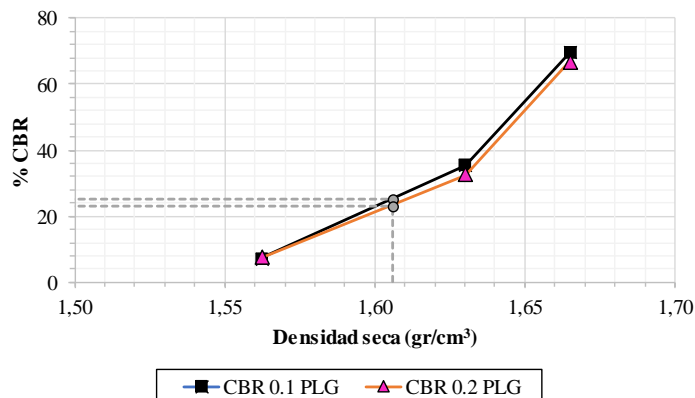
### ESFUERZO vs. PENETRACIÓN



### 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	694,30	69,43	1,665	1000,47	66,70	1,665
2	355,07	35,51	1,630	487,43	32,50	1,630
3	72,20	7,22	1,562	112,07	7,47	1,562

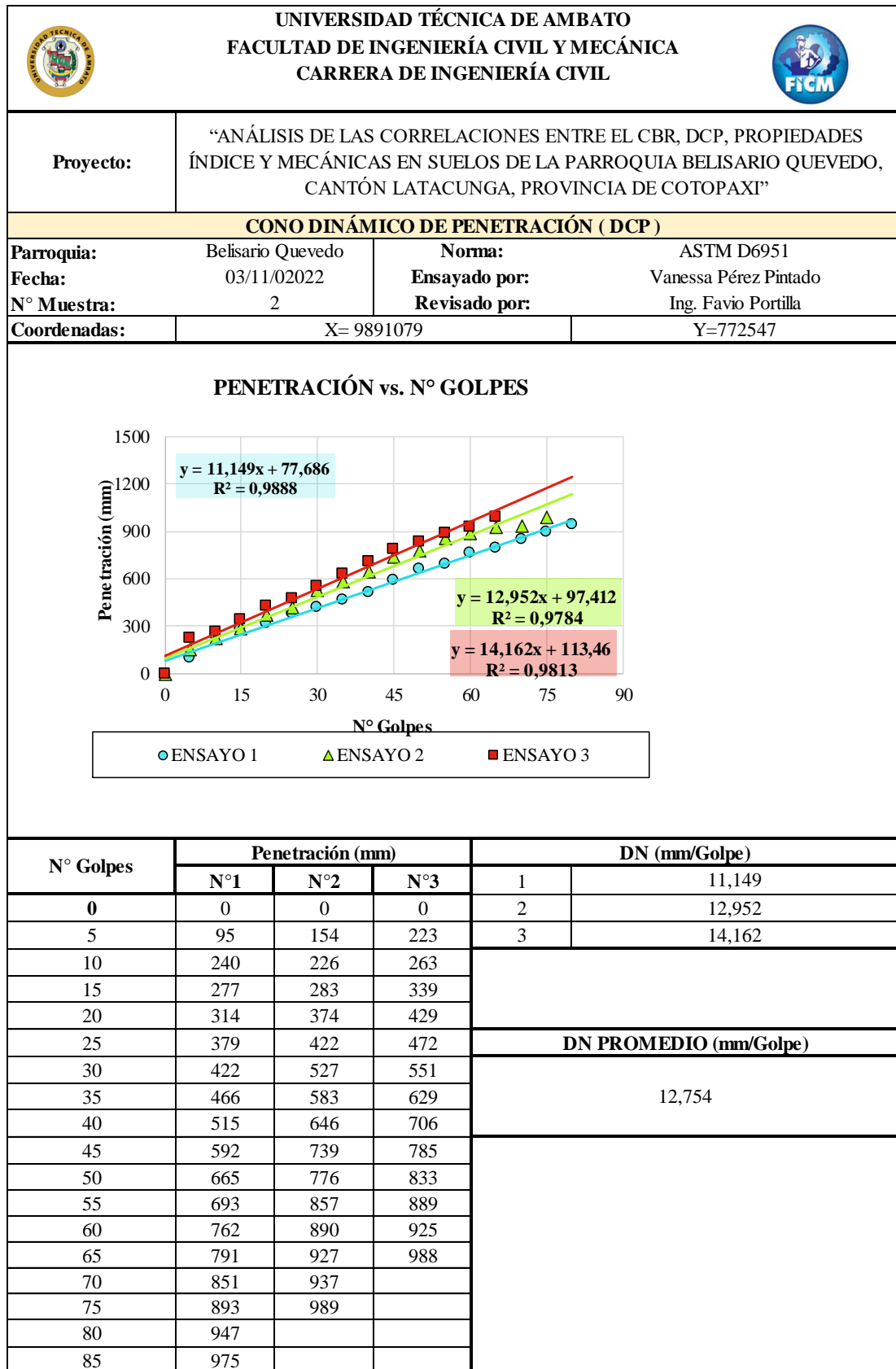
### % CBR vs. DENSIDAD SECA





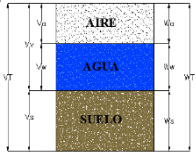
DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	95% DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
1,690	1,606	25,00	23,00

## **ANEXO A2: MUESTRA #2**



Anexo A2-1. Ensayo DCP



## Anexo A2-2. Densidad de campo

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”			
<b>DENSIDAD DE CAMPO (CONO Y ARENA)</b>				
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 191 2014	
<b>Fecha:</b>	03/11/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado	
<b>N° Muestra:</b>	2	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla	
<b>Coordenadas:</b>	X= 9891079		Y=772547	
<b>PESO DEL SUELO EXTRAÍDO</b>				
Peso del suelo extraído + funda	2913,30		gr	
Peso de la funda	3,30		gr	
Peso del suelo húmedo	2910,00		gr	
<b>VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO</b>				
Peso inicial del aparato lleno de arena	7050,00		gr	
Peso final del aparato lleno de arena	2628,00		gr	
Peso de la arena en la perforación	2755,00		gr	
<b>Peso de la arena en el cono (Calibración del cono)</b>	<b>1667,00</b>		gr	
<b>Densidad de la arena de Ottawa</b>	<b>1,582</b>		gr/cm <sup>3</sup>	
Volumen de la perforación ensayada	1741,47		cm <sup>3</sup>	
<b>HUMEDAD NATURAL Y DENSIDAD SECA</b>				
N° recipiente	<b>74</b>	<b>67A</b>	-	
Peso recipiente (Wr)	11,53	11,34	gr	
Peso suelo húmedo + recipiente (Wh + Wr)	33,27	33,49	gr	
Peso suelo seco + recipiente (Ws + Wr)	30,03	29,78	gr	
Peso de agua (Ww)	3,24	3,71	gr	
Peso suelo seco (Ws)	18,50	18,44	gr	
Contenido de humedad (W%)	17,51	20,12	%	
<b>W Promedio (%)</b>	<b>18,82</b>		<b>%</b>	
<b>FASES DEL SUELO</b>				
	<b>VOLUMEN</b>		<b>PESOS</b>	
	Vv=	8,26		
	Va=	1,31	Wa=	0,00
	Vw=	6,95	Ww=	6,95
	Vs=	6,97	Ws=	18,50
Vm=	15,23	Wm=	25,45	
<b>PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO</b>				
Densidad Húmeda ( $\gamma_h$ )	1,67		gr/cm <sup>3</sup>	
Densidad seca ( $\gamma_d$ )	1,41		gr/cm <sup>3</sup>	
Contenido de humedad natural (W%)	18,82		%	
Relación de vacíos (e)	1,18		-	
Porosidad (n)	54,22		%	
Grado de saturación del agua (Gw%)	84,17		%	
Grado de saturación del aire (Ga%)	15,83		%	

### Anexo A2-3. Gravedad específica



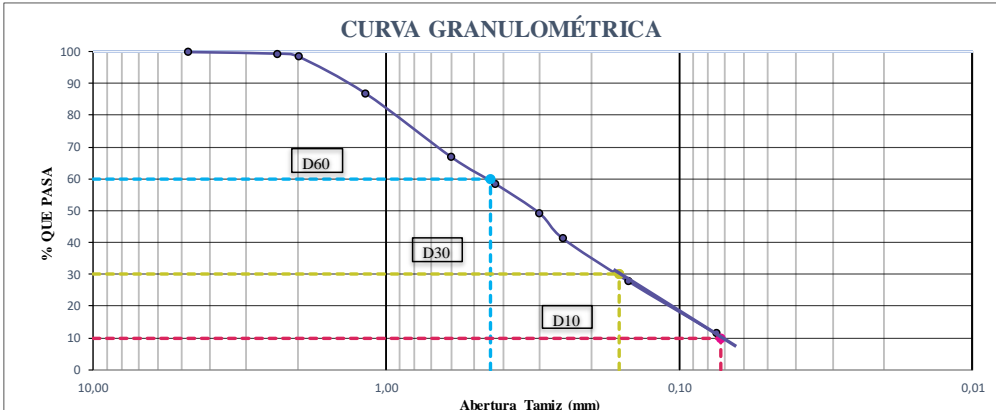
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>Proyecto:</b>	“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”		
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS			
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 100 2015
<b>Fecha:</b>	01/12/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado
<b>N° Muestra:</b>	2	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Coordenadas:</b>	X= 9891079		Y=772547
Peso del picnómetro + agua (W <sub>bw</sub> )		651,72	g
Peso del picnómetro + agua+ suelo sug (W <sub>bws</sub> )		682,55	g
Temperatura del agua + suelo		21	°C
N° Recipiente		91	
Peso del recipiente (W <sub>r</sub> )		124,13	gr
Peso del recipiente + suelo seco		173,55	gr
<b>Factor de corrección por temperatura (K)</b>		0,998	gr
<b>Peso del suelo seco (W<sub>s</sub>)</b>		<b>49,42</b>	gr
<b>Desplazamiento de agua (D<sub>w</sub>)</b>		<b>18,59</b>	
<b>Gravedad específica (G<sub>s</sub>)</b>			<b>2,653</b>

### Anexo A2-4. Contenido de humedad natural



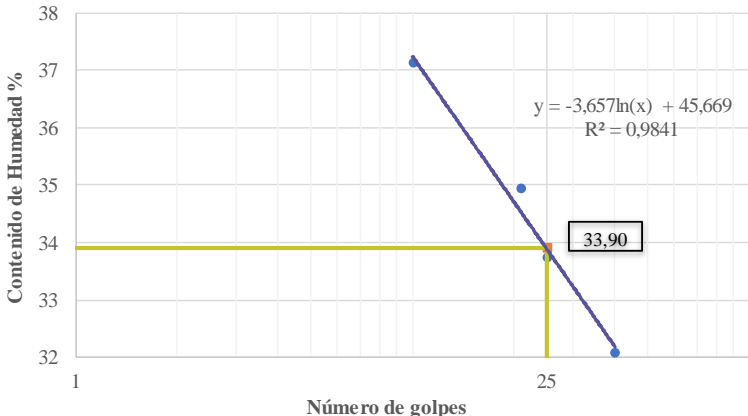
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>Proyecto:</b>	“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”		
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 265 2015
<b>Fecha:</b>	08/11/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado
<b>N° Muestra:</b>	2	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Coordenadas:</b>	X= 9891079		Y=772547
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (w%)			
N° recipiente		<b>36</b>	<b>25</b>
Peso recipiente (W <sub>r</sub> )		24,88	24,32
Peso suelo húmedo + recipiente (W <sub>h</sub> + W <sub>r</sub> )		60,84	76,89
Peso suelo seco + recipiente (W <sub>s</sub> + W <sub>r</sub> )		55,70	68,56
Peso de agua (W <sub>w</sub> )		5,14	8,33
Peso suelo seco (W <sub>s</sub> )		30,82	44,24
Contenido de humedad ω%		16,68	18,83
<b>W Promedio (%)</b>			<b>17,76</b>





## Anexo A2-5. Granulometría

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>  </div>						
<b>Proyecto:</b>		"ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"				
GRANULOMETRÍA						
<b>Parroquia:</b>		Belisario Quevedo		<b>Norma:</b>		AASHTO T 88 2013
<b>Fecha:</b>		08/11/2022		<b>Ensayado por:</b>		Vanessa Pérez Pintado
<b>N° Muestra:</b>		2		<b>Revisado por:</b>		Ing. Favio Portilla
<b>Coordenadas:</b>			X= 9891079		Y=772547	
# Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% de retención parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4	4,750	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,360	5,02	5,02	0,50	0,50	99,50
10	2,000	9,20	14,22	0,92	1,42	98,58
16	1,180	115,39	129,61	11,56	12,98	87,02
30	0,600	200,01	329,62	20,03	33,01	66,99
40	0,425	83,60	413,22	8,37	41,39	58,61
50	0,300	92,73	505,95	9,29	50,67	49,33
60	0,250	78,44	584,39	7,86	58,53	41,47
100	0,150	133,72	718,11	13,39	71,92	28,08
200	0,075	164,17	882,28	16,44	88,36	11,64
<b>Bandeja</b>		116,18	998,46	11,64	100,00	0,00
<b>Total</b>						
						
RESULTADOS						
<i>Coefficiente de uniformidad y curvatura</i>						
<b>D10 (mm)</b>	0,072	<b>Cu</b>	6,11			
<b>D30 (mm)</b>	0,160	<b>Cc</b>	0,81			
<b>D60 (mm)</b>	0,440	<b>TNM (mm)</b>	1,18			
<i>Fracción de Partículas</i>	%Grava	%Arena	%Finos			
	0,00%	88,36	11,64			

## Anexo A2-6. Límites de Atterberg

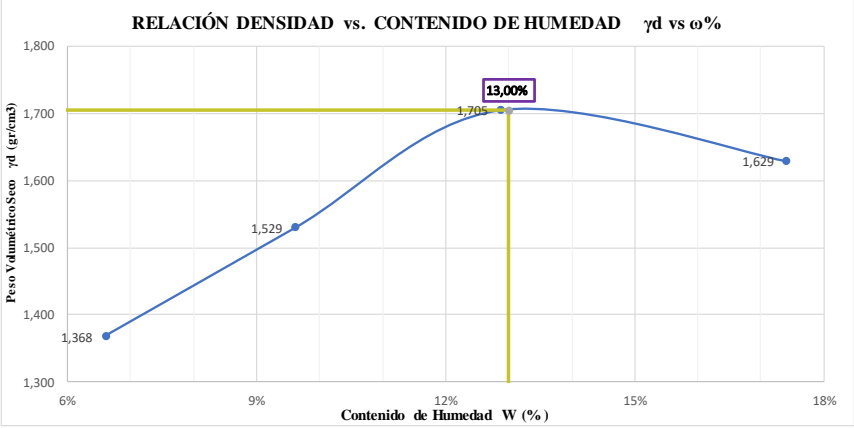
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>								
<b>Proyecto:</b>	"ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"							
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>								
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo			<b>Norma:</b>	AASHTO T 89 2013			
<b>Fecha:</b>	15/11/2022			<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado			
<b>N° Muestra:</b>	2			<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla			
<b>Coordenadas:</b>	X= 9891079				Y=772547			
<b>Número de Golpes</b>	<b>10</b>		<b>21</b>		<b>25</b>		<b>40</b>	
N° Recipiente	26A	77LA	23	18	19	04A	37	13
Peso recipiente (gr)	11,20	11,43	11,12	11,53	11,51	11,06	11,33	11,07
Peso suelo húmedo + rec (gr)	21,75	17,46	13,72	13,26	12,56	12,89	12,62	12,77
Peso suelo seco + rec (gr)	18,89	15,83	13,05	12,81	12,30	12,42	12,29	12,38
Peso agua (gr) Ws	2,86	1,63	0,67	0,45	0,26	0,47	0,33	0,39
Peso de sólidos (gr) Ws	7,69	4,40	1,93	1,28	0,79	1,36	0,96	1,31
Contenido de humedad ω%	37,19	37,05	34,72	35,16	32,91	34,56	34,38	29,77
Promedio de ω%	37,12		34,94		33,74		32,07	
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b> 								
<b>ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO</b>								
Recipiente	69	8	85	32	D4			
Peso recipiente (gr)	4,19	6,95	4,35	4,20	4,35			
Peso suelo húmedo + rec (gr)	4,80	7,24	5,03	4,73	4,92			
Peso suelo seco + rec (gr)	4,66	7,18	4,88	4,61	4,80			
Peso agua (gr) Ww	0,14	0,06	0,15	0,12	0,12			
Peso sólidos (gr) Ws	0,47	0,23	0,53	0,41	0,45			
Contenido de humedad ω%	29,79	26,09	28,30	29,27	26,67			
Promedio de ω%	28,02							
<b>LÍMITE LÍQUIDO (LL%)</b>					33,90		<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>	
<b>LÍMITE PLÁSTICO (LP%)</b>					28,02		AASHTO	A-2-4
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP = LL - LP)</b>					5,88		SUCS	SP-SM

## Anexo A2-7. Proctor Modificado

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”
<b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</b>	
<b>Parroquia:</b> <b>Fecha:</b> <b>N° Muestra:</b>	Belisario Quevedo 10/11/2022 2
<b>Norma:</b> <b>Ensayado por:</b> <b>Revisado por:</b>	AASHTO T 180 2018 Vanessa Pérez Pintado Ing. Favio Portilla
<b>Coordenadas:</b>	X= 9891079 Y=772547
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
<b>ALTURA CAÍDA</b>	18" o 1.5ft
<b>PESO MOLDE</b>	13977 gr
<b>ALTURA DEL MOLDE</b>	12,8 cm
<b>DIÁMETRO</b>	15 cm
<b>VOL. MOLDE</b>	2261,952 cm <sup>3</sup>
<b>P. MARTILLO</b>	18 lb
<b>NÚMERO DE CAPAS</b>	5
<b>NÚMERO DE GOLPES</b>	56
<b>PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>	
Ensayo	1 2 3 4
Peso inicial deseado	6000 6000 6000 6000
Hum. Inicial Estimada %	4% 8% 12% 16%
P.molde + suelo húmedo (gr)	17276 17769 18331 18303
Peso suelo húmedo	3299 3792 4354 4326
Peso Unitario Húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,458 1,676 1,925 1,913
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	
N° Recipiente	01 42I 75 100 91 79 83 77
Peso recipiente (gr)	32,24 31,73 30,69 30,32 32,43 30,89 30,84 30,88
Peso suelo húmedo + rec (gr)	117,88 165,88 56,69 89,16 70,90 98,42 86,38 106,95
Peso suelo seco + rec (gr)	113,13 156,71 54,37 84,09 66,51 90,72 77,81 96,14
Peso agua (gr)	4,75 9,17 2,32 5,07 4,39 7,70 8,57 10,81
Peso suelo seco (gr)	80,89 124,98 23,68 53,77 34,08 59,83 46,97 65,26
Contenido de humedad $\omega$ %	5,87% 7,34% 9,80% 9,43% 12,88% 12,87% 18,25% 16,56%
Promedio de $\omega$ %	6,60% 9,61% 12,88% 17,41%
Densidad seca $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,368 1,529 1,705 1,705 1,705 1,705 1,629
Densidad máxima $\gamma_{max}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,71
Humedad óptima %	13,00%



  

**RELACIÓN DENSIDAD vs. CONTENIDO DE HUMEDAD  $\gamma_d$  vs  $\omega$ %**



Contenido de Humedad W (%)	Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )
6,60%	1,368
9,61%	1,529
12,88%	1,705
13,00%	1,705
17,41%	1,629

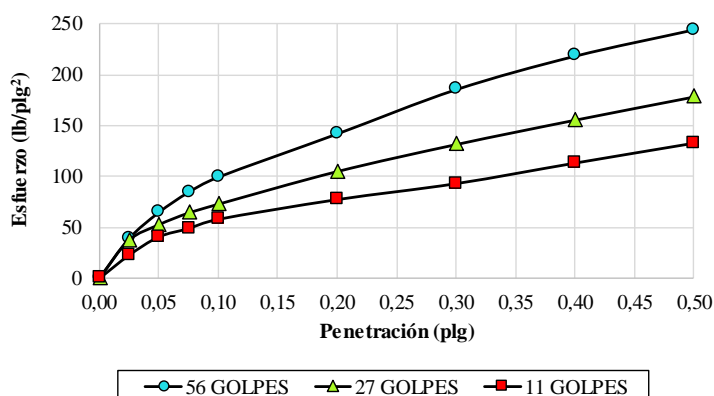
## Anexo A2-8. CBR

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"					
<b>ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>						
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo		<b>Norma:</b>	AASHTO T 193 2013		
<b>Fecha:</b>	05/12/2022		<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado		
<b>N° Muestra:</b>	2		<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla		
<b>Coordenadas:</b>	X= 9891079			Y=772547		
<b>DATOS DE MOLDEO</b>						
<b>Contenido de Humedad Óptima (%):</b>				<b>13,00%</b>		
<b>MOLDE N°</b>	1		2		3	
<b>DIMENSIONES</b>	Diámetro	15,24	Diámetro	15,24	Diámetro	15,24
	Altura	12,573	Altura	12,573	Altura	15,24
<b>N° de Capas</b>	5		5		5	
<b>N° de Golpes</b>	56		27		11	
<b>Peso molde + suelo húmedo (gr)</b>	11717		12220		11549	
<b>Peso del Molde (gr)</b>	7454		8430		7926	
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>	4263		3790		3623	
<b>Volumen Muestra (cm<sup>3</sup>)</b>	2293,51		2293,51		2293,51	
<b>Peso Unitario Húmedo <math>\gamma_m</math> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1,859</b>		<b>1,652</b>		<b>1,580</b>	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>N° Recipiente</b>	<b>19</b>	<b>820</b>	<b>36</b>	<b>12</b>	<b>76</b>	<b>68</b>
<b>Peso Recipiente (gr)</b>	26,57	30,86	24,87	25,29	30,73	30,81
<b>Peso suelo húmedo + rec (gr)</b>	111,96	146,23	135,49	162,93	168,04	132,16
<b>Peso suelo seco + rec (gr)</b>	102,07	132,82	122,74	147,03	152,61	120,34
<b>Peso agua (gr)</b>	9,89	13,41	12,75	15,90	15,43	11,82
<b>Peso de Sólidos</b>	75,50	101,96	97,87	121,74	121,88	89,53
<b>Contenido de humedad <math>\omega</math>%</b>	13,10	13,15	13,03	13,06	12,66	13,20
<b>Promedio de <math>\omega</math>%</b>	13,13		13,04		12,93	
<b>Peso Unitario Seco <math>\gamma_d</math> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1,643</b>		<b>1,462</b>		<b>1,399</b>	
<b>DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
<b>Peso molde + suelo húmedo (gr)</b>	11797		12381		11856	
<b>Peso del Molde (gr)</b>	7454		8430		7926	
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>	4343		3951		3930	
<b>Masa Agua Absorbida</b>	80		161		307	
<b>% Agua Absorbida</b>	1,88%		4,25%		8,47%	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>N° Recipiente</b>	<b>43</b>	<b>85</b>	<b>028</b>	<b>16</b>	<b>41</b>	<b>46</b>
<b>Peso Recipiente (gr)</b>	32,34	30,71	24,79	24,33	31,12	25,02
<b>Peso suelo húmedo + rec (gr)</b>	159,40	118,61	110,50	117,95	128,56	123,31
<b>Peso suelo seco + rec (gr)</b>	130,81	100,73	91,83	98,71	106,84	101,69
<b>Peso agua (gr)</b>	28,59	17,88	18,67	19,24	21,72	21,62
<b>Peso de Sólidos</b>	98,47	70,02	67,04	74,38	75,72	76,67
<b>Contenido de humedad <math>\omega</math>%</b>	29,03	25,54	27,85	25,87	28,68	28,20
<b>Promedio de <math>\omega</math>%</b>	<b>27,28</b>		<b>26,86</b>		<b>28,44</b>	

### ENSAYO CBR

Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg <sup>2</sup>		Vel.Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	1		2		3	
N° de golpes	56		27		11	
<b>Penetración (plg)</b>	<b>Dial</b>	<b>Presión (lb/plg<sup>2</sup>)</b>	<b>Dial</b>	<b>Presión (lb/plg<sup>2</sup>)</b>	<b>Dial</b>	<b>Presión (lb/plg<sup>2</sup>)</b>
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	117,1	39,0	112,6	37,5	68,2	22,7
0,050	194,1	64,7	158,6	52,9	122,1	40,7
0,075	253,6	84,5	193,3	64,4	146,8	48,9
0,100	298,3	99,4	219,2	73,1	173,8	57,9
0,200	425,4	141,8	315,4	105,1	231,5	77,2
0,300	555,6	185,2	394,9	131,6	278,2	92,7
0,400	654,0	218,0	466,6	155,5	338,3	112,8
0,500	731,5	243,8	534,9	178,3	396,5	132,2

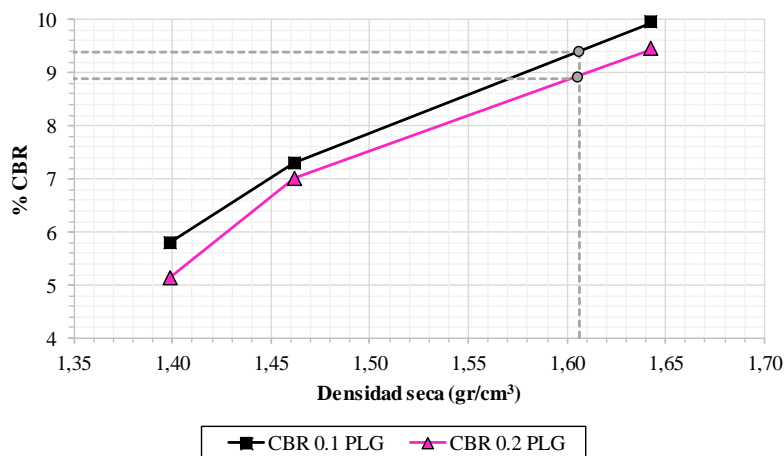
### ESFUERZO vs. PENETRACIÓN



### 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	99,43	9,94	1,643	141,80	9,45	1,643
2	73,07	7,31	1,462	105,13	7,01	1,462
3	57,93	5,79	1,399	77,17	5,14	1,399

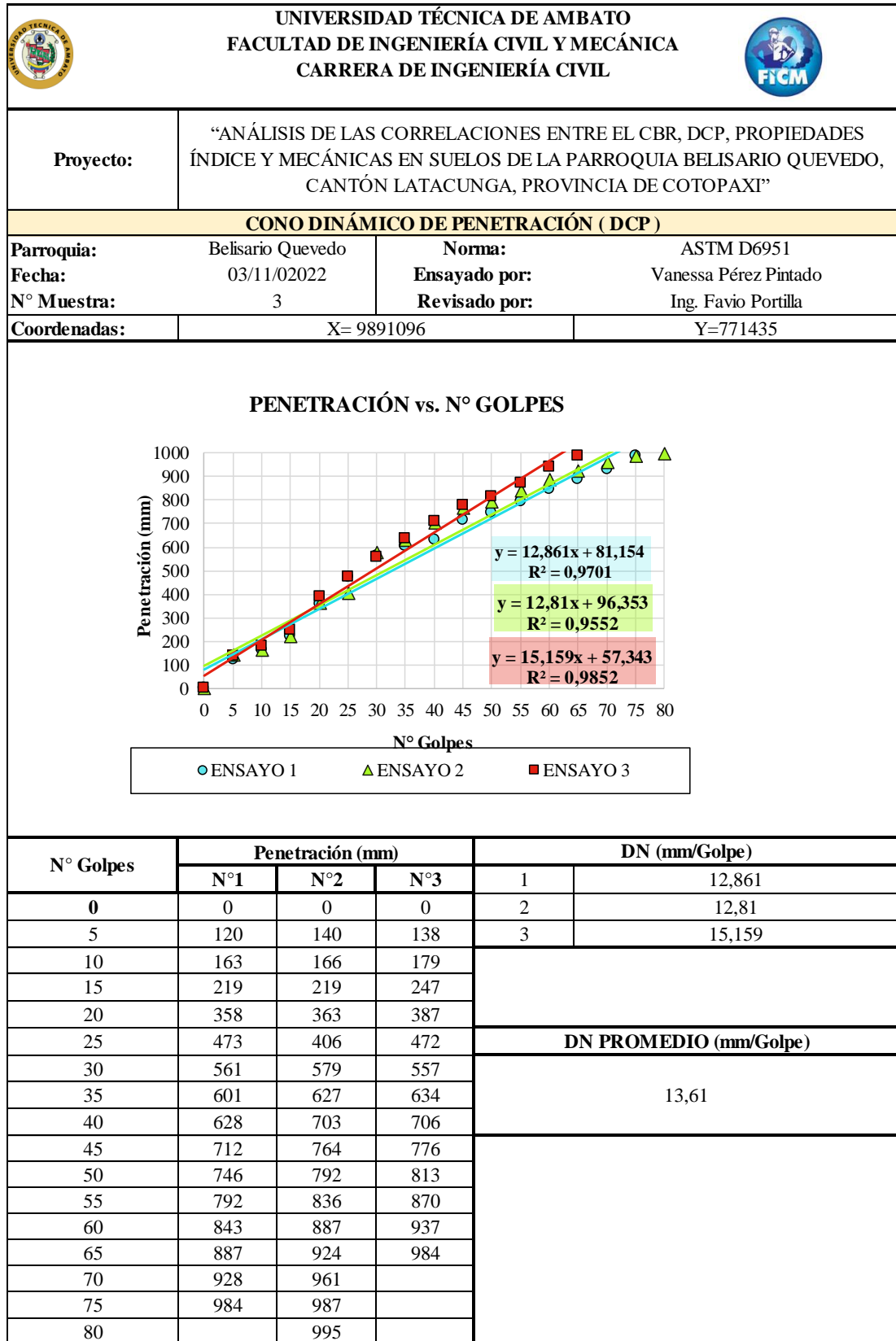
### % CBR vs. DENSIDAD SECA





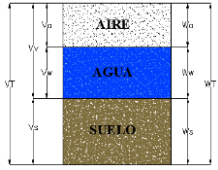
DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	95% DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
1,705	1,620	9,40	8,90

## **ANEXO A3: MUESTRA #3**

Anexo A3-1. Ensayo DCP




## Anexo A3-2. Densidad de campo



 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”			
<b>DENSIDAD DE CAMPO (CONO Y ARENA)</b>				
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 191 2014	
<b>Fecha:</b>	03/11/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado	
<b>N° Muestra:</b>	3	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla	
<b>Coordenadas:</b>	X= 9891096		Y=771435	
<b>PESO DEL SUELO EXTRAÍDO</b>				
Peso del suelo extraído + funda	2090,00	gr		
Peso de la funda	3,30	gr		
Peso del suelo húmedo	2086,70	gr		
<b>VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO</b>				
Peso inicial del aparato lleno de arena	7055,00	gr		
Peso final del aparato lleno de arena	3405,00	gr		
Peso de la arena en la perforación	1983,00	gr		
<b>Peso de la arena en el cono (Calibración del cono)</b>	<b>1667,00</b>	gr		
<b>Densidad de la arena de Ottawa</b>	<b>1,582</b>	gr/cm <sup>3</sup>		
Volumen de la perforación ensayada	1253,48	cm <sup>3</sup>		
<b>HUMEDAD NATURAL Y DENSIDAD SECA</b>				
N° recipiente	<b>31</b>	<b>26A</b>	-	
Peso recipiente (W <sub>r</sub> )	11,33	11,20	gr	
Peso suelo húmedo + recipiente (W <sub>h</sub> + W <sub>r</sub> )	37,47	36,13	gr	
Peso suelo seco + recipiente (W <sub>s</sub> + W <sub>r</sub> )	33,38	32,23	gr	
Peso de agua (W <sub>w</sub> )	4,09	3,90	gr	
Peso suelo seco (W <sub>s</sub> )	22,05	21,03	gr	
Contenido de humedad (W%)	18,55	18,54	%	
W Promedio (%)	18,55		%	
<b>FASES DEL SUELO</b>				
	<b>VOLUMEN</b>		<b>PESOS</b>	
	V <sub>v</sub> =	7,07		
	V <sub>a</sub> =	3,17	W <sub>a</sub> =	0,00
	V <sub>w</sub> =	3,90	W <sub>w</sub> =	3,90
	V <sub>s</sub> =	7,91	W <sub>s</sub> =	21,03
V <sub>m</sub> =	14,98	W <sub>m</sub> =	24,93	
<b>PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO</b>				
Densidad Húmeda	1,665	gr/cm <sup>3</sup>		
Densidad seca	1,404	gr/cm <sup>3</sup>		
Contenido de humedad natural	18,550	%		
Relación de vacíos	0,894	-		
Porosidad	47,201	%		
Grado de saturación del agua	55,174	%		
Grado de saturación del aire	44,826	%		





### Anexo A3-3. Gravedad específica

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”		
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS			
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 100 2015
<b>Fecha:</b>	01/12/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado
<b>N° Muestra:</b>	3	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Coordenadas:</b>	X= 9891096		Y=771435
Peso del picnómetro + agua (W <sub>bw</sub> )	661,32		g
Peso del picnómetro + agua+ suelo sug (W <sub>bws</sub> )	691,94		g
Temperatura del agua + suelo	24,00		°C
N° Recipiente	-		
Peso del recipiente (W <sub>r</sub> )	107,75		gr
Peso del recipiente + suelo seco	156,74		gr
<b>Factor de corrección por temperatura (K)</b>	0,997324		gr
<b>Peso del suelo seco (W<sub>s</sub>)</b>	<b>48,99</b>		gr
<b>Desplazamiento de agua (D<sub>w</sub>)</b>	<b>18,37</b>		
<b>Gravedad específica (G<sub>s</sub>)</b>	<b>2,660</b>		



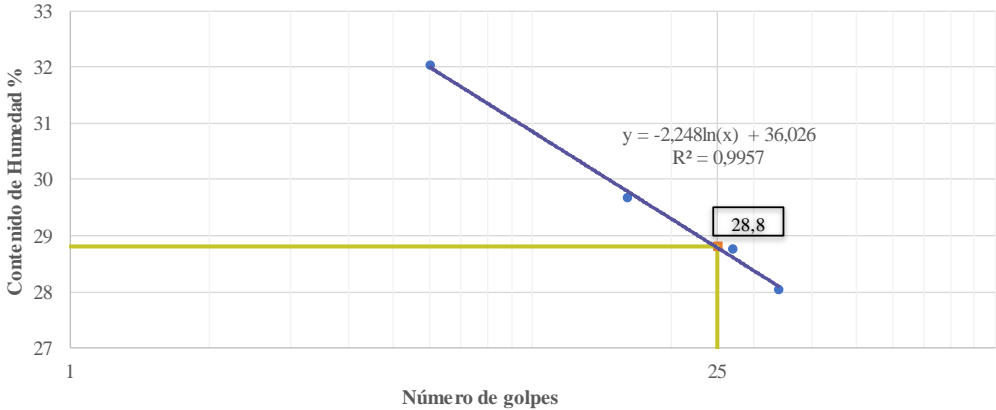
### Anexo A3-4. Contenido de humedad natural

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”		
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 265 2015
<b>Fecha:</b>	08/11/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado
<b>N° Muestra:</b>	3	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Coordenadas:</b>	X= 9891096		Y=771435
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (w%)			
N° recipiente	<b>36</b>	<b>68</b>	-
Peso recipiente (W <sub>r</sub> )	24,84	30,78	gr
Peso suelo húmedo + recipiente (W <sub>h</sub> + W <sub>r</sub> )	106,84	90,77	gr
Peso suelo seco + recipiente (W <sub>s</sub> + W <sub>r</sub> )	93,31	81,66	gr
Peso de agua (W <sub>w</sub> )	13,53	9,11	gr
Peso suelo seco (W <sub>s</sub> )	68,47	50,88	gr
Contenido de humedad ω%	19,76	17,9	%
<b>W Promedio (%)</b>	<b>18,83</b>		<b>%</b>



## Anexo A3-5. Granulometría

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>  </div>						
<b>Proyecto:</b>	"ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"					
GRANULOMETRÍA						
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo			<b>Norma:</b>	AASHTO T 88 2013	
<b>Fecha:</b>	08/11/2022			<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado	
<b>N° Muestra:</b>	3			<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla	
<b>Coordenadas:</b>	X= 9891096			Y=771435		
# Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% de retención parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4	4,750	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,360	3,45	3,45	0,35	0,35	99,65
10	2,000	1,98	5,43	0,20	0,55	99,45
16	1,180	127,22	132,65	12,79	13,34	86,66
30	0,600	188,98	321,63	19,00	32,34	67,66
40	0,425	83,48	405,11	8,39	40,73	59,27
50	0,300	106,63	511,74	10,72	51,46	48,54
60	0,250	63,47	575,21	6,38	57,84	42,16
100	0,150	131,39	706,60	13,21	71,05	28,95
200	0,075	166,93	873,53	16,79	87,84	12,16
<b>Bandeja</b>		120,98	994,51	12,16	100,00	0,00
<b>Total</b>			<b>994,51</b>			
RESULTADOS						
<i>Coefficiente de uniformidad y curvatura</i>						
<b>D10 (mm)</b>	0,07	<b>Cu</b>	6,29			
<b>D30 (mm)</b>	0,160	<b>Cc</b>	0,83			
<b>D60 (mm)</b>	0,440	<b>TNM (mm)</b>	1,18			
<i>Fracción de Partículas</i>	%Grava	% Arena	%Finos			
	0,00	87,84	12,16			

## Anexo A3-6. Límites de Atterberg

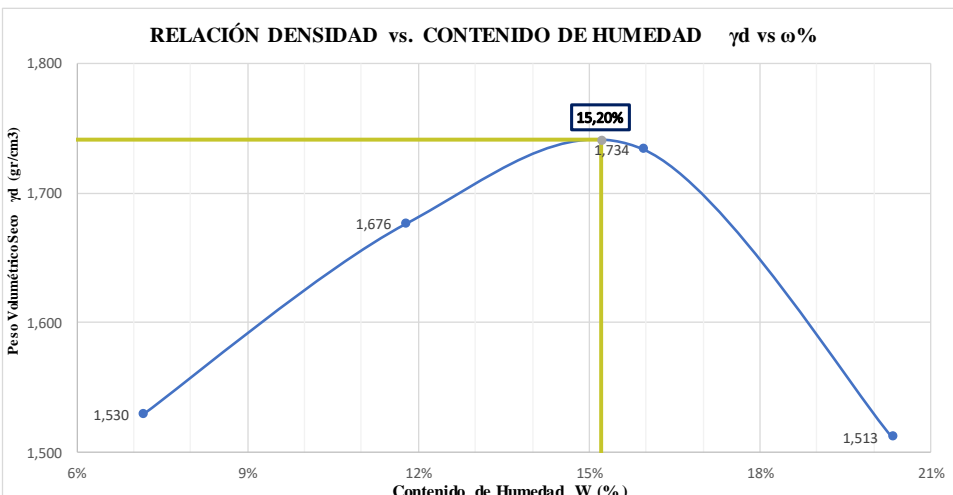
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>  </div>								
<b>Proyecto:</b>		“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”						
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>								
<b>Parroquia:</b>		Belisario Quevedo		<b>Norma:</b>		AASHTO T 89 2013		
<b>Fecha:</b>		15/11/2022		<b>Ensayado por:</b>		Vanessa Pérez Pintado		
<b>N° Muestra:</b>		3		<b>Revisado por:</b>		Ing. Favio Portilla		
<b>Coordenadas:</b>		X= 9891096			Y=771435			
<b>Número de Golpes</b>	<b>6</b>		<b>16</b>		<b>27</b>		<b>34</b>	
N° Recipiente	21A	10	5	7	4	14	3	12
Peso recipiente (gr)	11,08	21,96	22,38	22,55	22,53	22,87	23,45	21,58
Peso suelo húmedo + rec (gr)	16,10	24,75	30,54	27,10	28,16	27,49	30,26	24,91
Peso suelo seco + rec (gr)	14,87	24,08	28,67	26,06	26,90	26,46	28,75	24,19
Peso agua (gr) W <sub>s</sub>	1,23	0,67	1,87	1,04	1,26	1,03	1,51	0,72
Peso de sólidos (gr) W <sub>s</sub>	3,79	2,12	6,29	3,51	4,37	3,59	5,30	2,61
Contenido de humedad ω%	32,45	31,60	29,73	29,63	28,83	28,69	28,49	27,59
Promedio de ω%	32,03		29,68		28,76		28,04	
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>								
								
<b>ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO</b>								
Recipiente	52	65	52R	85	2			
Peso recipiente (gr)	6,19	6,14	4,31	4,38	7,42			
Peso suelo húmedo + rec (gr)	6,82	6,57	4,87	5,16	7,86			
Peso suelo seco + rec (gr)	6,70	6,49	4,76	5,01	7,77			
Peso agua (gr) W <sub>w</sub>	0,12	0,08	0,11	0,15	0,09			
Peso sólidos (gr) W <sub>s</sub>	0,51	0,35	0,45	0,63	0,35			
Contenido de humedad ω%	23,53	22,86	24,44	23,81	25,71			
Promedio de ω%	24,07							
<b>LÍMITE LÍQUIDO (LL%)</b>	28,80				<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>			
<b>LÍMITE PLÁSTICO (LP%)</b>	24,07				AASHTO	A-2-4		
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP = LL - LP)</b>	4,73				SUCS	SM		

## Anexo A3-7. Proctor Modificado

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>  </div>								
<b>Proyecto:</b>	"ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"							
<b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</b>								
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo		<b>Norma:</b>			AASHTO T 180 2018		
<b>Fecha:</b>	14/11/2022		<b>Ensayado por:</b>			Vanessa Pérez Pintado		
<b>N° Muestra:</b>	3		<b>Revisado por:</b>			Ing. Favio Portilla		
<b>Coordenadas:</b>	X= 9891096			Y=771435				
<b>ESPECIFICACIONES</b>								
<b>ALTURA CAÍDA</b>	18" o 1.5ft		<b>DIÁMETRO</b>	15,2	cm	<b>NÚMERO DE CAPAS</b>	5	
<b>PESO MOLDE</b>	12790	gr	<b>VOL. MOLDE</b>	2395,256	cm <sup>3</sup>	<b>NÚMERO DE GOLPES</b>	56	
<b>ALTURA DEL MOLDE</b>	13,2	cm	<b>P. MARTILLO</b>	18	lb			
<b>PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>								
<b>Ensayo</b>	1		2		3		4	
Peso inicial deseado	6000		6000		6000		6000	
Hum. Inicial Estimada %	5%		9%		13%		17%	
P.molde + suelo húmedo (gr)	16718		17278		17605		17149	
Peso suelo húmedo	3928		4488		4815		4359	
Peso Unitario Húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,640		1,874		2,010		1,820	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>								
<b>N° Recipiente</b>	<b>71</b>	<b>028</b>	<b>77</b>	<b>19</b>	<b>VP</b>	<b>VP2</b>	<b>97</b>	<b>98</b>
Peso recipiente (gr)	30,52	24,03	30,87	26,59	23,50	16,57	33,15	32,65
Peso suelo húmedo + rec (gr)	55,68	81,27	92,21	78,41	66,42	63,30	138,69	226,05
Peso suelo seco + rec (gr)	53,94	77,57	86,38	72,43	60,69	56,68	122,94	189,76
Peso agua (gr)	1,74	3,70	5,83	5,98	5,73	6,62	15,75	36,29
Peso suelo seco (gr)	23,42	53,54	55,51	45,84	37,19	40,11	89,79	157,11
Contenido de humedad $\omega\%$	7,43%	6,91%	10,50%	13,05%	15,41%	16,50%	17,54%	23,10%
Promedio de $\omega\%$	7,17%		11,77%		15,96%		20,32%	
Densidad seca $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,530		1,676		1,734		1,513	
Densidad máxima $\gamma_{max}$ (gr/cm <sup>3</sup> )						1,741		
Humedad óptima %						15,20%		



  

**RELACIÓN DENSIDAD vs. CONTENIDO DE HUMEDAD  $\gamma_d$  vs  $\omega\%$**



Contenido de Humedad $\omega\%$	Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )
7.43%	1.530
6.91%	1.676
10.50%	1.676
13.05%	1.676
15.41%	1.734
16.50%	1.734
17.54%	1.734
23.10%	1.513

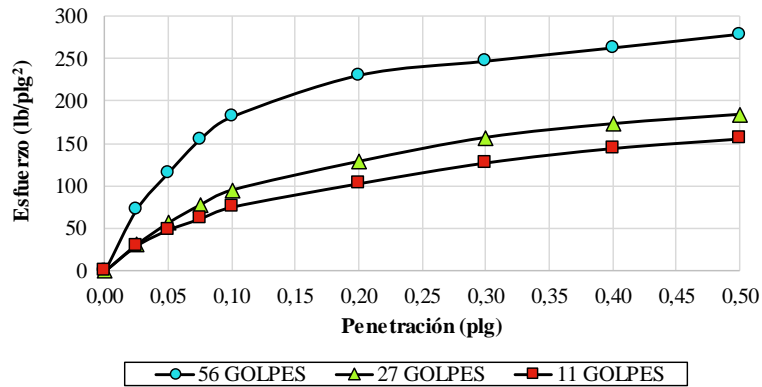
Anexo A3-8. CBR

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"					
<b>ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>						
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo		<b>Norma:</b>	AASHTO T 193 2013		
<b>Fecha:</b>	08/12/2022		<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado		
<b>N° Muestra:</b>	3		<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla		
<b>Coordenadas:</b>	X= 9891096			Y=771435		
<b>DATOS DE MOLDEO</b>						
<b>Contenido de Humedad Óptima (%):</b>			<b>15,20%</b>			
<b>MOLDE N°</b>	1		2		3	
<b>DIMENSIONES</b>	<b>Diámetro</b>	15,2	<b>Diámetro</b>	15,2	<b>Diámetro</b>	15,2
	<b>Altura</b>	12,5	<b>Altura</b>	12,6	<b>Altura</b>	15,2
<b>N° de Capas</b>	5		5		5	
<b>N° de Golpes</b>	56		27		11	
<b>Peso molde + suelo húmedo (gr)</b>	11197		12723		11361	
<b>Peso del Molde (gr)</b>	6752		8425		7344	
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>	4445		4298		4017	
<b>Volumen Muestra (cm<sup>3</sup>)</b>	2268,24		2286,38		2286,38	
<b>Peso Unitario Húmedo <math>\gamma_m</math> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1,960</b>		<b>1,880</b>		<b>1,757</b>	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>N° Recipiente</b>	<b>67</b>	<b>96</b>	<b>V2</b>	<b>H4</b>	<b>84</b>	<b>54</b>
<b>Peso Recipiente (gr)</b>	30,33	31,48	31,14	30,6	30,94	30,89
<b>Peso suelo húmedo + rec (gr)</b>	116,55	195,10	129,17	106,69	118,38	139,80
<b>Peso suelo seco + rec (gr)</b>	105,08	173,41	116,68	96,30	106,55	125,86
<b>Peso agua (gr)</b>	11,47	21,69	12,49	10,39	11,83	13,94
<b>Peso de Sólidos</b>	74,75	141,93	85,54	65,70	75,61	94,97
<b>Contenido de humedad <math>\omega</math>%</b>	15,34	15,28	14,60	15,81	15,65	14,68
<b>Promedio de <math>\omega</math>%</b>	15,31		15,21		15,16	
<b>Peso Unitario Seco <math>\gamma_d</math> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1,699</b>		<b>1,632</b>		<b>1,526</b>	
<b>DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
<b>Peso molde + suelo húmedo (gr)</b>	11203		12771		11472	
<b>Peso del Molde (gr)</b>	6752		8425		7344	
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>	4451		4346		4128	
<b>Masa Agua Absorbida</b>	6		48		111	
<b>% Agua Absorbida</b>	0,13%		1,12%		2,76%	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>N° Recipiente</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>36</b>	<b>46</b>	<b>41</b>	<b>820</b>
<b>Peso Recipiente (gr)</b>	24,98	25,29	24,87	25,06	31,07	30,86
<b>Peso suelo húmedo + rec (gr)</b>	89,59	122,02	95,39	123,23	100,58	126,09
<b>Peso suelo seco + rec (gr)</b>	75,63	100,53	80,33	101,25	84,82	104,58
<b>Peso agua (gr)</b>	13,96	21,49	15,06	21,98	15,76	21,51
<b>Peso de Sólidos</b>	50,65	75,24	55,46	76,19	53,75	73,72
<b>Contenido de humedad <math>\omega</math>%</b>	27,56	28,56	27,15	28,85	29,32	29,18
<b>Promedio de <math>\omega</math>%</b>	<b>28,06</b>		<b>28,00</b>		<b>29,25</b>	

**ENSAYO CBR**

Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg <sup>2</sup>		Vel.Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	1		2		3	
N° de golpes	56		27		11	
<b>Penetración (plg)</b>	<b>Dial</b>	<b>Presión (lb/plg<sup>2</sup>)</b>	<b>Dial</b>	<b>Presión (lb/plg<sup>2</sup>)</b>	<b>Dial</b>	<b>Presión (lb/plg<sup>2</sup>)</b>
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	216,8	72,3	93,6	31,2	89,5	29,8
0,050	346,3	115,4	170,3	56,8	145,6	48,5
0,075	463,9	154,6	233,3	77,8	185,3	61,8
0,100	543,6	181,2	285,6	95,2	226,8	75,6
0,200	689,6	229,9	386,4	128,8	309,8	103,3
0,300	739,5	246,5	470,5	156,8	383,3	127,8
0,400	786,3	262,1	518,6	172,9	434,3	144,8
0,500	834,4	278,1	551,5	183,8	468,1	156,0

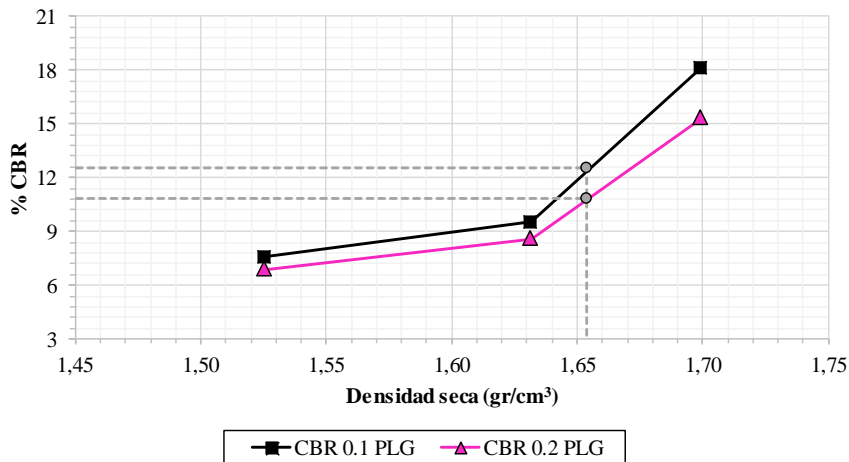
**ESFUERZO vs. PENETRACIÓN**



**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	181,20	18,12	1,699	229,87	15,32	1,699
2	95,20	9,52	1,632	128,80	8,59	1,632
3	75,60	7,56	1,526	103,27	6,88	1,526

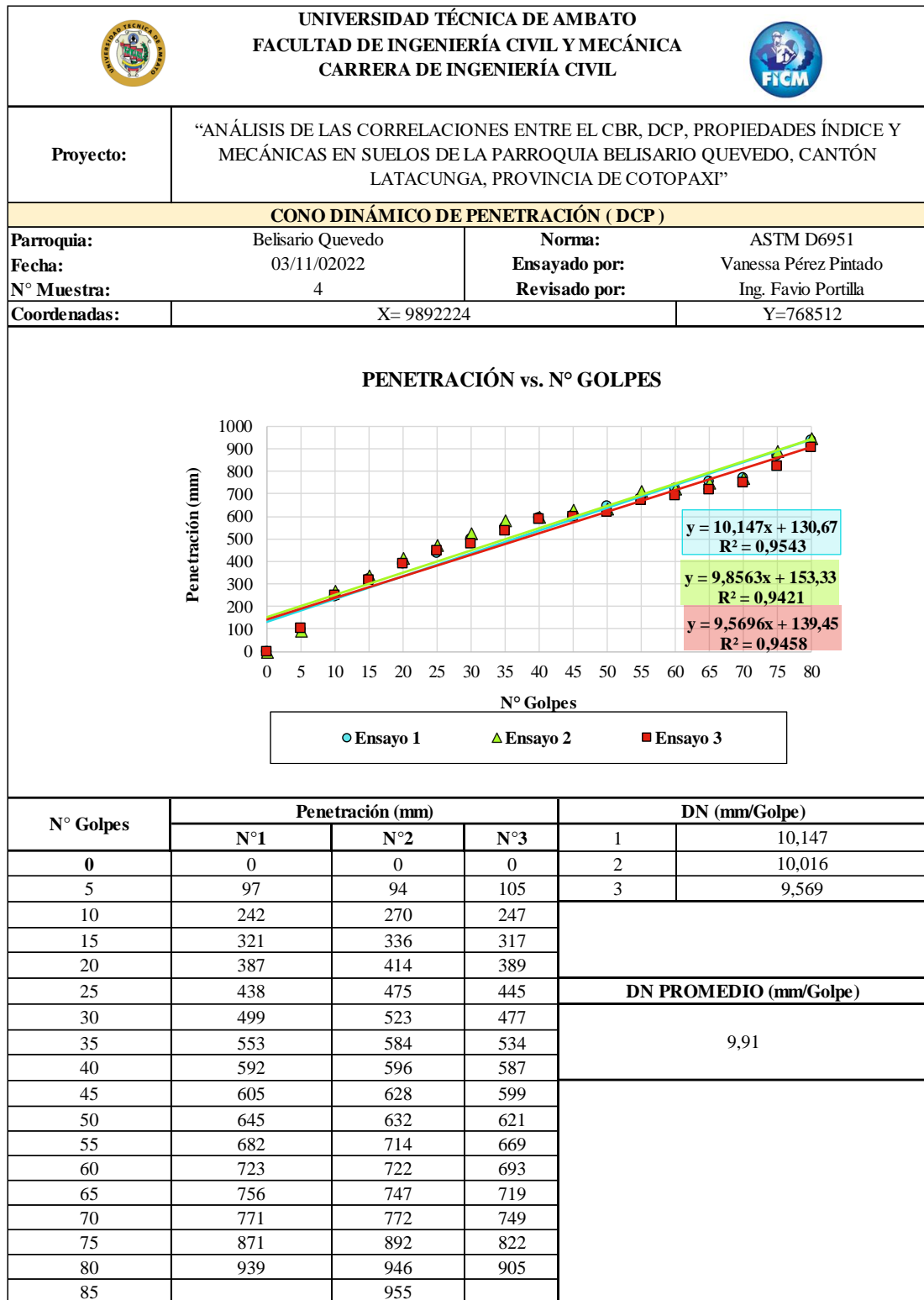
**% CBR vs. DENSIDAD SECA**



DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	95% DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
1,741	1,654	12,50	10,8



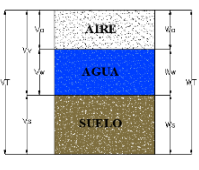
## **ANEXO A4: MUESTRA #4**

Anexo A4-1. Ensayo DCP









## Anexo A4-2. Densidad de campo

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”			
<b>DENSIDAD DE CAMPO (CONO Y ARENA)</b>				
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 191 2014	
<b>Fecha:</b>	03/11/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado	
<b>N° Muestra:</b>	4	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla	
<b>Coordenadas:</b>	X= 9892224		Y=768512	
<b>PESO DEL SUELO EXTRAÍDO</b>				
Peso del suelo extraído + funda	2300,00		gr	
Peso de la funda	3,30		gr	
Peso del suelo húmedo	2296,70		gr	
<b>VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO</b>				
Peso inicial del aparato lleno de arena	7020,00		gr	
Peso final del aparato lleno de arena	3175,00		gr	
Peso de la arena en la perforación	2178,00		gr	
<b>Peso de la arena en el cono (Calibración del cono)</b>	<b>1667,00</b>		gr	
<b>Densidad de la arena de Ottawa</b>	<b>1,582</b>		gr/cm <sup>3</sup>	
Volumen de la perforación ensayada	1376,74		cm <sup>3</sup>	
<b>HUMEDAD NATURAL Y DENSIDAD SECA</b>				
N° recipiente	<b>18</b>	<b>71</b>	-	
Peso recipiente (Wr)	11,50	11,28	gr	
Peso suelo húmedo + recipiente (Wh + Wr)	35,22	38,73	gr	
Peso suelo seco + recipiente (Ws + Wr)	32,41	35,52	gr	
Peso de agua (Ww)	2,81	3,21	gr	
Peso suelo seco (Ws)	20,91	24,24	gr	
Contenido de humedad (W%)	13,44	13,24	%	
W Promedio (%)		13,34	%	
<b>FASES DEL SUELO</b>				
	<b>VOLUMEN</b>		<b>PESOS</b>	
	Vv=	6,37	Wa=	0,00
	Va=	3,56	Ww=	2,81
	Vw=	2,81	Ws=	20,91
	Vs=	7,85	Wm=	23,72
Vm=	14,22			
<b>PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO</b>				
Densidad Húmeda	1,67		gr/cm <sup>3</sup>	
Densidad seca	1,47		gr/cm <sup>3</sup>	
Contenido de humedad natural	13,34		%	
Relación de vacíos	0,81		-	
Porosidad	44,80		%	
Grado de saturación del agua	44,11		%	
Grado de saturación del aire	55,89		%	



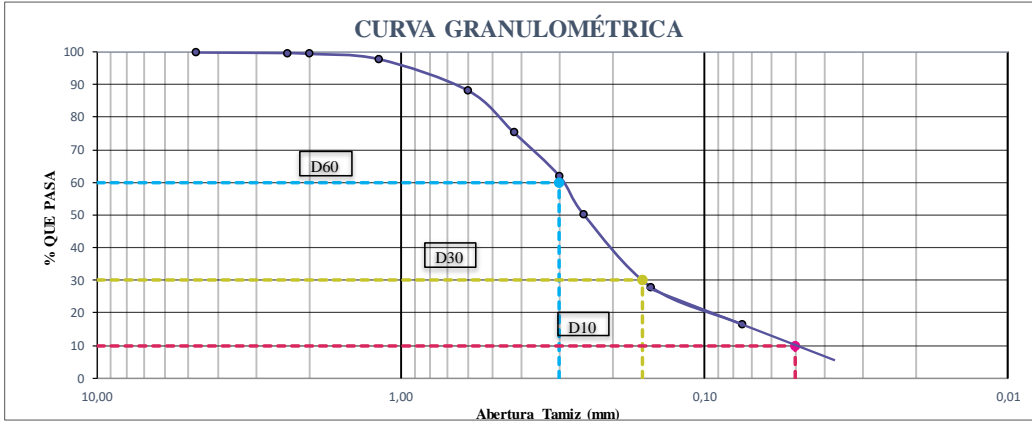
### Anexo A4-3. Gravedad Específica

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”		
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS</b>			
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 100 2015
<b>Fecha:</b>	02/12/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado
<b>N° Muestra:</b>	4	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Coordenadas:</b>	X= 9892224		Y=768512
Peso del picnómetro + agua (Wbw)	661,09	g	
Peso del picnómetro + agua+ suelo sug (Wbws)	691,28	g	
Temperatura del agua + suelo	26,00	°C	
N° Recipiente	-		
Peso del recipiente (Wr)	66,38	gr	
Peso del recipiente + suelo seco	114,62	gr	
<b>Factor de corrección por temperatura (K)</b>	0,997	gr	
<b>Peso del suelo seco (Ws)</b>	<b>48,24</b>	gr	
<b>Desplazamiento de agua (Dw)</b>	<b>18,05</b>		
<b>Gravedad específica (Gs)</b>	<b>2,664</b>		



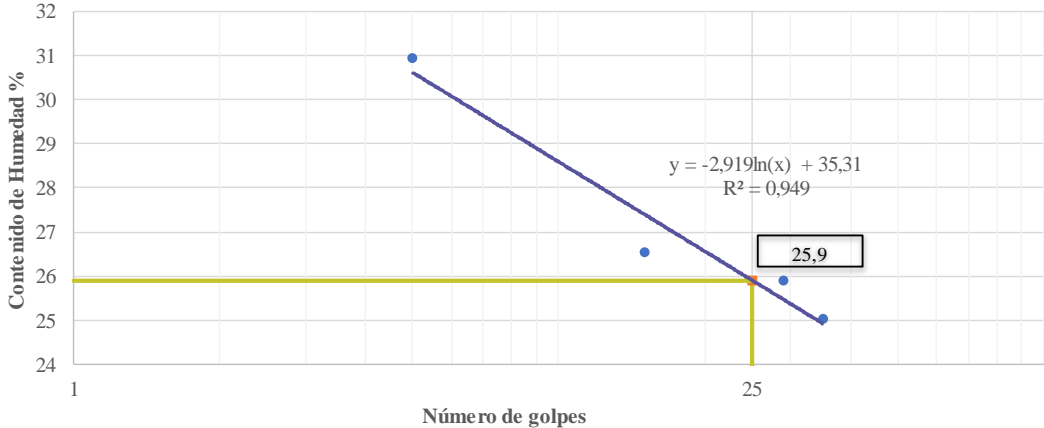
### Anexo A4-4. Contenido de humedad natural

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”		
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 265 2015
<b>Fecha:</b>	08/11/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado
<b>N° Muestra:</b>	4	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Coordenadas:</b>	X= 9892224		Y=768512
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (w%)</b>			
N° recipiente	<b>25</b>	<b>90</b>	-
Peso recipiente (Wr)	24,3	30,71	gr
Peso suelo húmedo + recipiente (Wh + Wr)	93,92	84,35	gr
Peso suelo seco + recipiente (Ws + Wr)	85,31	77,75	gr
Peso de agua (Ww )	8,61	6,60	gr
Peso suelo seco ( Ws )	61,01	47,04	gr
Contenido de humedad $\omega$ %	14,11	14,03	%
<b>W Promedio (%)</b>	<b>14,07</b>		<b>%</b>



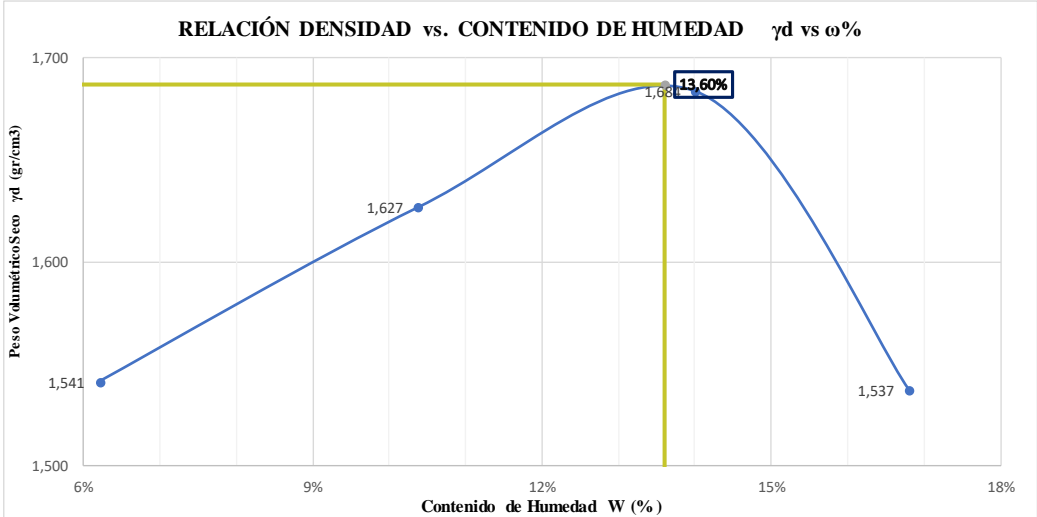
## Anexo A4-5. Granulometría

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”					
<b>GRANULOMETRÍA</b>						
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 88 2013			
<b>Fecha:</b>	02/12/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado			
<b>N° Muestra:</b>	4	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla			
<b>Coordenadas:</b>	X= 9892224		Y=768512			
# Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% de retención parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4	4,750	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,360	1,84	1,84	0,18	0,18	99,82
10	2,000	2,61	4,45	0,26	0,45	99,55
16	1,180	16,17	20,62	1,62	2,06	97,94
30	0,600	96,50	117,12	9,66	11,73	88,27
40	0,425	127,69	244,81	12,79	24,51	75,49
50	0,300	135,22	380,03	13,54	38,05	61,95
60	0,250	116,82	496,85	11,70	49,75	50,25
100	0,150	222,49	719,34	22,28	72,03	27,97
200	0,075	115,11	834,45	11,53	83,56	16,44
<b>Bandeja</b>		164,22	998,67	16,44	100,00	0,00
<b>Total</b>			<b>998,67</b>			
						
<b>RESULTADOS</b>						
<i>Coefficiente de uniformidad y curvatura</i>						
<b>D10 (mm)</b>	0,05	<b>Cu</b>	6,00			
<b>D30 (mm)</b>	0,160	<b>Cc</b>	1,71			
<b>D60 (mm)</b>	0,300	<b>TNM (mm)</b>	0,60			
<i>Fracción de Partículas</i>	%Grava	%Arena	%Finos			
	0,00	83,56	16,44			



## Anexo A4-6. Límites de Atterberg

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>  </div>								
<b>Proyecto:</b>		"ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"						
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>								
<b>Parroquia:</b>		Belisario Quevedo		<b>Norma:</b>		AASHTO T 89 2013		
<b>Fecha:</b>		16/11/2022		<b>Ensayado por:</b>		Vanessa Pérez Pintado		
<b>N° Muestra:</b>		4		<b>Revisado por:</b>		Ing. Favio Portilla		
<b>Coordenadas:</b>		X= 9892224				Y=768512		
<b>Número de Golpes</b>	<b>5</b>		<b>15</b>		<b>29</b>		<b>35</b>	
N° Recipiente	08	13	8	10I	21	11	9	2
Peso recipiente (gr)	17,67	22,32	21,99	10,98	23,11	22,37	22,24	22,07
Peso suelo húmedo + rec (gr)	22,58	28,13	32,49	19,45	31,07	28,50	31,35	28,44
Peso suelo seco + rec (gr)	21,46	26,71	30,28	17,68	29,43	27,24	29,49	27,19
Peso agua (gr) W <sub>s</sub>	1,12	1,42	2,21	1,77	1,64	1,26	1,86	1,25
Peso de sólidos (gr) W <sub>s</sub>	3,79	4,39	8,29	6,70	6,32	4,87	7,25	5,12
Contenido de humedad ω%	29,55	32,35	26,66	26,42	25,95	25,87	25,66	24,41
Promedio de ω%	30,95		26,54		25,91		25,03	
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b> 								
<b>ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO</b>								
Recipiente	25	42	3	EP3	1K			
Peso recipiente (gr)	4,30	4,38	4,35	4,43	4,32			
Peso suelo húmedo + rec (gr)	4,97	5,36	5,05	5,41	5,15			
Peso suelo seco + rec (gr)	4,85	5,18	4,92	5,24	5,01			
Peso agua (gr) W <sub>w</sub>	0,12	0,18	0,13	0,17	0,14			
Peso sólidos (gr) W <sub>s</sub>	0,55	0,80	0,57	0,81	0,69			
Contenido de humedad ω%	21,82	22,50	22,81	20,99	20,29			
Promedio de ω%	21,68							
<b>LÍMITE LÍQUIDO (LL%)</b>	25,90				<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>			
<b>LÍMITE PLÁSTICO (LP%)</b>	21,68				AASHTO	A-2-4		
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP = LL - LP)</b>	4,22				SUCS	SM		

## Anexo A4-7. Proctor Modificado

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>  </div>								
<b>Proyecto:</b>		"ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"						
<b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</b>								
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo			<b>Norma:</b>	AASHTO T 180 2018			
<b>Fecha:</b>	15/11/2022			<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado			
<b>N° Muestra:</b>	4			<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla			
<b>Coordenadas:</b>	X= 9892224				Y=768512			
<b>ESPECIFICACIONES</b>								
<b>ALTURA CAÍDA</b>	18" o 1.5ft		<b>DIÁMETRO</b>	15,2	cm	<b>NÚMERO DE CAPAS</b>	5	
<b>PESO MOLDE</b>	12760	gr	<b>VOL. MOLDE</b>	2395,256	cm <sup>3</sup>	<b>NÚMERO DE GOLPES</b>	56	
<b>ALTURA DEL MOLDE</b>	13,2	cm	<b>P. MARTILLO</b>	18	lb			
<b>PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>								
<b>Ensayo</b>	1		2		3		4	
Peso inicial deseado	6000		6000		6000		6000	
Hum. Inicial Estimada %	4%		8%		12%		16%	
P.molde + suelo húmedo (gr)	16681		17061		17358		17060	
Peso suelo húmedo	3921		4301		4598		4300	
Peso Unitario Húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,637		1,796		1,920		1,795	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>								
<b>N° Recipiente</b>	<b>39</b>	<b>34</b>	<b>62</b>	<b>7T</b>	<b>820</b>	<b>85</b>	<b>44</b>	<b>66</b>
Peso recipiente (gr)	25,88	23,53	30,59	16,69	30,91	31,35	26,13	30,91
Peso suelo húmedo + rec (gr)	91,50	109,46	91,67	64,03	85,16	79,7	127,48	141,18
Peso suelo seco + rec (gr)	87,56	104,56	85,88	59,61	78,6	73,66	113,32	124,86
Peso agua (gr)	3,94	4,9	5,79	4,42	6,56	6,04	14,16	16,32
Peso suelo seco (gr)	61,68	81,03	55,29	42,92	47,69	42,31	87,19	93,95
Contenido de humedad $\omega$ %	6,39%	6,05%	10,47%	10,30%	13,76%	14,28%	16,24%	17,37%
Promedio de $\omega$ %	6,22%		10,39%		14,02%		16,81%	
Densidad seca $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,541		1,627		1,684		1,537	
Densidad máxima $\gamma_{max}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,687							
Humedad óptima %	13,60%							
<b>RELACIÓN DENSIDAD vs. CONTENIDO DE HUMEDAD <math>\gamma_d</math> vs <math>\omega</math>%</b>								
								

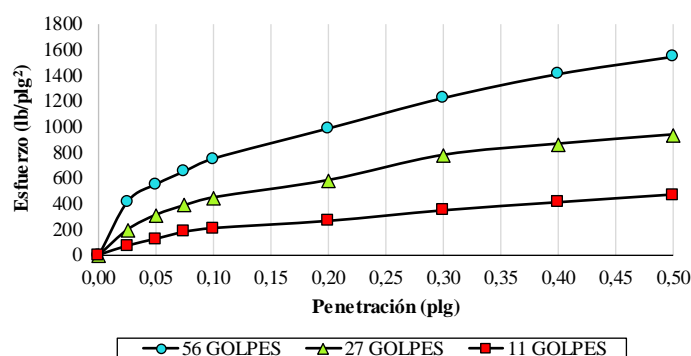
Anexo A4-8. CBR

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"					
<b>ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>						
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo		<b>Norma:</b>	AASHTO T 193 2013		
<b>Fecha:</b>	08/12/2022		<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado		
<b>N° Muestra:</b>	4		<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla		
<b>Coordenadas:</b>	X= 9892224			Y=768512		
<b>DATOS DE MOLDEO</b>						
<b>Contenido de Humedad Óptima (%):</b>			<b>13,60%</b>			
<b>MOLDE N°</b>	1		2		3	
<b>DIMENSIONES</b>	<b>Diámetro</b>	15,2	<b>Diámetro</b>	15,2	<b>Diámetro</b>	15,2
	<b>Altura</b>	12,6	<b>Altura</b>	12,5	<b>Altura</b>	15,2
<b>N° de Capas</b>	5		5		5	
<b>N° de Golpes</b>	56		27		11	
<b>Peso molde + suelo húmedo (gr)</b>	11563		12768		11906	
<b>Peso del Molde (gr)</b>	6735		8334		7922	
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>	4828		4434		3984	
<b>Volumen Muestra (cm<sup>3</sup>)</b>	2286,38		2268,24		2286,38	
<b>Peso Unitario Húmedo <math>\gamma_m</math> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2,112</b>		<b>1,955</b>		<b>1,742</b>	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>N° Recipiente</b>	<b>16</b>	<b>820</b>	<b>H4</b>	<b>V2</b>	<b>85</b>	<b>19</b>
<b>Peso Recipiente (gr)</b>	24,98	31,02	30,77	31,34	30,85	26,65
<b>Peso suelo húmedo + rec (gr)</b>	148,26	157,06	87,25	83,28	112,80	80,74
<b>Peso suelo seco + rec (gr)</b>	133,08	142,23	80,48	76,95	103,35	74,31
<b>Peso agua (gr)</b>	15,18	14,83	6,77	6,33	9,45	6,43
<b>Peso de Sólidos</b>	108,10	111,21	49,71	45,61	72,50	47,66
<b>Contenido de humedad <math>\omega</math>%</b>	14,04	13,34	13,62	13,88	13,03	13,49
<b>Promedio de <math>\omega</math>%</b>	13,69		13,75		13,26	
<b>Peso Unitario Seco <math>\gamma_d</math> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1,857</b>		<b>1,719</b>		<b>1,538</b>	
<b>DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
<b>Peso molde + suelo húmedo (gr)</b>	11751		12924		12263	
<b>Peso del Molde (gr)</b>	6735		8334		7922	
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>	5016		4590		4341	
<b>Masa Agua Absorbida</b>	188		156		357	
<b>% Agua Absorbida</b>	3,89%		3,52%		8,96%	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>N° Recipiente</b>	<b>34</b>	<b>96</b>	<b>820</b>	<b>84</b>	<b>43</b>	<b>19</b>
<b>Peso Recipiente (gr)</b>	23,50	31,52	31,02	32,45	32,71	26,65
<b>Peso suelo húmedo + rec (gr)</b>	120,39	155,21	129,17	189,12	154,04	177,02
<b>Peso suelo seco + rec (gr)</b>	104,72	136,69	111,65	164,57	129,94	146,84
<b>Peso agua (gr)</b>	15,67	18,52	17,52	24,55	24,10	30,18
<b>Peso de Sólidos</b>	81,22	105,17	80,63	132,12	97,23	120,19
<b>Contenido de humedad <math>\omega</math>%</b>	19,29	17,61	21,73	18,58	24,79	25,11
<b>Promedio de <math>\omega</math>%</b>	<b>18,45</b>		<b>20,16</b>		<b>24,95</b>	

### ENSAYO CBR

Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg <sup>2</sup>		Vel.Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	1		2		3	
N° de golpes	56		27		11	
<b>Penetración (plg)</b>	<b>Dial</b>	<b>Presión (lb/plg<sup>2</sup>)</b>	<b>Dial</b>	<b>Presión (lb/plg<sup>2</sup>)</b>	<b>Dial</b>	<b>Presión (lb/plg<sup>2</sup>)</b>
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	1252,4	417,5	593,3	197,8	214,6	71,5
0,050	1653,7	551,2	939,5	313,2	375,8	125,3
0,075	1959,6	653,2	1163,3	387,8	538,7	179,6
0,100	2253,2	751,1	1343,6	447,9	623,1	207,7
0,200	2955,8	985,3	1746,9	582,3	789,8	263,3
0,300	3664,7	1221,6	2333,9	778,0	1036,2	345,4
0,400	4224,1	1408,0	2596,5	865,5	1224,6	408,2
0,500	4630,0	1543,3	2811,8	937,3	1404,7	468,2

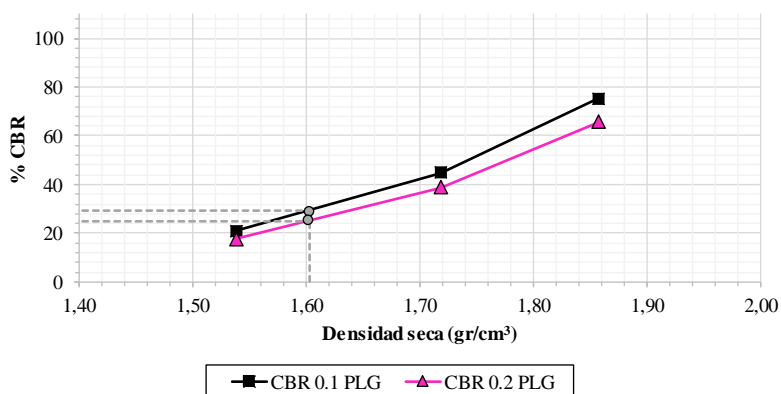
### ESFUERZO vs. PENETRACIÓN



### 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	751,07	75,11	1,857	985,27	65,68	1,857
2	447,87	44,79	1,719	582,30	38,82	1,719
3	207,70	20,77	1,538	263,27	17,55	1,538

### % CBR vs. DENSIDAD SECA

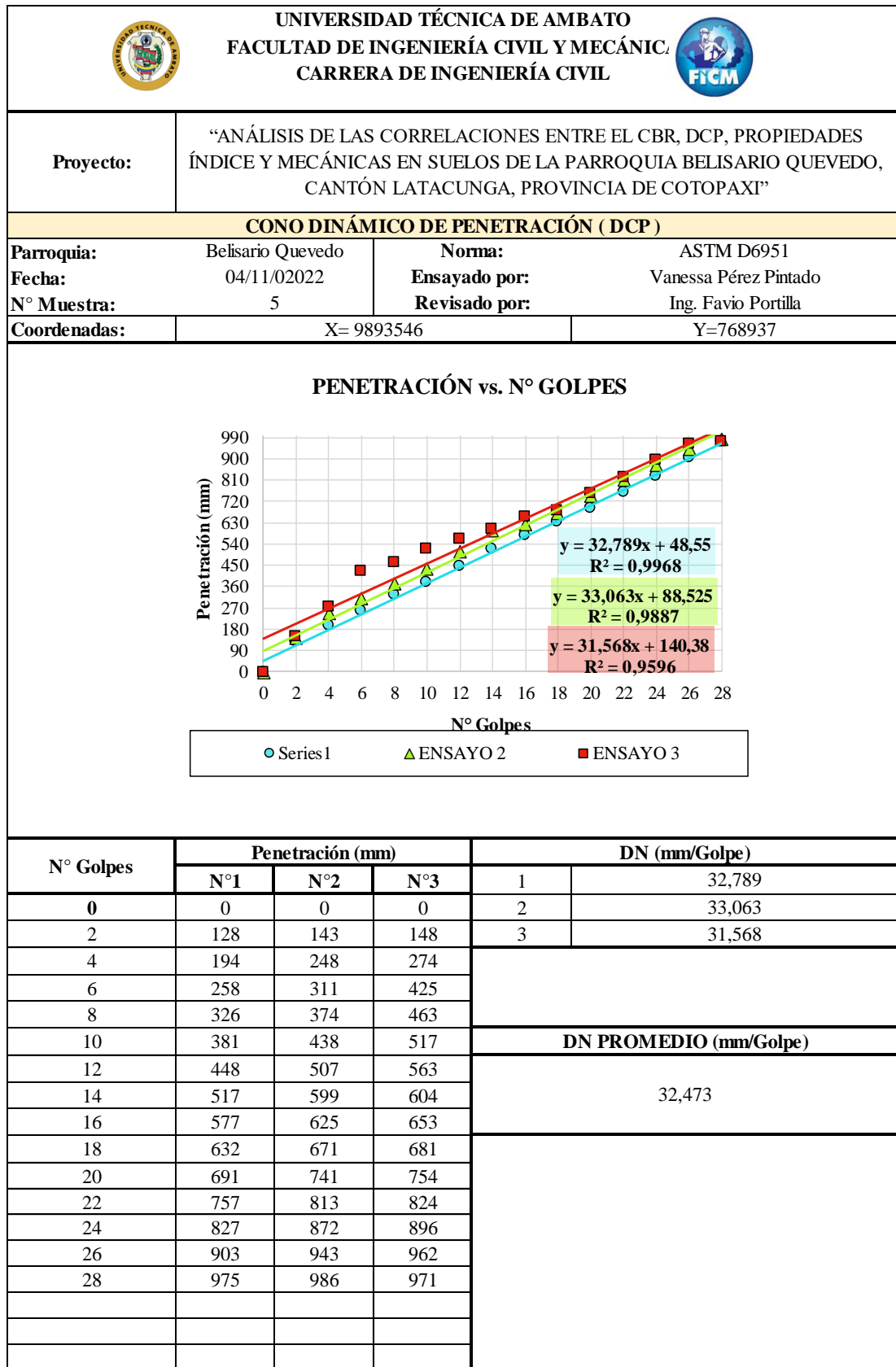


DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	95% DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
1,687	1,603	29,00	25,00



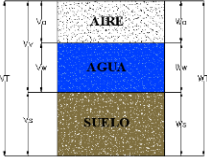
## **ANEXO A5: MUESTRA #5**





Anexo A5-1. Ensayo DCP





## Anexo A5-2. Densidad de campo

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”			
<b>DENSIDAD DE CAMPO (CONO Y ARENA)</b>				
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 191 2014	
<b>Fecha:</b>	04/11/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado	
<b>N° Muestra:</b>	5	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla	
<b>Coordenadas:</b>	X= 9893546		Y=768937	
<b>PESO DEL SUELO EXTRAÍDO</b>				
Peso del suelo extraído + funda		2815,00	gr	
Peso de la funda		3,30	gr	
Peso del suelo húmedo		2811,70	gr	
<b>VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO</b>				
Peso inicial del aparato lleno de arena		7050,00	gr	
Peso final del aparato lleno de arena		2900,00	gr	
Peso de la arena en la perforación		2483,00	gr	
<b>Peso de la arena en el cono (Calibración del cono)</b>		<b>1667,00</b>	gr	
<b>Densidad de la arena de Ottawa</b>		<b>1,582</b>	gr/cm <sup>3</sup>	
Volumen de la perforación ensayada		1569,53	cm <sup>3</sup>	
<b>HUMEDAD NATURAL Y DENSIDAD SECA</b>				
N° recipiente	<b>8</b>	<b>28</b>	-	
Peso recipiente (Wr)	11,39	11,22	gr	
Peso suelo húmedo + recipiente (Wh + Wr)	30,81	31,42	gr	
Peso suelo seco + recipiente (Ws + Wr)	27,61	29,19	gr	
Peso de agua (Ww )	3,20	2,23	gr	
Peso suelo seco ( Ws )	16,22	17,97	gr	
Contenido de humedad (W%)	19,73	12,41	%	
W Promedio (%)	16,07		%	
<b>FASES DEL SUELO</b>				
	<b>VOLUMEN</b>		<b>PESOS</b>	
	Vv=	4,75	Wa=	0,00
	Va=	1,55	Ww=	3,20
	Vw=	3,20	Ws=	16,22
	Vs=	6,09	Wm=	19,42
Vm=	10,84			
<b>PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO</b>				
Densidad Húmeda	1,79	gr/cm <sup>3</sup>		
Densidad seca	1,54	gr/cm <sup>3</sup>		
Contenido de humedad natural	16,07	%		
Relación de vacíos	0,78	-		
Porosidad	43,79	%		
Grado de saturación del agua	67,41	%		
Grado de saturación del aire	32,59	%		



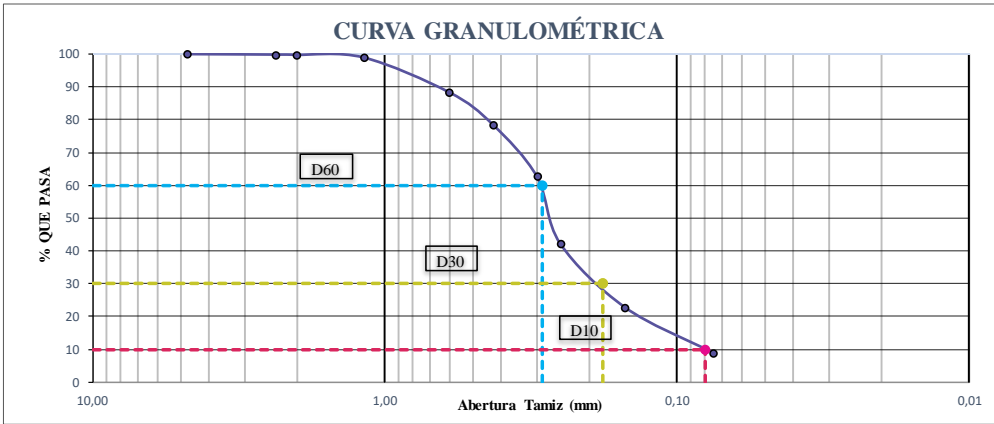
### Anexo A5-3. Gravedad específica

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”		
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS</b>			
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 100 2015
<b>Fecha:</b>	02/12/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado
<b>N° Muestra:</b>	5	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Coordenadas:</b>	X= 9893546		Y=768937
Peso del picnómetro + agua (W <sub>bw</sub> )		643,95	g
Peso del picnómetro + agua+ suelo sug (W <sub>bws</sub> )		670,63	g
Temperatura del agua + suelo		25,00	°C
N° Recipiente		-	
Peso del recipiente (W <sub>r</sub> )		100,03	gr
Peso del recipiente + suelo seco		142,69	gr
<b>Factor de corrección por temperatura (K)</b>		0,997072	gr
<b>Peso del suelo seco (W<sub>s</sub>)</b>		<b>42,66</b>	gr
<b>Desplazamiento de agua (D<sub>w</sub>)</b>		<b>15,98</b>	
<b>Gravedad específica (G<sub>s</sub>)</b>		<b>2,662</b>	



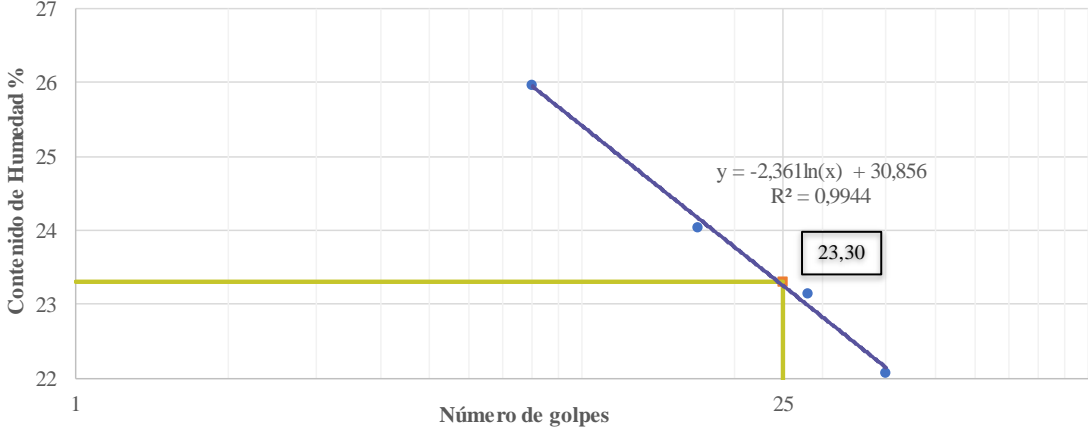
### Anexo A5-4. Contenido de humedad natural

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”		
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 265 2015
<b>Fecha:</b>	08/11/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado
<b>N° Muestra:</b>	5	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Coordenadas:</b>	X= 9893546		Y=768937
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (w%)</b>			
N° recipiente	<b>59</b>	<b>43</b>	-
Peso recipiente (W <sub>r</sub> )	30,75	24,5	gr
Peso suelo húmedo + recipiente (W <sub>h</sub> + W <sub>r</sub> )	97,84	78,7	gr
Peso suelo seco + recipiente (W <sub>s</sub> + W <sub>r</sub> )	87,57	70,5	gr
Peso de agua (W <sub>w</sub> )	10,27	8,19	gr
Peso suelo seco ( W <sub>s</sub> )	56,82	46	gr
Contenido de humedad ω%	18,07	17,8	%
<b>W Promedio (%)</b>	<b>17,94</b>		<b>%</b>



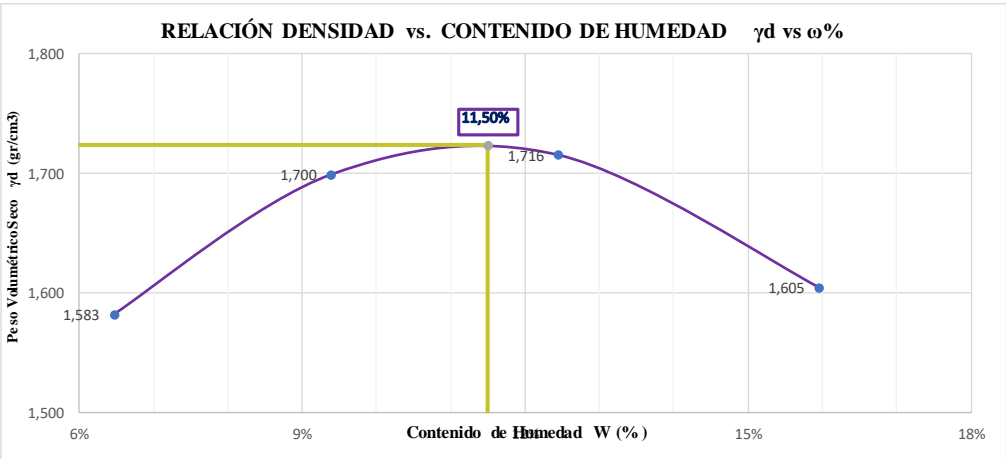
## Anexo A5-5. Granulometría

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>  </div>						
<b>Proyecto:</b>	"ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"					
GRANULOMETRÍA						
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo			<b>Norma:</b>	AASHTO T 88 2013	
<b>Fecha:</b>	09/11/2022			<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado	
<b>N° Muestra:</b>	5			<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla	
<b>Coordenadas:</b>	X= 9893546			Y=768937		
# Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% de retención parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4	4,750	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,360	1,46	1,46	0,15	0,15	99,85
10	2,000	0,65	2,11	0,07	0,21	99,79
16	1,180	7,96	10,07	0,80	1,01	98,99
30	0,600	105,90	115,97	10,62	11,63	88,37
40	0,425	98,38	214,35	9,86	21,49	78,51
50	0,300	158,47	372,82	15,89	37,38	62,62
60	0,250	202,91	575,73	20,34	57,73	42,27
100	0,150	194,15	769,88	19,47	77,19	22,81
200	0,075	138,05	907,93	13,84	91,03	8,97
<b>Bandeja</b>		89,42	997,35	8,97	100,00	0,00
<b>Total</b>						
						
RESULTADOS						
<i>Coefficiente de uniformidad y curvatura</i>						
<b>D10 (mm)</b>	0,08	<b>Cu</b>	3,63			
<b>D30 (mm)</b>	0,180	<b>Cc</b>	1,40			
<b>D60 (mm)</b>	0,290	<b>TNM (mm)</b>	0,60			
<i>Fracción de Partículas</i>	%Grava	% Arena	%Finos			
	0,00	91,03	8,97			



## Anexo A5-6. Límites de Atterberg

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>  </div>								
<b>Proyecto:</b>		“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”						
LÍMITE LÍQUIDO								
<b>Parroquia:</b>		Belisario Quevedo		<b>Norma:</b>		AASHTO T 89 2013		
<b>Fecha:</b>		16/11/2022		<b>Ensayado por:</b>		Vanessa Pérez Pintado		
<b>N° Muestra:</b>		5		<b>Revisado por:</b>		Ing. Favio Portilla		
<b>Coordenadas:</b>		X= 9893546			Y=768937			
Número de Golpes	8		17		28		40	
N° Recipiente	65	07AI	21A	64	12	1	18	47
Peso recipiente (gr)	10,86	11,54	11,09	11,32	11,05	17,47	11,50	10,98
Peso suelo húmedo + rec (gr)	19,48	19,21	23,61	21,08	18,99	23,13	18,24	16,46
Peso suelo seco + rec (gr)	17,69	17,64	21,18	19,19	17,52	22,05	17,02	15,47
Peso agua (gr) W <sub>s</sub>	1,79	1,57	2,43	1,89	1,47	1,08	1,22	0,99
Peso de sólidos (gr) W <sub>s</sub>	6,83	6,10	10,09	7,87	6,47	4,58	5,52	4,49
Contenido de humedad ω%	26,21	25,74	24,08	24,02	22,72	23,58	22,10	22,05
Promedio de ω%	25,97		24,05		23,15		22,08	
LÍMITE LÍQUIDO								
								
ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO								
Recipiente	62	85	74	21	2			
Peso recipiente (gr)	6,04	4,36	4,37	7,37	4,37			
Peso suelo húmedo + rec (gr)	6,93	5,01	5,06	8,27	5,22			
Peso suelo seco + rec (gr)	6,78	4,91	4,95	8,11	5,07			
Peso agua (gr) W <sub>w</sub>	0,15	0,10	0,11	0,16	0,15			
Peso sólidos (gr) W <sub>s</sub>	0,74	0,55	0,58	0,74	0,70			
Contenido de humedad ω%	20,27	18,18	18,97	21,62	21,43			
Promedio de ω%	20,09							
<b>LÍMITE LÍQUIDO (LL%)</b>	23,30				<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>			
<b>LÍMITE PLÁSTICO (LP%)</b>	20,09				AASHTO		A-2-4	
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP = LL - LP)</b>	3,21				SUCS		SP-SM	

## Anexo A5-7. Proctor Modificado

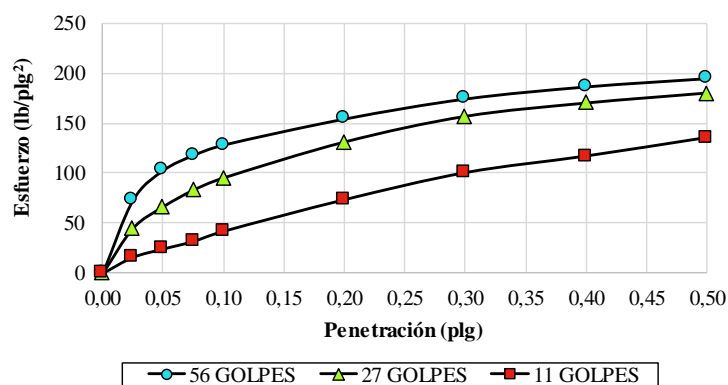
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 									
<b>Proyecto:</b>	“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”								
<b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</b>									
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo								
<b>Fecha:</b>	16/11/2022								
<b>N° Muestra:</b>	5								
<b>Norma:</b>	AASHTO T 180 2018								
<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado								
<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla								
<b>Coordenadas:</b>	X= 9893546 Y=768937								
<b>ESPECIFICACIONES</b>									
<b>ALTURA CAÍDA</b>	18" o 1.5ft	<b>DIÁMETRO</b>	15,20	cm	<b>NÚMERO DE CAPAS</b>	5			
<b>PESO MOLDE</b>	12766	gr	<b>VOL. MOLDE</b>	2395,256	cm <sup>3</sup>	<b>NÚMERO DE GOLPES</b>	56		
<b>ALTURA DEL MOLDE</b>	13,20	cm	<b>P. MARTILLO</b>	18	lb				
<b>PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>									
Ensayo	1	2	3	4					
Peso inicial deseado	6000	6000	6000	6000					
Hum. Inicial Estimada %	4%	8%	12%	16%					
P.molde + suelo húmedo (gr)	16803	17220	17388	17224					
Peso suelo húmedo	4037	4454	4622	4458					
Peso Unitario Húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,685	1,860	1,930	1,861					
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>									
N° Recipiente	<b>68</b>	<b>820</b>	<b>12</b>	<b>76</b>	<b>028</b>	<b>32</b>	<b>36</b>	<b>19</b>	
Peso recipiente (gr)	30,81	30,86	25,30	30,74	24,81	26,45	24,87	26,59	
Peso suelo húmedo + rec (gr)	108,03	91,21	89,67	112,75	110,91	142,32	152,34	126,99	
Peso suelo seco + rec (gr)	103,78	87,19	84,25	105,56	102,27	128,30	134,78	113,18	
Peso agua (gr)	4,25	4,02	5,42	7,19	8,64	14,02	17,56	13,81	
Peso suelo seco (gr)	72,97	56,33	58,95	74,82	77,46	101,85	109,91	86,59	
Contenido de humedad $\omega$ %	5,82%	7,14%	9,19%	9,61%	11,15%	13,77%	15,98%	15,95%	
Promedio de $\omega$ %	6,48%	9,40%	12,46%	15,96%					
Densidad seca $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,583	1,700	1,716	1,605					
Densidad máxima $\gamma_{max}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,724								
Humedad óptima %	11,50%								
									

**Anexo A5-8. CBR**

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”				
<b>ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>						
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo		<b>Norma:</b>	AASHTO T 193 2013		
<b>Fecha:</b>	12/12/2022		<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado		
<b>N° Muestra:</b>	5		<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla		
<b>Coordenadas:</b>	X= 9893546			Y=768937		
<b>DATOS DE MOLDEO</b>						
<b>Contenido de Humedad Óptima (%):</b>				<b>11,50%</b>		
<b>MOLDE N°</b>	1		2		3	
<b>DIMENSIONES</b>	<b>Diámetro</b>	15,2	<b>Diámetro</b>	15,2	<b>Diámetro</b>	15,2
	<b>Altura</b>	12,6	<b>Altura</b>	12,5	<b>Altura</b>	15,2
<b>N° de Capas</b>	5		5		5	
<b>N° de Golpes</b>	56		27		11	
<b>Peso molde + suelo húmedo (gr)</b>	11880		11593		11985	
<b>Peso del Molde (gr)</b>	7354		7484		8157	
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>	4526		4109		3828	
<b>men Muestra (cm<sup>3</sup>)</b>	2286,38		2268,24		2286,38	
<b>Unitario Húmedo γ<sub>m</sub> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1,980</b>		<b>1,812</b>		<b>1,674</b>	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>N° Recipiente</b>	<b>12</b>	<b>68</b>	<b>96</b>	<b>84</b>	<b>34</b>	<b>43</b>
<b>Peso Recipiente (gr)</b>	25,47	31,16	31,52	32,45	23,5	32,71
<b>Peso suelo húmedo + rec (gr)</b>	104,69	132,50	102,49	112,34	94,04	129,41
<b>Peso suelo seco + rec (gr)</b>	96,74	122,12	95,07	102,74	87,30	120,12
<b>Peso agua (gr)</b>	7,95	10,38	7,42	9,60	6,74	9,29
<b>Peso de Sólidos</b>	71,27	90,96	63,55	70,29	63,80	87,41
<b>Contenido de humedad ω%</b>	11,15	11,41	11,68	13,66	10,56	10,63
<b>Promedio de ω%</b>	11,28		12,67		10,60	
<b>Peso Unitario Seco γ<sub>d</sub> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1,779</b>		<b>1,608</b>		<b>1,514</b>	
<b>DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
<b>Peso molde + suelo húmedo (gr)</b>	12262		12020		12539	
<b>Peso del Molde (gr)</b>	7354		7484		8157	
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>	4908		4536		4382	
<b>Masa Agua Absorbida</b>	382		427		554	
<b>% Agua Absorbida</b>	8,44%		10,39%		14,47%	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>N° Recipiente</b>	<b>43</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>V2</b>	<b>68</b>	<b>820</b>
<b>Peso Recipiente (gr)</b>	32,71	25,47	24,98	31,34	31,16	31,02
<b>Peso suelo húmedo + rec (gr)</b>	216,38	127,31	135,94	145,40	127,46	176,60
<b>Peso suelo seco + rec (gr)</b>	181,85	109,80	112,77	124,20	106,86	146,31
<b>Peso agua (gr)</b>	34,53	17,51	23,17	21,20	20,60	30,29
<b>Peso de Sólidos</b>	149,14	84,33	87,79	92,86	75,70	115,29
<b>Contenido de humedad ω%</b>	23,15	20,76	26,39	22,83	27,21	26,27
<b>Promedio de ω%</b>	<b>21,96</b>		<b>24,61</b>		<b>26,74</b>	

ENSAYO CBR						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg <sup>2</sup>		Vel.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	219,7	73,2	135,3	45,1	47,9	16,0
0,050	309,0	103,0	199,8	66,6	72,7	24,2
0,075	354,2	118,1	249,8	83,3	95,4	31,8
0,100	385,4	128,5	286,3	95,4	125,8	41,9
0,200	463,5	154,5	393,9	131,3	220,1	73,4
0,300	523,7	174,6	470,8	156,9	300,9	100,3
0,400	560,0	186,7	510,7	170,2	350,5	116,8
0,500	584,9	195,0	540,7	180,2	405,8	135,3

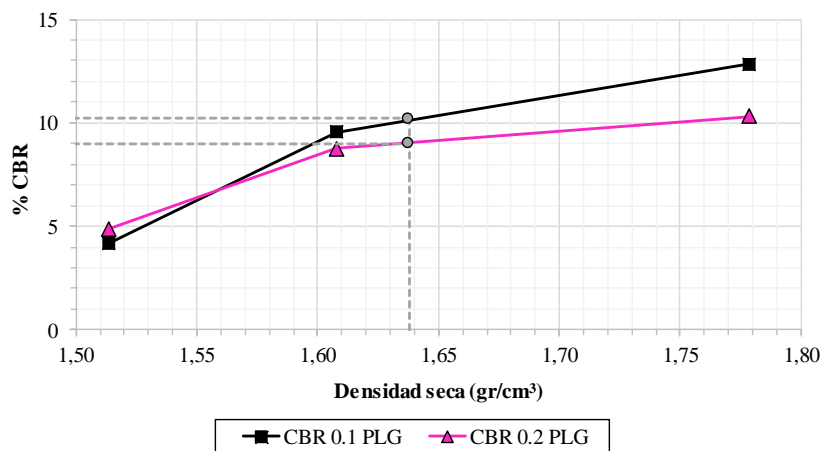
### ESFUERZO vs. PENETRACIÓN



### 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	128,47	12,85	1,779	154,50	10,30	1,779
2	95,43	9,54	1,608	131,30	8,75	1,608
3	41,93	4,19	1,514	73,37	4,89	1,514

### % CBR vs. DENSIDAD SECA

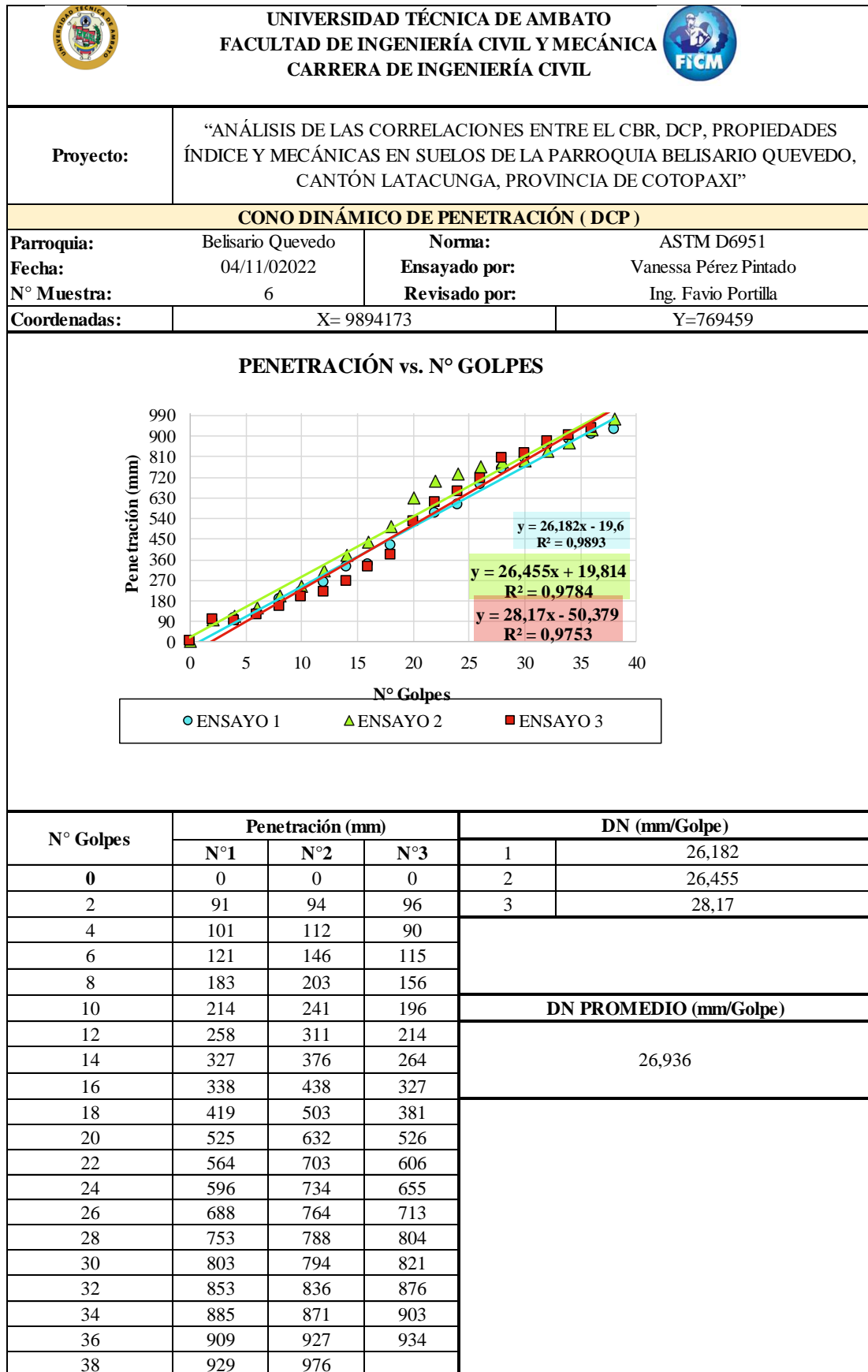


DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	95% DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
1,724	1,638	10,20	9,00



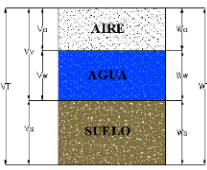


## **ANEXO A6: MUESTRA #6**



Anexo A6-1. Ensayo DCP



## Anexo A6-2. Densidad de campo

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”			
<b>DENSIDAD DE CAMPO (CONO Y ARENA)</b>				
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 191 2014	
<b>Fecha:</b>	04/11/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado	
<b>N° Muestra:</b>	6	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla	
<b>Coordenadas:</b>	X= 9894173		Y=769459	
<b>PESO DEL SUELO EXTRAÍDO</b>				
Peso del suelo extraído + funda		3245,00	gr	
Peso de la funda		3,30	gr	
Peso del suelo húmedo		3241,70	gr	
<b>VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO</b>				
Peso inicial del aparato lleno de arena		7055,00	gr	
Peso final del aparato lleno de arena		2717,00	gr	
Peso de la arena en la perforación		2671,00	gr	
<b>Peso de la arena en el cono (Calibración del cono)</b>		<b>1667,00</b>	gr	
<b>Densidad de la arena de Ottawa</b>		<b>1,582</b>	gr/cm <sup>3</sup>	
Volumen de la perforación ensayada		1688,37	cm <sup>3</sup>	
<b>HUMEDAD NATURAL Y DENSIDAD SECA</b>				
N° recipiente	<b>14A</b>	<b>42</b>	-	
Peso recipiente (W <sub>r</sub> )	11,43	11,84	gr	
Peso suelo húmedo + recipiente (W <sub>h</sub> + W <sub>r</sub> )	36,46	32,96	gr	
Peso suelo seco + recipiente (W <sub>s</sub> + W <sub>r</sub> )	31,87	29,31	gr	
Peso de agua (W <sub>w</sub> )	4,59	3,65	gr	
Peso suelo seco (W <sub>s</sub> )	20,44	17,47	gr	
Contenido de humedad (W%)	22,46	20,89	%	
W Promedio (%)	21,68		%	
<b>FASES DEL SUELO</b>				
	VOLUMEN		PESOS	
	V <sub>v</sub> =	4,34	W <sub>a</sub> =	0,00
	V <sub>a</sub> =	0,69	W <sub>w</sub> =	3,65
	V <sub>w</sub> =	3,65	W <sub>s</sub> =	17,47
	V <sub>s</sub> =	6,66	W <sub>m</sub> =	21,12
V <sub>m</sub> =	11,00			
<b>PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO</b>				
Densidad Húmeda		1,92	gr/cm <sup>3</sup>	
Densidad seca		1,58	gr/cm <sup>3</sup>	
Contenido de humedad natural		21,68	%	
Relación de vacíos		0,65	-	
Porosidad		39,44	%	
Grado de saturación del agua		84,13	%	
Grado de saturación del aire		15,87	%	



Anexo A6-3. Gravedad específica

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”		
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS			
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 100 2015
<b>Fecha:</b>	02/12/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado
<b>N° Muestra:</b>	6	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Coordenadas:</b>	X= 9894173	Y=769459	
Peso del picnómetro + agua (W <sub>bw</sub> )	643,94	g	
Peso del picnómetro + agua+ suelo sug (W <sub>bws</sub> )	672,74	g	
Temperatura del agua + suelo	23,00	°C	
N° Recipiente	-		
Peso del recipiente (W <sub>r</sub> )	104,65	gr	
Peso del recipiente + suelo seco	151,13	gr	
<b>Factor de corrección por temperatura (K)</b>	0,997566	gr	
<b>Peso del suelo seco (W<sub>s</sub>)</b>	<b>46,48</b>	gr	
<b>Desplazamiento de agua (D<sub>w</sub>)</b>	<b>17,68</b>		
<b>Gravedad específica (G<sub>s</sub>)</b>	<b>2,623</b>		

Anexo A6-4. Contenido de humedad natural

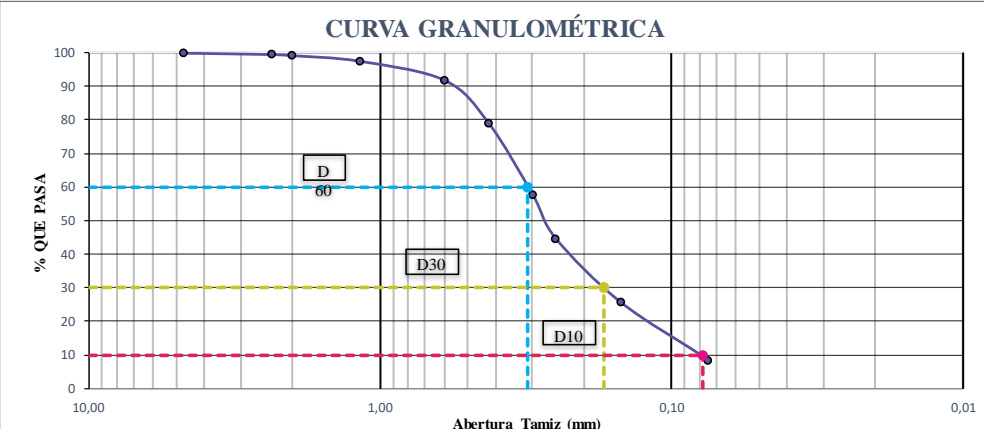
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>Proyecto:</b>	“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”		
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 265 2015
<b>Fecha:</b>	08/11/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado
<b>N° Muestra:</b>	6	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Coordenadas:</b>	X= 9894173	Y=769459	
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (w%)			
N° recipiente	<b>82</b>	<b>5</b>	-
Peso recipiente (W <sub>r</sub> )	31,27	32,55	gr
Peso suelo húmedo + recipiente (W <sub>h</sub> + W <sub>r</sub> )	117,94	122,81	gr
Peso suelo seco + recipiente (W <sub>s</sub> + W <sub>r</sub> )	103,10	107,06	gr
Peso de agua (W <sub>w</sub> )	14,84	15,75	gr
Peso suelo seco (W <sub>s</sub> )	71,83	74,51	gr
Contenido de humedad ω%	20,66	21,14	%
<b>W Promedio (%)</b>	<b>20,90</b>		<b>%</b>

## Anexo A6-5. Granulometría

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"					
<b>GRANULOMETRÍA</b>						
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 88 2013			
<b>Fecha:</b>	09/11/02022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado			
<b>N° Muestra:</b>	6	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla			
<b>Coordenadas:</b>	X= 9894173		Y=769459			
<b># Tamiz</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Peso Retenido (gr)</b>	<b>Peso Retenido Acumulado (gr)</b>	<b>% de retención parcial</b>	<b>% Retenido Acumulado</b>	<b>% Que Pasa</b>
4	4,750	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,360	4,10	4,10	0,41	0,41	99,59
10	2,000	3,30	7,40	0,33	0,74	99,26
16	1,180	16,35	23,75	1,64	2,38	97,62
30	0,600	57,05	80,80	5,73	8,11	91,89
40	0,425	125,96	206,76	12,64	20,75	79,25
50	0,300	212,78	419,54	21,35	42,10	57,90
60	0,250	130,72	550,26	13,12	55,22	44,78
100	0,150	189,35	739,61	19,00	74,22	25,78
200	0,075	171,51	911,12	17,21	91,43	8,57
<b>Bandeja</b>		85,35	996,47	8,57	100,00	0,00
<b>Total</b>		<b>996,47</b>				

### CURVA GRANULOMÉTRICA



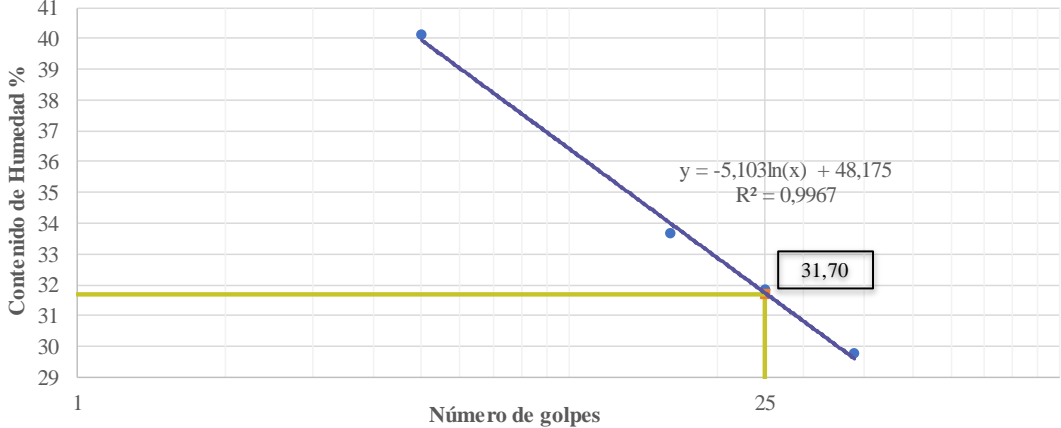


El gráfico muestra una curva granulométrica que comienza en 100% que pasa para aberturas superiores a 4,75 mm y desciende a medida que la abertura del tamiz disminuye. Se han marcado tres puntos clave: D60 a 0,250 mm (60% que pasa), D30 a 0,425 mm (30% que pasa) y D10 a 0,600 mm (10% que pasa). El eje horizontal representa la 'Abertura Tamiz (mm)' en una escala logarítmica de 10,00 a 0,01 mm, y el eje vertical representa el '% QUE PASA' de 0 a 100.



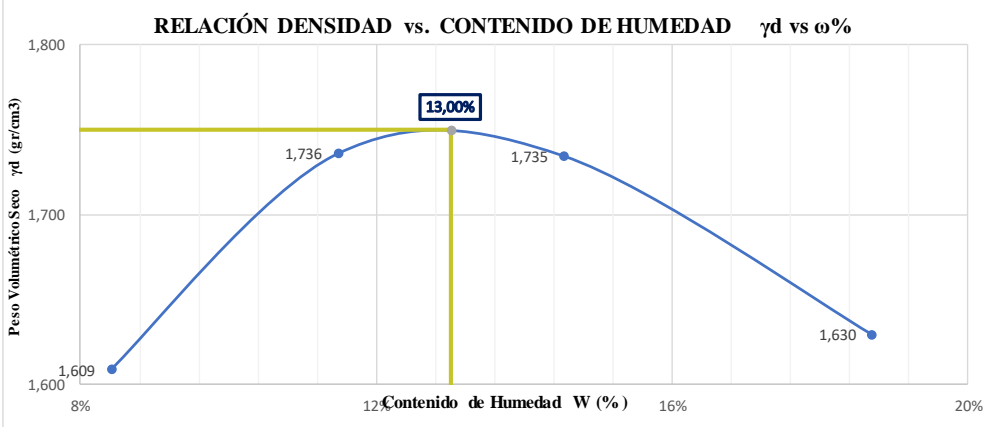
  

<b>RESULTADOS</b>			
<i>Coefficiente de uniformidad y curvatura</i>			
<b>D10 (mm)</b>	0,078	<b>Cu</b>	3,97
<b>D30 (mm)</b>	0,170	<b>Cc</b>	1,20
<b>D60 (mm)</b>	0,310	<b>TNM (mm)</b>	0,60
<i>Fracción de Partículas</i>	%Grava	%Arena	%Finos
	0,00	91,43	8,57



## Anexo A6-6. Límites de Atterberg

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”							
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>								
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo		<b>Norma:</b>		AASHTO T 89 2013			
<b>Fecha:</b>	16/11/2022		<b>Ensayado por:</b>		Vanessa Pérez Pintado			
<b>N° Muestra:</b>	6		<b>Revisado por:</b>		Ing. Favio Portilla			
<b>Coordenadas:</b>	X= 9894173				Y=769459			
<b>Número de Golpes</b>	<b>5</b>		<b>16</b>		<b>25</b>		<b>38</b>	
N° Recipiente	71	35	8A	32I	28	27I	14	34
Peso recipiente (gr)	11,28	11,24	10,98	11,19	11,23	10,62	11,10	11,24
Peso suelo húmedo + rec (gr)	18,87	24,36	21,19	21,24	22,02	25,46	23,25	19,92
Peso suelo seco + rec (gr)	16,70	20,60	18,62	18,71	19,41	21,88	20,45	17,94
Peso agua (gr) Ws	2,17	3,76	2,57	2,53	2,61	3,58	2,80	1,98
Peso de sólidos (gr) Ws	5,42	9,36	7,64	7,52	8,18	11,26	9,35	6,70
Contenido de humedad ω%	40,04	40,17	33,64	33,64	31,91	31,79	29,95	29,55
Promedio de ω%	40,10		33,64		31,85		29,75	
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>								
								
<b>ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO</b>								
Recipiente	1	65	201	50	3			
Peso recipiente (gr)	4,31	6,12	10,69	6,19	4,43			
Peso suelo húmedo + rec (gr)	4,92	6,53	11,36	6,84	4,95			
Peso suelo seco + rec (gr)	4,78	6,44	11,21	6,70	4,83			
Peso agua (gr) Ww	0,14	0,09	0,15	0,14	0,12			
Peso sólidos (gr) Ws	0,47	0,32	0,52	0,51	0,40			
Contenido de humedad ω%	29,79	28,12	28,85	27,45	30,00			
Promedio de ω%	28,84							
<b>LÍMITE LÍQUIDO (LL%)</b>	31,70				<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>			
<b>LÍMITE PLÁSTICO (LP%)</b>	28,84				AASHTO	A-2-4		
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP = LL - LP)</b>	2,86				SUCS	SP-SM		

## Anexo A6-7. Proctor Modificado

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”							
<b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</b>								
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo		<b>Norma:</b>			AASHTO T 180 2018		
<b>Fecha:</b>	17/11/2022		<b>Ensayado por:</b>			Vanessa Pérez Pintado		
<b>N° Muestra:</b>	6		<b>Revisado por:</b>			Ing. Favio Portilla		
<b>Coordenadas:</b>	X= 9894173			Y=769459				
<b>ESPECIFICACIONES</b>								
<b>ALTURA CAÍDA</b>	18" o 1.5ft		<b>DIÁMETRO</b>	15,2	cm	<b>NÚMERO DE CAPAS</b>	5	
<b>PESO MOLDE</b>	12687	gr	<b>VOL. MOLDE</b>	2395,256	cm <sup>3</sup>	<b>NÚMERO DE GOLPES</b>	56	
<b>ALTURA DEL MOLDE</b>	13,2	cm	<b>P. MARTILLO</b>	18	lb			
<b>PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>								
Ensayo	1		2		3		4	
Peso inicial deseado	6000		6000		6000		6000	
Hum. Inicial Estimada %	8%		12%		16%		20%	
P.molde + suelo húmedo (gr)	16865		17323		17446		17320	
Peso suelo húmedo	4178		4636		4759		4633	
Peso Unitario Húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,744		1,935		1,987		1,934	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>								
N° Recipiente	<b>44</b>	<b>85</b>	<b>46</b>	<b>31</b>	<b>43</b>	<b>105</b>	<b>1V</b>	<b>2V</b>
Peso recipiente (gr)	26,13	30,7	24,95	24,55	32,34	30,96	19,9	16,67
Peso suelo húmedo + rec (gr)	109,09	85,79	109,67	130,55	138,03	76,95	121,09	113,78
Peso suelo seco + rec (gr)	103,71	80,83	100,64	120,02	124,77	71,05	104,92	98,71
Peso agua (gr)	5,38	4,96	9,03	10,53	13,26	5,9	16,17	15,07
Peso suelo seco (gr)	77,58	50,13	75,69	95,47	92,43	40,09	85,02	82,04
Contenido de humedad $\omega$ %	6,93%	9,89%	11,93%	11,03%	14,35%	14,72%	19,02%	18,37%
Promedio de $\omega$ %	8,41%		11,48%		14,53%		18,69%	
Densidad seca $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,609		1,736		1,735		1,630	
Densidad máxima $\gamma_{max}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,75							
Humedad óptima %	13,00%							
								

Anexo A6-8. CBR

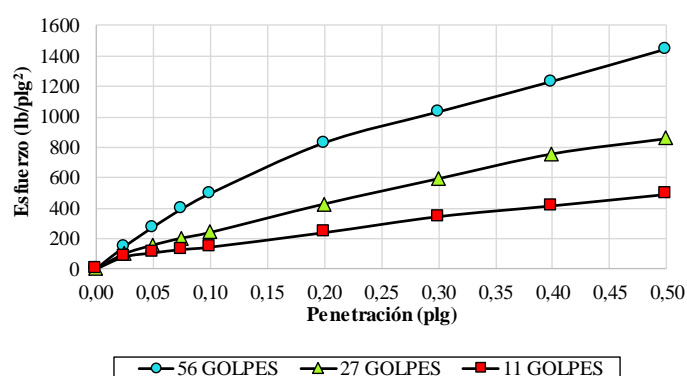
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 						
<b>PROYECTO:</b>	"ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"					
<b>ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>						
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo		<b>Norma:</b>		AASHTO T 193 2013	
<b>Fecha:</b>	12/12/2022		<b>Ensayado por:</b>		Vanessa Pérez Pintado	
<b>N° Muestra:</b>	6		<b>Revisado por:</b>		Ing. Favio Portilla	
<b>Coordenadas:</b>	X= 9894173			Y=769459		
<b>DATOS DE MOLDEO</b>						
<b>Contenido de Humedad Óptima (%):</b>				<b>13,00%</b>		
<b>MOLDE N°</b>	1		2		3	
<b>DIMENSIONES</b>	Diámetro	15,2		Diámetro	15,2	
	Altura	12,6		Altura	12,5	
<b>N° de Capas</b>	5		5		5	
<b>N° de Golpes</b>	56		27		11	
<b>Peso molde + suelo húmedo (gr)</b>	12599		12668		12200	
<b>Peso del Molde (gr)</b>	8157		8334		7922	
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>	4442		4334		4278	
<b>Volumen Muestra (cm<sup>3</sup>)</b>	2286,38		2268,24		2286,38	
<b>Peso Unitario Húmedo <math>\gamma_m</math> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1,943</b>		<b>1,911</b>		<b>1,871</b>	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>N° Recipiente</b>	<b>36</b>	<b>820</b>	<b>19</b>	<b>76</b>	<b>68</b>	<b>12</b>
<b>Peso Recipiente (gr)</b>	24,87	30,87	26,58	30,74	30,8	25,32
<b>Peso suelo húmedo + rec (gr)</b>	84,67	99,90	152,82	131,49	87,29	121,22
<b>Peso suelo seco + rec (gr)</b>	77,84	91,85	138,15	119,92	81,14	109,92
<b>Peso agua (gr)</b>	6,83	8,05	14,67	11,57	6,15	11,30
<b>Peso de Sólidos</b>	52,97	60,98	111,57	89,18	50,34	84,60
<b>Contenido de humedad <math>\omega</math>%</b>	12,89	13,20	13,15	12,97	12,22	13,36
<b>Promedio de <math>\omega</math>%</b>	13,05		13,06		12,79	
<b>Peso Unitario Seco <math>\gamma_d</math> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1,719</b>		<b>1,690</b>		<b>1,659</b>	
<b>DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
<b>Peso molde + suelo húmedo (gr)</b>	12644		12755		12342	
<b>Peso del Molde (gr)</b>	8157		8334		7922	
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>	4487		4421		4420	
<b>Masa Agua Absorbida</b>	45		87		142	
<b>% Agua Absorbida</b>	1,01%		2,01%		3,32%	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>N° Recipiente</b>	<b>76</b>	<b>43</b>	<b>19</b>	<b>67</b>	<b>68</b>	<b>85</b>
<b>Peso Recipiente (gr)</b>	30,74	32,71	26,65	31,14	31,16	30,85
<b>Peso suelo húmedo + rec (gr)</b>	93,46	210,71	104,55	105,55	99,95	138,22
<b>Peso suelo seco + rec (gr)</b>	83,20	182,91	92,28	92,53	87,47	119,26
<b>Peso agua (gr)</b>	10,26	27,80	12,27	13,02	12,48	18,96
<b>Peso de Sólidos</b>	52,46	150,20	65,63	61,39	56,31	88,41
<b>Contenido de humedad <math>\omega</math>%</b>	19,56	18,51	18,70	21,21	22,16	21,45
<b>Promedio de <math>\omega</math>%</b>	<b>19,03</b>		<b>19,95</b>		<b>21,80</b>	



### ENSAYO CBR

Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg <sup>2</sup>		Vel.Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	1		2		3	
N° de golpes	56		27		11	
<b>Penetración (plg)</b>	<b>Dial</b>	<b>Presión (lb/plg<sup>2</sup>)</b>	<b>Dial</b>	<b>Presión (lb/plg<sup>2</sup>)</b>	<b>Dial</b>	<b>Presión (lb/plg<sup>2</sup>)</b>
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	439,6	146,5	302,2	100,7	242,3	80,8
0,050	823,7	274,6	474,9	158,3	322,3	107,4
0,075	1179,0	393,0	612,8	204,3	388,9	129,6
0,100	1484,9	495,0	723,8	241,3	435,8	145,3
0,200	2483,9	828,0	1285,3	428,4	723,1	241,0
0,300	3093,2	1031,1	1783,7	594,6	1039,9	346,6
0,400	3695,8	1231,9	2273,8	757,9	1253,7	417,9
0,500	4333,0	1444,3	2573,3	857,8	1479,3	493,1

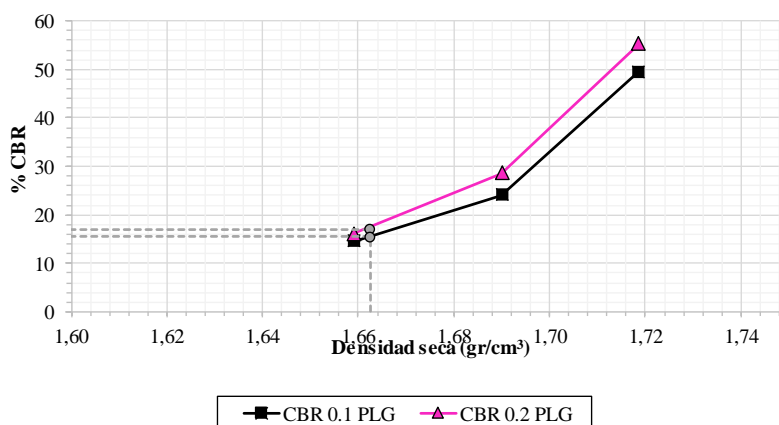
### ESFUERZO vs. PENETRACIÓN



### 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	494,97	49,50	1,719	827,97	55,20	1,719
2	241,27	24,13	1,690	428,43	28,56	1,690
3	145,27	14,53	1,659	241,03	16,07	1,659

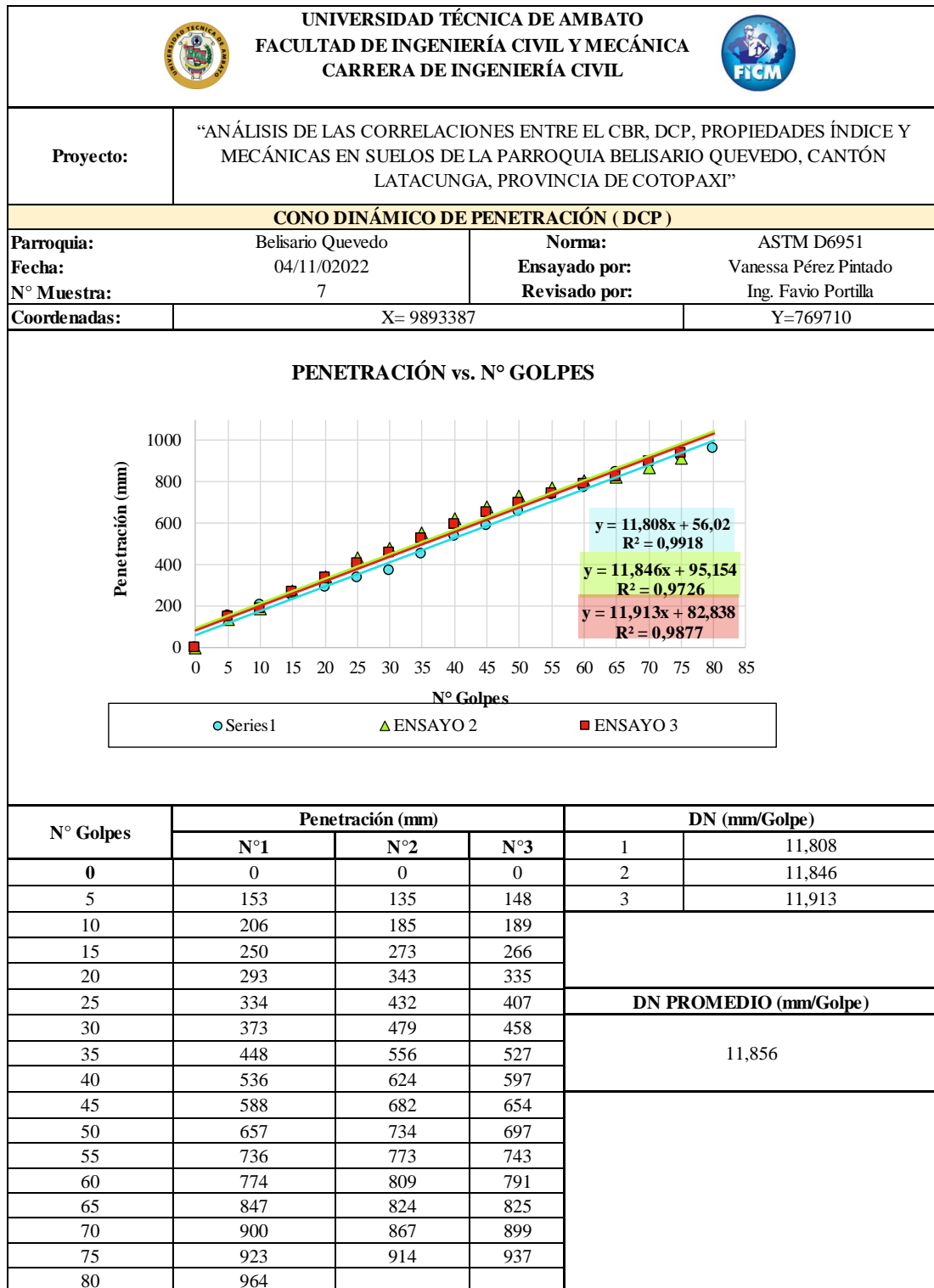
### % CBR vs. DENSIDAD SECA





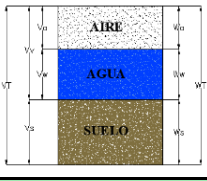
DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	95% DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
1,750	1,663	16,90	15,50

## **ANEXO A7: MUESTRA #7**



## Anexo A7-1. Ensayo DCP



## Anexo A7-2. Densidad de campo

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”			
<b>DENSIDAD DE CAMPO (CONO Y ARENA)</b>				
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 191 2014	
<b>Fecha:</b>	04/11/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado	
<b>N° Muestra:</b>	7	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla	
<b>Coordenadas:</b>	X= 9893387	Y=769710		
<b>PESO DEL SUELO EXTRAÍDO</b>				
Peso del suelo extraído + funda	3360,00		gr	
Peso de la funda	3,30		gr	
Peso del suelo húmedo	3356,70		gr	
<b>VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO</b>				
Peso inicial del aparato lleno de arena	7025,00		gr	
Peso final del aparato lleno de arena	2544,00		gr	
Peso de la arena en la perforación	2814,00		gr	
<b>Peso de la arena en el cono (Calibración del cono)</b>	<b>1667,00</b>		gr	
<b>Densidad de la arena de Ottawa</b>	<b>1,582</b>		gr/cm <sup>3</sup>	
Volumen de la perforación ensayada	1778,76		cm <sup>3</sup>	
<b>HUMEDAD NATURAL Y DENSIDAD SECA</b>				
N° recipiente	<b>06</b>	<b>8A</b>	-	
Peso recipiente (Wr)	10,84	10,94	gr	
Peso suelo húmedo + recipiente (Wh + Wr)	34,46	45,51	gr	
Peso suelo seco + recipiente (Ws + Wr)	29,94	39,01	gr	
Peso de agua (Ww)	4,52	6,50	gr	
Peso suelo seco (Ws)	19,10	28,07	gr	
Contenido de humedad (W%)	23,66	23,16	%	
W Promedio (%)	23,41		%	
<b>FASES DEL SUELO</b>				
	<b>VOLUMEN</b>		<b>PESOS</b>	
	Vv=	5,31	Wa=	0,00
	Va=	0,79	Ww=	4,52
	Vw=	4,52	Ws=	19,10
	Vs=	7,20	Wm=	23,62
Vm=	12,52			
<b>PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO</b>				
Densidad Húmeda	1,89		gr/cm <sup>3</sup>	
Densidad seca	1,53		gr/cm <sup>3</sup>	
Contenido de humedad natural	23,41		%	
Relación de vacíos	0,74		-	
Porosidad	42,45		%	
Grado de saturación del agua	85,08		%	
Grado de saturación del aire	14,92		%	



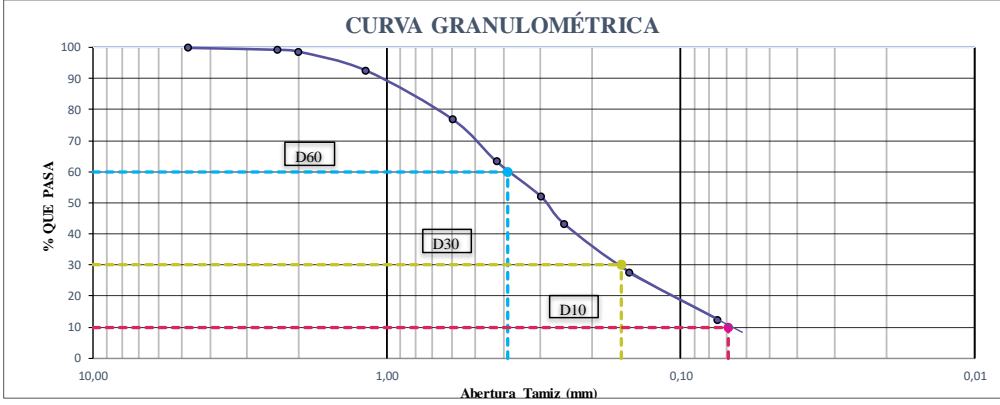
### Anexo A7-3. Gravedad específica

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”		
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS</b>			
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 100 2015
<b>Fecha:</b>	05/12/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado
<b>N° Muestra:</b>	7	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Coordenadas:</b>	X= 9893387		Y=769710
Peso del picnómetro + agua (Wbw)		652,01	g
Peso del picnómetro + agua+ suelo sug (Wbws)		681,73	g
Temperatura del agua + suelo		21,00	°C
N° Recipiente			
Peso del recipiente (Wr)		200,60	gr
Peso del recipiente + suelo seco		248,26	gr
<b>Factor de corrección por temperatura (K)</b>		0,998020	gr
<b>Peso del suelo seco (Ws)</b>		<b>47,66</b>	gr
<b>Desplazamiento de agua (Dw)</b>		<b>17,94</b>	
<b>Gravedad específica (Gs)</b>			<b>2,651</b>



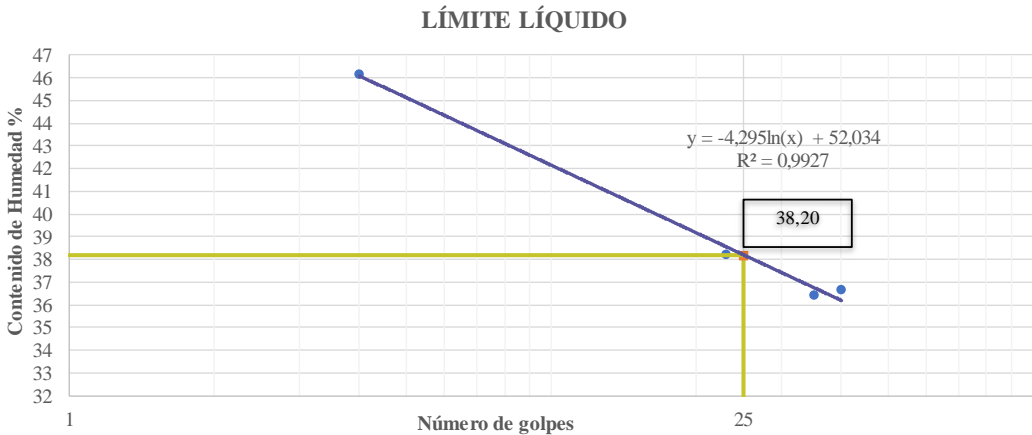
### Anexo A7-4. Contenido de humedad natural

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”		
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 265 2015
<b>Fecha:</b>	08/11/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado
<b>N° Muestra:</b>	7	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Coordenadas:</b>	X= 9893387		Y=769710
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (w%)</b>			
N° recipiente		<b>88A</b>	<b>35</b>
Peso recipiente (Wr)		30,57	31,14
Peso suelo húmedo + recipiente (Wh + Wr)		81,95	113,26
Peso suelo seco + recipiente (Ws + Wr)		72,06	97,76
Peso de agua (Ww)		9,89	15,50
Peso suelo seco (Ws)		41,49	66,62
Contenido de humedad ω%		23,84	23,27
<b>W Promedio (%)</b>			<b>23,56</b>



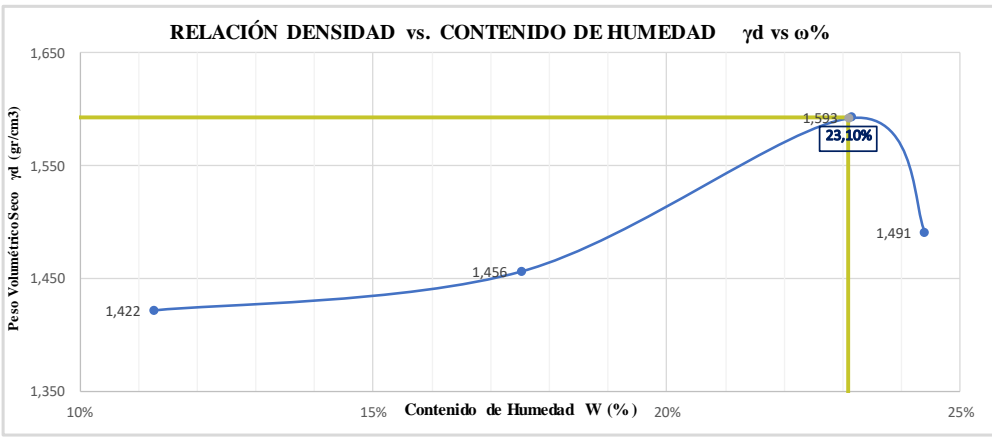
## Anexo A7-5. Granulometría

 <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 LA PARROQUIA BELSARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"					
<b>GRANULOMETRÍA</b>						
<b>Parroquia:</b>	Belsario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 88 2013			
<b>Fecha:</b>	05/12/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado			
<b>N° Muestra:</b>	7	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla			
<b>Coordenadas:</b>	X= 9893387		Y=769710			
<b># Tamiz</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Peso Retenido (gr)</b>	<b>Peso Retenido Acumulado (gr)</b>	<b>% de retención parcial</b>	<b>% Retenido Acumulado</b>	<b>% Que Pasa</b>
4	4,750	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,360	6,18	6,18	0,62	0,62	99,38
10	2,000	6,00	12,18	0,60	1,22	98,78
16	1,180	60,90	73,08	6,10	7,31	92,69
30	0,600	156,71	229,79	15,68	23,00	77,00
40	0,425	135,91	365,70	13,60	36,60	63,40
50	0,300	112,81	478,51	11,29	47,89	52,11
60	0,250	88,25	566,76	8,83	56,72	43,28
100	0,150	154,72	721,48	15,49	72,21	27,79
200	0,075	152,82	874,30	15,30	87,50	12,50
<b>Bandeja</b>		124,85	999,15	12,50	100,00	0,00
<b>Total</b>		<b>999,15</b>				
						
<b>RESULTADOS</b>						
<i>Coefficiente de uniformidad y curvatura</i>						
<b>D10 (mm)</b>	0,069	<b>Cu</b>	5,65			
<b>D30 (mm)</b>	0,160	<b>Cc</b>	0,95			
<b>D60 (mm)</b>	0,390	<b>TNM (mm)</b>	1,18			
<i>Fracción de Partículas</i>	%Grava	%Arena	%Finos			
	0,00	87,50	12,50			

## Anexo A7-6. Límites de Atterberg



 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo
<b>Fecha:</b>	17/11/2022
<b>N° Muestra:</b>	7
<b>Norma:</b>	AASHTO T 89 2013
<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado
<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Coordenadas:</b>	X= 9893387 Y=769710
<b>Número de Golpes</b>	<b>4</b> <b>23</b> <b>35</b> <b>40</b>
N° Recipiente	18      6      26A      31      75      37      42      8
Peso recipiente (gr)	11,50      10,85      11,20      11,34      10,86      11,34      11,83      11,39
Peso suelo húmedo + rec (gr)	21,64      20,94      16,97      16,09      12,96      13,28      19,47      17,26
Peso suelo seco + rec (gr)	18,43      17,76      15,38      14,77      12,39      12,77      17,45      15,66
Peso agua (gr) W <sub>s</sub>	3,21      3,18      1,59      1,32      0,57      0,51      2,02      1,60
Peso de sólidos (gr) W <sub>s</sub>	6,93      6,91      4,18      3,43      1,53      1,43      5,62      4,27
Contenido de humedad ω%	46,32      46,02      38,04      38,48      37,25      35,66      35,94      37,47
Promedio de ω%	46,17      38,26      36,46      36,71
	
<b>ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO</b>	
Recipiente	3      52      52P      25      20
Peso recipiente (gr)	4,32      6,17      4,35      4,31      4,38
Peso suelo húmedo + rec (gr)	5,17      7,25      5,36      5,13      11,78
Peso suelo seco + rec (gr)	4,97      6,99      5,12      4,92      9,96
Peso agua (gr) W <sub>w</sub>	0,20      0,26      0,24      0,21      1,82
Peso sólidos (gr) W <sub>s</sub>	0,65      0,82      0,77      0,61      5,58
Contenido de humedad ω%	30,77      31,71      31,17      34,43      32,62
Promedio de ω%	32,14
<b>LÍMITE LÍQUIDO (LL%)</b>	38,20
<b>LÍMITE PLÁSTICO (LP%)</b>	32,14
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP = LL - LP)</b>	6,06
<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>	
AASHTO	A-2-4
SUCS	SM

## Anexo A7-7. Proctor Modificado

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”
<b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</b>	
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo
<b>Fecha:</b>	20/11/2022
<b>N° Muestra:</b>	7
<b>Norma:</b>	AASHTO T 180 2018
<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado
<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Coordenadas:</b>	X= 9893387 Y=769710
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
<b>ALTURA CAÍDA</b>	18" o 1.5ft
<b>DIÁMETRO</b>	15,2 cm
<b>NÚMERO DE CAPAS</b>	5
<b>PESO MOLDE</b>	12766 gr
<b>VOL. MOLDE</b>	2286,381 cm <sup>3</sup>
<b>NÚMERO DE GOLPES</b>	56
<b>ALTURA DEL MOLDE</b>	12,6 cm
<b>P. MARTILLO</b>	18 lb
<b>PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>	
<b>Ensayo</b>	1 2 3 4
<b>Peso inicial deseado</b>	6000 6000 6000 6000
<b>Hum. Inicial Estimada %</b>	12% 16% 20% 24%
<b>P.molde + suelo húmedo (gr)</b>	16383 16679 17251 17006
<b>Peso suelo húmedo</b>	3617 3913 4485 4240
<b>Peso Unitario Húmedo <math>\gamma_m</math> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1,582 1,711 1,962 1,854
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	
<b>N° Recipiente</b>	VP VP2 31 12 16 53 64 32
<b>Peso recipiente (gr)</b>	23,5 16,57 24,55 25,29 24,33 30,95 25,74 26,45
<b>Peso suelo húmedo + rec (gr)</b>	77,87 87,08 68,32 77,42 96,32 97,15 134,08 112,87
<b>Peso suelo seco + rec (gr)</b>	72,39 79,89 61,79 69,65 82,9 84,6 113,04 95,75
<b>Peso agua (gr)</b>	5,48 7,19 6,53 7,77 13,42 12,55 21,04 17,12
<b>Peso suelo seco (gr)</b>	48,89 63,32 37,24 44,36 58,57 53,65 87,3 69,3
<b>Contenido de humedad <math>\omega</math> %</b>	11,21% 11,36% 17,53% 17,52% 22,91% 23,39% 24,10% 24,70%
<b>Promedio de <math>\omega</math> %</b>	11,28% 17,53% 23,15% 24,40%
<b>Densidad seca <math>\gamma_d</math> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1,422 1,456 1,593 1,491
<b>Densidad máxima <math>\gamma_{max}</math> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1,59
<b>Humedad óptima %</b>	23,10%
	

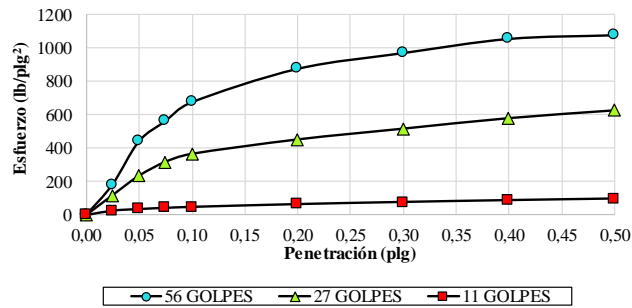


## Anexo A7-8. CBR

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"					
<b>ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>						
<b>Parroquia:</b>	Belsario Quevedo		<b>Norma:</b>	AASHTO T 193 2013		
<b>Fecha:</b>	15/12/2022		<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado		
<b>N° Muestra:</b>	7		<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla		
<b>Coordenadas:</b>	X= 9893387			Y=769710		
<b>DATOS DE MOLDEO</b>						
<b>Contenido de Humedad Óptima (%):</b>				<b>23,10%</b>		
<b>MOLDE N°</b>	1		2		3	
<b>DIMENSIONES</b>	Diámetro	15,2	Diámetro	15,2	Diámetro	15,2
	Altura	12,6	Altura	12,5	Altura	15,2
<b>N° de Capas</b>	5		5		5	
<b>N° de Golpes</b>	56		27		11	
<b>Peso molde + suelo húmedo (gr)</b>	11711		12773		11639	
<b>Peso del Molde (gr)</b>	6735		8334		7922	
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>	4976		4439		3717	
<b>Volumen Muestra (cm<sup>3</sup>)</b>	2286,38		2268,24		2286,38	
<b>Peso Unitario Húmedo γ<sub>m</sub> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2,176</b>		<b>1,957</b>		<b>1,626</b>	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>N° Recipiente</b>	<b>H4</b>	<b>34</b>	<b>84</b>	<b>96</b>	<b>19</b>	<b>76</b>
<b>Peso Recipiente (gr)</b>	30,77	23,5	32,45	31,52	26,65	30,73
<b>Peso suelo húmedo + rec (gr)</b>	89,81	67,17	101,86	111,72	113,53	110,22
<b>Peso suelo seco + rec (gr)</b>	79,00	58,86	88,45	97,20	96,81	95,63
<b>Peso agua (gr)</b>	10,81	8,31	13,41	14,52	16,72	14,59
<b>Peso de Sólidos</b>	48,23	35,36	56,00	65,68	70,16	64,90
<b>Contenido de humedad ω%</b>	22,41	23,50	23,95	22,11	23,83	22,48
<b>Promedio de ω%</b>	22,96		23,03		23,16	
<b>Peso Unitario Seco γ<sub>d</sub> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1,770</b>		<b>1,591</b>		<b>1,320</b>	
<b>DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
<b>Peso molde + suelo húmedo (gr)</b>	11901		13026		11943	
<b>Peso del Molde (gr)</b>	6735		8334		7922	
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>	5166		4692		4021	
<b>Masa Agua Absorbida</b>	190		253		304	
<b>% Agua Absorbida</b>	3,82%		5,70%		8,18%	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>N° Recipiente</b>	<b>68</b>	<b>34</b>	<b>12</b>	<b>96</b>	<b>43</b>	<b>84</b>
<b>Peso Recipiente (gr)</b>	31,16	23,50	25,47	31,52	32,71	32,45
<b>Peso suelo húmedo + rec (gr)</b>	132,80	130,36	98,91	140,22	143,26	132,89
<b>Peso suelo seco + rec (gr)</b>	110,13	106,30	80,79	112,64	113,17	106,32
<b>Peso agua (gr)</b>	22,67	24,06	18,12	27,58	30,09	26,57
<b>Peso de Sólidos</b>	78,97	82,80	55,32	81,12	80,46	73,87
<b>Contenido de humedad ω%</b>	28,71	29,06	32,75	34,00	37,40	35,97
<b>Promedio de ω%</b>	<b>28,88</b>		<b>33,38</b>		<b>36,68</b>	

ENSAYO CBR						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg <sup>2</sup>		Vel.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	553,8	184,6	359,3	119,8	78,6	26,2
0,050	1329,7	443,2	708,6	236,2	106,8	35,6
0,075	1693,9	564,6	958,9	319,6	127,6	42,5
0,100	2033,6	677,9	1103,3	367,8	144,6	48,2
0,200	2635,3	878,4	1362,3	454,1	193,2	64,4
0,300	2919,5	973,2	1556,5	518,8	231,0	77,0
0,400	3174,7	1058,2	1745,6	581,9	263,2	87,7
0,500	3240,9	1080,3	1885,6	628,5	290,7	96,9

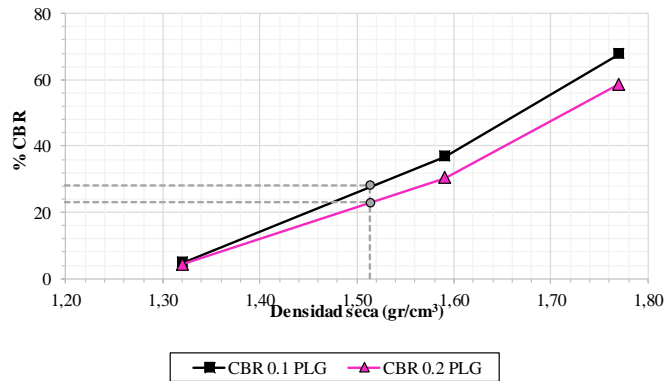
**ESFUERZO vs. PENETRACIÓN**



**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	677,87	67,79	1,770	878,43	58,56	1,770
2	367,77	36,78	1,591	454,10	30,27	1,591
3	48,20	4,82	1,320	64,40	4,29	1,320

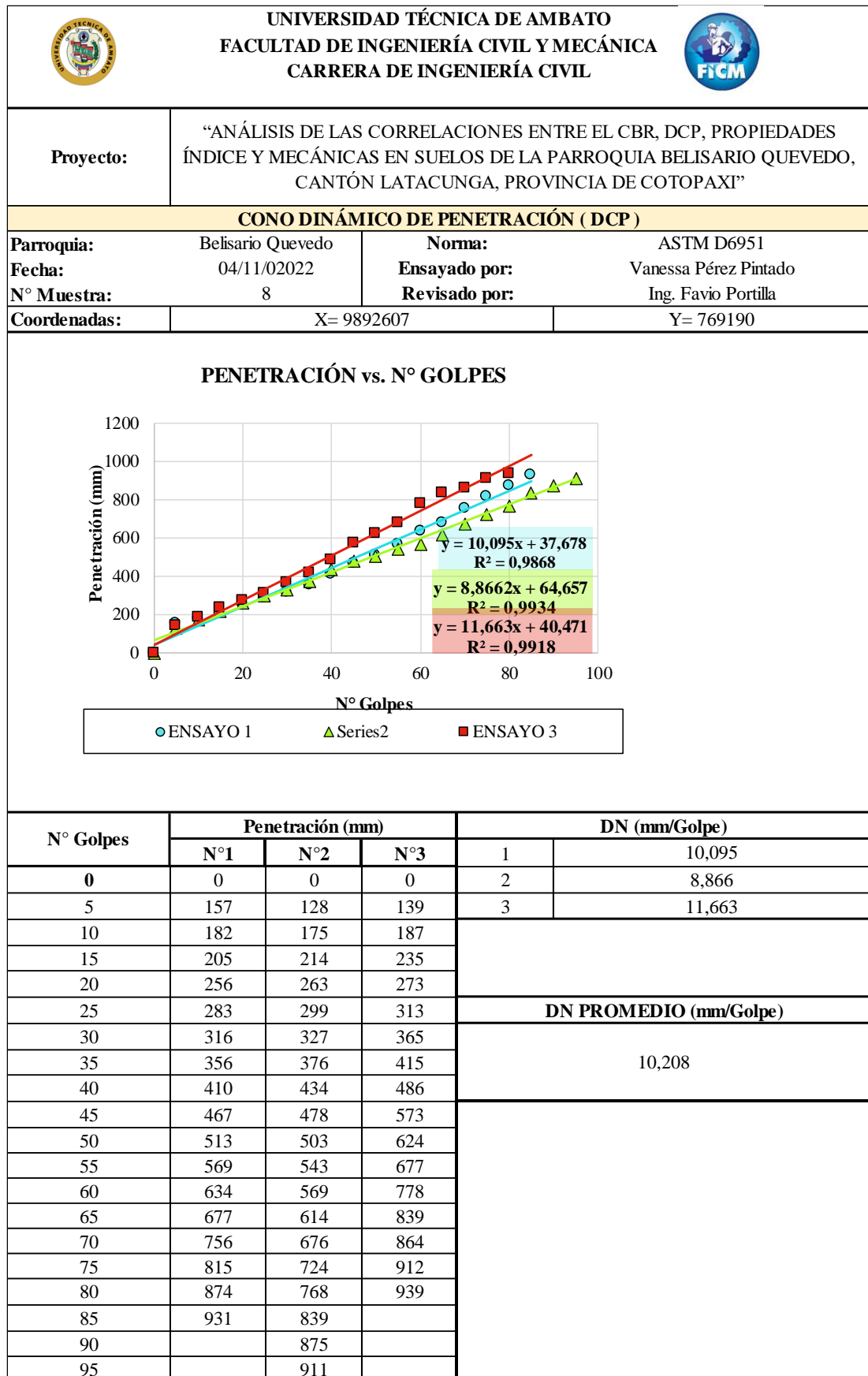
**% CBR vs. DENSIDAD SECA**





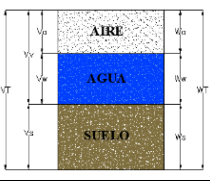
DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	95% DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
1,593	1,513	28,00	23,00

# **ANEXO A8: MUESTRA #8**



Anexo A8-1. Ensayo DCP





Anexo A8-2. Densidad de campo

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”			
<b>DENSIDAD DE CAMPO (CONO Y ARENA)</b>				
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 191 2014	
<b>Fecha:</b>	04/11/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado	
<b>N° Muestra:</b>	8	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla	
<b>Coordenadas:</b>	X= 9892607		Y= 769190	
<b>PESO DEL SUELO EXTRAÍDO</b>				
Peso del suelo extraído + funda	2660,00		gr	
Peso de la funda	3,30		gr	
Peso del suelo húmedo	2656,70		gr	
<b>VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO</b>				
Peso inicial del aparato lleno de arena	6990,00		gr	
Peso final del aparato lleno de arena	2863,00		gr	
Peso de la arena en la perforación	2460,00		gr	
<b>Peso de la arena en el cono (Calibración del cono)</b>	<b>1667,00</b>		gr	
<b>Densidad de la arena de Ottawa</b>	<b>1,582</b>		gr/cm <sup>3</sup>	
Volumen de la perforación ensayada	1554,99		cm <sup>3</sup>	
<b>HUMEDAD NATURAL Y DENSIDAD SECA</b>				
N° recipiente	<b>17</b>	<b>21A</b>	-	
Peso recipiente (Wr)	11,40	11,08	gr	
Peso suelo húmedo + recipiente (Wh + Wr)	34,10	32,04	gr	
Peso suelo seco + recipiente (Ws + Wr)	31,15	28,86	gr	
Peso de agua (Ww)	2,95	3,18	gr	
Peso suelo seco (Ws)	19,75	17,78	gr	
Contenido de humedad (W%)	14,94	17,89	%	
W Promedio (%)	16,42		%	
<b>FASES DEL SUELO</b>				
	<b>VOLUMEN</b>		<b>PESOS</b>	
	Vv=	5,85		
	Va=	2,90	Wa=	0,00
	Vw=	2,95	Ww=	2,95
	Vs=	7,44	Ws=	19,75
	Vm=	13,29	Wm=	22,70
<b>PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO</b>				
Densidad Húmeda	1,71		gr/cm <sup>3</sup>	
Densidad seca	1,47		gr/cm <sup>3</sup>	
Contenido de humedad natural	16,42		%	
Relación de vacíos	0,79		-	
Porosidad	44,00		%	
Grado de saturación del agua	50,46		%	
Grado de saturación del aire	49,54		%	



Anexo A8-3. Gravedad específica

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”		
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS</b>			
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 100 2015
<b>Fecha:</b>	05/12/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado
<b>N° Muestra:</b>	8	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Coordenadas:</b>	X= 9892607		Y= 769190
Peso del picnómetro + agua (W <sub>bw</sub> )	643,42		g
Peso del picnómetro + agua+ suelo sug (W <sub>bws</sub> )	673,33		g
Temperatura del agua + suelo	24		°C
N° Recipiente	-		
Peso del recipiente (W <sub>r</sub> )	147,58		gr
Peso del recipiente + suelo seco	195,49		gr
<b>Factor de corrección por temperatura (K)</b>	0,997324		gr
<b>Peso del suelo seco (W<sub>s</sub>)</b>	<b>47,91</b>		gr
<b>Desplazamiento de agua (D<sub>w</sub>)</b>	<b>18,00</b>		
<b>Gravedad específica (G<sub>s</sub>)</b>	<b>2,655</b>		

Anexo A8-4. Contenido de humedad natural

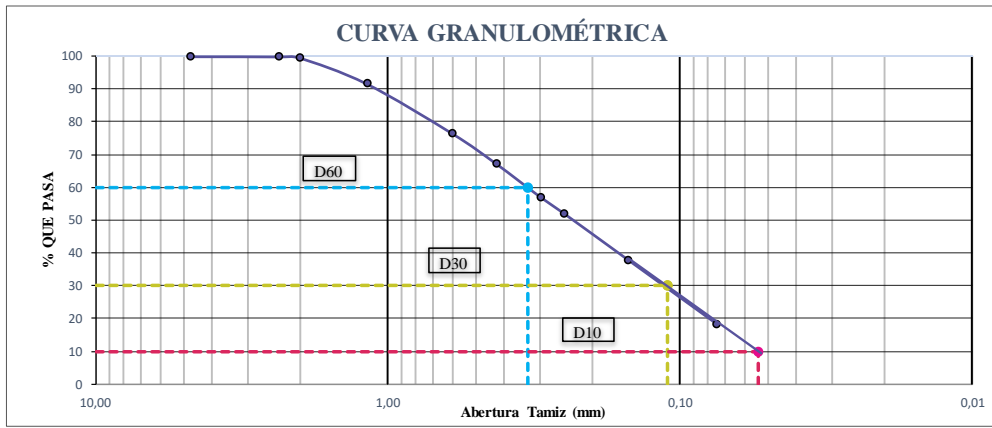
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>Proyecto:</b>	“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”		
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 265 2015
<b>Fecha:</b>	08/11/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado
<b>N° Muestra:</b>	8	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Coordenadas:</b>	X= 9892607		Y= 769190
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (w%)</b>			
N° recipiente	<b>11</b>	<b>15</b>	-
Peso recipiente (W <sub>r</sub> )	50,43	49,78	gr
Peso suelo húmedo + recipiente (W <sub>h</sub> + W <sub>r</sub> )	158,09	163,96	gr
Peso suelo seco + recipiente (W <sub>s</sub> + W <sub>r</sub> )	145,35	150,61	gr
Peso de agua (W <sub>w</sub> )	12,74	13,35	gr
Peso suelo seco (W <sub>s</sub> )	94,92	100,83	gr
Contenido de humedad ω%	13,42	13,24	%
<b>W Promedio (%)</b>	<b>13,33</b>		<b>%</b>

## Anexo A8-5. Granulometría

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>  </div>						
<b>Proyecto:</b>	"ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"					
<b>GRANULOMETRÍA</b>						
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo			<b>Norma:</b>	AASHTO T 88 2013	
<b>Fecha:</b>	10/11/2022			<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado	
<b>N° Muestra:</b>	8			<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla	
<b>Coordenadas:</b>	X= 9892607			Y= 769190		
# Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% de retención parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4	4,750	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,360	0,62	0,62	0,06	0,06	99,94
10	2,000	3,26	3,88	0,33	0,39	99,61
16	1,180	78,54	82,42	7,87	8,26	91,74
30	0,600	151,85	234,27	15,22	23,48	76,52
40	0,425	91,48	325,75	9,17	32,65	67,35
50	0,300	101,30	427,05	10,15	42,81	57,19
60	0,250	48,89	475,94	4,90	47,71	52,29
100	0,150	142,91	618,85	14,33	62,03	37,97
200	0,075	193,50	812,35	19,40	81,43	18,57
<b>Bandeja</b>		185,27	997,62	18,57	100,00	0,00
<b>Total</b>						

### CURVA GRANULOMÉTRICA



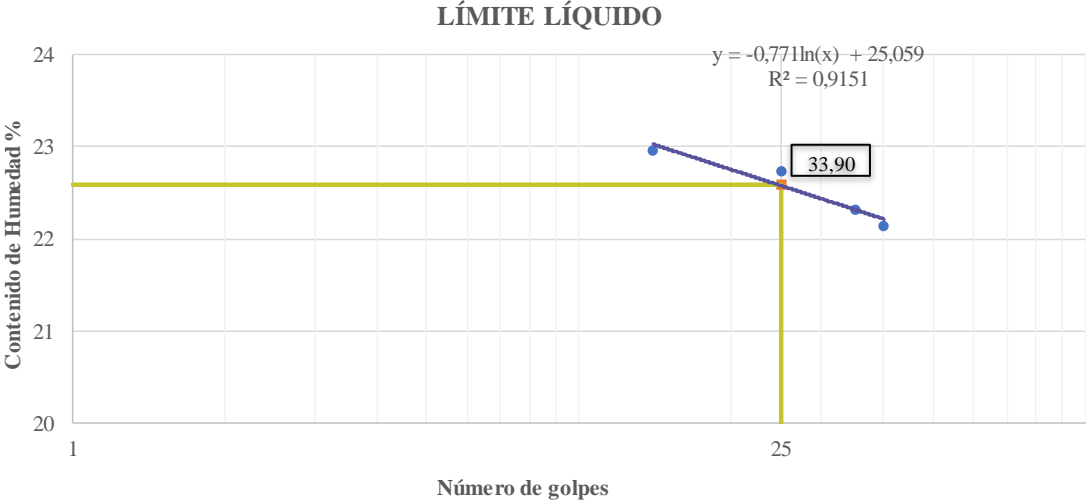


El gráfico muestra una curva granulométrica con el eje Y etiquetado como '% QUE PASA' (rango 0-100) y el eje X etiquetado como 'Abertura Tamiz (mm)' (escala logarítmica de 10,00 a 0,01). Se marcan los puntos D60, D30 y D10 con líneas de trazo discontinuo que conectan con el eje Y.



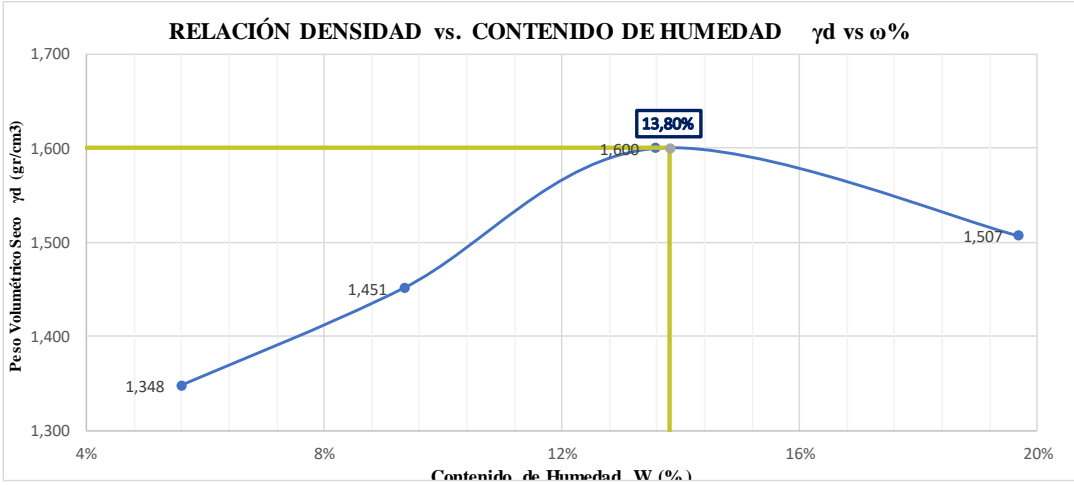
<b>RESULTADOS</b>			
<i>Coefficiente de uniformidad y curvatura</i>			
<b>D10 (mm)</b>	0,054	<b>Cu</b>	6,11
<b>D30 (mm)</b>	0,110	<b>Cc</b>	0,68
<b>D60 (mm)</b>	0,330	<b>TNM (mm)</b>	1,18
<i>Fracción de Partículas</i>	%Grava	% Arena	%Finos
	0,00	81,43	18,57

## Anexo A8-6. Límites de Atterberg



<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>  </div>								
<b>Proyecto:</b>	“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”							
LÍMITE LÍQUIDO								
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo		<b>Norma:</b>		AASHTO T 89 2013			
<b>Fecha:</b>	17/11/2022		<b>Ensayado por:</b>		Vanessa Pérez Pintado			
<b>N° Muestra:</b>	8		<b>Revisado por:</b>		Ing. Favio Portilla			
<b>Coordenadas:</b>	X= 9892607				Y= 769190			
Número de Golpes	14		25		35		40	
N° Recipiente	33A	5	03AI	10I	17	16	66A	62
Peso recipiente (gr)	11,08	17,77	11,50	11,00	11,46	11,18	11,04	11,03
Peso suelo húmedo + rec (gr)	15,03	21,21	17,73	17,62	18,13	21,05	21,53	17,96
Peso suelo seco + rec (gr)	14,29	20,57	16,57	16,40	16,92	19,24	19,65	16,69
Peso agua (gr) Ws	0,74	0,64	1,16	1,22	1,21	1,81	1,88	1,27
Peso de sólidos (gr) Ws	3,21	2,80	5,07	5,40	5,46	8,06	8,61	5,66
Contenido de humedad ω%	23,05	22,86	22,88	22,59	22,16	22,46	21,84	22,44
Promedio de ω%	22,96		22,74		22,31		22,14	
LÍMITE LÍQUIDO								
								
ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO								
Recipiente	71	65	52	50	8			
Peso recipiente (gr)	6,23	6,14	6,19	6,19	6,06			
Peso suelo húmedo + rec (gr)	7,10	7,36	7,04	6,62	6,78			
Peso suelo seco + rec (gr)	6,94	7,15	6,89	6,54	6,65			
Peso agua (gr) Ww	0,16	0,21	0,15	0,08	0,13			
Peso sólidos (gr) Ws	0,71	1,01	0,70	0,35	0,59			
Contenido de humedad ω%	22,54	20,79	21,43	22,86	22,03			
Promedio de ω%	21,93							
<b>LÍMITE LÍQUIDO (LL%)</b>	22,58				<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>			
<b>LÍMITE PLÁSTICO (LP%)</b>	21,93				AASHTO	A-2-4		
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP = LL - LP)</b>	0,65				SUCS	SM		



## Anexo A8-7. Proctor Modificado

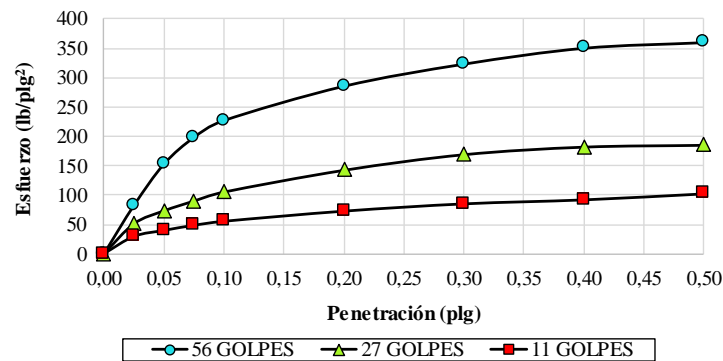
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>  </div>								
<b>Proyecto:</b>	“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”							
<b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</b>								
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo		<b>Norma:</b>			AASHTO T 180 2018		
<b>Fecha:</b>	21/11/2022		<b>Ensayado por:</b>			Vanessa Pérez Pintado		
<b>N° Muestra:</b>	8		<b>Revisado por:</b>			Ing. Favio Portilla		
<b>Coordenadas:</b>	X= 9892607				Y= 769190			
<b>ESPECIFICACIONES</b>								
<b>ALTURA CAÍDA</b>	18" o 1.5ft		<b>DIÁMETRO</b>	15,2	cm	<b>NÚMERO DE CAPAS</b>	5	
<b>PESO MOLDE</b>	12687	gr	<b>VOL. MOLDE</b>	2485,986	cm <sup>3</sup>	<b>NÚMERO DE GOLPES</b>	56	
<b>ALTURA DEL MOLDE</b>	13,7	cm	<b>P. MARTILLO</b>	18	lb			
<b>PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>								
Ensayo	1		2		3		4	
Peso inicial deseado	6000		6000		6000		6000	
Hum. Inicial Estimada %	4%		8%		12%		16%	
P.molde + suelo húmedo (gr)	16226		16632		17204		17170	
Peso suelo húmedo	3539		3945		4517		4483	
Peso Unitario Húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,424		1,587		1,817		1,803	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>								
N° Recipiente	<b>34</b>	<b>820</b>	<b>66</b>	<b>41</b>	<b>44</b>	<b>97</b>	<b>31</b>	<b>18</b>
Peso recipiente (gr)	23,53	30,86	30,91	31,07	26,13	33,15	24,55	26,94
Peso suelo húmedo + rec (gr)	89,22	90,18	93,01	102,15	95,26	141,49	151,72	160,07
Peso suelo seco + rec (gr)	85,78	87,00	87,84	95,93	86,75	128,94	133,90	135,12
Peso agua (gr)	3,44	3,18	5,17	6,22	8,51	12,55	17,82	24,95
Peso suelo seco (gr)	62,25	56,14	56,93	64,86	60,62	95,79	109,35	108,18
Contenido de humedad $\omega$ %	5,53%	5,66%	9,08%	9,59%	14,04%	13,10%	16,30%	23,06%
Promedio de $\omega$ %	5,60%		9,34%		13,57%		19,68%	
Densidad seca $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,348		1,451		1,600		1,507	
Densidad máxima $\gamma_{max}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,60							
Humedad óptima %	13,80%							
 <p style="text-align: center;"><b>RELACIÓN DENSIDAD vs. CONTENIDO DE HUMEDAD <math>\gamma_d</math> vs <math>\omega</math>%</b></p>								

Anexo A8-8. CBR

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”					
<b>ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>						
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo		<b>Norma:</b>	AASHTO T 193 2013		
<b>Fecha:</b>	15/12/2022		<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado		
<b>N° Muestra:</b>	8		<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla		
<b>Coordenadas:</b>	X= 9892607			Y= 769190		
<b>DATOS DE MOLDEO</b>						
<b>Contenido de Humedad Óptima (%):</b>	<b>13,80%</b>					
<b>MOLDE N°</b>	1		2		3	
<b>DIMENSIONES</b>	Diámetro	15,2	Diámetro	15,2	Diámetro	15,2
	Altura	12,7	Altura	12,5	Altura	15,2
<b>N° de Capas</b>	5		5		5	
<b>N° de Golpes</b>	56		27		11	
<b>Peso molde + suelo húmedo (gr)</b>	10772		11177		11837	
<b>Peso del Molde (gr)</b>	6735		7354		8157	
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>	4037		3823		3680	
<b>Volumen Muestra (cm<sup>3</sup>)</b>	2304,53		2268,24		2286,38	
<b>Peso Unitario Húmedo <math>\gamma_m</math> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1,752</b>		<b>1,685</b>		<b>1,610</b>	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>N° Recipiente</b>	<b>68</b>	<b>12</b>	<b>96</b>	<b>85</b>	<b>34</b>	<b>84</b>
<b>Peso Recipiente (gr)</b>	31,16	25,47	31,52	30,85	23,5	32,45
<b>Peso suelo húmedo + rec (gr)</b>	139,73	127,93	161,97	109,33	99,84	165,98
<b>Peso suelo seco + rec (gr)</b>	126,45	115,37	145,36	99,80	91,51	149,42
<b>Peso agua (gr)</b>	13,28	12,56	16,61	9,53	8,33	16,56
<b>Peso de Sólidos</b>	95,29	89,90	113,84	68,95	68,01	116,97
<b>Contenido de humedad <math>\omega</math>%</b>	13,94	13,97	14,59	13,82	12,25	14,16
<b>Promedio de <math>\omega</math>%</b>	13,95		14,21		13,20	
<b>Peso Unitario Seco <math>\gamma_d</math> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1,537</b>		<b>1,476</b>		<b>1,422</b>	
<b>DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
<b>Peso molde + suelo húmedo (gr)</b>	11006		11497		12320	
<b>Peso del Molde (gr)</b>	6735		7354		8157	
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>	4271		4143		4163	
<b>Masa Agua Absorbida</b>	234		320		483	
<b>% Agua Absorbida</b>	5,80%		8,37%		13,13%	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>N° Recipiente</b>	<b>12</b>	<b>H4</b>	<b>820</b>	<b>85</b>	<b>68</b>	<b>19</b>
<b>Peso Recipiente (gr)</b>	25,47	30,77	31,02	30,85	31,16	26,65
<b>Peso suelo húmedo + rec (gr)</b>	145,25	96,93	94,76	154,34	111,74	93,69
<b>Peso suelo seco + rec (gr)</b>	121,99	84,80	81,21	129,59	93,33	78,95
<b>Peso agua (gr)</b>	23,26	12,13	13,55	24,75	18,41	14,74
<b>Peso de Sólidos</b>	96,52	54,03	50,19	98,74	62,17	52,30
<b>Contenido de humedad <math>\omega</math>%</b>	24,10	22,45	27,00	25,07	29,61	28,18
<b>Promedio de <math>\omega</math>%</b>	<b>23,27</b>		<b>26,03</b>		<b>28,90</b>	

ENSAYO CBR						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg <sup>2</sup>		Vel.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	247,8	82,6	153,6	51,2	89,0	29,7
0,050	459,2	153,1	219,6	73,2	119,8	39,9
0,075	595,5	198,5	269,8	89,9	146,3	48,8
0,100	681,8	227,3	315,9	105,3	166,9	55,6
0,200	857,4	285,8	427,7	142,6	219,4	73,1
0,300	970,6	323,5	507,9	169,3	257,0	85,7
0,400	1052,0	350,7	546,7	182,2	277,7	92,6
0,500	1080,8	360,3	556,1	185,4	308,7	102,9

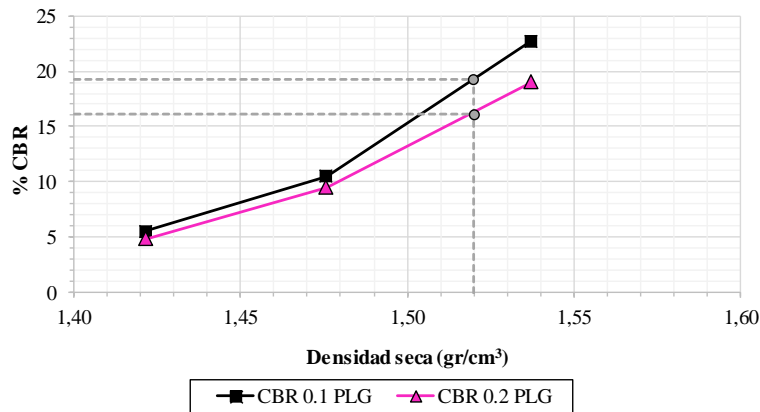
**ESFUERZO vs. PENETRACIÓN**



**PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)**

MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR Plg 0,1	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	227,27	22,73	1,537	285,80	19,05	1,537
2	105,30	10,53	1,476	142,57	9,50	1,476
3	55,63	5,56	1,422	73,13	4,88	1,422

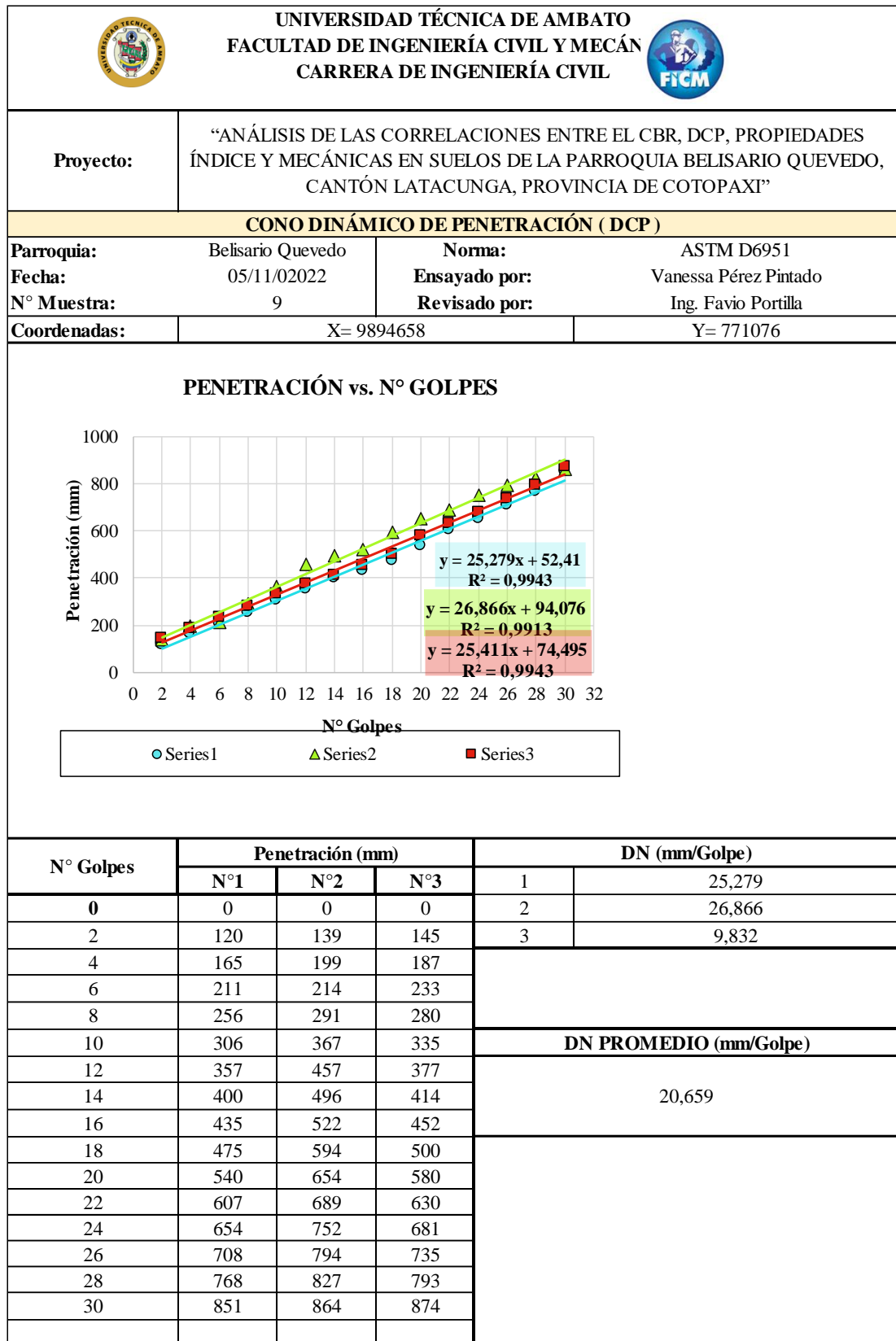
**% CBR vs. DENSIDAD SECA**





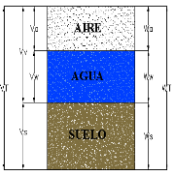
DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	95% DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
1,600	1,520	19,20	16,1

## **ANEXO A9: MUESTRA #9**

Anexo A9-1. Ensayo DCP





Anexo A9-2. Densidad de campo

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”			
<b>DENSIDAD DE CAMPO (CONO Y ARENA)</b>				
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 191 2014	
<b>Fecha:</b>	05/11/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado	
<b>N° Muestra:</b>	9	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla	
<b>Coordenadas:</b>	X= 9894658		Y= 771076	
<b>PESO DEL SUELO EXTRAÍDO</b>				
Peso del suelo extraído + funda	2325,00		gr	
Peso de la funda	3,30		gr	
Peso del suelo húmedo	2321,70		gr	
<b>VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO</b>				
Peso inicial del aparato lleno de arena	6995,00		gr	
Peso final del aparato lleno de arena	2970,00		gr	
Peso de la arena en la perforación	2358,00		gr	
<b>Peso de la arena en el cono (Calibración del cono)</b>	<b>1667,00</b>		gr	
<b>Densidad de la arena de Ottawa</b>	<b>1,582</b>		gr/cm <sup>3</sup>	
Volumen de la perforación ensayada	1490,52		cm <sup>3</sup>	
<b>HUMEDAD NATURAL Y DENSIDAD SECA</b>				
N° recipiente	<b>37</b>	<b>32I</b>	-	
Peso recipiente (Wr)	11,34	11,18	gr	
Peso suelo húmedo + recipiente (Wh + Wr)	30,73	32,37	gr	
Peso suelo seco + recipiente (Ws + Wr)	28,15	29,48	gr	
Peso de agua (Ww)	2,58	2,89	gr	
Peso suelo seco (Ws)	16,81	18,30	gr	
Contenido de humedad (W%)	15,35	15,79	%	
W Promedio (%)	15,57		%	
<b>FASES DEL SUELO</b>				
	<b>VOLUMEN</b>		<b>PESOS</b>	
	Vv=	6,18	Wa=	0,00
	Va=	3,60	Ww=	2,58
	Vw=	2,58	Ws=	16,81
	Vs=	6,27	Wm=	19,39
Vm=	12,45			
<b>PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO</b>				
Densidad Húmeda	1,56		gr/cm <sup>3</sup>	
Densidad seca	1,35		gr/cm <sup>3</sup>	
Contenido de humedad natural	15,57		%	
Relación de vacíos	0,99		-	
Porosidad	49,64		%	
Grado de saturación del agua	41,76		%	
Grado de saturación del aire	58,24		%	



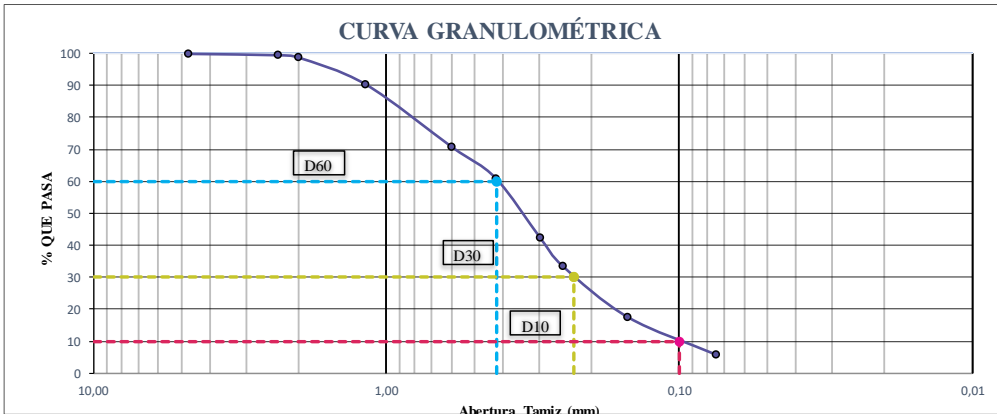
### Anexo A9-3. Gravedad Específica

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”		
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS</b>			
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 100 2015
<b>Fecha:</b>	05/12/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado
<b>N° Muestra:</b>	9	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Coordenadas:</b>	X= 9894658		Y= 771076
Peso del picnómetro + agua (W <sub>bw</sub> )		643,51	g
Peso del picnómetro + agua+ suelo sug (W <sub>bws</sub> )		674,30	g
Temperatura del agua + suelo		22,00	°C
N° Recipiente		-	
Peso del recipiente (W <sub>r</sub> )		99,75	gr
Peso del recipiente + suelo seco		148,79	gr
<b>Factor de corrección por temperatura (K)</b>		0,997798	gr
<b>Peso del suelo seco (W<sub>s</sub>)</b>		<b>49,04</b>	gr
<b>Desplazamiento de agua (D<sub>w</sub>)</b>		<b>18,25</b>	
<b>Gravedad específica (G<sub>s</sub>)</b>		<b>2,681</b>	

### Anexo A9-4. Contenido de humedad natural



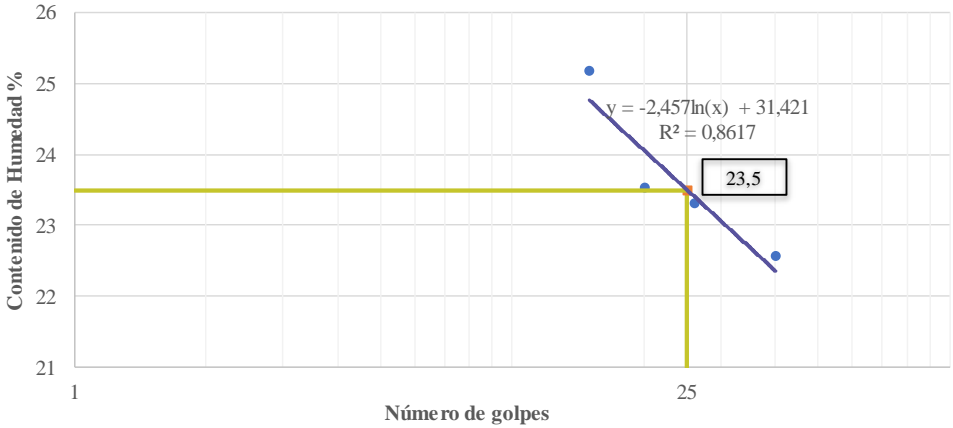
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>Proyecto:</b>	“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”		
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 265 2015
<b>Fecha:</b>	08/11/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado
<b>N° Muestra:</b>	9	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Coordenadas:</b>	X= 9894658		Y= 771076
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (w%)</b>			
N° recipiente	<b>101</b>	<b>60</b>	-
Peso recipiente (W <sub>r</sub> )	31,30	31,00	gr
Peso suelo húmedo + recipiente (W <sub>h</sub> + W <sub>r</sub> )	92,33	88,93	gr
Peso suelo seco + recipiente (W <sub>s</sub> + W <sub>r</sub> )	84,13	80,10	gr
Peso de agua (W <sub>w</sub> )	8,20	8,83	gr
Peso suelo seco ( W <sub>s</sub> )	52,83	49,1	gr
Contenido de humedad ω%	15,52	17,98	%
<b>W Promedio (%)</b>	<b>16,75</b>		<b>%</b>

## Anexo A9-5. Granulometría



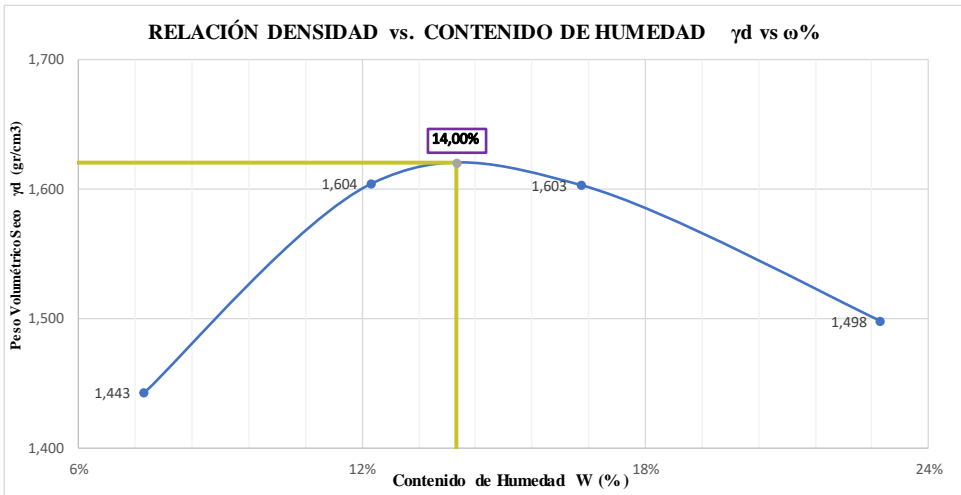
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 						
<b>Proyecto:</b>	"ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"					
GRANULOMETRÍA						
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 88 2013			
<b>Fecha:</b>	10/11/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado			
<b>N° Muestra:</b>	9	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla			
<b>Coordenadas:</b>	X= 9894658			Y= 771076		
# Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% de retención parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4	4,750	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,360	4,23	4,23	0,42	0,42	99,58
10	2,000	7,38	11,61	0,74	1,16	98,84
16	1,180	83,67	95,28	8,38	9,54	90,46
30	0,600	195,12	290,40	19,54	29,08	70,92
40	0,425	97,30	387,70	9,74	38,83	61,17
50	0,300	185,24	572,94	18,55	57,38	42,62
60	0,250	90,55	663,49	9,07	66,44	33,56
100	0,150	158,76	822,25	15,90	82,34	17,66
200	0,075	116,84	939,09	11,70	94,04	5,96
<b>Bandeja</b>		59,49	998,58	5,96	100,00	0,00
<b>Total</b>						
		998,58				
						
RESULTADOS						
Coeficiente de uniformidad y curvatura						
<b>D10 (mm)</b>	0,1	<b>Cu</b>	4,20			
<b>D30 (mm)</b>	0,230	<b>Cc</b>	1,26			
<b>D60 (mm)</b>	0,420	<b>TNM (mm)</b>	1,18			
<b>Fracción de Partículas</b>	%Grava	%Arena	%Finos			
	0,00	94,04	5,96			





## Anexo A9-6. Límites de Atterberg

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>  </div>								
<b>Proyecto:</b>	“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”							
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>								
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo			<b>Norma:</b>	AASHTO T 89 2013			
<b>Fecha:</b>	17/11/2022			<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado			
<b>N° Muestra:</b>	9			<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla			
<b>Coordenadas:</b>	X= 9894658				Y= 771076			
<b>Número de Golpes</b>	<b>15</b>		<b>20</b>		<b>26</b>		<b>40</b>	
N° Recipiente	11	45	31	62	7	67	03AI	80
Peso recipiente (gr)	7,38	7,46	7,44	11,02	7,38	7,47	11,50	7,39
Peso suelo húmedo + rec (gr)	12,68	10,21	18,37	17,10	15,75	12,07	19,85	12,06
Peso suelo seco + rec (gr)	11,57	9,68	16,22	15,98	14,15	11,21	18,26	11,23
Peso agua (gr) Ws	1,11	0,53	2,15	1,12	1,60	0,86	1,59	0,83
Peso de sólidos (gr) Ws	4,19	2,22	8,78	4,96	6,77	3,74	6,76	3,84
Contenido de humedad ω%	26,49	23,87	24,49	22,58	23,63	22,99	23,52	21,61
Promedio de ω%	25,18		23,53		23,31		22,57	
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b> 								
<b>ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO</b>								
Recipiente	54	64	8	2	35			
Peso recipiente (gr)	6,01	6,10	6,14	5,93	6,04			
Peso suelo húmedo + rec (gr)	6,79	7,11	7,12	6,73	7,26			
Peso suelo seco + rec (gr)	6,65	6,93	6,94	6,59	7,05			
Peso agua (gr) Ww	0,14	0,18	0,18	0,14	0,21			
Peso sólidos (gr) Ws	0,64	0,83	0,80	0,66	1,01			
Contenido de humedad ω%	21,87	21,69	22,50	21,21	20,79			
Promedio de ω%	21,61							
<b>LÍMITE LÍQUIDO (LL%)</b>	23,50				<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>			
<b>LÍMITE PLÁSTICO (LP%)</b>	21,61				AASHTO	A-2-4		
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP = LL - LP)</b>	1,89				SUCS	SP-SM		

## Anexo A9-7. Proctor Modificado

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”							
<b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</b>								
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo							
<b>Fecha:</b>	22/11/2022							
<b>N° Muestra:</b>	9							
<b>Coordenadas:</b>	X= 9894658 Y= 771076							
<b>ESPECIFICACIONES</b>								
<b>ALTURA CAÍDA</b>	18" o 1.5ft	<b>DIÁMETRO</b>	15,2	cm	<b>NÚMERO DE CAPAS</b>	5		
<b>PESO MOLDE</b>	12777	gr	<b>VOL. MOLDE</b>	2395,256	cm <sup>3</sup>	<b>NÚMERO DE GOLPES</b>	56	
<b>ALTURA DEL MOLDE</b>	13,2	cm	<b>P. MARTILLO</b>	18	lb			
<b>PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>								
Ensayo	1	2	3	4				
Peso inicial deseado	6000	6000	6000	6000				
Hum. Inicial Estimada %	4%	8%	12%	16%				
P.molde + suelo húmedo (gr)	16489	17089	17255	17189				
Peso suelo húmedo	3712	4312	4478	4412				
Peso Unitario Húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,550	1,800	1,870	1,842				
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>								
N° Recipiente	<b>97</b>	<b>53</b>	<b>81</b>	<b>64</b>	<b>68</b>	<b>42I</b>	<b>90</b>	<b>36</b>
Peso recipiente (gr)	33,28	30,95	30,75	25,75	30,85	31,75	30,88	24,88
Peso suelo húmedo + rec (gr)	136,85	74,37	98,31	101,28	112,23	224,32	130,34	151,55
Peso suelo seco + rec (gr)	130,07	71,23	90,84	93,19	100,8	196,4	112,35	127,11
Peso agua (gr)	6,78	3,14	7,47	8,09	11,43	27,92	17,99	24,44
Peso suelo seco (gr)	96,79	40,28	60,09	67,44	69,95	164,65	81,47	102,23
Contenido de humedad $\omega$ %	7,00%	7,80%	12,43%	12,00%	16,34%	16,96%	22,08%	23,91%
Promedio de $\omega$ %	7,40%		12,21%		16,65%		22,99%	
Densidad seca $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,443		1,604		1,603		1,498	
Densidad máxima $\gamma_{max}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,62							
Humedad óptima %	14,00%							
<b>RELACIÓN DENSIDAD vs. CONTENIDO DE HUMEDAD <math>\gamma_d</math> vs <math>\omega</math> %</b>								
								

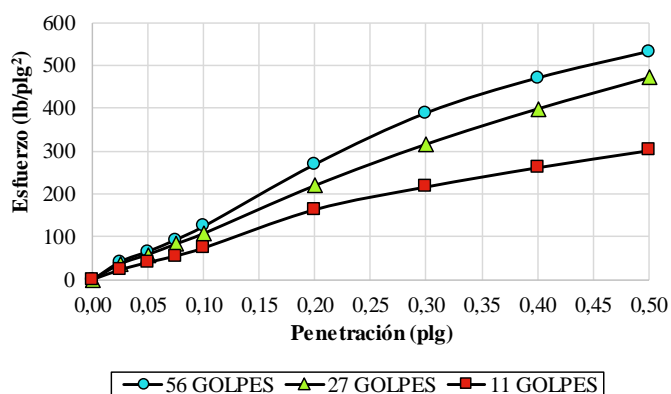
Anexo A9-8. CBR

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”					
<b>ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>						
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo		<b>Norma:</b>	AASHTO T 193 2013		
<b>Fecha:</b>	19/12/2022		<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado		
<b>N° Muestra:</b>	9		<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla		
<b>Coordenadas:</b>	X= 9894658			Y= 771076		
<b>DATOS DE MOLDEO</b>						
<b>Contenido de Humedad Óptima (%):</b>	<b>14,00%</b>					
<b>MOLDE N°</b>	1		2		3	
<b>DIMENSIONES</b>	Diámetro	15,2	Diámetro	15,2	Diámetro	15,2
	Altura	12,5	Altura	12,5	Altura	15,2
<b>N° de Capas</b>	5		5		5	
<b>N° de Golpes</b>	56		27		11	
<b>Peso molde + suelo húmedo (gr)</b>	12785		11665		11895	
<b>Peso del Molde (gr)</b>	8334		7484		7922	
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>	4451		4181		3973	
<b>Volumen Muestra (cm<sup>3</sup>)</b>	2268,24		2268,24		2286,38	
<b>Peso Unitario Húmedo <math>\gamma_m</math> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1,962</b>		<b>1,843</b>		<b>1,738</b>	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>N° Recipiente</b>	<b>820</b>	<b>43</b>	<b>H4</b>	<b>19</b>	<b>16</b>	<b>V2</b>
<b>Peso Recipiente (gr)</b>	31,02	32,71	30,77	26,65	24,98	31,34
<b>Peso suelo húmedo + rec (gr)</b>	137,67	157,27	153,57	116,69	163,75	101,68
<b>Peso suelo seco + rec (gr)</b>	125,06	141,80	138,34	105,43	146,39	93,04
<b>Peso agua (gr)</b>	12,61	15,47	15,23	11,26	17,36	8,64
<b>Peso de Sólidos</b>	94,04	109,09	107,57	78,78	121,41	61,70
<b>Contenido de humedad <math>\omega</math>%</b>	13,41	14,18	14,16	14,29	14,30	14,00
<b>Promedio de <math>\omega</math>%</b>	13,80		14,23		14,15	
<b>Peso Unitario Seco <math>\gamma_d</math> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1,724</b>		<b>1,614</b>		<b>1,522</b>	
<b>DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
<b>Peso molde + suelo húmedo (gr)</b>	12858		11802		12122	
<b>Peso del Molde (gr)</b>	8334		7484		7922	
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>	4524		4318		4200	
<b>Masa Agua Absorbida</b>	73		137		227	
<b>% Agua Absorbida</b>	1,64%		3,28%		5,71%	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>N° Recipiente</b>	<b>16</b>	<b>34</b>	<b>84</b>	<b>43</b>	<b>96</b>	<b>V2</b>
<b>Peso Recipiente (gr)</b>	24,98	23,50	32,45	32,71	31,52	31,34
<b>Peso suelo húmedo + rec (gr)</b>	98,80	115,73	136,28	156,86	129,27	136,27
<b>Peso suelo seco + rec (gr)</b>	86,59	99,92	118,02	135,79	109,93	117,62
<b>Peso agua (gr)</b>	12,21	15,81	18,26	21,07	19,34	18,65
<b>Peso de Sólidos</b>	61,61	76,42	85,57	103,08	78,41	86,28
<b>Contenido de humedad <math>\omega</math>%</b>	19,82	20,69	21,34	20,44	24,67	21,62
<b>Promedio de <math>\omega</math>%</b>	<b>20,25</b>		<b>20,89</b>		<b>23,14</b>	

### ENSAYO CBR

Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg <sup>2</sup>		Vel.Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	1		2		3	
N° de golpes	56		27		11	
<b>Penetración (plg)</b>	<b>Dial</b>	<b>Presión (lb/plg<sup>2</sup>)</b>	<b>Dial</b>	<b>Presión (lb/plg<sup>2</sup>)</b>	<b>Dial</b>	<b>Presión (lb/plg<sup>2</sup>)</b>
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	125,2	41,7	109,9	36,6	68,4	22,8
0,050	196,9	65,6	176,2	58,7	120,0	40,0
0,075	279,3	93,1	249,6	83,2	165,4	55,1
0,100	372,3	124,1	323,5	107,8	221,5	73,8
0,200	806,2	268,7	659,8	219,9	490,1	163,4
0,300	1165,0	388,3	949,1	316,4	648,8	216,3
0,400	1409,2	469,7	1196,2	398,7	783,2	261,1
0,500	1594,6	531,5	1415,6	471,9	902,6	300,9

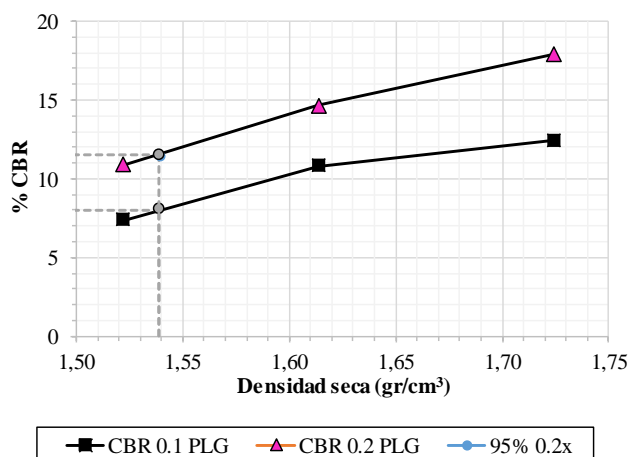
### ESFUERZO vs. PENETRACIÓN



### 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	124,10	12,41	1,724	268,73	17,92	1,724
2	107,83	10,78	1,614	219,93	14,66	1,614
3	73,83	7,38	1,522	163,37	10,89	1,522

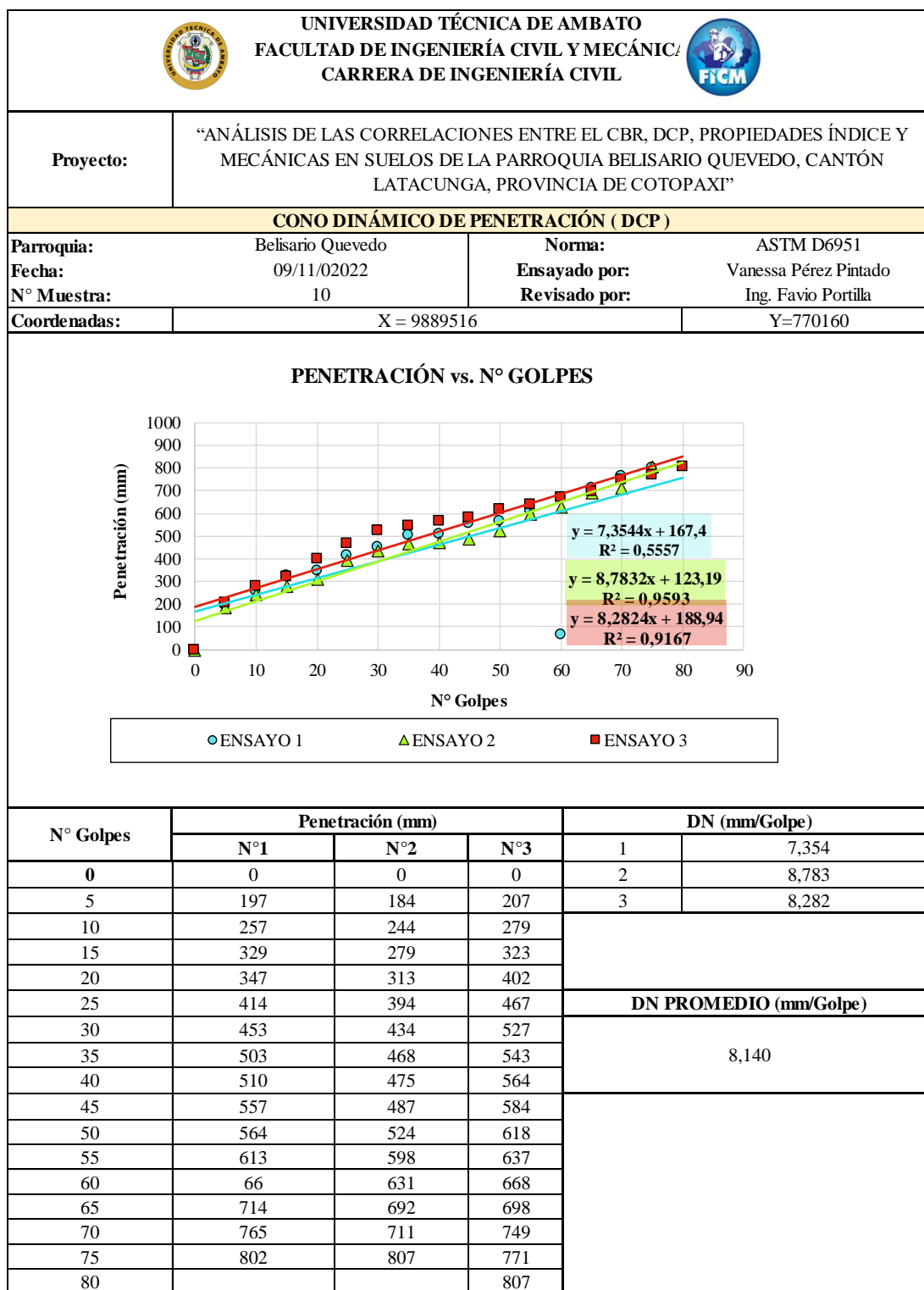
### % CBR vs. DENSIDAD SECA





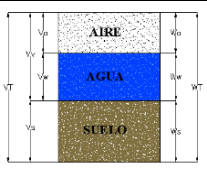
DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	95% DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
1,620	1,539	8,00	11,50

# **ANEXO A10: MUESTRA #10**



## Anexo A10-1. Ensayo DCP





## Anexo A10-2. Densidad de campo

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”			
<b>DENSIDAD DE CAMPO (CONO Y ARENA)</b>				
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 191 2014	
<b>Fecha:</b>	05/11/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado	
<b>N° Muestra:</b>	10	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla	
<b>Coordenadas:</b>	X = 9889516		Y=770160	
<b>PESO DEL SUELO EXTRAÍDO</b>				
Peso del suelo extraído + funda	2255,00		gr	
Peso de la funda	3,30		gr	
Peso del suelo húmedo	2251,70		gr	
<b>VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO</b>				
Peso inicial del aparato lleno de arena	6987,00		gr	
Peso final del aparato lleno de arena	3370,00		gr	
Peso de la arena en la perforación	1950,00		gr	
<b>Peso de la arena en el cono (Calibración del cono)</b>	<b>1667,00</b>		gr	
<b>Densidad de la arena de Ottawa</b>	<b>1,582</b>		gr/cm <sup>3</sup>	
Volumen de la perforación ensayada	1232,62		cm <sup>3</sup>	
<b>HUMEDAD NATURAL Y DENSIDAD SECA</b>				
N° recipiente	<b>33A</b>	<b>271</b>	-	
Peso recipiente (Wr)	11,07	10,63	gr	
Peso suelo húmedo + recipiente (Wh + Wr)	31,15	38,13	gr	
Peso suelo seco + recipiente (Ws + Wr)	27,89	33,64	gr	
Peso de agua (Ww)	3,26	4,49	gr	
Peso suelo seco (Ws)	16,82	23,01	gr	
Contenido de humedad (W%)	19,38	19,51	%	
W Promedio (%)		19,45	%	
<b>FASES DEL SUELO</b>				
	<b>VOLUMEN</b>		<b>PESOS</b>	
	Vv=	4,74		
	Va=	1,48	Wa=	0,00
	Vw=	3,26	Ww=	3,26
	Vs=	6,26	Ws=	16,82
Vm=	10,99	Wm=	20,08	
<b>PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO</b>				
Densidad Húmeda	1,83		gr/cm <sup>3</sup>	
Densidad seca	1,53		gr/cm <sup>3</sup>	
Contenido de humedad natural	19,45		%	
Relación de vacíos	0,76		-	
Porosidad	43,09		%	
Grado de saturación del agua	68,83		%	
Grado de saturación del aire	31,17		%	

Anexo A10-3. Gravedad específica



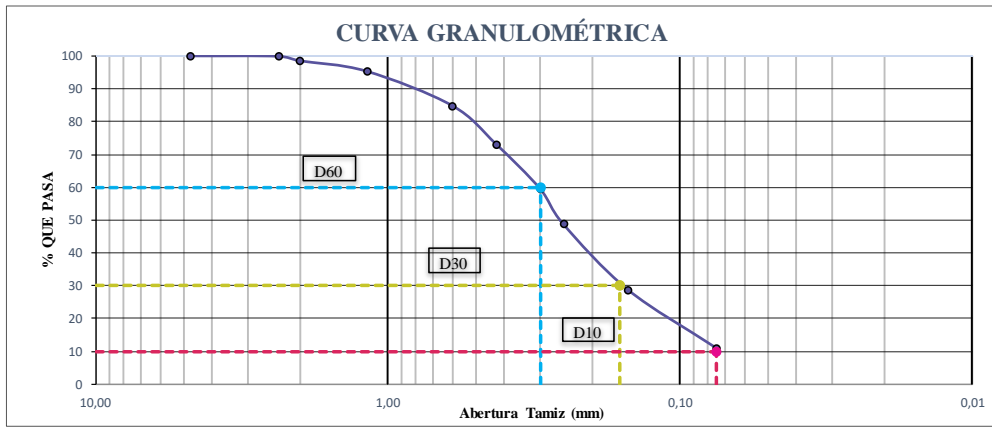
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>Proyecto:</b>	“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”		
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS</b>			
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 100 2015
<b>Fecha:</b>	06/12/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado
<b>N° Muestra:</b>	10	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Coordenadas:</b>	X = 9889516		Y=770160
Peso del picnómetro + agua (Wbw)	643,34	g	
Peso del picnómetro + agua+ suelo sug (Wbws)	674,08	g	
Temperatura del agua + suelo	22	°C	
N° Recipiente	-		
Peso del recipiente (Wr)	113,62	gr	
Peso del recipiente + suelo seco	162,50	gr	
<b>Factor de corrección por temperatura (K)</b>	0,997798	gr	
<b>Peso del suelo seco (Ws)</b>	<b>48,88</b>	gr	
<b>Desplazamiento de agua (Dw)</b>	<b>18,14</b>		
<b>Gravedad específica (Gs)</b>	<b>2,689</b>		

Anexo A10-4. Contenido de humedad natural

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”		
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 265 2015
<b>Fecha:</b>	08/11/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado
<b>N° Muestra:</b>	10	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Coordenadas:</b>	X = 9889516		Y=770160
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (w%)</b>			
N° recipiente	<b>1</b>	<b>104</b>	-
Peso recipiente (Wr)	31,53	30,34	gr
Peso suelo húmedo + recipiente (Wh + Wr)	152,41	122,12	gr
Peso suelo seco + recipiente (Ws + Wr)	132,69	107,10	gr
Peso de agua (Ww)	19,72	15,02	gr
Peso suelo seco (Ws)	101,16	76,76	gr
Contenido de humedad ω%	19,49	19,57	%
<b>W Promedio (%)</b>	<b>19,53</b>		<b>%</b>



## Anexo A10-5. Granulometría

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>  </div>						
<b>Proyecto:</b>	"ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"					
<b>GRANULOMETRÍA</b>						
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo			<b>Norma:</b>	AASHTO T 88 2013	
<b>Fecha:</b>	14/11/2022			<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado	
<b>N° Muestra:</b>	10			<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla	
<b>Coordenadas:</b>	X = 9889516			Y = 770160		
# Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% de retención parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4	4,750	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,360	1,15	1,15	0,12	0,12	99,88
10	2,000	13,60	14,75	1,36	1,48	98,52
16	1,180	31,60	46,35	3,17	4,65	95,35
30	0,600	104,66	151,01	10,49	15,14	84,86
40	0,425	116,59	267,60	11,69	26,83	73,17
50	0,300	136,37	403,97	13,67	40,51	59,49
60	0,250	107,08	511,05	10,74	51,25	48,75
100	0,150	200,25	711,30	20,08	71,33	28,67
200	0,075	176,29	887,59	17,68	89,00	11,00
<b>Bandeja</b>		109,67	997,26	11,00	100,00	0,00
<b>Total</b>						
						
<b>RESULTADOS</b>						
<i>Coefficiente de uniformidad y curvatura</i>						
<b>D10 (mm)</b>	0,075	<b>Cu</b>	4,00			
<b>D30 (mm)</b>	0,160	<b>Cc</b>	1,14			
<b>D60 (mm)</b>	0,300	<b>TNM (mm)</b>	1,18			
<i>Fracción de Partículas</i>	% Grava	% Arena	% Finos			
	0,00	89,00	11,00			

## Anexo A10-6. Límites de Atterberg



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



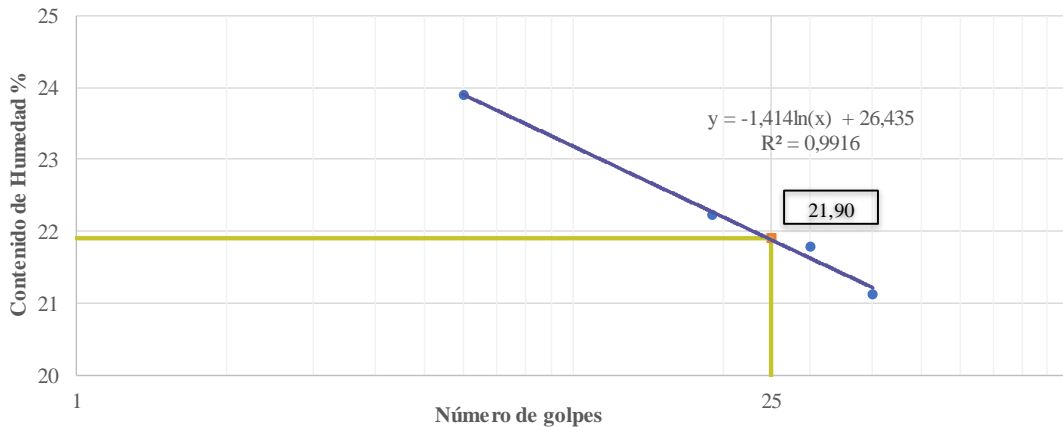
**Proyecto:**

“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

### LÍMITE LÍQUIDO

<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo				<b>Norma:</b>	AASHTO T 89 2013		
<b>Fecha:</b>	18/11/2022				<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado		
<b>N° Muestra:</b>	10				<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla		
<b>Coordenadas:</b>	X = 9889516				Y=770160			
<b>Número de Golpes</b>	<b>6</b>		<b>19</b>		<b>30</b>		<b>40</b>	
N° Recipiente	67A	34	8	74	5	36	37	271
Peso recipiente (gr)	11,35	11,25	17,68	11,53	17,77	11,26	11,34	10,61
Peso suelo húmedo + rec (gr)	25,80	15,08	25,66	23,24	26,39	18,41	16,48	18,96
Peso suelo seco + rec (gr)	22,98	14,35	24,23	21,08	24,85	17,13	15,58	17,51
Peso agua (gr) W <sub>s</sub>	2,82	0,73	1,43	2,16	1,54	1,28	0,90	1,45
Peso de sólidos (gr) W <sub>s</sub>	11,63	3,10	6,55	9,55	7,08	5,87	4,24	6,90
Contenido de humedad ω%	24,25	23,55	21,83	22,62	21,75	21,81	21,23	21,01
Promedio de ω%	23,90		22,22		21,78		21,12	



### LÍMITE LÍQUIDO



### ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO

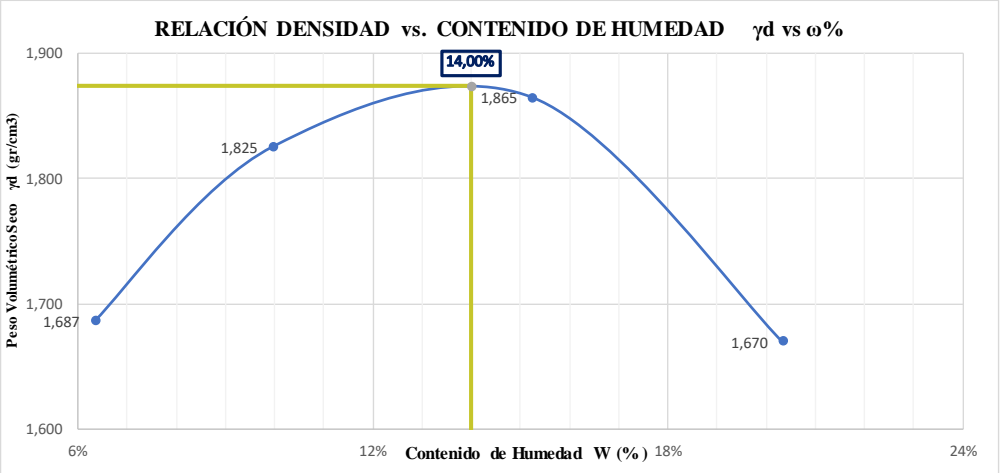
Recipiente	31	11	80	12	3K	
Peso recipiente (gr)	7,44	7,39	7,40	7,57	4,44	
Peso suelo húmedo + rec (gr)	8,77	8,45	8,68	8,48	5,57	
Peso suelo seco + rec (gr)	8,55	8,28	8,46	8,33	5,38	
Peso agua (gr) W <sub>w</sub>	0,22	0,17	0,22	0,15	0,19	
Peso sólidos (gr) W <sub>s</sub>	1,11	0,89	1,06	0,76	0,94	
Contenido de humedad ω%	19,82	19,10	20,75	19,74	20,21	
Promedio de ω%	19,93					
<b>LÍMITE LÍQUIDO (LL%)</b>	21,90			<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>		
<b>LÍMITE PLÁSTICO (LP%)</b>	19,93			AASHTO	A-2-4	
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP = LL - LP)</b>	1,97			SUCS	SP-SM	

## Anexo A10-7. Proctor Modificado

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>  </div>										
<b>Proyecto:</b> "ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"										
<b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</b>										
<b>Parroquia:</b>		Belisario Quevedo			<b>Norma:</b>			AASHTO T 180 2018		
<b>Fecha:</b>		23/11/2022			<b>Ensayado por:</b>			Vanessa Pérez Pintado		
<b>N° Muestra:</b>		10			<b>Revisado por:</b>			Ing. Favio Portilla		
<b>Coordenadas:</b>		X = 9889516				Y=770160				
<b>ESPECIFICACIONES</b>										
<b>ALTURA CAÍDA</b>	18" o 1.5ft			<b>DIÁMETRO</b>	15,2	cm	<b>NÚMERO DE CAPAS</b>	5		
<b>PESO MOLDE</b>	13931	gr	<b>VOL. MOLDE</b>	2213,798	cm <sup>3</sup>	<b>NÚMERO DE GOLPES</b>		56		
<b>ALTURA DEL MOLDE</b>	12,2	cm	<b>P. MARTILLO</b>	18	lb					
<b>PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>										
<b>Ensayo</b>	1		2		3		4			
<b>Peso inicial deseado</b>	6000		6000		6000		6000			
<b>Hum. Inicial Estimada %</b>	4%		8%		12%		16%			
<b>P.molde + suelo húmedo (gr)</b>	17902		18375		18689		18380			
<b>Peso suelo húmedo</b>	3971		4444		4758		4449			
<b>Peso Unitario Húmedo <math>\gamma_m</math> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1,794		2,007		2,149		2,010			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
<b>N° Recipiente</b>	<b>97</b>	<b>98</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>64</b>	<b>81</b>	<b>31</b>	<b>19</b>		
<b>Peso recipiente (gr)</b>	33,30	32,71	24,33	25,29	25,75	30,72	24,54	26,59		
<b>Peso suelo húmedo + rec (gr)</b>	149,6	137,84	91,12	102,31	102,89	122,84	136,29	167,01		
<b>Peso suelo seco + rec (gr)</b>	142,38	131,81	84,73	95,72	92,07	111,4	117,69	142,92		
<b>Peso agua (gr)</b>	7,22	6,03	6,39	6,59	10,82	11,44	18,6	24,09		
<b>Peso suelo seco (gr)</b>	109,08	99,1	60,4	70,43	66,32	80,68	93,15	116,33		
<b>Contenido de humedad <math>\omega\%</math></b>	6,62%	6,08%	10,58%	9,36%	16,31%	14,18%	19,97%	20,71%		
<b>Promedio de <math>\omega\%</math></b>	6,35%			9,97%		15,25%		20,34%		
<b>Densidad seca <math>\gamma_d</math> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1,687			1,825		1,865		1,670		
<b>Densidad máxima <math>\gamma_{max}</math> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>					1,87					
<b>Humedad óptima %</b>					14,00%					



  

**RELACIÓN DENSIDAD vs. CONTENIDO DE HUMEDAD  $\gamma_d$  vs  $\omega\%$**



Contenido de Humedad W (%)	Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )
6.62%	1.687
6.08%	1.825
10.58%	1.865
9.36%	1.670
14.00% (Optima)	1.87

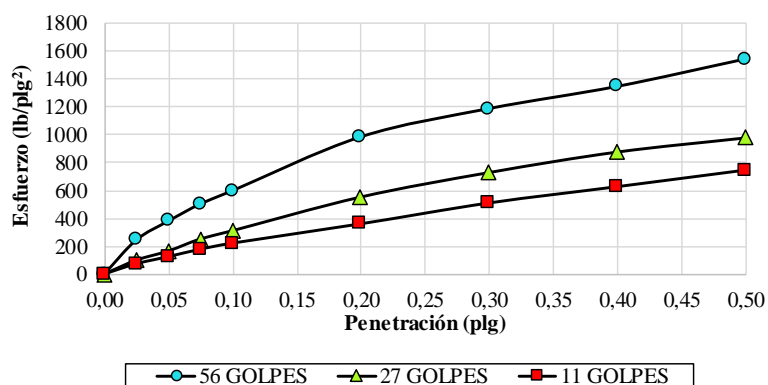
Anexo A10-8. CBR

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”				
<b>ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>						
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo		<b>Norma:</b>	AASHTO T 193 2013		
<b>Fecha:</b>	19/12/2022		<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado		
<b>N° Muestra:</b>	10		<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla		
<b>Coordenadas:</b>	X = 9889516			Y=770160		
<b>DATOS DE MOLDEO</b>						
<b>Contenido de Humedad Óptima (%):</b>			<b>14,00%</b>			
<b>MOLDE N°</b>	1		2		3	
<b>DIMENSIONES</b>	Diámetro	15,2	Diámetro	15,2	Diámetro	15,2
	Altura	12,6	Altura	12,5	Altura	15,2
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12819		13018		11293	
Peso del Molde (gr)	7922		8334		6735	
Peso Muestra Humeda (gr)	4897		4684		4558	
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2286,38		2268,24		2286,38	
Peso Unitario Húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2,142</b>		<b>2,065</b>		<b>1,994</b>	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
N° Recipiente	<b>43</b>	<b>16</b>	<b>85</b>	<b>820</b>	<b>12</b>	<b>68</b>
Peso Recipiente (gr)	<b>32,71</b>	<b>24,98</b>	<b>30,85</b>	<b>31,02</b>	<b>25,47</b>	<b>31,16</b>
Peso suelo húmedo + rec (gr)	105,02	136,62	117,28	89,44	87,99	97,18
Peso suelo seco + rec (gr)	96,03	122,65	107,18	82,04	80,48	89,07
Peso agua (gr)	8,99	13,97	10,10	7,40	7,51	8,11
Peso de Sólidos	63,32	97,67	76,33	51,02	55,01	57,91
Contenido de humedad $\omega\%$	14,20	14,30	13,23	14,50	13,65	14,00
Promedio de $\omega\%$	14,25		13,87		13,83	
Peso Unitario Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1,875</b>		<b>1,814</b>		<b>1,751</b>	
<b>DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
Peso molde + suelo húmedo (gr)	13057		13327		11742	
Peso del Molde (gr)	7922		8334		6735	
Peso Muestra Humeda (gr)	5135		4993		5007	
Masa Agua Absorbida	238		309		449	
% Agua Absorbida	4,86%		6,60%		9,85%	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
N° Recipiente	<b>85</b>	<b>12</b>	<b>43</b>	<b>820</b>	<b>16</b>	<b>68</b>
Peso Recipiente (gr)	30,85	25,47	32,71	31,02	24,98	31,16
Peso suelo húmedo + rec (gr)	111,39	121,50	156,56	110,15	109,96	138,46
Peso suelo seco + rec (gr)	98,41	103,42	131,97	95,49	91,41	117,44
Peso agua (gr)	12,98	18,08	24,59	14,66	18,55	21,02
Peso de Sólidos	67,56	77,95	99,26	64,47	66,43	86,28
Contenido de humedad $\omega\%$	19,21	23,19	24,77	22,74	27,92	24,36
Promedio de $\omega\%$	<b>21,20</b>		<b>23,76</b>		<b>26,14</b>	

### ENSAYO CBR

Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg <sup>2</sup>		Vel.Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	1		2		3	
N° de golpes	56		27		11	
<b>Penetración (plg)</b>	<b>Dial</b>	<b>Presión (lb/plg<sup>2</sup>)</b>	<b>Dial</b>	<b>Presión (lb/plg<sup>2</sup>)</b>	<b>Dial</b>	<b>Presión (lb/plg<sup>2</sup>)</b>
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	733,8	244,6	297,9	99,3	219,6	73,2
0,050	1139,6	379,9	498,5	166,2	372,8	124,3
0,075	1510,6	503,5	758,5	252,8	533,6	177,9
0,100	1793,8	597,9	936,7	312,2	663,8	221,3
0,200	2953,5	984,5	1665,8	555,3	1078,9	359,6
0,300	3562,5	1187,5	2195,8	731,9	1527,9	509,3
0,400	4039,9	1346,6	2639,6	879,9	1878,6	626,2
0,500	4630,8	1543,6	2946,5	982,2	2235,8	745,3

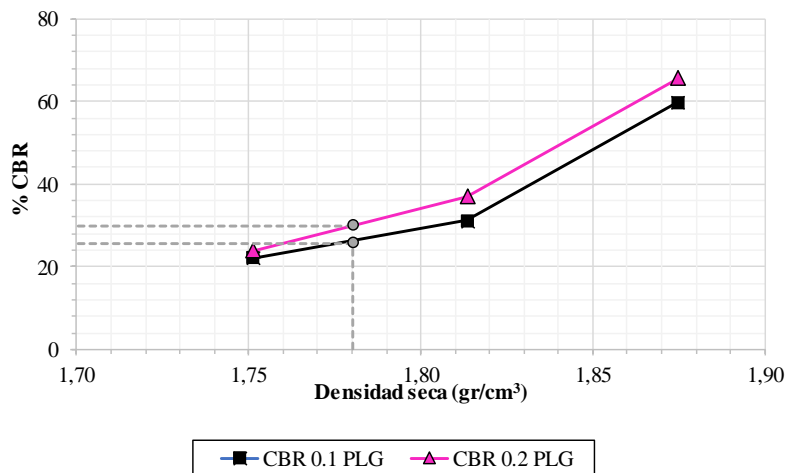
### ESFUERZO vs. PENETRACIÓN



### 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	597,93	59,79	1,875	984,50	65,63	1,875
2	312,23	31,22	1,814	555,27	37,02	1,814
3	221,27	22,13	1,751	359,63	23,98	1,751

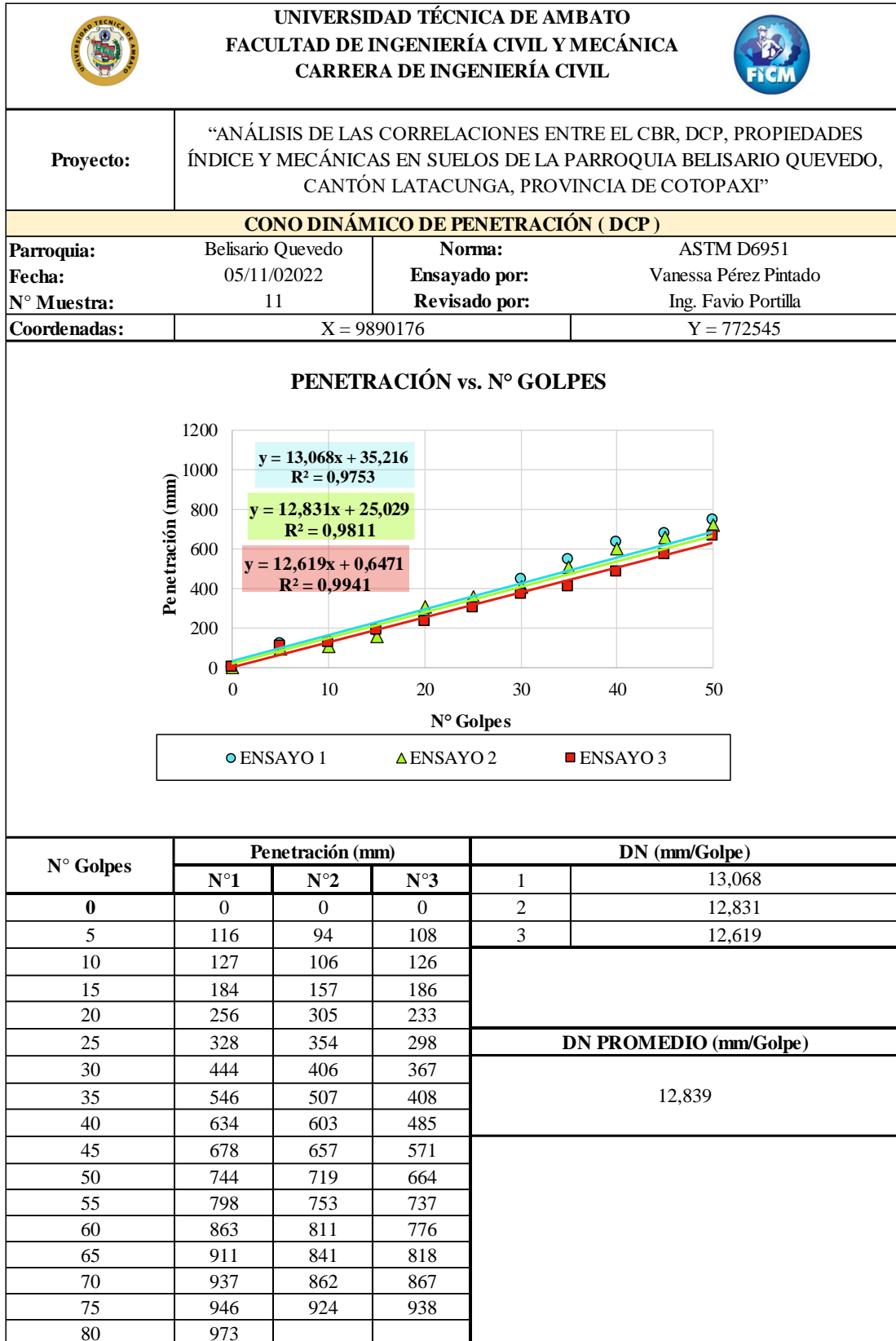
### % CBR vs. DENSIDAD SECA





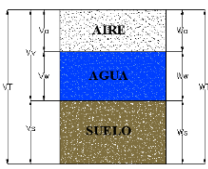
DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	95% DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
1,874	1,780	25,70	30,0

# **ANEXO A11: MUESTRA #11**

Anexo A11-1. Ensayo DCP





Anexo A11-2. Densidad de campo



 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”			
<b>DENSIDAD DE CAMPO (CONO Y ARENA)</b>				
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 191 2014	
<b>Fecha:</b>	05/11/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado	
<b>N° Muestra:</b>	11	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla	
<b>Coordenadas:</b>	X = 9890176		Y = 772545	
<b>PESO DEL SUELO EXTRAÍDO</b>				
Peso del suelo extraído + funda	2654,00		gr	
Peso de la funda	3,30		gr	
Peso del suelo húmedo	2650,70		gr	
<b>VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO</b>				
Peso inicial del aparato lleno de arena	6987,00		gr	
Peso final del aparato lleno de arena	2675,00		gr	
Peso de la arena en la perforación	2645,00		gr	
<b>Peso de la arena en el cono (Calibración del cono)</b>	<b>1667,00</b>		gr	
<b>Densidad de la arena de Ottawa</b>	<b>1,582</b>		gr/cm3	
Volumen de la perforación ensayada	1671,93		cm3	
<b>HUMEDAD NATURAL Y DENSIDAD SECA</b>				
N° recipiente	<b>44</b>	<b>VP</b>	-	
Peso recipiente (Wr)	26,13	23,50	gr	
Peso suelo húmedo + recipiente (Wh + Wr)	42,85	36,77	gr	
Peso suelo seco + recipiente (Ws + Wr)	40,63	35,10	gr	
Peso de agua (Ww)	2,22	1,67	gr	
Peso suelo seco (Ws)	14,50	11,60	gr	
Contenido de humedad (W%)	15,31	14,40	%	
W Promedio (%)	14,86		%	
<b>FASES DEL SUELO</b>				
	<b>VOLUMEN</b>		<b>PESOS</b>	
	Vv=	4,00		
	Va=	2,33	Wa=	0,00
	Vw=	1,67	Ww=	1,67
	Vs=	4,37	Ws=	11,60
	Vm=	8,37	Wm=	13,27
<b>PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO</b>				
Densidad Húmeda	1,59		gr/cm3	
Densidad seca	1,38		gr/cm3	
Contenido de humedad natural	14,86		%	
Relación de vacíos	0,91		-	
Porosidad	47,77		%	
Grado de saturación del agua	41,76		%	
Grado de saturación del aire	58,24		%	





Anexo A11-3. Gravedad específica

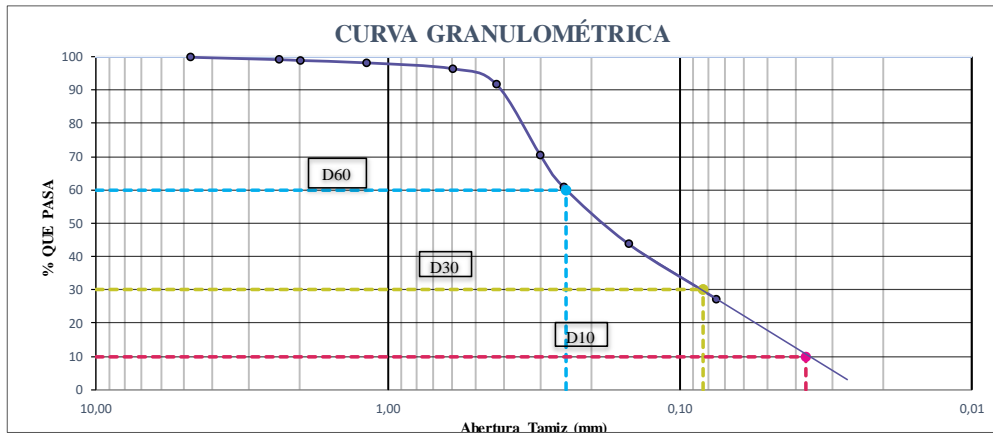
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>Proyecto:</b>	“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”		
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS</b>			
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 100 2015
<b>Fecha:</b>	06/12/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado
<b>N° Muestra:</b>	11	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Coordenadas:</b>	X = 9890176		Y = 772545
Peso del picnómetro + agua (W <sub>bw</sub> )		643,87	g
Peso del picnómetro + agua+ suelo sug (W <sub>bws</sub> )		674,21	g
Temperatura del agua + suelo		21	°C
N° Recipiente		-	
Peso del recipiente (W <sub>r</sub> )		254,32	gr
Peso del recipiente + suelo seco		302,95	gr
<b>Factor de corrección por temperatura (K)</b>		0,998020	gr
<b>Peso del suelo seco (W<sub>s</sub>)</b>		<b>48,63</b>	gr
<b>Desplazamiento de agua (D<sub>w</sub>)</b>		<b>18,29</b>	
<b>Gravedad específica (G<sub>s</sub>)</b>		<b>2,654</b>	

Anexo A11-4. Contenido de humedad natural



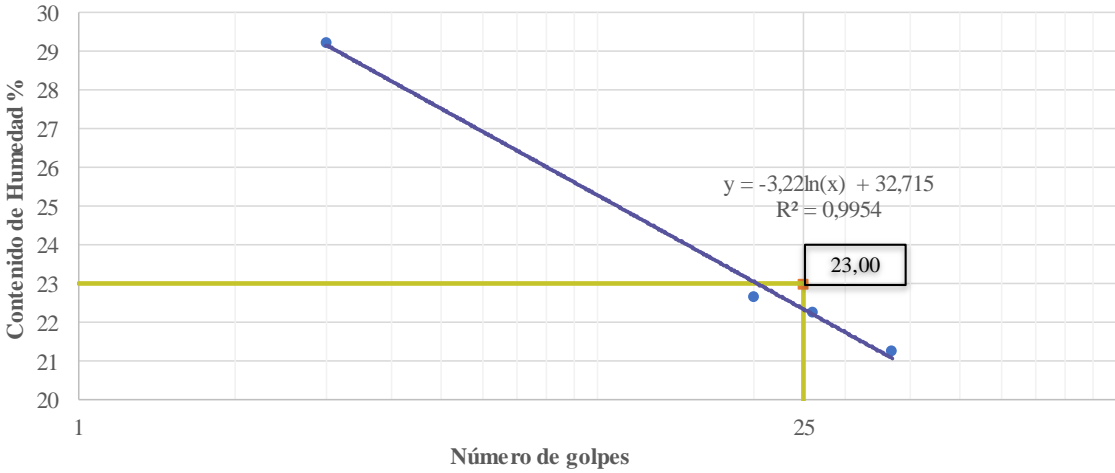
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>Proyecto:</b>	“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”		
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 265 2015
<b>Fecha:</b>	08/11/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado
<b>N° Muestra:</b>	11	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Coordenadas:</b>	X = 9890176		Y = 772545
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (w%)</b>			
N° recipiente	<b>39</b>	<b>106</b>	-
Peso recipiente (W <sub>r</sub> )	25,93	30,94	gr
Peso suelo húmedo + recipiente (W <sub>h</sub> + W <sub>r</sub> )	89,21	84,63	gr
Peso suelo seco + recipiente (W <sub>s</sub> + W <sub>r</sub> )	80,85	77,08	gr
Peso de agua (W <sub>w</sub> )	8,36	7,55	gr
Peso suelo seco (W <sub>s</sub> )	54,92	46,14	gr
Contenido de humedad ω%	15,22	16,36	%
<b>W Promedio (%)</b>	<b>15,79</b>		<b>%</b>

## Anexo A11-5. Granulometría



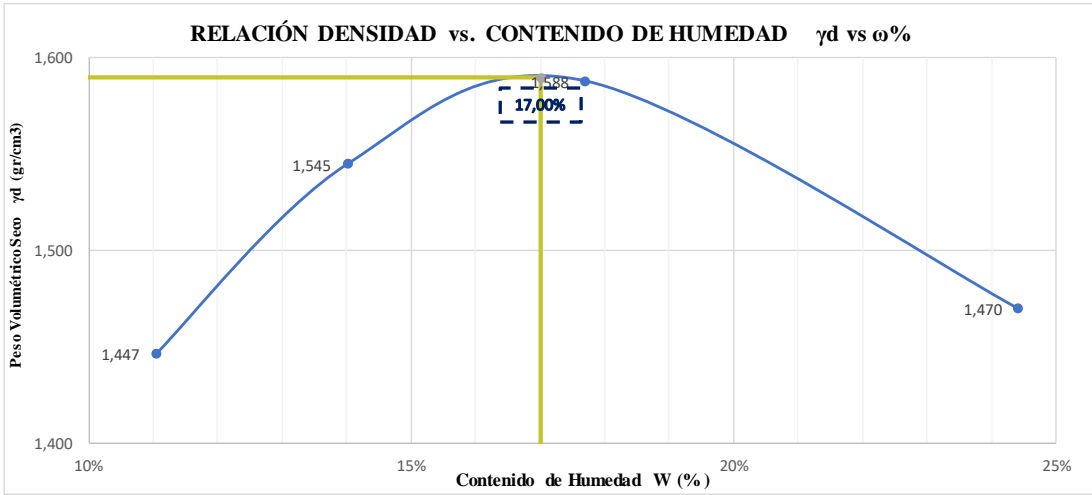
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 						
<b>Proyecto:</b>	“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”					
<b>GRANULOMETRÍA</b>						
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo					
<b>Fecha:</b>	14/11/2022					
<b>N° Muestra:</b>	11					
<b>Norma:</b>	AASHTO T 88 2013					
<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado					
<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla					
<b>Coordenadas:</b>	X = 9890176 Y = 772545					
# Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% de retención parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4	4,750	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,360	7,14	7,14	0,71	0,71	99,29
10	2,000	2,58	9,72	0,26	0,97	99,03
16	1,180	7,16	16,88	0,72	1,69	98,31
30	0,600	17,47	34,35	1,75	3,44	96,56
40	0,425	46,20	80,55	4,63	8,06	91,94
50	0,300	213,50	294,05	21,37	29,44	70,56
60	0,250	95,66	389,71	9,58	39,02	60,98
100	0,150	170,50	560,21	17,07	56,08	43,92
200	0,075	165,32	725,53	16,55	72,64	27,36
<b>Bandeja</b>		273,33	998,86	27,36	100,00	0,00
<b>Total</b>						
<b>RESULTADOS</b>						
<i>Coefficiente de uniformidad y curvatura</i>						
<b>D10 (mm)</b>	0,037	<b>Cu</b>	6,65			
<b>D30 (mm)</b>	0,083	<b>Cc</b>	0,76			
<b>D60 (mm)</b>	0,246	<b>TNM (mm)</b>	0,43			
<i>Fración de Partículas</i>	%Grava	%Arena	%Finos			
	0,00	72,64	27,36			





Anexo A11-6. Límites de Atterberg

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”							
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>								
<b>Parroquia:</b> <b>Fecha:</b> <b>N° Muestra:</b>	Belisario Quevedo 18/11/2022 11	<b>Norma:</b> <b>Ensayado por:</b> <b>Revisado por:</b>	AASHTO T 89 2013 Vanessa Pérez Pintado Ing. Favio Portilla					
<b>Coordenadas:</b>	X = 9890176	Y = 772545						
<b>Número de Golpes</b>	<b>3</b>	<b>20</b>	<b>26</b>	<b>37</b>				
N° Recipiente	16	67A	47	BO	9	1	1P	1G
Peso recipiente (gr)	11,14	11,34	10,98	22,02	22,60	21,34	22,62	17,47
Peso suelo húmedo + rec (gr)	16,51	17,58	18,84	28,62	28,02	25,96	27,57	21,80
Peso suelo seco + rec (gr)	15,31	16,15	17,42	27,37	27,04	25,11	26,69	21,05
Peso agua (gr) Ws	1,20	1,43	1,42	1,25	0,98	0,85	0,88	0,75
Peso de sólidos (gr) Ws	4,17	4,81	6,44	5,35	4,44	3,77	4,07	3,58
Contenido de humedad ω%	28,78	29,73	22,05	23,36	22,07	22,55	21,62	20,95
Promedio de ω%	29,25		22,71		22,31		21,29	
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>								
								
<b>ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO</b>								
Recipiente	65	83	50	52	57			
Peso recipiente (gr)	6,13	6,15	6,18	6,18	6,07			
Peso suelo húmedo + rec (gr)	6,78	7,12	7,58	7,08	7,27			
Peso suelo seco + rec (gr)	6,66	6,95	7,35	6,92	7,06			
Peso agua (gr) Ww	0,12	0,17	0,23	0,16	0,21			
Peso sólidos (gr) Ws	0,53	0,80	1,17	0,74	0,99			
Contenido de humedad ω%	22,64	21,25	19,66	21,62	21,21			
Promedio de ω%	21,28							
<b>LÍMITE LÍQUIDO (LL%)</b>	23,00				<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>			
<b>LÍMITE PLÁSTICO (LP%)</b>	21,28				AASHTO	A-2-4		
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP = LL - LP)</b>	1,72				SUCS	SM		

## Anexo A11-7. Proctor Modificado

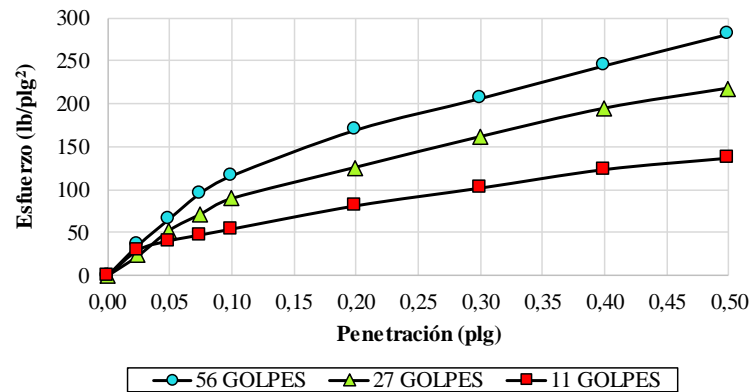
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 								
<b>Proyecto:</b>	“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”							
<b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</b>								
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 180 2018					
<b>Fecha:</b>	24/11/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado					
<b>Nº Muestra:</b>	11	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla					
<b>Coordenadas:</b>	X = 9890176	Y = 772545						
<b>ESPECIFICACIONES</b>								
<b>ALTURA CAÍDA</b>	18" o 1.5ft	<b>DIÁMETRO</b>	15,2 cm					
<b>PESO MOLDE</b>	13978 gr	<b>VOL. MOLDE</b>	2322,673 cm <sup>3</sup>					
<b>ALTURA DEL MOLDE</b>	12,8 cm	<b>P. MARTILLO</b>	18 lb					
<b>PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>								
Ensayo	1	2	3					
Peso inicial deseado	6000	6000	6000					
Hum. Inicial Estimada %	11%	15%	19%					
P.molde + suelo húmedo (gr)	17709	18069	18319					
Peso suelo húmedo	3731	4091	4341					
Peso Unitario Húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,606	1,761	1,869					
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>								
Nº Recipiente	<b>76</b>	<b>05</b>	<b>101</b>	<b>46</b>	<b>11</b>	<b>3</b>	<b>43</b>	<b>10</b>
Peso recipiente (gr)	30,74	32,55	31,29	25,06	50,73	130,74	32,34	29,95
Peso suelo húmedo + rec (gr)	94,87	80,02	74,09	81,68	222,82	210,23	138,35	156,5
Peso suelo seco + rec (gr)	88,06	75,62	68,44	75,25	198,48	197,58	117,26	132,02
Peso agua (gr)	6,81	4,4	5,65	6,43	24,34	12,65	21,09	24,48
Peso suelo seco (gr)	57,32	43,07	37,15	50,19	147,75	66,84	84,92	102,07
Contenido de humedad $\omega$ %	11,88%	10,22%	15,21%	12,81%	16,47%	18,93%	24,84%	23,98%
Promedio de $\omega$ %	11,05%		14,01%		17,70%		24,41%	
Densidad seca $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,447		1,545		1,588		1,470	
Densidad máxima $\gamma_{max}$ (gr/cm <sup>3</sup> )					1,59			
Humedad óptima %					17,00%			
								

Anexo A11-8. CBR

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”					
<b>ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>						
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo		<b>Norma:</b>	AASHTO T 193 2013		
<b>Fecha:</b>	23/12/2022		<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado		
<b>N° Muestra:</b>	11		<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla		
<b>Coordenadas:</b>	X = 9890176			Y = 772545		
<b>DATOS DE MOLDEO</b>						
<b>Contenido de Humedad Óptima (%):</b>	<b>17,00%</b>					
<b>MOLDE N°</b>	1		2		3	
<b>DIMENSIONES</b>	Diámetro	15,2	Diámetro	15,2	Diámetro	15,2
	Altura	12,6	Altura	12,5	Altura	15,2
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
Peso molde + suelo húmedo (gr)	11465		11053		11613	
Peso del Molde (gr)	7354		7484		8157	
Peso Muestra Humeda (gr)	4111		3569		3456	
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2286,38		2268,24		2286,38	
Peso Unitario Húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1,798</b>		<b>1,573</b>		<b>1,512</b>	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
N° Recipiente	<b>19</b>	<b>34</b>	<b>84</b>	<b>96</b>	<b>H4</b>	<b>85</b>
Peso Recipiente (gr)	26,65	23,5	32,45	31,52	30,77	30,85
Peso suelo húmedo + rec (gr)	113,31	105,94	168,25	149,19	107,94	120,87
Peso suelo seco + rec (gr)	100,49	93,72	149,70	131,08	97,07	107,74
Peso agua (gr)	12,82	12,22	18,55	18,11	10,87	13,13
Peso de Sólidos	73,84	70,22	117,25	99,56	66,30	76,89
Contenido de humedad $\omega\%$	17,36	17,40	15,82	18,19	16,40	17,08
Promedio de $\omega\%$	17,38		17,01		16,74	
Peso Unitario Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1,532</b>		<b>1,345</b>		<b>1,295</b>	
<b>DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
Peso molde + suelo húmedo (gr)	11728		11609		12243	
Peso del Molde (gr)	7354		7484		8157	
Peso Muestra Humeda (gr)	4374		4125		4086	
Masa Agua Absorbida	263		556		630	
% Agua Absorbida	6,40%		15,58%		18,23%	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
N° Recipiente	<b>12</b>	<b>V2</b>	<b>16</b>	<b>H4</b>	<b>85</b>	<b>68</b>
Peso Recipiente (gr)	25,47	31,34	24,98	30,77	30,85	31,16
Peso suelo húmedo + rec (gr)	120,40	139,29	107,34	97,00	120,08	122,39
Peso suelo seco + rec (gr)	98,71	113,90	85,42	79,38	96,26	96,91
Peso agua (gr)	21,69	25,39	21,92	17,62	23,82	25,48
Peso de Sólidos	73,24	82,56	60,44	48,61	65,41	65,75
Contenido de humedad $\omega\%$	29,61	30,75	36,27	36,25	36,42	38,75
Promedio de $\omega\%$	<b>30,18</b>		<b>36,26</b>		<b>37,58</b>	

ENSAYO CBR						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg <sup>2</sup>		Vel.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	108,4	36,1	71,3	23,8	91,0	30,3
0,050	200,0	66,7	159,4	53,1	122,8	40,9
0,075	290,0	96,7	215,4	71,8	143,3	47,8
0,100	350,0	116,7	269,8	89,9	163,6	54,5
0,200	510,0	170,0	378,7	126,2	244,7	81,6
0,300	620,0	206,7	485,2	161,7	306,3	102,1
0,400	734,8	244,9	584,1	194,7	370,9	123,6
0,500	845,2	281,7	654,1	218,0	410,8	136,9

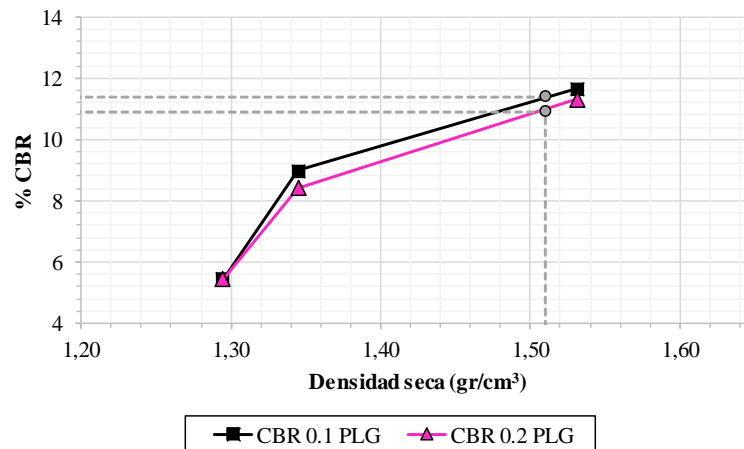
### ESFUERZO vs. PENETRACIÓN



### PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)

MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR Plg 0,1	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	116,67	11,67	1,532	170,00	11,33	1,532
2	89,93	8,99	1,345	126,23	8,42	1,345
3	54,53	5,45	1,295	81,57	5,44	1,295

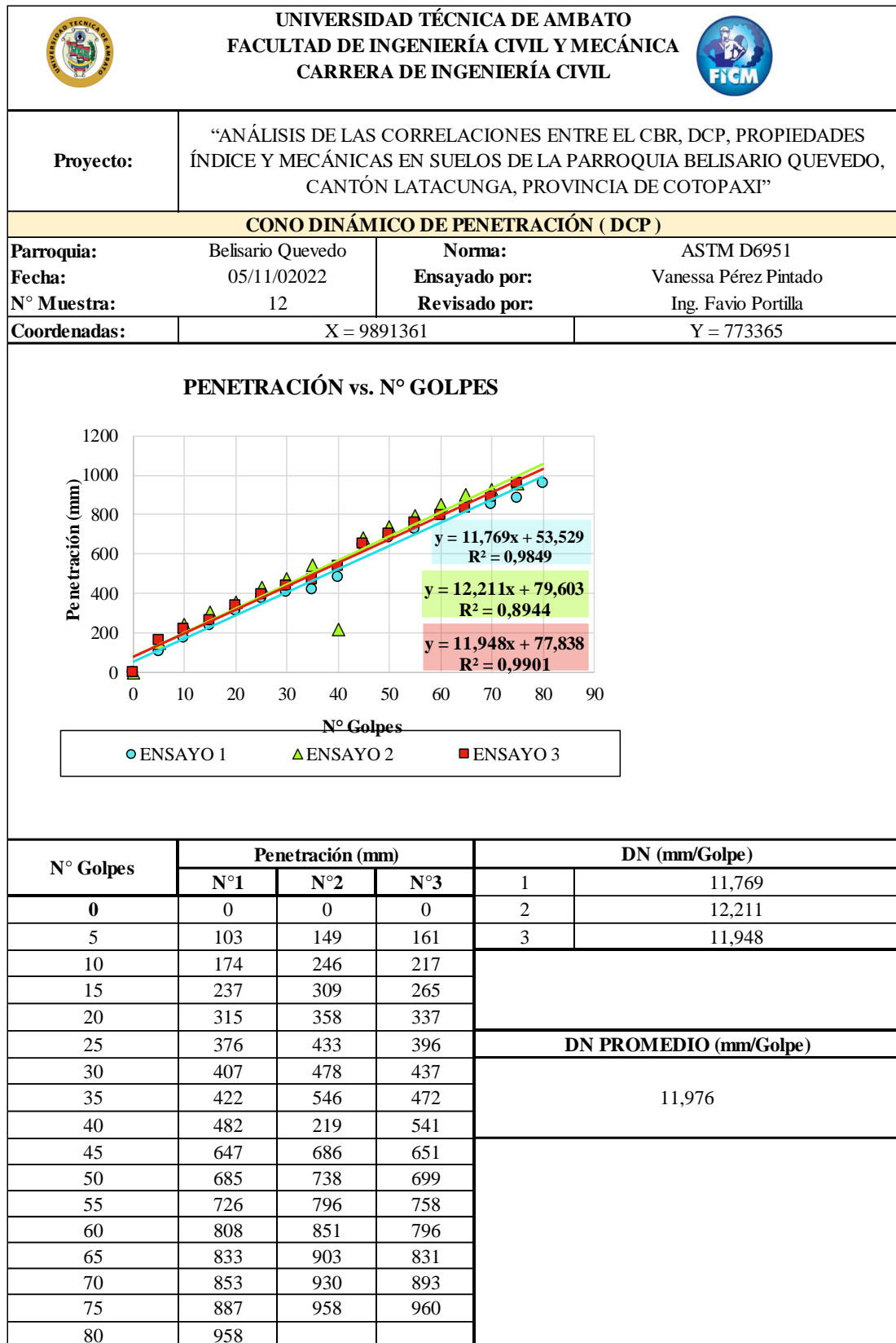
### % CBR vs. DENSIDAD SECA



DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	95% DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
1,590	1,511	10,90	11,4



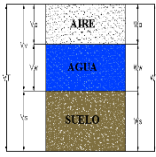
# **ANEXO A12: MUESTRA #12**

Anexo A12-1. Ensayo DCP









## Anexo A12-2. Densidad de campo

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”			
<b>DENSIDAD DE CAMPO (CONO Y ARENA)</b>				
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 191 2014	
<b>Fecha:</b>	05/11/2020	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado	
<b>N° Muestra:</b>	12	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla	
<b>Coordenadas:</b>	X = 9891361		Y = 773365	
<b>PESO DEL SUELO EXTRAÍDO</b>				
Peso del suelo extraído + funda	2049,00		gr	
Peso de la funda	3,30		gr	
Peso del suelo húmedo	2045,70		gr	
<b>VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO</b>				
Peso inicial del aparato lleno de arena	6984,00		gr	
Peso final del aparato lleno de arena	3371,00		gr	
Peso de la arena en la perforación	1946,00		gr	
<b>Peso de la arena en el cono (Calibración del cono)</b>	<b>1667,00</b>		gr	
<b>Densidad de la arena de Ottawa</b>	<b>1,582</b>		gr/cm <sup>3</sup>	
Volumen de la perforación ensayada	1230,09		cm <sup>3</sup>	
<b>HUMEDAD NATURAL Y DENSIDAD SECA</b>				
N° recipiente	<b>18</b>	<b>36</b>	-	
Peso recipiente (Wr)	26,94	24,87	gr	
Peso suelo húmedo + recipiente (Wh + Wr)	78,24	82,51	gr	
Peso suelo seco + recipiente (Ws + Wr)	71,07	73,94	gr	
Peso de agua (Ww)	7,17	8,57	gr	
Peso suelo seco (Ws)	44,13	49,07	gr	
Contenido de humedad (W%)	16,25	17,46	%	
W Promedio (%)	16,86		%	
<b>FASES DEL SUELO</b>				
	<b>VOLUMEN</b>		<b>PESOS</b>	
	Vv=	14,32		
	Va=	7,15	Wa=	0,00
	Vw=	7,17	Ww=	7,17
	Vs=	16,53	Ws=	44,13
	Vm=	30,85	Wm=	51,30
<b>PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO</b>				
Densidad Húmeda	1,66		gr/cm <sup>3</sup>	
Densidad seca	1,42		gr/cm <sup>3</sup>	
Contenido de humedad natural	16,86		%	
Relación de vacíos	0,87		-	
Porosidad	46,42		%	
Grado de saturación del agua	50,07		%	
Grado de saturación del aire	49,93		%	



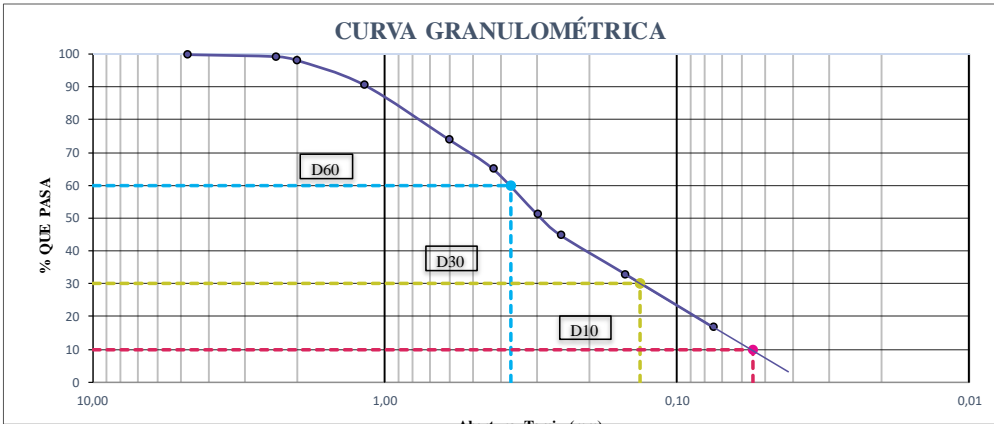
Anexo A12-3. Gravedad específica

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”		
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS			
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 100 2015
<b>Fecha:</b>	06/12/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado
<b>N° Muestra:</b>	12	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Coordenadas:</b>	X = 9891361		Y = 773365
Peso del picnómetro + agua (Wbw)	661,11	g	
Peso del picnómetro + agua+ suelo sug (Wbws)	684,87	g	
Temperatura del agua + suelo	23	°C	
N° Recipiente	-		
Peso del recipiente (Wr)	147,21	gr	
Peso del recipiente + suelo seco	185,14	gr	
<b>Factor de corrección por temperatura (K)</b>	0,997566	gr	
<b>Peso del suelo seco (Ws)</b>	<b>37,93</b>	gr	
<b>Desplazamiento de agua (Dw)</b>	<b>14,17</b>		
<b>Gravedad específica (Gs)</b>	<b>2,670</b>		



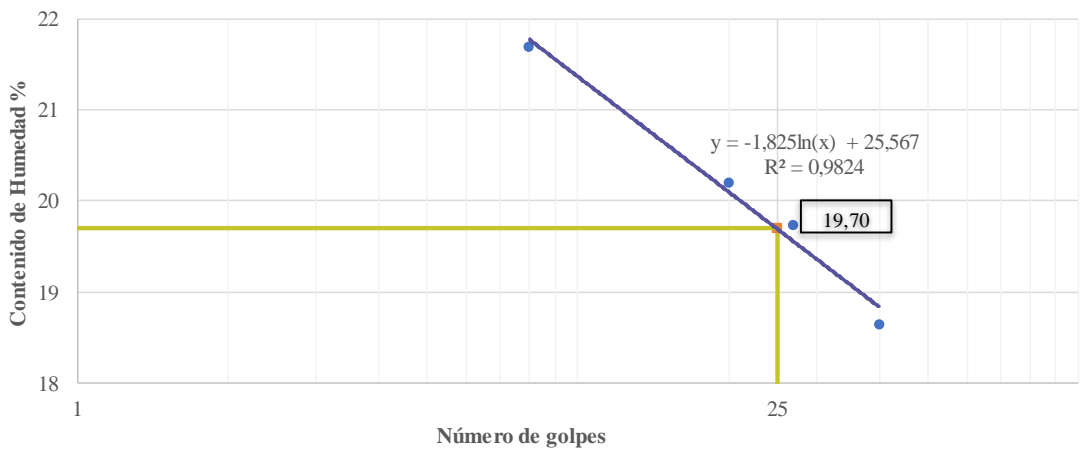
Anexo A12-4. Contenido de humedad natural

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”		
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>	AASHTO T 265 2015
<b>Fecha:</b>	08/11/2022	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado
<b>N° Muestra:</b>	12	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Coordenadas:</b>	X = 9891361		Y = 773365
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (w%)			
N° recipiente	<b>44</b>	<b>19</b>	-
Peso recipiente (Wr)	26,13	26,59	gr
Peso suelo húmedo + recipiente (Wh + Wr)	89,35	93,26	gr
Peso suelo seco + recipiente (Ws + Wr)	79,58	82,45	gr
Peso de agua (Ww )	9,77	10,81	gr
Peso suelo seco ( Ws )	53,45	55,86	gr
Contenido de humedad ω%	18,28	19,35	%
<b>W Promedio (%)</b>	<b>18,82</b>		<b>%</b>



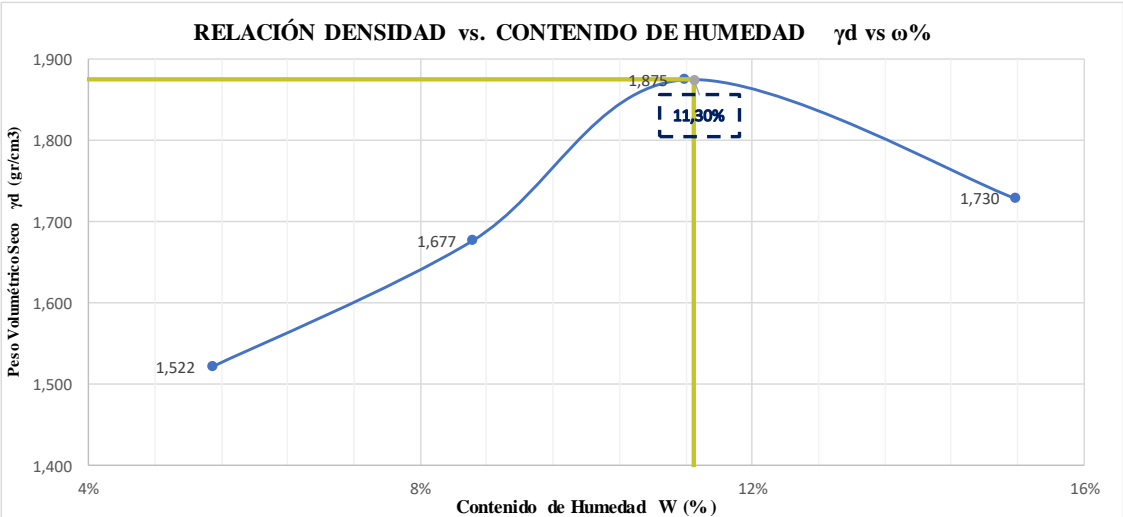
## Anexo A12-5. Granulometría

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>  </div>						
<b>Proyecto:</b>	"ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"					
GRANULOMETRÍA						
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo			<b>Norma:</b>	AASHTO T 88 2013	
<b>Fecha:</b>	14/11/2022			<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado	
<b>N° Muestra:</b>	12			<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla	
<b>Coordenadas:</b>	X = 9891361			Y = 773365		
# Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% de retención parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4	4,750	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,360	6,11	6,11	0,61	0,61	99,39
10	2,000	11,04	17,15	1,11	1,72	98,28
16	1,180	73,86	91,01	7,40	9,12	90,88
30	0,600	168,29	259,30	16,87	25,99	74,01
40	0,425	88,84	348,14	8,90	34,89	65,11
50	0,300	138,13	486,27	13,84	48,73	51,27
60	0,250	62,98	549,25	6,31	55,04	44,96
100	0,150	118,69	667,94	11,89	66,94	33,06
200	0,075	161,96	829,90	16,23	83,17	16,83
<b>Bandeja</b>		167,95	997,85	16,83	100,00	0,00
<b>Total</b>		997,85				
						
RESULTADOS						
<i>Coefficiente de uniformidad y curvatura</i>						
<b>D10 (mm)</b>	0,055	<b>Cu</b>	6,73			
<b>D30 (mm)</b>	0,134	<b>Cc</b>	0,88			
<b>D60 (mm)</b>	0,370	<b>TNM (mm)</b>	1,18			
<i>Fracción de Partículas</i>	%Grava	% Arena	%Finos			
	0,00	83,17	16,83			



## Anexo A12-6. Límites de Atterberg

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>  </div>								
<b>Proyecto:</b>		“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”						
LÍMITE LÍQUIDO								
<b>Parroquia:</b>		Belisario Quevedo		<b>Norma:</b>		AASHTO T 89 2013		
<b>Fecha:</b>		18/11/2022		<b>Ensayado por:</b>		Vanessa Pérez Pintado		
<b>N° Muestra:</b>		12		<b>Revisado por:</b>		Ing. Favio Portilla		
<b>Coordenadas:</b>		X = 9891361				Y = 773365		
Número de Golpes	8		20		27		40	
N° Recipiente	33A	34	26A	04A	13	11	64	28
Peso recipiente (gr)	11,08	11,24	11,20	11,06	22,32	22,37	11,32	11,23
Peso suelo húmedo + rec (gr)	18,16	17,47	19,87	19,53	30,41	28,41	29,42	27,28
Peso suelo seco + rec (gr)	16,90	16,36	18,42	18,10	29,11	27,39	26,55	24,78
Peso agua (gr) Ws	1,26	1,11	1,45	1,43	1,30	1,02	2,87	2,50
Peso de sólidos (gr) Ws	5,82	5,12	7,22	7,04	6,79	5,02	15,23	13,55
Contenido de humedad ω%	21,65	21,73	20,08	20,31	19,15	20,32	18,84	18,45
Promedio de ω%	21,69		20,20		19,73		18,65	
LÍMITE LÍQUIDO								
								
ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO								
Recipiente	85	42	201	25	52			
Peso recipiente (gr)	4,35	4,38	10,69	4,31	6,17			
Peso suelo húmedo + rec (gr)	5,14	5,26	11,03	5,27	7,09			
Peso suelo seco + rec (gr)	5,02	5,12	10,98	5,12	6,95			
Peso agua (gr) Ww	0,12	0,14	0,05	0,15	0,14			
Peso sólidos (gr) Ws	0,67	0,74	0,29	0,81	0,78			
Contenido de humedad ω%	17,91	18,92	17,24	18,52	17,95			
Promedio de ω%	18,11							
<b>LÍMITE LÍQUIDO (LL%)</b>				19,70		<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>		
<b>LÍMITE PLÁSTICO (LP%)</b>				18,11		AASHTO	A-2-4	
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP = LL - LP)</b>				1,59		SUCS	SM	

## Anexo A12-7. Proctor Modificado

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>ACULTAD 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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”							
<b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</b>								
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Norma:</b>		AASHTO T 180 2018				
<b>Fecha:</b>	25/11/2022	<b>Ensayado por:</b>		Vanessa Pérez Pintado				
<b>N° Muestra:</b>	12	<b>Revisado por:</b>		Ing. Favio Portilla				
<b>Coordenadas:</b>	X = 9891361			Y = 773365				
<b>ESPECIFICACIONES</b>								
<b>ALTURA CAÍDA</b>	18" o 1.5ft		<b>DIÁMETRO</b>	15,2	cm	<b>NÚMERO DE CAPAS</b>	5	
<b>PESO MOLDE</b>	12687	gr	<b>VOL. MOLDE</b>	2395,256	cm <sup>3</sup>	<b>NÚMERO DE GOLPES</b>	56	
<b>ALTURA DEL MOLDE</b>	13,2	cm	<b>P. MARTILLO</b>	18	lb			
<b>PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>								
Ensayo	1		2		3		4	
Peso inicial deseado	6000		6000		6000		6000	
Hum. Inicial Estimada %	4%		8%		12%		16%	
P.molde + suelo húmedo (gr)	16532		17051		17681		17458	
Peso suelo húmedo	3845		4364		4994		4771	
Peso Unitario Húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,605		1,822		2,085		1,992	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>								
N° Recipiente	<b>34</b>	<b>81</b>	<b>41</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>76</b>	<b>18</b>	<b>31</b>
Peso recipiente (gr)	23,53	30,73	31,07	24,33	25,29	30,73	26,94	24,55
Peso suelo húmedo + rec (gr)	84,25	75,29	105,09	95,87	74,44	78,67	87,42	116,75
Peso suelo seco + rec (gr)	81,24	72,87	99,75	89,68	69,68	73,68	79,05	105,24
Peso agua (gr)	3,01	2,42	5,34	6,19	4,76	4,99	8,37	11,51
Peso suelo seco (gr)	57,71	42,14	68,68	65,35	44,39	42,95	52,11	80,69
Contenido de humedad $\omega\%$	5,22%	5,74%	7,78%	9,47%	10,72%	11,62%	16,06%	14,26%
Promedio de $\omega\%$	5,48%		8,62%		11,17%		15,16%	
Densidad seca $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,522		1,677		1,875		1,730	
Densidad máxima $\gamma_{max}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,88							
Humedad óptima %	11,30%							
<b>RELACIÓN DENSIDAD vs. CONTENIDO DE HUMEDAD <math>\gamma_d</math> vs <math>\omega\%</math></b>								
 <p>The graph plots dry density (<math>\gamma_d</math>) in gr/cm<sup>3</sup> on the y-axis (ranging from 1,400 to 1,900) against moisture content (<math>\omega\%</math>) in % on the x-axis (ranging from 4% to 16%). A blue curve shows the relationship, with a peak at <math>\gamma_d = 1,875</math> and <math>\omega = 11,30\%</math>. A horizontal line is drawn at <math>\gamma_d = 1,875</math>, and a vertical dashed line is drawn at <math>\omega = 11,30\%</math>. Other data points on the curve are labeled with their respective <math>\gamma_d</math> values: 1,522 at <math>\omega \approx 5,22\%</math>; 1,677 at <math>\omega \approx 8,62\%</math>; and 1,730 at <math>\omega \approx 16,06\%</math>.</p>								

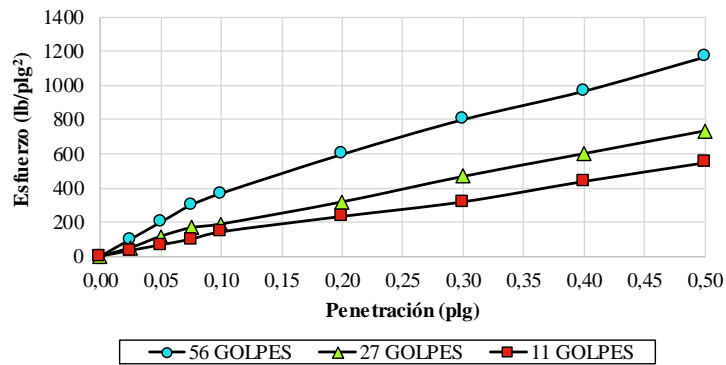
Anexo A12-8. CBR

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"					
<b>ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)</b>						
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo		<b>Norma:</b>	AASHTO T 193 2013		
<b>Fecha:</b>	23/12/2022		<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado		
<b>N° Muestra:</b>	12		<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla		
<b>Coordenadas:</b>	X = 9891361			Y = 773365		
<b>DATOS DE MOLDEO</b>						
<b>Contenido de Humedad Óptima (%):</b>			<b>11,30%</b>			
<b>MOLDE N°</b>	1		2		3	
<b>DIMENSIONES</b>	Diámetro	15,2	Diámetro	15,2	Diámetro	15,2
	Altura	12,5	Altura	12,6	Altura	15,2
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12067		12649		11677	
Peso del Molde (gr)	7484		8157		7354	
Peso Muestra Humeda (gr)	4583		4492		4323	
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2268,24		2286,38		2268,24	
Peso Unitario Húmedo γm (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2,021</b>		<b>1,965</b>		<b>1,906</b>	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
N° Recipiente	<b>96</b>	<b>84</b>	<b>68</b>	<b>85</b>	<b>12</b>	<b>10</b>
Peso Recipiente (gr)	31,52	32,45	31,16	30,85	25,47	29,98
Peso suelo húmedo + rec (gr)	135,11	168,40	125,45	107,23	168,47	97,64
Peso suelo seco + rec (gr)	124,41	154,47	116,38	99,71	152,81	90,87
Peso agua (gr)	10,70	13,93	9,07	7,52	15,66	6,77
Peso de Sólidos	92,89	122,02	85,22	68,86	127,34	60,89
Contenido de humedad ω%	11,52	11,42	10,64	10,92	12,30	11,12
Promedio de ω%	11,47		10,78		11,71	
Peso Unitario Seco γd (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1,813</b>		<b>1,773</b>		<b>1,706</b>	
<b>DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12404		13024		11921	
Peso del Molde (gr)	7484		8157		7354	
Peso Muestra Humeda (gr)	4920		4867		4567	
Masa Agua Absorbida	337		375		244	
% Agua Absorbida	7,35%		8,35%		5,64%	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
N° Recipiente	<b>34</b>	<b>43</b>	<b>10</b>	<b>H4</b>	<b>16</b>	<b>82</b>
Peso Recipiente (gr)	23,50	32,71	29,98	30,77	24,98	31,27
Peso suelo húmedo + rec (gr)	147,21	127,56	97,54	75,84	110,47	84,35
Peso suelo seco + rec (gr)	125,54	111,58	84,89	67,63	95,14	75,21
Peso agua (gr)	21,67	15,98	12,65	8,21	15,33	9,14
Peso de Sólidos	102,04	78,87	54,91	36,86	70,16	43,94
Contenido de humedad ω%	21,24	20,26	23,04	22,27	21,85	20,80
Promedio de ω%	<b>20,75</b>		<b>22,66</b>		<b>21,33</b>	

**ENSAYO CBR**

Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg <sup>2</sup>		Vel.Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
MOLDE N°	1		2		3	
N° de golpes	56		27		11	
<b>Penetración (plg)</b>	<b>Dial</b>	<b>Presión (lb/plg<sup>2</sup>)</b>	<b>Dial</b>	<b>Presión (lb/plg<sup>2</sup>)</b>	<b>Dial</b>	<b>Presión (lb/plg<sup>2</sup>)</b>
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	300,0	100,0	150,0	50,0	100,0	33,3
0,050	600,0	200,0	350,0	116,7	200,0	66,7
0,075	900,0	300,0	500,0	166,7	300,0	100,0
0,100	1105,7	368,6	565,0	188,3	430,0	143,3
0,200	1789,5	596,5	952,8	317,6	702,3	234,1
0,300	2400,0	800,0	1400,0	466,7	960,0	320,0
0,400	2900,0	966,7	1800,0	600,0	1320,0	440,0
0,500	3500,0	1166,7	2200,0	733,3	1650,0	550,0

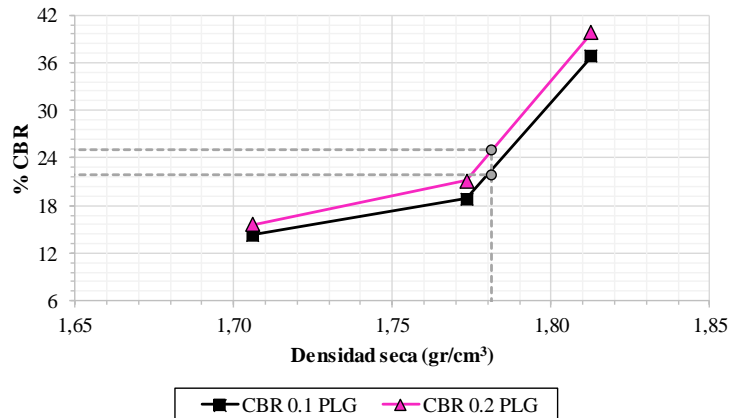
**ESFUERZO vs. PENETRACIÓN**



**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	368,57	36,86	1,813	596,50	39,77	1,813
2	188,33	18,83	1,773	317,60	21,17	1,773
3	143,33	14,33	1,706	234,10	15,61	1,706

**% CBR vs. DENSIDAD SECA**





DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	95% DSM (gr/cm <sup>3</sup> )	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
1,875	1,781	25,00	21,84



# **ANEXO B: AFORO VEHICULAR**





## Anexo B-1. Conteo vehicular de la vía César León (LUNES)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 								
<b>Proyecto:</b>	“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”							
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Vía:</b>	Cesár León					
<b>Fecha:</b>	16/01/2023	<b>Sentido:</b>	Ambos sentidos					
<b>Estación N°</b>	1	<b>Elaborado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado					
CONTEO VEHICULAR DÍA 1								
Hora	Livianos (A)	Buses (B)	Camiones			OTROS	TOTAL	ACUMULADO
			Dos ejes	Tres ejes	>Tres ejes			
0 – 6:15	4	0	2	0	0	0	6	31
4 – 6:30	5	1	1	0	0	0	7	
0 – 6:45	6	0	3	0	0	0	9	
5 – 7:00	7	0	2	0	0	0	9	
0 – 7:15	6	0	2	0	0	0	8	35
4 – 7:30	8	1	1	0	0	0	10	
0 – 7:45	5	0	3	0	0	0	8	
5 – 8:00	7	0	2	0	0	0	9	
0 – 8:15	6	0	1	0	0	0	7	34
4 – 8:30	7	1	2	0	0	0	10	
0 – 8:45	6	0	1	0	0	0	7	
5 – 9:00	7	0	3	0	0	0	10	
0 – 9:15	6	0	2	0	0	0	8	34
4 – 9:30	7	0	3	0	0	0	10	
0 – 9:45	6	1	1	0	0	0	8	
5 – 10:00	6	0	2	0	0	0	8	
0 – 10:15	6	0	2	0	0	0	8	35
4 – 10:30	7	1	1	0	0	0	9	
0 – 10:45	6	0	3	0	0	0	9	
5 – 11:00	7	0	2	0	0	0	9	
0 – 11:15	6	0	1	0	0	0	7	26
4 – 11:30	5	1	2	0	0	0	8	
0 – 11:45	4	0	1	0	0	0	5	
5 – 12:00	4	0	2	0	0	0	6	
0 – 12:15	7	0	2	0	0	0	9	37
4 – 12:30	8	1	1	0	0	0	10	
0 – 12:45	6	0	3	0	0	0	9	
5 – 13:00	7	0	2	0	0	0	9	
0 – 13:15	8	0	2	0	0	0	10	40
4 – 13:30	6	1	3	0	0	0	10	
0 – 13:45	7	0	3	0	0	0	10	
5 – 14:00	8	0	2	0	0	0	10	
0 – 14:15	7	0	2	0	0	0	9	35
4 – 14:30	8	0	2	0	0	0	10	
0 – 14:45	6	1	3	0	0	0	10	
5 – 15:00	4	0	2	0	0	0	6	
0 – 15:15	6	0	1	0	0	0	7	32
4 – 15:30	5	0	1	0	0	0	6	
0 – 15:45	5	1	1	0	0	0	7	
5 – 16:00	7	2	3	0	0	0	12	
0 – 16:15	6	0	1	0	0	0	7	30
4 – 16:30	8	0	3	0	0	0	11	
0 – 16:45	6	0	2	0	0	0	8	
5 – 17:00	2	0	2	0	0	0	4	
0 – 17:15	5	0	2	0	0	0	7	32
4 – 17:30	8	0	1	0	0	0	9	
0 – 17:45	6	0	2	0	0	0	8	
5 – 18:00	5	0	3	0	0	0	8	
<b>Total</b>	295	12	94	0	0	0	401	401



## Anexo B-2. Conteo vehicular de la vía César León (MARTES)

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”							
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Vía:</b>	Cesár León					
<b>Fecha:</b>	17/01/2023	<b>Sentido:</b>	Ambos sentidos					
<b>Estación N°</b>	1	<b>Elaborado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado					
CONTEO VEHICULAR DÍA 2								
Hora	Livianos (A)	Buses (B)	Camiones			OTROS	TOTAL	ACUMULADO
			Dos ejes	Tres ejes	>Tres ejes			
6:00 – 6:145	6	0	3	0	0	0	9	32
6:14 – 6:30	5	1	2	0	0	0	8	
6:30 – 6:45	7	0	1	0	0	0	8	
6:45 – 7:00	4	0	3	0	0	0	7	
7:00 – 7:145	8	0	2	0	0	0	10	41
7:14 – 7:30	7	0	2	0	0	0	9	
7:30 – 7:45	9	0	1	0	0	0	10	
7:45 – 8:00	9	0	3	0	0	0	12	
8:00 – 8:15	6	0	1	0	0	0	7	31
8:14 – 8:30	5	1	2	0	0	0	8	
8:30 – 8:45	7	0	2	0	0	0	9	
8:45 – 9:00	6	0	1	0	0	0	7	
9:00 – 9:145	5	0	1	0	0	0	6	23
9:14 – 9:30	4	0	1	0	0	0	5	
9:30 – 9:45	3	0	2	0	0	0	5	
9:45 – 10:00	6	0	1	0	0	0	7	
10:00 – 10:145	6	0	2	0	0	0	8	31
10:14 – 10:30	7	0	1	0	0	0	8	
10:30 – 10:45	6	0	3	0	0	0	9	
10:45 – 11:00	5	0	1	0	0	0	6	
11:00 – 11:15	6	0	2	0	0	0	8	29
11:14 – 11:30	5	0	1	0	0	0	6	
11:30 – 11:45	7	0	1	0	0	0	8	
11:45 – 12:00	5	0	2	0	0	0	7	
12:00 – 12:15	7	0	3	0	0	0	10	35
12:14 – 12:30	6	0	1	0	0	0	7	
12:30 – 12:45	7	0	2	0	0	1	10	
12:45 – 13:00	6	0	2	0	0	0	8	
13:00 – 13:15	6	0	3	0	0	0	9	34
13:14 – 13:30	7	0	1	0	0	0	8	
13:30 – 13:45	7	0	2	0	0	0	9	
13:45 – 14:00	6	0	2	0	0	0	8	
14:00 – 14:15	6	0	2	0	0	0	8	29
14:14 – 14:30	7	0	3	0	0	0	10	
14:30 – 14:45	5	0	2	0	0	0	7	
14:45 – 15:00	3	0	1	0	0	0	4	
15:00 – 15:15	6	0	1	0	0	0	7	28
15:14 – 15:30	4	0	2	0	0	0	6	
15:30 – 15:45	5	0	1	0	0	0	6	
15:45 – 16:00	6	0	3	0	0	0	9	
16:00 – 16:15	6	0	3	0	0	0	9	21
16:14 – 16:30	5	0	3	0	0	0	8	
16:30 – 16:45	3	0	1	0	0	0	4	
16:45 – 17:00	6	0	2	0	0	0	8	
17:00 – 17:15	5	0	1	0	0	0	6	35
17:14 – 17:30	7	0	3	0	0	0	10	
17:30 – 17:45	5	0	1	0	0	0	6	
17:45 – 18:00	4	0	1	0	0	0	5	
<b>Total</b>	279	2	87	0	0	1	369	369



### Anexo B-3. Conteo vehicular de la vía César León (MIÉRCOLES)

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATICUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"							
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo		<b>Vía:</b>		Cesár León			
<b>Fecha:</b>	18/01/2023		<b>Sentido:</b>		Ambos sentidos			
<b>Estación N°</b>	1		<b>Elaborado por:</b>		Vanessa Pérez Pintado			
CONTEO VEHICULAR DÍA 3								
Hora	Livianos (A)	Buses (B)	Camiones			OTROS	TOTAL	ACUMULADO
			Dos ejes	Tres ejes	>Tres ejes			
:00 – 6:145	5	0	1	0	0	0	6	28
:14 – 6:30	5	0	2	0	0	0	7	
:30 – 6:45	6	1	0	0	0	0	7	
:45 – 7:00	7	0	1	0	0	0	8	
:00 – 7:145	6	0	0	0	0	0	6	27
:14 – 7:30	5	0	0	0	0	0	5	
:30 – 7:45	8	0	1	0	0	0	9	
:45 – 8:00	7	0	0	0	0	0	7	
:00 – 8:15	6	0	1	0	0	0	7	27
:14 – 8:30	6	0	0	0	0	0	6	
:30 – 8:45	4	0	2	0	0	0	6	
:45 – 9:00	7	1	0	0	0	0	8	
:00 – 9:145	8	0	0	0	0	0	8	28
:14 – 9:30	6	0	1	0	0	0	7	
:30 – 9:45	6	0	0	0	0	0	6	
:45 – 10:00	5	0	2	0	0	0	7	
:00 – 10:145	6	0	1	0	0	0	7	29
:14 – 10:30	7	0	0	0	0	0	7	
:30 – 10:45	6	0	0	0	0	0	6	
:45 – 11:00	8	0	1	0	0	0	9	
:00 – 11:15	9	0	0	0	0	0	9	31
:14 – 11:30	7	0	1	0	0	0	8	
:30 – 11:45	6	0	0	0	0	0	6	
:45 – 12:00	8	0	0	0	0	0	8	
:00 – 12:15	10	0	1	0	0	0	11	29
:14 – 12:30	3	0	1	0	0	0	4	
:30 – 12:45	8	0	0	0	0	0	8	
:45 – 13:00	5	0	1	0	0	0	6	
:00 – 13:15	10	0	2	0	0	0	12	28
:14 – 13:30	5	0	1	0	0	0	6	
:30 – 13:45	6	0	0	0	0	0	6	
:45 – 14:00	4	0	0	0	0	0	4	
:00 – 14:15	6	0	0	0	0	0	6	25
:14 – 14:30	6	0	0	0	0	0	6	
:30 – 14:45	7	0	1	0	0	0	8	
:45 – 15:00	5	0	0	0	0	0	5	
:00 – 15:15	6	0	0	0	0	0	6	26
:14 – 15:30	8	0	2	0	0	0	10	
:30 – 15:45	4	0	0	0	0	0	4	
:45 – 16:00	6	0	0	0	0	0	6	
:00 – 16:15	7	0	1	0	0	0	8	29
:14 – 16:30	6	0	0	0	0	0	6	
:30 – 16:45	8	0	1	0	0	0	9	
:45 – 17:00	6	0	0	0	0	0	6	
:00 – 17:15	5	0	2	0	0	0	7	24
:14 – 17:30	4	0	0	0	0	0	4	
:30 – 17:45	6	0	1	0	0	0	7	
:45 – 18:00	6	0	0	0	0	0	6	
<b>Total</b>	301	2	28	0	0	0	331	331



### Anexo B-4. Conteo vehicular de la vía César León (JUEVES)

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"							
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Vía:</b>	Cesár León					
<b>Fecha:</b>	19/01/2023	<b>Sentido:</b>	Ambos sentidos					
<b>Estación N°</b>	1	<b>Elaborado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado					
CONTEO VEHICULAR DÍA 4								
Hora	Livianos (A)	Buses (B)	Camiones			OTROS	TOTAL	ACUMULADO
			Dos ejes	Tres ejes	>Tres ejes			
6:00 – 6:145	6	0	1	0	0	0	7	35
6:14 – 6:30	5	1	1	0	0	0	7	
6:30 – 6:45	8	0	3	0	0	0	11	
6:45 – 7:00	8	0	2	0	0	0	10	
7:00 – 7:145	7	0	2	0	0	0	9	31
7:14 – 7:30	6	0	3	0	0	0	9	
7:30 – 7:45	5	0	1	0	0	1	7	
7:45 – 8:00	4	0	2	0	0	0	6	
8:00 – 8:15	5	0	1	0	0	0	6	25
8:14 – 8:30	6	0	2	0	0	0	8	
8:30 – 8:45	4	1	2	0	0	0	7	
8:45 – 9:00	2	0	2	0	0	0	4	
9:00 – 9:145	4	0	1	0	0	0	5	27
9:14 – 9:30	6	0	2	0	0	0	8	
9:30 – 9:45	5	0	1	0	0	0	6	
9:45 – 10:00	7	0	1	0	0	0	8	
10:00 – 10:145	5	0	1	0	0	0	6	21
10:14 – 10:30	2	0	1	0	0	0	3	
10:30 – 10:45	4	0	1	0	0	0	5	
10:45 – 11:00	5	0	2	0	0	0	7	
11:00 – 11:15	3	0	1	0	0	0	4	24
11:14 – 11:30	5	0	2	0	0	0	7	
11:30 – 11:45	6	0	1	0	0	0	7	
11:45 – 12:00	4	0	2	0	0	0	6	
12:00 – 12:15	3	0	1	0	0	0	4	24
12:14 – 12:30	5	0	1	0	0	0	6	
12:30 – 12:45	6	0	2	0	0	0	8	
12:45 – 13:00	5	0	1	0	0	0	6	
13:00 – 13:15	6	0	2	0	0	0	8	30
13:14 – 13:30	6	0	1	0	0	0	7	
13:30 – 13:45	7	0	1	0	0	0	8	
13:45 – 14:00	5	0	2	0	0	0	7	
14:00 – 14:15	5	0	1	0	0	0	6	26
14:14 – 14:30	6	1	2	0	0	0	9	
14:30 – 14:45	2	0	1	0	0	0	3	
14:45 – 15:00	5	0	3	0	0	0	8	
15:00 – 15:15	6	0	2	0	0	0	8	28
15:14 – 15:30	4	0	1	0	0	1	6	
15:30 – 15:45	6	0	2	0	0	0	8	
15:45 – 16:00	5	0	1	0	0	0	6	
16:00 – 16:15	5	0	2	0	0	0	7	20
16:14 – 16:30	4	0	2	0	0	0	6	
16:30 – 16:45	3	0	1	0	0	0	4	
16:45 – 17:00	2	0	1	0	0	0	3	
17:00 – 17:15	5	0	1	0	0	0	6	23
17:14 – 17:30	4	0	3	0	0	0	7	
17:30 – 17:45	3	0	1	0	0	0	4	
17:45 – 18:00	4	0	2	0	0	0	6	
<b>Total</b>	234	3	75	0	0	2	314	314



**Anexo B-5. Conteo vehicular de la vía César León (VIERNES)**

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"							
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Vía:</b>	Cesár León					
<b>Fecha:</b>	20/01/2023	<b>Sentido:</b>	Ambos sentidos					
<b>Estación N°</b>	1	<b>Elaborado por:</b>	Vanessa Pérez Pintado					
CONTEO VEHICULAR DÍA 5								
Hora	Livianos (A)	Buses (B)	Camiones			OTROS	TOTAL	ACUMULADO
			Dos ejes	Tres ejes	>Tres ejes			
5:145	6	0	3	0	0	0	9	37
5:30	5	0	3	0	0	0	8	
6:45	7	1	2	0	0	0	10	
7:00	8	0	2	0	0	0	10	
7:145	6	0	3	0	0	0	9	33
7:30	6	0	1	0	0	0	7	
7:45	5	0	3	0	0	0	8	
8:00	8	0	1	0	0	0	9	
8:15	9	0	2	0	0	0	11	36
8:30	7	0	1	0	0	0	8	
8:45	6	1	3	0	0	0	10	
9:00	5	0	2	0	0	0	7	
9:145	4	0	1	0	0	0	5	27
9:30	5	0	2	0	0	0	7	
9:45	6	0	1	0	0	0	7	
10:00	5	0	3	0	0	0	8	
10:145	4	0	1	0	0	0	5	27
10:30	7	0	1	0	0	0	8	
10:45	6	0	1	0	0	0	7	
11:00	6	0	1	0	0	0	7	
11:15	5	0	2	0	0	0	7	28
11:30	7	0	1	0	0	0	8	
11:45	5	0	2	0	0	0	7	
12:00	5	0	1	0	0	0	6	
12:15	6	0	3	0	0	0	9	29
12:30	5	0	1	0	0	0	6	
12:45	5	0	1	0	0	0	6	
13:00	7	0	1	0	0	0	8	
13:15	8	0	2	0	0	0	10	33
13:30	7	0	2	0	0	0	9	
13:45	6	0	1	0	0	0	7	
14:00	6	0	1	0	0	0	7	
14:15	5	1	1	0	0	0	7	28
14:30	6	0	2	0	0	0	8	
14:45	5	0	1	0	0	0	6	
15:00	5	0	2	0	0	0	7	
15:15	4	0	1	0	0	0	5	25
15:30	3	0	1	0	0	0	4	
15:45	7	0	2	0	0	0	9	
16:00	5	0	2	0	0	0	7	
16:15	6	0	1	0	0	0	7	25
16:30	5	0	2	0	0	0	7	
16:45	6	0	1	0	0	0	7	
17:00	3	0	1	0	0	0	4	
17:15	5	0	2	0	0	0	7	27
17:30	4	0	1	0	0	0	5	
17:45	6	0	2	0	0	0	8	
18:00	6	0	1	0	0	0	7	
<b>al</b>	274	3	78	0	0	0	355	355

## Anexo B-6. Conteo vehicular de la vía César León (SÁBADO)

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"							
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo		<b>Vía:</b>			Cesár León		
<b>Fecha:</b>	21/01/2023		<b>Sentido:</b>			Ambos sentidos		
<b>Coordenadas:</b>	1		<b>Elaborado por:</b>			Vanessa Pérez Pintado		
CONTEO VEHICULAR DÍA 6								
Hora	Livianos (A)	Buses (B)	Camiones			OTROS	TOTAL	ACUMULADO
			Dos ejes	Tres ejes	>Tres ejes			
6:00 – 6:145	6	0	2	0	0	0	8	36
6:14 – 6:30	5	0	2	0	0	0	7	
6:30 – 6:45	7	1	3	0	0	0	11	
6:45 – 7:00	7	0	3	0	0	0	10	
7:00 – 7:145	6	0	1	0	0	0	7	35
7:14 – 7:30	7	0	2	0	0	1	10	
7:30 – 7:45	6	0	1	0	0	2	9	
7:45 – 8:00	7	0	2	0	0	0	9	
8:00 – 8:15	6	0	1	0	0	0	7	35
8:14 – 8:30	7	0	1	0	0	0	8	
8:30 – 8:45	8	1	1	0	0	0	10	
8:45 – 9:00	7	0	3	0	0	0	10	
9:00 – 9:145	6	0	1	0	0	0	7	28
9:14 – 9:30	7	0	1	0	0	0	8	
9:30 – 9:45	6	0	1	0	0	0	7	
9:45 – 10:00	4	0	2	0	0	0	6	
10:00 – 10:145	8	0	1	0	0	0	9	35
10:14 – 10:30	9	0	1	0	0	0	10	
10:30 – 10:45	6	0	2	0	0	0	8	
10:45 – 11:00	7	0	1	0	0	0	8	
11:00 – 11:15	6	0	3	0	0	0	9	29
11:14 – 11:30	5	0	1	0	0	1	7	
11:30 – 11:45	4	0	2	0	0	1	7	
11:45 – 12:00	5	0	1	0	0	0	6	
12:00 – 12:15	7	0	2	0	0	0	9	37
12:14 – 12:30	8	0	1	0	0	0	9	
12:30 – 12:45	7	0	1	0	0	0	8	
12:45 – 13:00	9	0	2	0	0	0	11	
13:00 – 13:15	8	0	1	0	0	0	9	37
13:14 – 13:30	9	0	2	0	0	0	11	
13:30 – 13:45	7	0	3	0	0	0	10	
13:45 – 14:00	6	0	1	0	0	0	7	
14:00 – 14:15	6	0	1	0	0	0	7	30
14:14 – 14:30	6	0	2	0	0	0	8	
14:30 – 14:45	5	0	1	0	0	0	6	
14:45 – 15:00	7	0	2	0	0	0	9	
15:00 – 15:15	6	0	1	0	0	0	7	30
15:14 – 15:30	7	0	1	0	0	0	8	
15:30 – 15:45	6	0	1	0	0	0	7	
15:45 – 16:00	7	0	1	0	0	0	8	
16:00 – 16:15	6	0	1	0	0	0	7	30
16:14 – 16:30	6	0	2	0	0	0	8	
16:30 – 16:45	7	0	1	0	0	0	8	
16:45 – 17:00	6	0	1	0	0	0	7	
17:00 – 17:15	5	0	2	0	0	0	7	30
17:14 – 17:30	6	0	1	0	0	0	7	
17:30 – 17:45	7	0	1	0	0	0	8	
17:45 – 18:00	6	0	2	0	0	0	8	
<b>Total</b>	312	2	73	0	0	5	392	392





**Anexo B-7. Conteo vehicular de la vía César León (DOMINGO)**

 <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 LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI"							
<b>Parroquia:</b>	Belisario Quevedo	<b>Vía:</b>		Cesar León				
<b>Fecha:</b>	22/01/2023	<b>Sentido:</b>		Ambos sentidos				
<b>Estación N°</b>	1	<b>Elaborado por:</b>		Vanessa Pérez Pintado				
CONTEO VEHICULAR DÍA 7								
Hora	Livianos (A)	Buses (B)	Camiones			OTROS	TOTAL	ACUMULADO
			Dos ejes	Tres ejes	>Tres ejes			
6:00 – 6:145	8	0	1	0	0	1	10	43
6:14 – 6 :30	9	0	3	0	0	0	12	
6:30 – 6:45	7	1	3	0	0	0	11	
6:45 – 7:00	7	0	2	0	0	1	10	
7:00 – 7:145	5	0	2	0	0	0	7	31
7:14 – 7 :30	4	0	1	0	0	0	5	
7:30 – 7:45	6	0	3	0	0	0	9	
7:45 – 8:00	8	0	2	0	0	0	10	
8:00 – 8:15	10	0	1	0	0	1	12	39
8:14 – 8 :30	7	0	2	0	0	0	9	
8:30 – 8:45	7	1	1	0	0	0	9	
8:45 – 9:00	6	0	3	0	0	0	9	
9:00 – 9:145	5	0	2	0	0	0	7	29
9:14 – 9 :30	7	0	1	0	0	0	8	
9:30 – 9:45	5	0	2	0	0	1	8	
9:45 – 10:00	5	0	1	0	0	0	6	
10:00 – 10:145	8	0	1	0	0	0	9	34
10:14 – 10 :30	7	0	3	0	0	0	10	
10:30 – 10:45	6	0	1	0	0	0	7	
10:45 – 11:00	7	0	1	0	0	0	8	
11:00 – 11:15	8	0	1	0	0	0	9	34
11:14 – 11 :30	6	0	1	0	0	0	7	
11:30 – 11:45	8	0	1	0	0	1	10	
11:45 – 12:00	6	0	2	0	0	0	8	
12:00 – 12:15	7	0	1	0	0	0	8	37
12:14 – 12 :30	8	0	1	0	0	1	10	
12:30 – 12:45	8	0	1	0	0	0	9	
12:45 – 13:00	9	0	1	0	0	0	10	
13:00 – 13:15	8	0	2	0	0	0	10	37
13:14 – 13 :30	7	0	1	0	0	0	8	
13:30 – 13:45	9	0	1	0	0	0	10	
13:45 – 14:00	8	0	1	0	0	0	9	
14:00 – 14:15	7	0	1	0	0	0	8	29
14:14 – 14 :30	5	0	1	0	0	1	7	
14:30 – 14:45	7	0	1	0	0	0	8	
14:45 – 15:00	4	0	2	0	0	0	6	
15:00 – 15:15	5	0	1	0	0	0	6	32
15:14 – 15 :30	7	0	2	0	0	0	9	
15:30 – 15:45	8	0	1	0	0	0	9	
15:45 – 16:00	6	0	2	0	0	0	8	
16:00 – 16:15	7	0	1	0	0	0	8	29
16:14 – 16 :30	6	0	2	0	0	0	8	
16:30 – 16:45	4	0	1	0	0	0	5	
16:45 – 17:00	7	0	1	0	0	0	8	
17:00 – 17:15	7	0	1	0	0	0	8	32
17:14 – 17 :30	8	0	1	0	0	0	9	
17:30 – 17:45	7	0	1	0	0	0	8	
17:45 – 18:00	6	0	1	0	0	0	7	
<b>Total</b>	327	2	70	0	0	7	406	406




# **ANEXO C: FOTOGRAFÍAS**




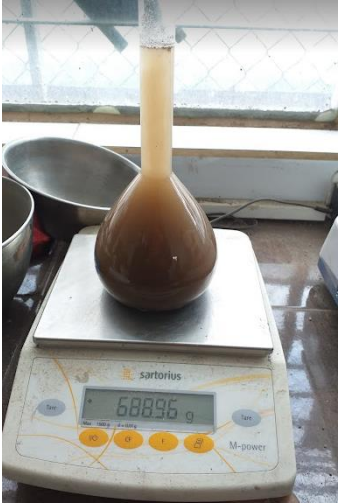


**Anexo C-1. Pozos a cielo abierto.**

<b>FOTOGRAFÍA 1</b>	<b>FOTOGRAFÍA 2</b>
	
	<p>Toma de coordenadas de calicatas.</p>
	<b>FOTOGRAFÍA 3</b> 
<p>Calicatas a cielo abierto.</p>	<p>Elaboración de calicatas.</p>

**Anexo C-2.** Ensayos de campo y laboratorio.

<b>FOTOGRAFÍA 4</b>	<b>FOTOGRAFÍA 5</b>
	
<p>Ejecución del ensayo de densidad de campo.</p>	<p>Realización del ensayo de DCP</p>
<b>FOTOGRAFÍA 6</b>	<b>FOTOGRAFÍA 7</b>
	
<p>Peso del porcentaje de contenido de humedad.</p>	<p>Colocación de tamices en a mesa vibratoria.</p>

<p align="center"><b>FOTOGRAFÍA 8</b></p>	<p align="center"><b>FOTOGRAFÍA 9</b></p>
	
<p>Ejecución del ensayo límite líquido</p>	<p>Elaboración de límite plástico.</p>
<p align="center"><b>FOTOGRAFÍA 10</b></p>	<p align="center"><b>FOTOGRAFÍA 11</b></p>
	
<p>Suelo en remojo para realizar el ensayo de gravedad específica.</p>	<p>Peso de picnómetro con suelo sumergido.</p>

<p align="center"><b>FOTOGRAFÍA 12</b></p>	<p align="center"><b>FOTOGRAFÍA 13</b></p>
	
<p>Suelo compactado con 56 golpes.</p>	<p>Suelos sumergidos con pesas y toma de esponjamiento.</p>
<p align="center"><b>FOTOGRAFÍA 14</b></p>	<p align="center"><b>FOTOGRAFÍA 15</b></p>
	
<p>Suelos luego del remojo, escurriéndose por 15 minutos.</p>	<p>Suelo ensayado en la máquina multispeed.</p>