



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA INGENIERÍA INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN
CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE
SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL.**

AUTOR: NEICER ANTONIO ARÉVALO TOLEDO.

RONALD DAMIAN CABRERA CABRERA.

DIRECTOR: ING. LUIS MARIO ALMACHE SÁNCHEZ

CUENCA - ECUADOR

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL
CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES
EN LA CIUDAD DE CUENCA.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIER CIVIL.**

AUTORES: NEICER ANTONIO ARÉVALO TOLEDO.

RONALD DAMIAN CABRERA CABRERA.

DIRECTOR: ING. LUIS MARIO ALMACHE

CUENCA - ECUADOR

2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

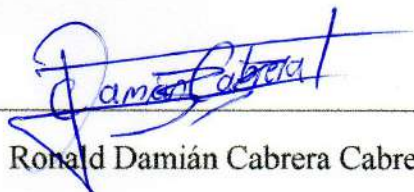
DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Neicer Antonio Arévalo Toledo y Ronald Damian Cabrera Cabrera portadores de las cédulas de ciudadanía N.º 1950004588 y 1105356982. Declaramos ser autores de la obra: **“Correlación de CBR aplicando el cono dinámico en campo, el CBR de laboratorio y CBR in situ, de subrasantes naturales en la ciudad de Cuenca”**, sobre la cual nos hacemos responsables sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaramos que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaramos finalmente que nuestra obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también nos responsabilizamos y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **02 de noviembre del 2022**

F. 
Neicer Antonio Arévalo Toledo

CI: 1950004588

F. 
Ronald Damián Cabrera Cabrera

CI: 1105356982

CERTIFICACIÓN

Yo, Ing. Luis Mario Almache Sánchez con CI: 0105784179 en calidad de director de tesis certifico que el trabajo **“Correlación de CBR aplicando el cono dinámico en campo, el CBR de laboratorio y CBR in situ, de subrasantes naturales en la ciudad de Cuenca”**, fue realizado por los estudiantes Neicer Antonio Arévalo Toledo y Ronald Damian Cabrera Cabrera, bajo mi supervisión.

Cuenca, Noviembre de 2022



Ing. Luis Mario Almache Sánchez
DIRECTOR

DEDICATORIA

Mi trabajo de titulación le dedico principalmente a Dios por haberme dado la vida y permitirme haber llegado a este momento tan importante. A mis padres por ser un pilar fundamental y por demostrarme siempre su apoyo incondicional en mi formación académica, también a mis hermanos y familiares cercanos que siempre supieron darme aliento para seguir adelante y no desmayar en el transcurso de mis estudios.

Neicer Antonio Arévalo Toledo

Ronald Damian Cabrera Cabrera

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradecer a Dios, por guiar nuestros pasos por el camino del bien.

A nuestros docentes quienes fueron un pilar fundamental a lo largo de toda nuestra formación profesional, quienes supieron transmitir su conocimiento para poder ser unos buenos profesionales, así mismo como no agradecer al Ing. Marcos Gonzales y Lab. Atanasio Jara, laboratoristas de la UAIC de la Universidad Católica de Cuenca, quienes supieron guiarnos en cada una de nuestros ensayos realizados y de igual manera a nuestro director del presente trabajo de investigación Ing. Luis Mario Almache, un excelente profesional que ha sabido guiarnos con su conocimiento para poder culminar con éxito este trabajo de titulación.

Neicer Antonio Arévalo Toledo

Ronald Damian Cabrera Cabrera

RESUMEN

Las diferentes correlaciones halladas en el presente trabajo de titulación son de tipo experimental, en el que se presenta una metodología para encontrar una correlación entre el índice del cono de penetración (DCP) y el Índice California Bearing Ratio (CBR), mediante ensayos de laboratorio mismos que son: Análisis Granulométrico, Límites de Atterberg, Ensayo de Compactación Proctor Modificado, Ensayo de CBR en laboratorio, Ensayo con el equipo DCP en laboratorio de los diferentes suelos analizados, en el laboratorio de suelos de la Universidad Católica de Cuenca.

Las correlaciones encontradas en laboratorio, se las puede asumir como aceptables ya que su valor de confiabilidad R^2 en ninguno del caso fue menor a 0.9, esto se puede evidenciar al momento de realizar los ensayos con el equipo DCP en campo, ya los valores de CBR encontrados con las correlaciones no tienen variaciones significativas, con los resultados de los ensayos de CBR en laboratorio.

Los valores de CBR encontrados en laboratorio mediante el ensayo California Bearing Ratio, permite establecer de acuerdo a la tabla 4 del manual de laboratorio de suelos de ingeniería civil de Joseph E. Bowles una clasificación general y el uso que se les puede dar mismos que son: para los suelos de Narancay y San Sebastián como un suelo muy pobre, dándole un uso como subrasante, para el suelo de Sucre en un rango de pobre – regular, con un uso de subrasante y los suelos del El Vecino y Totoracocha tienen una clasificación de regular, teniendo un uso de subbase.

Palabras clave: suelos, densidad seca, humedad, correlación DCP-CBR

ABSTRACT

The different correlations found in this thesis are experimental, in which a methodology to find a correlation between the Dynamic Cone Penetration (DCP) and the California Bearing Ratio (CBR), is described through laboratory tests, which are the following: Granulometric Analysis, Atterberg Limits, Modified Proctor Compaction Test, CBR Test in the laboratory, Test with the DCP equipment in laboratory of the different soils analyzed, at the soil laboratory of the Catholic University of Cuenca.

The correlations found in the laboratory can be considered acceptable since their reliability value R^2 in none of the cases was less than 0.9. This can be evidenced now by testing with the DCP equipment in the field since the CBR values found with the correlations have no significant differences with the CBR test results in the laboratory.

The CBR values found in the laboratory using the California Bearing Ratio test, according to Table 4 of the Civil Engineering Soil Laboratory Manual by Joseph E. Bowles, provide a general ranking and the use that can be given to them, which are: for the soils of Narancay and San Sebastián as impoverished soil, using it as subgrade, for the Sucre soil in a range of poor - regular, with a subgrade use, and the soils of El Vecino and Totoracocha have a ranking of regular, with a subbase use.

Keywords: soils, dry density, moisture, DCP-CBR correlation

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
ABSTRAC	4
CAPITULO I.....	10
1. Introducción.....	10
1.1. Planteamiento del problema	11
1.1.1. Formulación del problema.....	11
1.1.2. Definición de la zona de estudio.....	12
1.2. Justificación	17
1.3. Objetivos	18
1.3.1. Objetivo general.....	18
1.3.2. Objetivo específico.....	18
CAPITULO II	19
2. Marco Teórico	19
2.1. Definición del DCP	19
2.1.1. Cono Dinámico de Penetración (DCP) Normativa ASTM D 6951-03.....	20
2.1.3. Procedimiento	21
2.1.4. Resumen del método.....	22
2.1.5. Aplicabilidad y limitaciones con el DCP	23
2.1.6. Análisis de datos	23
2.2. Compactación de suelos en laboratorio para obtener CBR	23
2.2.1. Ensayo Proctor.....	24
2.2.2. Energía de compactación	25
2.3. Origen del ensayo de Relación del Soporte de California (CBR).....	27
2.3.1. Definición del ensayo CBR.....	27
2.3.1.1. Procedimiento	28
2.3.1.2. Aplicación de resultados.....	29
CAPITULO III.....	31
3.1. Obtención parámetros físicos del suelo en laboratorio	31
3.1.1. Contenido de humedad.....	31
3.1.2. Límites de ATTERBERG	32
3.1.2.1. Límite Líquido	33
3.1.2.2. Limite plástico.....	34

3.1.3.	Granulometría de suelos	36
3.1.4.	Clasificación de los suelos.....	36
3.1.4.1.	Método AASHTO	36
3.1.4.2.	Método SUCS.....	37
3.1.5.	Ensayo de compactación Proctor Modificado	38
3.1.6.	Ensayo de CBR en laboratorio	38
3.1.7.	Metodología propuesta para la correlación entre el DCP y CBR	39
CAPITULO IV		41
4.	Resultados y Análisis.....	41
4.1.	Propiedades físicas	41
4.1.1.	Límites de ATTERBERG	44
4.1.2.	Clasificación de los suelos.....	44
4.2.	Propiedades mecánicas.....	47
4.2.1.	Ensayo de compactación	47
4.2.2.	Ensayo de CBR en laboratorio	48
4.2.3.	Ensayo de DCP en laboratorio.....	50
4.3.	Elaboración de la correlación de parámetros.....	52
4.3.1.	Ecuación densidad seca vs CBR	52
4.3.2.	Correlación de DCP vs CBR de laboratorio	57
4.3.3.	Ensayo de CBR en campo aplicando el cono dinámico de penetración	63
5.	Conclusiones y Recomendaciones.....	71
5.1.	Conclusiones	71
5.2.	Recomendaciones.....	74
Bibliografía		75
Anexos.....		77

Índice de Imágenes

Imagen 1: Mapa de ubicación de las zonas de estudio.....	12
Imagen 2: Calle de la Mapa Huir y calle sin Nombre	14
Imagen 3: Calle sin Nombre que da a la J Vazquez M	14
Imagen 4: Calle Huasipichana y calle sin Nombre	15
Imagen 5:Calle Beethoven y la calle Vivaldi.....	15
Imagen 6:Calle Cayapas y calle de los Caras.....	16

Índice de Figuras

Figura 1:Esquema del equipo Cono Dinámico de Penetración.....	21
Figura 2: Esquema de gato de extracción para el DCP.	22
Figura 3: Equipo de laboratorio utilizado para ensayo de compactación.....	24
Figura 4: Curva de compactación.....	25
Figura 5: Curvas teóricas de compactación de ensayos Proctor estándar y Proctor modificado. ...	27
Figura 6: Limites de Atterberg	33
Figura 7: Equipo para el ensayo de casa grande.	34

Índice de Tablas

Tabla 1: Ubicación de las calicatas para extracción de muestras para laboratorio.	16
Tabla 2: Correlaciones existentes entre el CBR y DCP	20
Tabla 3: Valores de penetración y carga unitaria.	29
Tabla 4: Clasificación general de los materiales de acuerdo a valores de CBR.	30
Tabla 5: Predicción de la expansibilidad a partir del límite líquido.	34
Tabla 6: Predicción de la expansibilidad a partir del índice de plasticidad.	35
Tabla 7: Análisis granulométrico de San Sebastián.	41
Tabla 8: Análisis granulométrico de Sucre.	42
Tabla 9: Análisis granulométrico de Narancay.	42
Tabla 10: Análisis granulométrico de El Vecino.	43
Tabla 11: Resultado de análisis granulométrico de suelo grueso Totoracocha.	43
Tabla 12: Límites de Atterberg.	44
Tabla 13: Clasificación del suelo San Sebastián.	45
Tabla 14: Clasificación del suelo de Sucre.	45
Tabla 15: Clasificación del suelo de Narancay.	46
Tabla 16: Clasificación del suelo de Totoracocha.	46
Tabla 17: Clasificación del suelo El Vecino.	47
Tabla 18: Humedad óptima y densidad seca máxima.	48
Tabla 19: Valores de CBR obtenidos en laboratorio.	49
Tabla 20: Índice DCP de laboratorio.	52
Tabla 21: Índice DCP y resultados de CBR de la ecuación 3.	58
Tabla 22: Índice DCP y resultado de CBR de la ecuación 4.	59
Tabla 23: Índice DCP y resultado de CBR de la ecuación 5.	61
Tabla 24: Índice DCP y resultados de CBR de la ecuación 6.	62
Tabla 25: Ensayo de CBR de San Sebastián con el equipo DCP en campo.	64
Tabla 26: Ensayo de CBR de Sucre con el equipo DCP en campo.	65
Tabla 27: Ensayo de CBR de Narancay con el equipo DCP en campo.	65
Tabla 28: Ensayo de CBR de Totoracocha con el equipo DCP en campo.	66
Tabla 29: Ensayo de CBR en el Vecino con el equipo DCP en campo.	66
Tabla 30: Comparativa de valores de CBR de San Sebastián.	67
Tabla 31: Comparativa de valores de CBR de Sucre.	68
Tabla 32: Comparativa de valores de CBR de Narancay.	69
Tabla 33: Comparativa de valores de CBR de Totoracocha.	70
Tabla 34: Comparativa de valores de CBR de El Vecino.	70

CAPITULO I

1. Introducción

Uno de los principales problemas en las estructuras de los pavimentos son las deformaciones, por ende, se ve la necesidad de evaluar los parámetros de CBR tanto en campo como en laboratorio, con el paso del tiempo han evolucionado los estudios de los suelos como son los ensayos del cono dinámico de penetración, donde se realizarán correlaciones correspondientes con ensayos tradicionales para obtener los parámetros geomecánicos con un margen de error cada vez más pequeño (Mejia Vera , Gilces Delgado , Ortiz Hernández , & García Vínces, 2019).

En el presente trabajo de titulación consta de fundamentación teórica y experimental donde se realizará un análisis comparativo de ensayos de subrasante de suelo natural, los parámetros a comparar serán obtenidos en campo, utilizando el equipo del cono dinámico de penetración (DCP) y en laboratorio con el ensayo Californian Bearing Ratio (CBR).

Los sitios de muestreo para realizar los ensayos tanto en campo como en laboratorio, se encuentra distribuidos en la ciudad de Cuenca, en los sectores: El Vecino, Sucre, San Sebastián, Narancay Bajo y Totoracocha.

Los ensayos de CBR son de vital importancia en la construcción de vías ya que permite conocer el valor relativo de soporte del suelo, el ensayo de laboratorio demanda de mucho tiempo para obtener los resultados, siendo necesario emplear otros mecanismos como es el equipo del cono dinámico de penetración para obtener parámetros en campo, de una manera rápida y confiable, por lo que se ve la necesidad de realizar un análisis comparativo entre los resultados de los ensayos, logrando establecer una correlación entre estos ensayos para tener un margen de aplicabilidad más confiable con el equipo DCP (Manotoa Santana, 2016).

El estudio de la correlación entre en ensayo DCP y CBR en los sectores de la ciudad de Cuenca, permitirá encontrar una ecuación en función al tipo de suelo, reduciendo el tiempo en la obtención

del índice de CBR en campo, siendo uno de los parámetros empleados para el diseño de la estructura de un pavimento (Manotoa Santana, 2016).

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Formulación del problema

La ciudad de Cuenca tiende a la expansión territorial de nuevas urbes, por lo que existe la demanda de realizar intervenciones en diferentes sectores de la ciudad, uno de los ejes fundamentales es la vialidad, donde se deben realizar ensayos de CBR para obtener las propiedades del suelo, que permitirán conocer el valor relativo de soporte del material, al momento de realizar trabajos de ingeniería como es: el mejoramiento, mantenimientos en las calzadas y construcción de nuevas infraestructuras viales que beneficiaran directamente a la sociedad.

Los estudios geológicos y geotécnicos de los suelos para diferentes tipos de construcciones se los realiza in situ y en laboratorio, de los resultados en los ensayos se obtiene diferentes propiedades y parámetros que permite tener una idea del comportamiento del material, siendo el soporte de cualquier estructura de ingeniería.

Debido a los diferentes tipos de suelos que presenta nuestra localidad se ve la necesidad de realizar una investigación teórica y experimental para determinar una correlación de los ensayos en campo con el equipo DCP y CBR en laboratorio para suelos de subrasante natural en los sectores de la ciudad de Cuenca determinados para el presente estudio.

1.1.2. Definición de la zona de estudio

Como se puede observar en la imagen 1 se detalla la zona de estudio que está ubicada dentro del cantón Cuenca, provincia del Azuay, Ecuador, donde se estudió la subrasante de suelo natural de los siguientes sectores de la ciudad: El Vecino, Sucre, San Sebastián, Narancay Bajo y Totoracocha. Se realizó ensayos de campo con la utilización del equipo de cono dinámico de penetración y en laboratorio, se determina los CBR de la subrasante natural de estos sectores. El equipo de cono dinámico de penetración, es una tecnología moderna que permite obtener en un menor tiempo, los CBR de los suelos a estudiar.

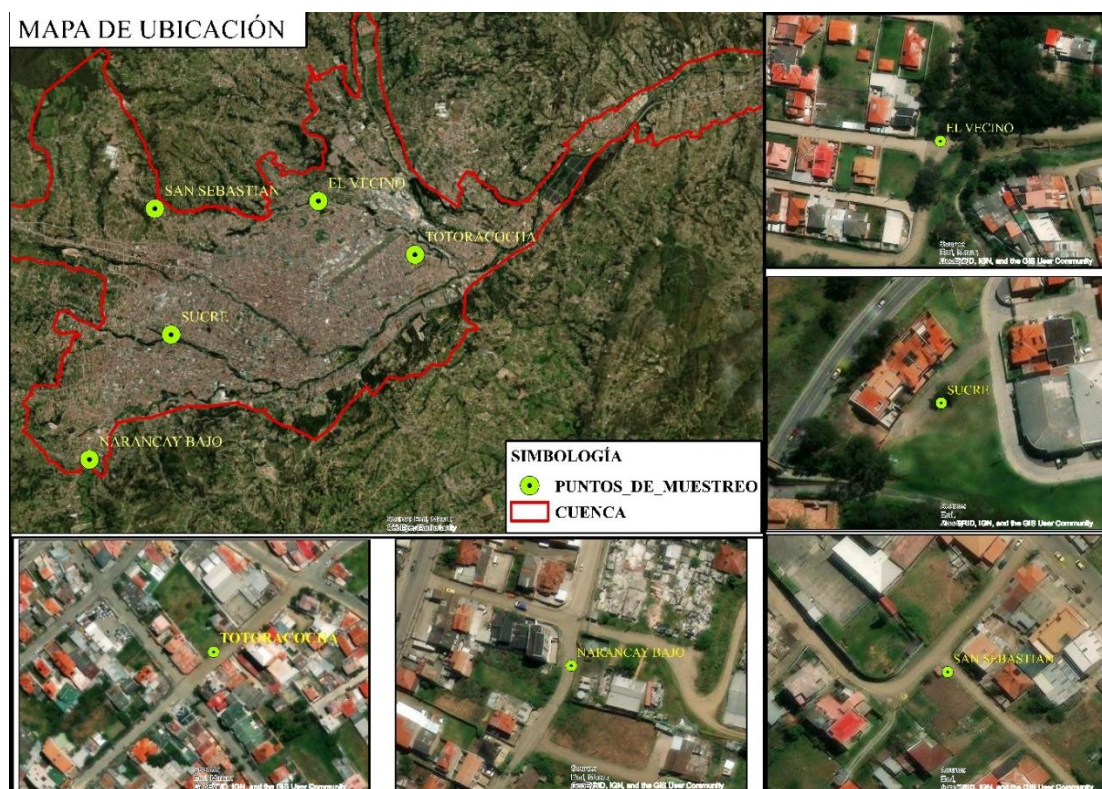


Imagen 1: Mapa de ubicación de las zonas de estudio.

Fuente: Autores

Las muestras ensayadas en laboratorio fueron obtenidas mediante calicatas, tomando en cuenta las recomendaciones del MTOP cada 500 metros (NEVI-12, 2013). También se seguirá



Imagen 2: Calle de la Mapa Huiru y calle sin Nombre

Fuente: Autores

SECTOR	Sucre: En este sector se realizó los ensayos, con el equipo DCP y extracción de muestra para laboratorio, del mismo modo se detalla la ubicación de la misma			
Dirección	Calle sin Nombre que da a la J. Vazquez M.			
Punto de muestreo	Coordenadas UTM			
	Norte	9678665	Sur	719463
<p>Imagen 3: Calle sin Nombre que da a la J Vazquez M</p> <p>Fuente: Autores</p>				
SECTOR	San Sebastián: En este sector se realizó el ensayo con el equipo de DCP y preparación de muestra para laboratorio, detallando su ubicación a continuación			
Dirección	Calle Huasipichana y Calle sin nombre			
Punto de muestreo	Coordenadas UTM			
	Norte	9678623	Sur	719516



Imagen 4: Calle Huaspichana y calle sin Nombre
Fuente: Autores

SECTOR	Narancay Bajo: En este sector se realizó ensayos con el equipo DCP y extracción de muestra para laboratorio, así mismo se detalla la ubicación de la misma			
Dirección	Calle Beethoven y la calle Vivaldi			
Punto de muestreo	Coordenadas UTM			
	Norte	9675690	Sur	717516
	<p>Imagen 5: Calle Beethoven y la calle Vivaldi Fuente: Autores</p>			
SECTOR	Totoracocha: En este sector se realizó ensayos con el equipo DCP y extracción de muestra para laboratorio, también se detalla la ubicación de la misma			
Dirección	Calle Cayapas y la calle de los Caras			
Punto de muestreo	Coordenadas UTM			
	Norte	9680555	Sur	725243



Imagen 6: Calle Cayapas y calle de los Caras
Fuente: Autores

Tabla 1: Ubicación de las calicatas para extracción de muestras para laboratorio.
Fuente: Autores

Debido a problemas defectuosos con el equipo CBR in situ, no fue posible realizar el ensayo con el equipo CBR in situ en el sector El Vecino, con la finalidad de obtener el valor de CBR y realizar la comparativa entre los resultados de los ensayos CBR de laboratorio, CBR con el equipo DCP y con el equipo de CBR in situ perteneciente a este sector.

1.2. Justificación

Mediante el siguiente proyecto se intenta determinar una correlación de los ensayos con el equipo del cono dinámico de penetración DCP y el Ensayo de Relación de Soporte de California(CBR) ejecutados en laboratorio, permitiendo encontrar en laboratorio parámetros físicos con el propósito de ajustar la curva de datos obtenidos en los ensayos aplicando estadística, ya que en su mayoría de veces los parámetros establecidos para el DCP en normativas no son aplicables en nuestro país debido a las diferentes formaciones geológicas, afectando la confiabilidad en un porcentaje significativo en la utilización del equipo DCP. Los lugares que se tomaron en consideración para el proyecto fueron previa investigación sobre el tipo de material que se encuentra en dichas zonas ya que el equipo DCP presenta limitaciones con materiales granulares.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar la correlación de CBR aplicando el cono dinámico en campo, el CBR de laboratorio y CBR in situ, de subrasantes naturales en la ciudad de Cuenca.

1.3.2. Objetivo específico

- Extraer muestras de suelo de subrasante natural de los sectores: Narancay, Racar, Sucre, El Vecino, Totoracocha; para ensayarlos en el laboratorio y obtener sus parámetros físicos.
- Ejecutar ensayos de campo en los cinco sectores con el equipo de Cono Dinámico de Penetración para obtener valores de CBR.
- Procesar la información de los resultados de los ensayos tanto en campo como en laboratorio.
- Describir una metodología para encontrar una correlación entre el CBR de Laboratorio y el DCP.
- Establecer una correlación entre el ensayo de CBR en laboratorio y el ensayo con el equipo DCP, para la aplicación del cono dinámico de penetración con mayor seguridad y tener valores confiables en un menor tiempo.

CAPITULO II

2. Marco Teórico

Para obtener los parámetros geomecánicos de los suelos analizados, es necesario realizar ensayos de resistencia al cortante en laboratorio o en campo, ya que dichos datos son indispensables al momento de realizar la construcción de cualquier obra civil.

En la actualidad existen un sin número de métodos o procedimientos para obtener la resistencia al cortante del suelo de subrasante para un pavimento, entre estos se pueden encontrar los siguientes:

- Ensayo de placa de carga
- Cono dinámico de penetración (DCP)
- California Bearing Ratio (CBR) en laboratorio.

De todos los ensayos mencionados anteriormente el más empleado en nuestro medio es el Ensayo de Relación de Soporte de California en laboratorio, en donde este parámetro conjuntamente con valores de tránsito y propiedades de los materiales a usarse en la construcción de un pavimento, permiten determinar los espesores para conformar una estructura vial adecuada.

2.1. Definición del DCP

El instrumento de cono dinámico de penetración se emplea para evaluar la resistencia in situ de suelos naturales o de materiales compactados (American Standard Testing Materials, 2003), este ensayo se realiza mediante golpes que atraviesan las distintas capas del suelo y ayudan a determinar la resistencia del corte de los distintos materiales que existen en el campo.

Investigadores geotécnicos han realizado estudios en diferentes partes del mundo encontrando algunas correlaciones mismas que se pueden observar en la tabla 2, que han sido fundamentales

para la valoración de las estructuras de pavimento. Van Vuuren en 1969 realizó el primer intento para establecer una correlación entre el CBR de laboratorio y el Índice DCP.

Autor (es)	Correlación	Observaciones
Van Vuuren (1969)	$CBR = \frac{229}{DCP^{1.12}}$	Apta para todo tipo de suelos (Granulares y cohesivos)
Transport Road Research TRRL (1986)	$CBR = \frac{208}{DCP^{0.86}}$	Apta para todo tipo de suelos
Kleyn y Van Heerden	$CBR = 428.5 * DCP^{-1.28}$	
Cuerpo de Ingenieros (USA)	$CBR = 292 * DCP^{-1.12}$	No aplica a suelos CL con CBR < 10, ni a suelos CH.
	$CBR = 58.8 * DCP^{-2.0}$	Aplica a suelos CL con CBR < 10
	$CBR = 384.3 * DCP^{-1.0}$	Aplica a suelos CH
MOPT Colombia (1992)	$CBR = 567.0 * DCP^{-1.4}$	
Webster S.L. et al. (1994)	$CBR = \frac{1}{(0.017019 * DCP)^2}$	Para suelos CH

Tabla 2: Correlaciones existentes entre el CBR y DCP
Fuente: Norma ASTM 6951-03 y Norma Inviás INV E-172-13.

2.1.1. Cono Dinámico de Penetración (DCP) Normativa ASTM D 6951-03

El equipo de cono dinámico de penetración, fue desarrollado en 1956 por el Ingeniero Scala en Nueva Zelanda, los estudios en campo fueron realizados por Livneh, Ishali en 1987 y Kleyn 1975, impulsando a la evolución del pavimento y generando una gran acogida en su uso los países de Inglaterra, Canadá, Australia, Nueva Zelanda y el departamento de transporte de los Estados Unidos (Aragundi Demera , Delgado Romero , Ortiz Heranandez , & Delgado Gutierrez , 2019).

Este instrumento facilita la evaluación de la resistencia de suelos no alterados o compactados y permite estimar un valor de CBR In situ, presentado ventajas de su fácil uso, economía y la obtención de resultados en tiempos muy cortos (Aragundi Demera , Delgado Romero , Ortiz Heranandez , & Delgado Gutierrez , 2019).

2.1.2. Descripción del equipo

El equipo DCP consta de una barra de acero con un diámetro de 5/8'' (15.8 mm), con una punta cónica con un ángulo de 60 grados, diámetro en la base de 0.79'' (20mm) misma puede ser cambiada, un mazo con un peso de 8 kilogramos que tiene una caída libre de 22.6'' (575 mm), una empuñadura y la regleta de medición (ASTM D 6951-03, 2003). En la figura 1 se observa la configuración de equipo:

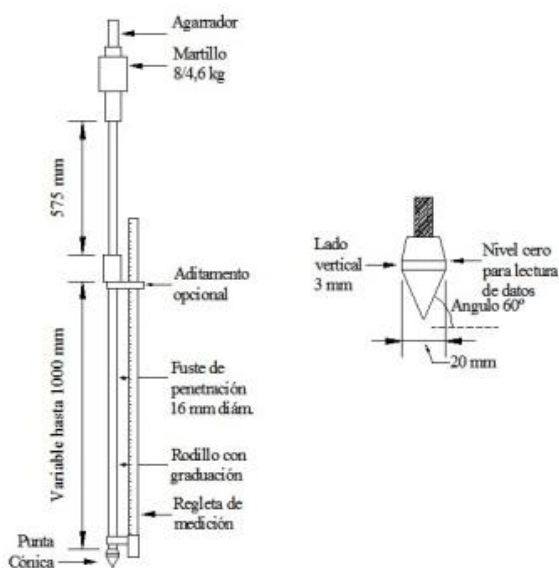


Figura 1:Esquema del equipo Cono Dinámico de Penetración.
Fuente: ASTM D 6951-03.

2.1.3. Procedimiento

Antes de comenzar el ensayo se debe verificar que el equipo del DCP se encuentre en buenas condiciones y no cuente con un desgaste excesivo en el cono reutilizable o la varilla. Posterior a la verificación del equipo, se debe dirigir la punta dentro del suelo y sostener el equipo mediante la manija en una posición vertical para levantar el martillo y luego dejarlo caer en caída libre hasta que golpee el yunque de acopie. El encargado de realizar el registro

de la información mide y apunta la penetración total para un determinado número de golpes (ASTM D 6951-03, 2003).

Al realizar el ensayo, si después de 5 golpes, la penetración no es mayor a 2 milímetros o la manija se defleca más de 75 milímetros de la posición vertical, el ensayo se lo debe suspender y extraer el equipo para mover a otro punto para empezar otro nuevo ensayo (ASTM D 6951-03, 2003).

Terminado el ensayo, el operador del equipo debe realizar la extracción de barra hincada tomando en cuenta si la punta del cono es reutilizable lo deberá hacer empleando un gato de extracción como se puede observar en la figura 2, pero si la punta del cono es desechable se lo realiza con el martillo del equipo, dirigiendo el martillo hacia arriba para golpear contra la manija (ASTM D 6951-03, 2003).

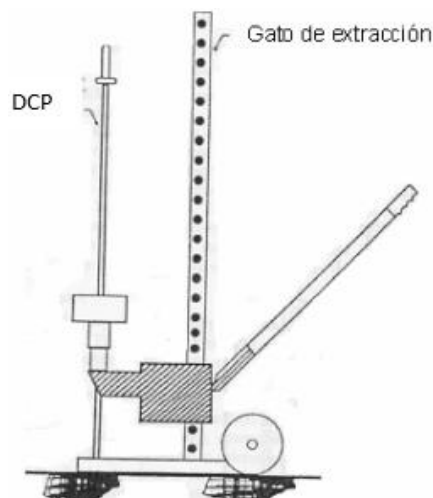


Figura 2: Esquema de gato de extracción para el DCP.
Fuente: ASTM D 6951-03.

2.1.4. Resumen del método

El encargado de manipular el equipo DCP dirige la punta dentro del suelo, donde se debe levantar el martillo de 8 kg hasta el tope superior y la manija, y luego dejarlo caer en caída

libre hasta que golpee el yunque de acopie. La penetración total para un determinado número de golpes es registrada y medida en milímetros por golpe, dicho valor es empleado para estimar una resistencia CBR in-situ mediante una correlación apropiada o para establecer otras características del material (ASTM D 6951-03, 2003).

2.1.5. Aplicabilidad y limitaciones con el DCP

El ensayo de CBR con el equipo DCP permite establecer condiciones de compacidad en estratos arcillosos, arenosos sueltos densos, limos arenosos y arenas finas. Una de las principales limitaciones del equipo DCP al momento de realizar los ensayos es la presencia de estratos rocosos o partículas de gran tamaño por que pueden doblar la varilla del equipo o dañar la punta del mismo (Contreras Avila & Garcia Garcia, 2019).

2.1.6. Análisis de datos

Los datos para analizar se los obtiene de ensayos realizados in situ, dichos datos son el número de golpes y la profundidad de penetración que permiten realizar la gráfica de índice de penetración, donde el número de golpes irán en el eje de las X y la profundidad de penetración en milímetros en el eje de las Y, con la intención de divisar las diferentes capas resistentes del suelo. (Contreras Avila & Garcia Garcia, 2019).

2.2. Compactación de suelos en laboratorio para obtener CBR

Para obras de ingeniería como presas de tierra, terraplenes de carreteras y entre otras estructuras, es necesario compactar los suelos con el fin de aumentar sus pesos unitarios y la resistencia de los suelos, mejorando su capacidad de carga, donde se realizará el emplazamiento de las estructuras a construirse.

La compactación es el acomodo de partículas del suelo eliminando el contenido de aire mediante la aplicación de energía mecánica, que tiene como finalidad reducir el volumen de vacíos y deformaciones en la masa de suelo (Das Braja M., 2015).

2.2.1. Ensayo Proctor

Este ensayo de compactación fue desarrollado en 1933 por Ralph R. Proctor, este consiste en aplicar un tipo de energía dinámica. Dejando caer una maza, desde una altura conocida, con cierto número de impactos sobre varias capas de material dentro de un molde estándar, con la finalidad de tener un volumen conocido (Leon Calderon & Zeas Cardenas , 2017), en la figura 3 se observa el equipo utilizado para este ensayo.



Figura 3: Equipo de laboratorio utilizado para ensayo de compactación.
Fuente: (Lopez Maldonado, 2020)

Este ensayo es empleado para determinar la relación entre la densidad seca máxima y la humedad de compactación óptima de los materiales a utilizar en diferentes obras de ingeniería como en la conformación de vías, así mismo en la construcción de estructuras y mega estructuras. Los resultados de estos ensayos servirán como referencia para el estricto control de calidad de la compactación de los suelos en campo (Lopez Maldonado, 2020).

En la figura 4 se visualiza el comportamiento de la curva de compactación, el porcentaje de humedad óptimo que es necesario para obtener la densidad seca máxima, aplicando una misma energía de compactación.

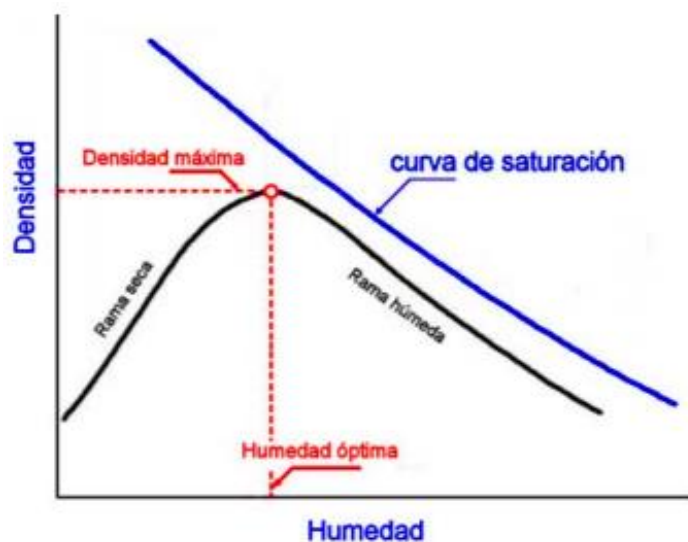


Figura 4: Curva de compactación.

Fuente: Compactación de Suelos y Materiales Estabilizados, Ing. Jorge A Paramo.

2.2.2. Energía de compactación

La energía de compactación es una medida de energía mecánica aplicada a la masa de suelo. En obra los esfuerzos de compactación están relacionado directamente con las veces que pase un equipo de compactación adecuado para los diferentes tipos de suelos, el número de golpes al dejar caer un peso, la energía disipada en una explosión y otros mecanismos similares, sobre un volumen de suelo (Armas Novoa & Horta Mestas , 1987).

La energía de compactación dinámica Tipo Proctor consiste en el uso de pruebas de impactos causado por la caída de un peso, y puede ser calculada mediante la siguiente ecuación:

$$E_c = \frac{W * h * n * N}{V}$$

Donde

E_c : Energía de compactación Tipo Proctor

W: Peso del pisón compactador

h: Altura de caída del martillo

n: Número de capas

N: Número de golpes por capa

V: Volumen del molde de compactación

A continuación, se detallan dos métodos para realizar los ensayos Tipo Proctor, estos son el ensayo de Proctor Estándar y Proctor Modificado.

En la norma ASTM D 698-12 se encuentra el ensayo original Proctor Estándar, la energía de compactación aplicada en este ensayo es de $E_c = 12400 \frac{\text{lbf} \cdot \text{pie}}{\text{pie}^3}$, las herramientas utilizadas según normativa se detallan a continuación: el peso del apisonador es de 5.5 lbf, la altura de compactación es de 12 pulgadas, esta debe ser dividida en 3 capas, realizar 25 golpes por cada capa y el volumen del molde de compactación es de $1/30 \text{ pie}^3$ con un diámetro de 4 pulgadas (ASTM D 698-12, 2021).

Según la norma ASTM D 1557-12 establece el ensayo Proctor Modificado, este aplica una energía de compactación $E_c = 56000 \frac{\text{lbf} \cdot \text{pie}}{\text{pie}^3}$ mucho mayor que el Proctor Estándar, las herramientas según norma se detallan, el peso del apisonador es de 10 lbf, la altura del apisonador es de 18 pulgadas, este se debe realizar en 5 capas, debe ser realizado con 56 golpes cada capa y el volumen del recipiente de compactación es de $3/40 \text{ pie}^3$ y el diámetro del molde es de 6 pulgadas (ASTM D 1557-12, 2021).

Las curvas de compactación para los ensayos Proctor Estándar y Proctor Modificado se presenta continuación para el mismo tipo de suelo en la siguiente figura 5:

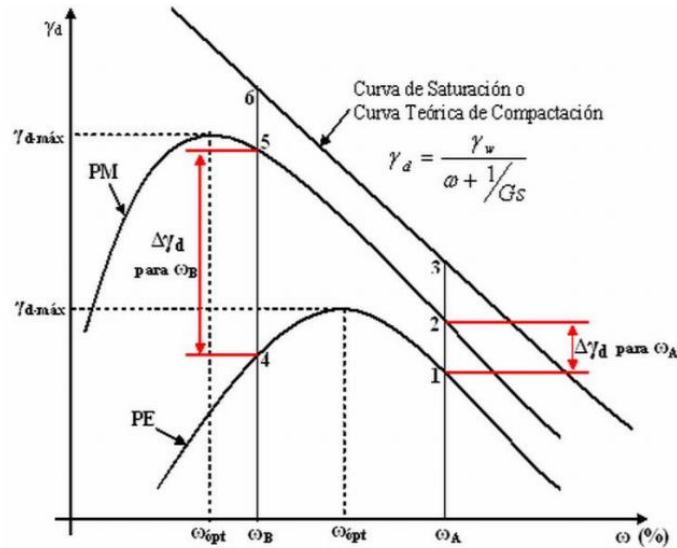


Figura 5: Curvas teóricas de compactación de ensayos Proctor estándar y Proctor modificado.
 Fuente: Criterios sobre la compactación de suelos y el control de calidad de terraplenes, Msc.Ing. Rolando Armas Nova.

2.3. Origen del ensayo de Relación del Soporte de California (CBR)

Los ingenieros O.J. Poter y T.E. Stanton del departamento de carreteras de California en 1929 propusieron este método, que permite clasificar la capacidad de los suelos para ser empleados como subrasante o material de base de construcciones de carreteras (Bowles, 1981).

En la segunda guerra mundial el ensayo fue utilizado en la construcción de aeropuertos por parte del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (Bowles, 1981).

2.3.1. Definición del ensayo CBR

La norma internacional ASTM D1883-16 (2016) regula el procedimiento del ensayo CBR en laboratorio y lo define como:

El Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR) se emplea para la evaluación de los materiales de la subrasante, la subbase y la base como ayuda para realizar el diseño de pavimentos. El ensayo en laboratorio utiliza un pistón circular para penetrar el material

compactado en un molde a una velocidad de penetración constante. El CBR se expresa como la relación de la carga unitaria en el pistón requerida para penetrar 0.1 pulgadas (2.5mm) y 0.2 pulgadas (5.1mm) del material de prueba y la carga unitaria requerida para penetrar un material estándar de piedra triturada bien graduada (ASTM D1883-21, 2021).

El método del CBR comprende los siguientes ensayos:

Determinación de la humedad y densidad

Determinación de las propiedades expansivas del material

Determinación de la resistencia a la penetración.

2.3.1.1. Procedimiento

El ensayo en laboratorio se utiliza un pistón circular con un área de 3 in^2 para penetrar el material compactado en un molde a velocidad constante de 0.05 in/mm. El CBR se expresa como la relación entre la carga unitaria del pistón necesaria para penetrar 0.1 in y 0.2 in dentro de una muestra de suelo debidamente compactada a un contenido de humedad y densidad dada, el valor obtenido de este ensayo es un dato importante para el diseño de pavimentos flexibles (Bowles, 1981). En forma de ecuación queda expresada de la siguiente manera:

$$CBR(\%) = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{Carga unitaria del patron}} \times 100 \quad \text{Ecuación 1}$$

Los valores que deben utilizarse de carga unitaria patrón en la ecuación son los siguientes:

PENETRACIÓN		CARGA UNITARIA PATRÓN	
mm	pulg	Mpa	psi
2.5	0.1	6.9	1000
5.0	0.2	10.3	1500
7.5	0.3	13.0	1900
10.0	0.4	16.0	2300
12.7	0.5	18.0	2600

Tabla 3: Valores de penetración y carga unitaria.

Fuente: Manual de Laboratorio de suelos en ingeniería civil de Joseph E. Bowles.

El valor de CBR se basa en la relación de carga para una penetración de 2.5 mm. Sin embargo, si el valor de CBR a una penetración de 5 mm es mayor, el ensayo debería repetirse. Si un segundo ensayo produce nuevamente un valor de CBR mayor de 5 mm de penetración, dicho valor debe aceptarse como valor final del ensayo (Bowles, 1981).

Las muestras a ser ensayadas deben estar saturadas por un periodo de 96 horas, la sobrecarga que se debe aplicar a las muestras no debe ser inferior a las 10 lbf o 4.54 kg. Durante los cuatro días que deben estar sumergidas la muestras en agua se debe tomar lecturas de expansión que presente el material con ayuda un deformímetro.

2.3.1.2. Aplicación de resultados

Con los resultados obtenidos del ensayo CBR, podemos establecer una clasificación general de los materiales, el uso que se le puede dar a estos tipos de suelos, ya que esto nos permitirá tener una idea clara en qué tipo de suelo se está trabajando y tomar las mejores decisiones para realizar construcciones de obras civiles.

CBR	Clasificación General	Usos	Unificado	AASHTO
0 - 3	Muy pobre	Subrasante	OH, CM, MH, OL	A5, A6, A7
1 - 3	Pobre a regular	Subrasante	OH, CM, MH, OL	A4, A5, A6, A7
3 - 7	Regular	Sub-base	OL, CL.ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 - 50	Bueno	Base, sub- base	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3, A2-6
> 50	Muy bueno	Base	GW, GM	A1a, A2-4, A3

Tabla 4: Clasificación general de los materiales de acuerdo a valores de CBR.
Fuente: Manual de Laboratorio de suelos en ingeniería civil de Joseph E. Bowles

CAPITULO III

3. Fundamentación teórica para ensayos de laboratorio

En este capítulo se presenta la información básica para ejecutar los diferentes ensayos en laboratorio y en campo bajo la aplicación de las normativas usadas a nivel nacional e internacional.

3.1. Obtención parámetros físicos del suelo en laboratorio

Para la obtención de parámetros físicos de la presente investigación se realizaron diferentes ensayos como son: contenido de humedad, límites de Atterberg, granulometría, clasificación de los suelos tanto por el método de Sistema Unificado de Clasificación del Suelo (SUCS) y el American Association of State Highway Transportation (AASHTO).

También, se realizaron ensayos de compactación Proctor modificado; ensayo con el Cono Dinámico de Penetración (DCP) y el Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR) en laboratorio.

3.1.1. Contenido de humedad

Para determinar el contenido de humedad de las muestras, el ensayo se lo realiza basado en la norma ASTM D 2216-10 y la norma INEN 690.

El contenido de humedad es un ensayo que sirve para determinar la cantidad de agua presente en una cantidad dada de suelo en términos de su peso en seco. El contenido de humedad podría definirse como la relación del peso de agua presente y el total de peso de la muestra (INEN 690, 1982).

Para determinar el contenido de humedad en laboratorio se debe utilizar recipientes pequeños previamente pesados, con esto procedemos a recolectar las muestras en los recipientes y volvemos a pesar ya con el material, una vez registrados estos valores, se

proceden a secar las muestras en el lapso de 24 horas en un horno a una temperatura de 110°C ($\pm 5^\circ\text{C}$), una vez transcurrido el tiempo se retiran las muestras del horno y se vuelven a pesar en seco para obtener el porcentaje de humedad con la ayuda de la siguiente ecuación (ASTM D 2216-19, 2019).

$$\% w = \frac{(\text{Peso Tarro} + \text{Muestra Humeda}) - (\text{Peso Tarro} + \text{Muestra Seca})}{(\text{Peso Tarro} + \text{Muestra Seca}) - (\text{Peso Tarro})} \quad \text{Ecuación 2}$$

La ejecución del ensayo para la determinación del contenido de humedad es muy importante; ya que a través de esta información podemos predecir el comportamiento de los distintos suelos, es decir un suelo que presente un alto contenido de humedad tendrá una baja densidad, mientras que un suelo que tenga una humedad óptima su densidad será mucho mayor y un suelo con un bajo contenido de humedad presentará una densidad seca baja teniendo probabilidades de expandirse al momento de estar al contacto con el agua.

3.1.2. Límites de ATTERBERG

En el año 1900 el científico sueco Albert Mauritz Atterberg ideó un método para medir la consistencia de los suelos de grano fino con diferentes contenidos de humedad, proponiendo cinco límites los mismos que son: límite de cohesión, límite de pegajosidad, límite de contracción, límite plástico y límite líquido (Das Braja M., 2015).

Los límites plástico y líquido son los más utilizados en geotecnia permitiendo identificar y clasificar los suelos, el límite de contracción es empleado en los suelos que sufren cambios de volúmenes en su estado seco y su estado húmedo (Bowles, 1981). En la siguiente figura 6 se puede observar los límites de Atterberg.

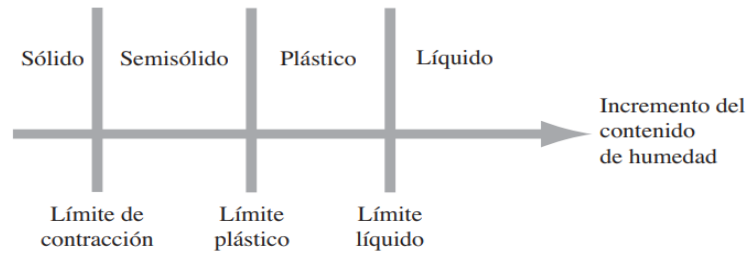


Figura 6: Límites de Atterberg
 Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica de Braja M. Das

Para poder realizar los ensayos tanto del límite líquido y límite plástico el suelo debe pasar por el tamiz número 40.

Los límites de Atterberg brindan información del tipo de comportamiento que puede tener el suelo respecto a características de expansibilidad, de contracción, resistencia al corte del suelo y además en el presente proyecto nos permitirá clasificar a los suelos.

3.1.2.1. Límite Líquido

El límite líquido será determinado de acuerdo a la Norma 691 Técnica Ecuatoriana, empleando el método de Copa de Casagrande, que permite encontrar el contenido de agua de un suelo, cuando este se encuentre entre su estado líquido y plástico (INEN 691, 1982).

Para realizar el ensayo se utilizará el equipo Copa de Casagrande, ranurador, fuente para mezclado, un gotero, una espátula, recipientes para toma de muestra para contenido de humedad, balanza y horno para secado.

El ensayo consiste mezclar el suelo con diferentes cantidades de agua, posteriormente se debe colocar una porción de suelo en la copa de Casagrande misma tiene que estar debidamente enrazada o nivelada, luego con el ranurador se realiza un corte transversal a la muestra y luego se procede a dar manivela al equipo contando el número de golpes hasta que las masas divididas de suelo se cierran aproximadamente 1.3 cm. Para la primera muestra, ésta se debe cerrar entre

los 35 y 40 golpes, para los otros ensayos los golpes se deben reducir entre 5 y 8 dependiendo en el número en que se haya cerrado la muestra anterior, es necesario ensayar 5 muestras y con la ayuda de la espátula en cada ensayo se toma una porción del suelo y se lo coloca en los recipientes para pesarlos y dejarlos secar al horno con el fin de obtener su contenido de humedad. El límite líquido corresponde al contenido de humedad en los 25 golpes, que se obtiene a través de una gráfica.



Figura 7: Equipo para el ensayo de casa grande.

Fuente: Autores

El resultado del límite líquido facilita información sobre la resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de humedad, también permite clasificar un suelo, además ayuda predecir la expansibilidad que podrá tener un suelo tal como si puede observar en la tabla 5.

GRADO DE EXPANSIÓN	LIMITE LIQUIDO	
	CHEN	NORMA IS 1498
Bajo	< 30	20-35
Medio	30-40	35-50
Alto	40-60	50-70
Muy alto	> 60	70-90

Tabla 5: Predicción de la expansibilidad a partir del límite líquido.

Fuente: INV-E -132-13

3.1.2.2. Limite plástico

El límite plástico será determinado de acuerdo a la Norma 692 Técnica Ecuatoriana, este método consiste en determinar la cantidad de agua del suelo cuando este tiene un comportamiento entre un límite plástico y sólido (INEN 692, 1982).

Para este ensayo el equipo que se utilizará será una fuente de mezclado, una espátula, una placa de rolado y recipiente para muestras y obtener humedades.

El ensayo consiste en mezclar el suelo con agua en una fuente, teniendo la muestra lista se procede enrollar sobre una superficie plana, el enrollado se debe realizar hasta que la muestra tenga un diámetro aproximado de 3 mm y a su vez presenten pequeñas fisuras o grietas, una vez realizado el ensayo se procede a determinar el contenido de humedad de las muestras, a cada muestra de suelo se le realizara cuatro veces el mismo procedimiento, para determinar el límite plástico se calcula el promedio de los cuatro ensayos entre sus valores de humedad, los cuales no deben variar en un dos por ciento entre cada muestra tomada.

El resultado del límite plástico permite identificar y clasificar un suelo, con el límite líquido y plástico se encuentra el índice de plasticidad de un suelo a través de la diferencia de estos dos parámetros, y a partir de este índice se puede predecir la expansibilidad de un suelo como se observa en la tabla 6.

GRADO DE EXPANSIÓN	ÍNDICE DE PLASTICIDAD		
	HOLTZ Y GIBBS	CHEN	NORMA IS1498
Bajo	< 20	0-15	< 12
Medio	12- 34.	10-35.	12-23.
Alto	23-45	20-55	23-32
Muy alto	> 32	> 35	> 32

Tabla 6: Predicción de la expansibilidad a partir del índice de plasticidad.
Fuente: INV-E -132-13

De acuerdo a los resultados obtenidos de los ensayos de los límites de Atterberg, los suelos tienen diferentes límites de consistencia como se puede apreciar en la figura 6 dependiendo del tipo de material analizado, razón por la cual se determinó que los suelos de San Sebastián, Sucre, Totoracocha y El vecino, se encuentran en un estado o rango semisólido, mientras que el suelo de Narancay se halla en estado líquido.

3.1.3. Granulometría de suelos

El análisis granulométrico se realizará de acuerdo a la Norma 696 Técnica Ecuatoriana, el objetivo de este ensayo es para determinar la distribución granulométrica de las partículas de áridos, finos y gruesos mediante el proceso de tamizado del suelo. Los tamices utilizados para el análisis granulométrico de suelos finos son el tamiz número 10, tamiz 40 y el tamiz 200 (INEN 696, 2011).

El ensayo se realiza de la siguiente manera se toma una muestra de 500 gramos de suelo a analizar, se procede a lavar el material hasta que la materia orgánica sea removida totalmente, una vez lavado el material se coloca la muestra en el horno para su secado en un lapso de 24 horas, luego se realiza el proceso de tamizaje con las mallas antes mencionadas, lo cual nos permitirá obtener la distribución granulométrica de las partículas para clasificar el suelo.

3.1.4. Clasificación de los suelos

Existen varios métodos de clasificación de los suelos, pero los 2 más utilizados son: el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y el de Asociación de Americana de Agencias Oficiales de Carreteras y Transporte (AASHTO).

Los 2 métodos de clasificación de suelos en geotecnia para realizar la clasificación de suelos utilizan algunos parámetros como son límites líquido y límite plástico a estos se los conoce como límites de Atterberg, también se debe contar con un análisis granulométrico parcial o total, teniendo los parámetros correctos se debe seguir los pasos indicados para cada uno de los métodos (Bowles, 1981).

3.1.4.1. Método AASHTO

En Estados Unidos el método AASHTO es el más utilizado para el uso en carreteras, fue desarrollado por el geotécnico Terzaghi. Este método permite ser utilizado para el diseño de vías, a diferencia del método SUCS que es utilizado para el diseño de cimentaciones.

La clasificación de los suelos por el método AASHTO establece 7 grupos principales A1-A2-A3-A4-A5-A6-A7, los grupos A1-A2-A3 pertenecen a materiales granulares si el 35% o menos pasa el tamiz número 200, los grupos de suelos A4-A5-A6-A7 son suelos limosos y suelos arcillosos si más 35% pasa el tamiz número 200.

3.1.4.2. Método SUCS

El método de SUCS fue propuesto en 1942 por Arturo Casagrande donde dividió en dos grupos, el primer grupo son suelos de grano grueso con la siguiente nomenclatura GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM y SC los suelos pertenecerán a este grupo si menos del 50% no pasa el tamiz número 200. El segundo grupo son suelos de grano fino con la nomenclatura ML, CL, OL, MH, CH, OH los suelos pertenecerán a este si más del 50% pasan el tamiz número 200. A continuación, se describe la simbología de los suelos.

✓ G = Gravas

✓ S = Arenas

✓ M = Limos

✓ C = Arcillas

✓ O = Limos orgánicos y arcillas orgánicas

✓ W = Bien graduado

✓ P = Mal graduado

✓ L = baja plasticidad ($LL < 50$)

✓ H= Alta plasticidad (LL>50)

3.1.5. Ensayo de compactación Proctor Modificado

El ensayo se realizará en base a la norma ASTM D 1557-12, este ensayo nos permitirá obtener la densidad máxima seca y el contenido de humedad óptima, se emplea una energía de compactación de 56000 lb/pie³. El molde de cumplir con la especificación técnica de 6 pulgadas de diámetro y una altura de 4.5 pulgadas, el martillo de compactación tiene 10 lb y una caída libre de 18 pulgadas, se debe compactar en 5 capas de 56 golpes cada una (ASTM D 1557-12, 2021).

Se realizarán 5 ensayos de cada una de las muestras, con diferentes cantidades de agua para poder graficar una parábola, dicha parábola nos permitirá visualizar la densidad seca máxima en el eje “Y” y humedad óptima en el eje “X”.

3.1.6. Ensayo de CBR en laboratorio

Este ensayo se realizará en base la norma ASTM D 1883-16 el mismo que permite obtener el índice de CBR de una muestra de suelo, a una densidad seca máxima al 95% del ensayo Proctor modificado, se ejecutará dos ensayos de cada suelo, este debe ser compactado con una energía de compactación de 12, 25 y 56 golpes (ASTM D1883-21, 2021).

Las muestras se preparan con la humedad óptima obtenida de cada suelo, aplicando una energía de compactación tipo Proctor modificada dividida en 5 capas, realizada la compactación del suelo se procede a encerar la muestra con ayuda del deformito para ser sumergido el molde en agua durante 4 días como se establece en la normativa, durante estos días se debe realizar una medición con el deformímetro para conocer su hinchamiento o expansión del suelo, este proceso se realiza cada 24 horas.

Transcurridos los cuatro días se retiran los moldes del agua y se los deja escurrir para proceder a ejecutar el ensayo de resistencia al corte del suelo en el equipo CBR, los datos conseguidos de las lecturas en la prensa se grafican con la intención de verificar si las presiones obtenidas necesitan ser corregidas para determinar el valor exacto de índice de CBR.

3.1.7. Metodología propuesta para la correlación entre el DCP y CBR

- a) Obtener las muestras de los suelos de los diferentes sectores a analizar, a las cuales se realizaron ensayos de: granulometría, límite líquido y plástico con la finalidad de clasificar los suelos.
- b) Realizar el ensayo Próctor Modificado a los suelos para conocer la humedad óptima y densidad seca máxima, que servirán de parámetro para elaborar los remoldeos con las respectivas energías de compactación para la ejecución del ensayo CBR y DCP en laboratorio.
- c) Para una muestra de suelo se ejecutan dos ensayos CBR de laboratorio, en donde se sumergen en agua los 6 moldes por cuatro días como se estipula en el apartado 3.1.6, con la finalidad de conocer el valor CBR en porcentaje con sus respectivas densidades secas máximas de cada molde de acuerdo a su energía de compactación aplicada.
- d) De igual forma, para el ensayo con el equipo DCP en el laboratorio, a una muestra de suelo, se ejecutan 3 ensayos (9 moldes) con las energías de compactación usadas en el ensayo CBR, proceso a través del cual de manera inmediata se encuentra el índice DCP mediante la penetración del suelo con el cono dinámico y también se estiman los valores las densidades secas de cada uno de los moldes en función de los pesos del material compactado y sus humedades óptimas.

- e) A través del programa Excel para cada muestra de suelo se proceden graficar los datos del ensayo CBR en laboratorio: en donde en el eje “X” se ubican las densidades secas mientras que en el eje “Y” se ubican los valores porcentuales de CBR, de dicha gráfica encontramos una ecuación que permite obtener el valor de CBR del material analizado en función de sus densidades secas, además esta ecuación debe reportar un coeficiente de determinación, el cual debe ser mayor o igual a 0.9 para que estadísticamente el resultado sea confiable; caso contrario se deberían realizar más ensayos para obtener una ecuación de confiabilidad.
- f) De la ecuación encontrada en el literal anterior, se remplazan los valores de las densidades secas correspondientes a cada uno de los moldes de los ensayos de DCP en laboratorio, con la finalidad de obtener valores de CBR de acuerdo a su energía de compactación aplicada.
- g) Con la información obtenida anteriormente, se realiza una nueva gráfica, en donde en el eje de las “X” se colocan los datos del índice DCP obtenidos en el apartado d y en el eje de las “Y” los valores de CBR encontrados en el literal f. Finalmente de esta gráfica obtenemos una nueva ecuación, la cual quedará en función del índice DCP y un coeficiente de determinación, de igual forma el coeficiente tiene que ser mayor o igual a 0.9, esta ecuación encontrada resulta ser la correlación entre el ensayo de CBR en laboratorio y el ensayo con el equipo DCP.

CAPITULO IV

4. Resultados y Análisis

En el presente capítulo se analizaron los resultados de los ensayos realizados y a su vez se presentará las correlaciones obtenidas de los diferentes tipos de suelos.

En el Anexo I se presentan los resultados detallados de los ensayos realizados en laboratorio como son: Ensayos de granulometría, Límites de Atterberg, Ensayos de Compactación y Ensayos de CBR en laboratorio.

En el Anexo II se presentan los resultados detallados de los ensayos con el equipo del Cono Dinámico de Penetración (DCP) en laboratorio.

En el Anexo III se presenta los resultados detallados de los ensayos en campo con el equipo Cono Dinámico de Penetración aplicando las correlaciones encontradas para determinar el CBR.

4.1. Propiedades físicas

En las tablas 7,8,9,10,11 se encuentran el resumen del análisis granulométrico tanto de suelos finos y gruesos, perteneciente a los cinco sectores, los ensayos completos se encuentran en el Anexo I en el apartado de ensayos de granulometría.

Resumen del ensayo de granulometría del suelo de San Sebastián		
MUESTRA		SAN SEBASTIÁN
TAMIZ N.º	ABERTURA MM	% PASA
10	2	92.97
40	0.42	86.38
200	0.074	77.32
FONDO		76.62

Tabla 7: Análisis granulométrico de San Sebastián.

Fuente: Autores.

Para el suelo de San Sebastián, en la tabla 7 se tiene un porcentaje de 77.32% del material que pasa el tamiz N° 200, siendo este mayor al 35%, clasificándolo en forma general como un suelo de grano fino según el método AASHTO.

Resumen del ensayo de granulometría del suelo de Sucre		
MUESTRA		SUCRE
TAMIZ N°	ABERTURA MM	% PASA
10	2	93.13
40	0.42	67.14
200	0.074	38.85
FONDO		38.56

Tabla 8: Análisis granulométrico de Sucre.
Fuente: Autores.

Para el suelo de Sucre, en la tabla 8 se tiene un porcentaje de 38.85 % del material que pasa el tamiz N° 200, siendo este mayor al 35%, clasificándolo en forma general como un suelo de grano fino según el método AASHTO.

Resumen del ensayo de granulometría del suelo de Narancay		
MUESTRA		NARANCA Y
TAMIZ N°	ABERTURA MM	% PASA
10	2	98.37
40	0.42	93.7
200	0.074	81.11
FONDO		80.65

Tabla 9: Análisis granulométrico de Narancay.
Fuente: Autores.

Para el suelo de Narancay, en la tabla 9 se tiene un porcentaje de 81.11 % del material que pasa el tamiz N° 200, siendo este mayor al 35%, clasificándolo en forma general como un suelo de grano fino según el método AASHTO.

Resumen del ensayo de granulometría del suelo El Vecino		
MUESTRA		EL VECINO
TAMIZ N.º	ABERTURA MM	% PASA
10	2	78.53
40	0.42	36.6
200	0.074	13.48
FONDO		13.01

Tabla 10: Análisis granulométrico de El Vecino.
Fuente: Autores

Para el suelo de El Vecino, en la tabla 10 se tiene un porcentaje de 13.48 % del material que pasa el tamiz N° 200, siendo este menor al 35%, clasificándolo en forma general como un suelo de grano grueso según el método AASHTO.

Resumen de análisis granulométrico del sector Totoracocho		
TAMIZ N°	ABERTURA MM	% PASA
1 1/2"	38.1	
1"	25.4	93.34
3/4"	19.1	89.33
1/2"	12.7	81.22
3/8"	9.52	77.34
N° 4	4.76	65.63
PASA N° 4		-----
10	2	37.48
40	0.42	15.69
200	0.074	5.12
FONDO		4.44

Tabla 11: Resultado de análisis granulométrico de suelo grueso Totoracocho.
Fuente: Autores

Para el suelo de Totoracocha, en la tabla 11 se tiene un porcentaje de 5.12 % del material que pasa el tamiz N° 200, siendo este menor al 35%, clasificándolo en forma general como un suelo de grano grueso según el método AASHTO.

4.1.1. Límites de ATTERBERG

Dentro del Anexo I en el apartado de límites de Atterberg se encuentran los ensayos completos pertenecientes a las cinco zonas. En la tabla 12 se observa el resumen de los ensayos como son: límites líquidos y plásticos de cada muestra de suelo, mismos que permiten obtener el índice de plasticidad para realizar la clasificación de los suelos analizados de las diferentes zonas de estudio.

Límites de Atterberg obtenidos de los sectores analizados.					
MUESTRA	SAN SEBASTIÁN	SUCRE	NARANCAY	TOTORACOCHA	EL VECINO
Límites					
Límite Líquido	57.5	36.5	50.7	45.6	31
Límite Plástico	30.05	22.30	36.37	29.43	20.67
Índice de Plasticidad	27.45	14.2	14.33	16.17	10.33

Tabla 12: Límites de Atterberg.
Fuente: Autores

4.1.2. Clasificación de los suelos

Para clasificar el suelo se necesitan los resultados del ensayo de granulometría y los resultados del ensayo de límites de Atterberg de cada uno de los sectores analizados, con los resultados se elabora la tabla 13,14,15,16,17 donde se presenta la clasificación de los suelos por los métodos SUCS y AASHTO.

Clasificación del suelo de San Sebastián.	
MUESTRA	SAN SEBASTIÁN
Límites	
Límite Líquido	57.5
Límite Plástico	30.05
Índice de Plasticidad	27.45
% Pasa tamiz #200	77.06
Método SUCS	CH
Método AASHTO	A-7-5 (23)
Descripción SUCS	Arcilla de alta plasticidad con arena
Descripción AASHTO	Suelo arcilloso

Tabla 13: Clasificación del suelo San Sebastián.

Fuente: Autores

Para el suelo de San Sebastián, en la tabla 13 se ha clasificado el suelo por el método SUCS como un CH, siendo una arcilla de alta plasticidad con arena y por el método AASHTO como A-7-5 (23), considerado como un suelo arcilloso.

Clasificación del suelo de Sucre.	
MUESTRA	SUCRE
Límites	
Límite Líquido	36.5
Límite Plástico	22.30
Índice de Plasticidad	14.2
% Pasa tamiz #200	38.85
Método SUCS	SC
Método AASHTO	A-6(2)
Descripción SUCS	Arena arcillosa
Descripción AASHTO	Suelo arcilloso

Tabla 14: Clasificación del suelo de Sucre.

Fuente: Autores.

Para el suelo de Sucre, en la tabla 14 se ha clasificado el suelo por el método SUCS como un SC, que es una arena arcillosa y por el método AASHTO como A-6(2) considerado un suelo arcilloso.

Clasificación del suelo de Narancay	
MUESTRA	NARANCA Y
Límites	
Límite Líquido	50.7
Límite Plástico	36.37
Índice de Plasticidad	14.33
% Pasa tamiz #200	81.11
Método SUCS	MH
Método AASHTO	A-7-5 (15)
Descripción SUCS	Limo de alta plasticidad con arena
Descripción AASHTO	Suelo arcilloso

Tabla 15: Clasificación del suelo de Narancay.
Fuente: Autores.

Para el suelo de Narancay, en la tabla 15 se ha clasificado el suelo por el método SUCS como un MH, que es un limo de alta plasticidad con arena y por el método AASHTO como A-7-5(15) considerado un suelo arcilloso.

Clasificación del suelo de Totoracocha	
MUESTRA	TOTORACOCHA
Límites	
Límite Líquido	45.6
Límite Plástico	29.43
Índice de Plasticidad	16.17
% Pasa tamiz #200	5.12
Método SUCS	SM
Método AASHTO	A-2-7
Descripción SUCS	Arena bien graduada con limo
Descripción AASHTO	Grava y Arena arcillosa o limosa

Tabla 16: Clasificación del suelo de Totoracocha.
Fuente: Autores.

Para el suelo de Totoracocha, en la tabla 16 se ha clasificado el suelo por el método SUCS como un SM, que es una arena bien graduada con limo y por el método AASHTO como A-2-7 considerado una grava y arena arcillosa o limosa.

Clasificación del suelo de El Vecino.	
MUESTRA	EL VECINO
Límites	
Límite Líquido	31
Límite Plástico	20.67
Índice de Plasticidad	10.33
% Pasa tamiz #200	13.48
Método SUCS	SC
Método AASHTO	A-2-4
Descripción SUCS	Arena arcillosa
Descripción AASHTO	Grava o Arena arcillosa o limosa

Tabla 17: Clasificación del suelo El Vecino.

Fuente: Autores.

Para el suelo El Vecino, en la tabla 17 se ha clasificado el suelo por el método SUCS como un Sc, que es una arena arcillosa y por el método AASHTO como A-2-4 considerado una grava o arena arcillosa o limosa.

Finalmente se puede decir que los suelos de Sucre y el Vecino son iguales dentro de la clasificación SUCS, por lo que, para aplicación de la metodología explicada en el capítulo anterior, se unificarán los resultados obtenidos en el laboratorio con el fin de determinar una sola correlación. Los demás suelos serán analizados de manera independiente.

4.2. Propiedades mecánicas

4.2.1. Ensayo de compactación

Dentro del Anexo I en el apartado Ensayos de Compactación están los ensayos completos de las cinco zonas analizadas con su respectivo procesamiento de datos. En la tabla 18 se presenta un resumen con los resultados de las humedades óptimas obtenidas y densidades secas máximas de los suelos ensayados en laboratorio.

Los valores de humedad óptima que se observan en la tabla 18, servirán para realizar los remoldeos para los ensayos de CBR y DCP, permitiendo agregar la cantidad de agua necesaria dependiendo de la humedad natural del suelo, para alcanzar densidad seca máxima, caso contrario si la cantidad de agua presente en el suelo es mayor que el contenido de humedad óptimo, se recomienda secar el material.

Resumen del Ensayo de Compactación		
Muestra	Humedad optima (%)	Densidad seca máxima (kg/m3)
San Sebastián	16.5	1713
Sucre	14.5	1820
Narancay	27.7	1490
Totoracocha	13.5	1897
El Vecino	13.0	1900

Tabla 18: Humedad optima y densidad seca máxima.

Fuente: Autores

4.2.2. Ensayo de CBR en laboratorio

En el Anexo I en el apartado de Ensayos de CBR en laboratorio se encuentran la totalidad de los ensayos completos de cada uno de los sectores analizados. Para poder realizar el ensayo se debe retirar los moldes del agua, cuando hayan transcurrido los cuatro días, este ensayo se realiza en la prensa de CBR, esta consiste en la penetración de un pistón en el suelo, obteniendo lecturas de cargas y deformaciones, a continuación, se procesa la información con sus respectivas correcciones de esfuerzo si el caso lo amerita, en la tabla 19 se presenta el resumen de los valores de CBR de los suelos ensayados.

Resumen del Ensayo de CBR en laboratorio.				
Ubicación	Energía de compactación	Penetración (pulg)	Densidad seca (Kg/m3)	% CBR
SAN SEBASTIÁN	Ensayo 1			
	56	0.2	1689	1.91
	25	0.2	1513	1.30
	12	0.2	1405	1.05
	Ensayo 2			
	56	0.2	1701	2.03
	25	0.2	1518	1.42
SUCRE	Ensayo 1			
	56	0.2	1799	5.22
	25	0.2	1661	2.89
	12	0.2	1549	1.42
	Ensayo 2			
	56	0.2	1810	5.35
	25	0.2	1680	3.01
EL VECINO	Ensayo 1			
	56	0.2	1860	10.25
	25	0.2	1793	7.92
	12	0.2	1659	4.12
	Ensayo 2			
	56	0.2	1879	11.24
	25	0.2	1822	8.05
NARANCAJ	Ensayo 1			
	56	0.2	1484	1.42
	25	0.2	1387	1.05
	12	0.2	1306	0.8
	Ensayo 2			
	56	0.2	1468	1.17
	25	0.2	1395	1.05
TOTORACUCHA	Ensayo 1			
	56	0.2	1893	11.48
	25	0.2	1842	9.89
	12	0.2	1745	6.57
	Ensayo 2			
	56	0.2	1895	11.73
	25	0.2	1850	10.13
12	0.2	1751	7.06	

Tabla 19: Valores de CBR obtenidos en laboratorio.

Fuente: Autores

Los valores de la tabla 19 fueron seleccionados de acuerdo al libro de Carreteras, Calles y Aeropistas de Raúl Valle Rodas, nos indica que si los valores de CBR de 0.1 pulg y 0.2 pulg son semejantes se debe tomar el valor de CBR de la penetración de 0.2 pulgadas (Valle Rodas, 1963).

4.2.3. Ensayo de DCP en laboratorio

En el Anexo II se presentan todos los resultados del ensayo DCP en laboratorio, de los cinco sectores analizados.

Para poder hallar las correlaciones entre el Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR) y el ensayo con el equipo de Cono Dinámico de Penetración (DCP), es necesario realizar ensayos con el DCP en laboratorio bajo condiciones controladas de humedad y densidad seca máxima con el fin de procesar los datos obtenidos de la penetración en los moldes para encontrar el índice de DCP.

Se elaboran moldes con 5 capas, aplicando una energía de compactación de 12 ,25 y 56 golpes cada una, terminado el remoldeo se realizó la penetración con el equipo DCP en cada molde, para obtener el índice de DCP en laboratorio y la densidad seca al momento de realizar el ensayo.

De cada suelo se realizaron nueve ensayos, con la finalidad de contar con más datos que permitirán establecer una correlación precisa. A continuación, se presenta la tabla 20 con el resumen de los resultados obtenidos.

Resumen de los datos obtenidos del ensayo con el equipo DCP en laboratorio.				
Ubicación	Energía de compactación	% Humedad	Densidad seca (Kg/m3)	ÍNDICE DCP
SAN SEBASTIÁN	Ensayo 1			
	12	21.2	1396	18.71
	25	17.79	1578	13.00
	56	18.3	1708	9.29
	Ensayo 2			
	12	17.1	1421	17.29
	25	17	1581	12.12
	56	16.5	1711	9.07
	Ensayo 3			
	12	16.7	1497	17
	25	16.8	1603	12
	56	16.1	1709	9.21
SUCRE	Ensayo 1			
	12	14.8	1559	15.63
	25	14.3	1682	12.09
	56	14.8	1809	6.60
	Ensayo 2			
	12	14.0	1566	15.3
	25	14.4	1693	11.8
	56	14.2	1813	6.4
	Ensayo 3			
	12	14.3	1574	15.13
	25	14.6	1685	12
	56	14.3	1817	6.3
VECINO	Ensayo 1			
	12	13.5	1592	15
	25	13.1	1726	11.27
	56	13.6	1770	9.21
	Ensayo 2			
	12	13.3	1668	14.88
	25	14.3	1714	11.55
	56	13.4	1871	5.29
	Ensayo 3			
	12	13.2	1677	14.63
	25	13.5	1718	11.45
	56	13	1897	5.14
NARANCA Y	Ensayo 1			
	12	27.3	1235	14.11
	25	27.5	1329	10.58
	56	28.8	1413	7.00
	Ensayo 2			

NARANCA	12	27.7	1267	13.56
	25	27.9	1350	10.17
	56	27.6	1482	6.83
	Ensayo 3			
	12	28.1	1201	14.22
	25	27.7	1379	9.92
56	27.4	1443	6.94	
TOTORACOCHA	Ensayo 1			
	12	12.8	1643	11.50
	25	12.5	1825	7.00
	56	13.1	1852	5.35
	Ensayo 2			
	12	13.0	1747	11.27
	25	13.3	1847	6.88
	56	13.5	1896	5.17
	Ensayo 3			
	12	14.1	1750	11.18
	25	13.7	1849	6.56
	56	14	1894	5.23

Tabla 20: Índice DCP de laboratorio.

Fuente: Autores.

4.3. Elaboración de la correlación de parámetros

En este apartado con ayuda del programa de Excel se tabularon los resultados de los ensayos realizados en laboratorio, permitiendo establecer una correlación entre el CBR de laboratorio y el ensayo de CBR con el equipo DCP. Para la obtención de las correlaciones se siguió la metodología propuesta en el apartado 3.1.7.

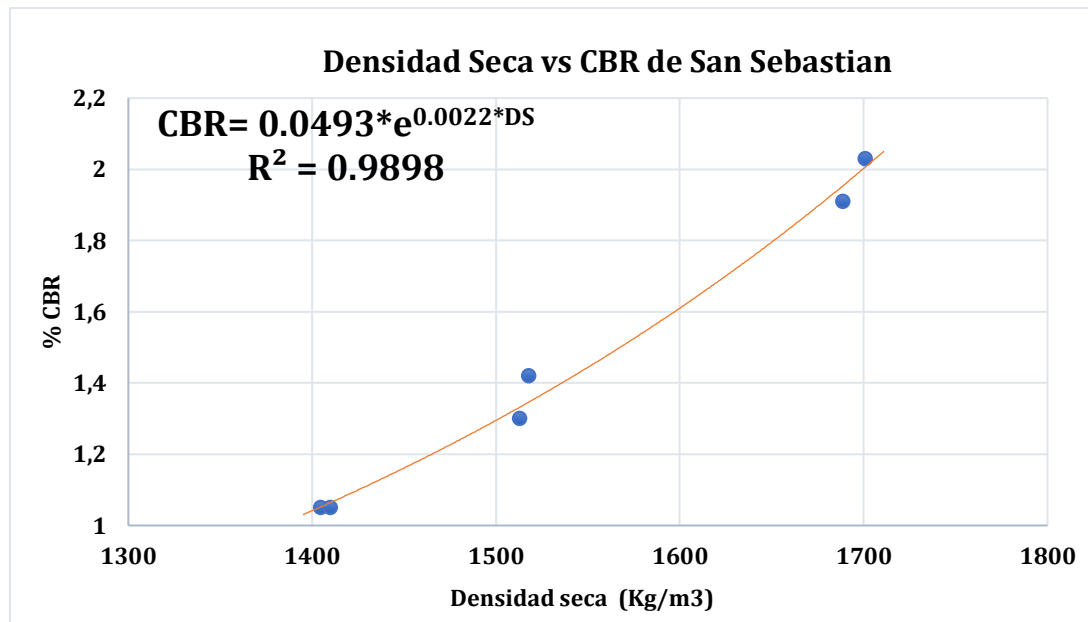
4.3.1. Ecuación densidad seca vs CBR

De cada suelo se procede a encontrar la ecuación de la gráfica de densidad seca vs CBR, a partir de los ensayos de CBR en laboratorio. Los moldes empleados para el ensayo deben tener energías de compactación de 12,25,56 golpes respectivamente.

En este apartado se encuentran cuatro ecuaciones, las mismas que quedarán en función de la densidad seca.

a) Sector San Sebastián

Se elabora la gráfica con los valores de densidad seca y el valor de CBR del sector San Sebastián, estos valores se encuentran en la tabla 19, obteniendo la gráfica 1 con su respectiva ecuación.



Grafica 1: Densidad seca vs CBR de San Sebastián.
Fuente: Autores

De la gráfica 1 la ecuación que más se ajusta a este suelo es de tipo exponencial, quedando en función de la densidad seca (Ds), siendo la siguiente ecuación:

$$CBR = 0.0493 * e^{0.0022 * Ds} \quad \text{Ecuación 3}$$

donde

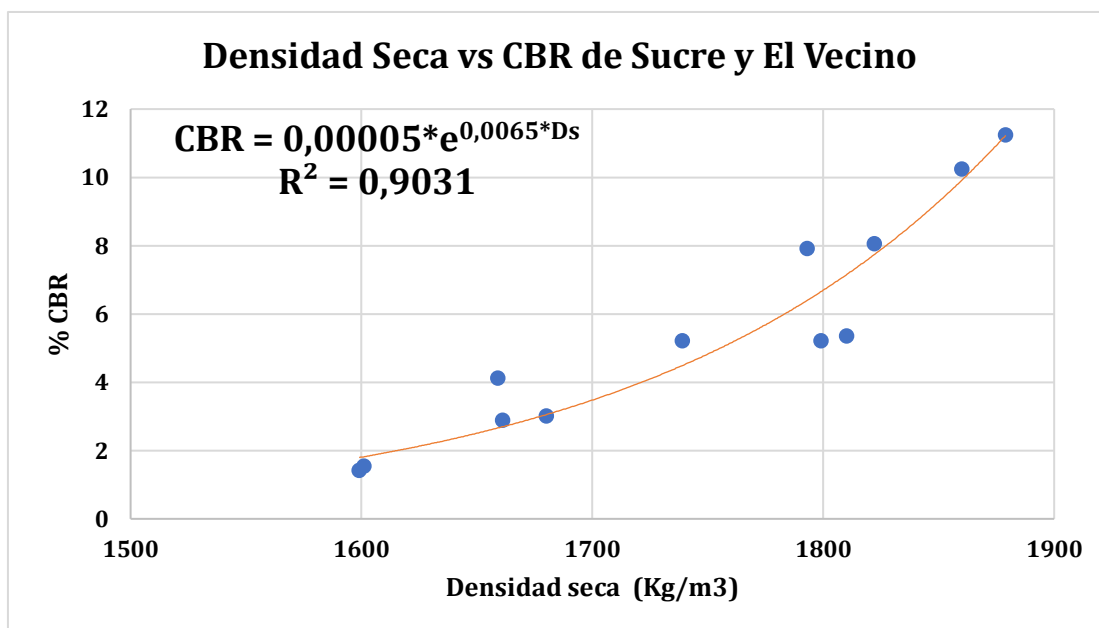
Ds = Densidad Seca

El coeficiente de determinación R^2 es de 0.9898 tomando como valor aceptable ya que es mayor a 0.9.

En la ecuación se reemplaza los valores de densidad seca del ensayo realizado con el equipo DCP en laboratorio, del sector San Sebastián con el fin de encontrar un nuevo valor de CBR.

b) Sector Sucre y El Vecino

Para estos sectores se decidió agrupar los dos tipos de suelos previamente clasificados en el apartado 4.1.2 teniendo un mismo tipo de suelo, para la obtención de la ecuación se graficaron los valores de densidad seca y el valor de CBR del sector Sucre y El Vecino, estos valores se encuentran en la tabla 19, obteniendo la gráfica 2 con su respectiva ecuación.



Grafica 2: Densidad seca vs CBR del sector Sucre y El Vecino.
Fuente: Autores

De la gráfica 2 la ecuación que más se ajusta a este suelo es de tipo exponencial, quedando en función de la densidad seca (Ds), siendo la siguiente ecuación:

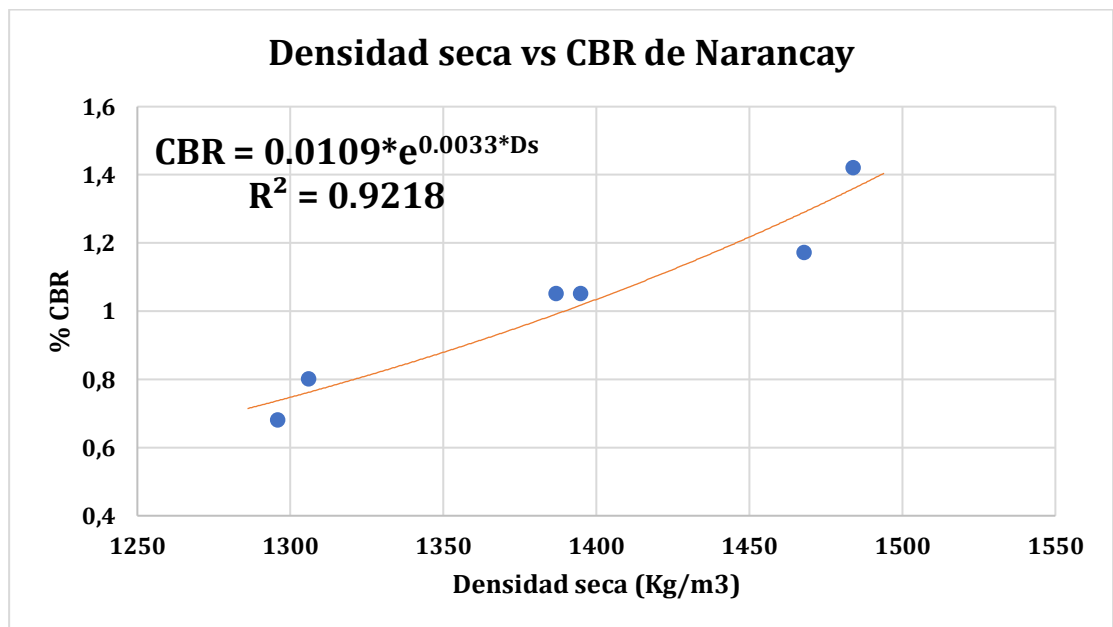
$$CBR = 0.00005 * e^{0.0065 * Ds} \quad \text{Ecuación 4}$$

El coeficiente de determinación R^2 es de 0.9031 tomando como valor aceptable.

A partir de la ecuación obtenida se reemplaza los valores de densidad seca del ensayo realizado con el equipo DCP en laboratorio, de los sectores Sucre y El Vecino con el fin de encontrar un nuevo valor de CBR.

c) Sector Narancay

Se realiza la gráfica con los valores de densidad seca y el valor de CBR del sector de Narancay, estos valores se encuentran en la tabla 19, obteniendo la gráfica 3 con su respectiva ecuación.



Gráfica 3: Densidad seca vs CBR de Narancay.
Fuente: Autores

De la gráfica 3 la ecuación que más se ajusta a este suelo es de tipo exponencial, quedando en función de la densidad seca (D_s), siendo la siguiente ecuación:

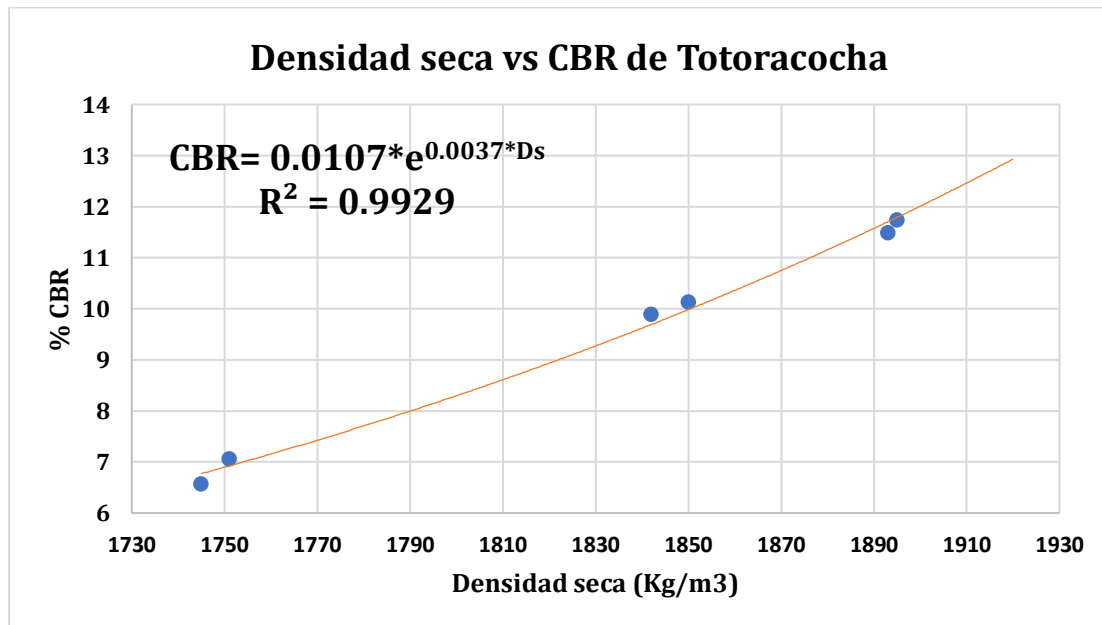
$$CBR = 0.0109 * e^{0.0033 * D_s} \quad \text{Ecuación 5}$$

El coeficiente de determinación R^2 es de 0.9218 tomando como valor aceptable.

La ecuación obtenida se remplazará los valores de densidad seca del ensayo realizado con el equipo DCP en laboratorio, del sector de Narancay con el fin de encontrar un nuevo valor de CBR.

d) Sector Totoracocho

Se construye la gráfica con los valores de densidad seca y el valor de CBR del sector de Totoracocho, estos valores se encuentran en la tabla 19, obteniendo la gráfica 3 con su respectiva ecuación.



Gráfica 4: Densidad seca vs CBR de Totoracocho
Fuente: Autores

De la gráfica 4 la ecuación que más se ajusta a este suelo es de tipo exponencial, quedando en función de la densidad seca (Ds), siendo la siguiente ecuación:

$$CBR = 0.0107 * e^{0.0037 * Ds} \quad \text{Ecuación 6}$$

El coeficiente de determinación R^2 es de 0.9929 tomando como valor aceptable.

La ecuación encontrada se reemplaza los valores de densidad seca del ensayo realizado con el equipo DCP en laboratorio, del sector San Sebastián con el fin de encontrar un nuevo valor de CBR.

4.3.2. Correlación de DCP vs CBR de laboratorio

Para poder encontrar las correlaciones se debe realizar ensayos en laboratorio con el equipo DCP en moldes estandarizados, aplicando energías de compactación de 12;25;56 golpes, obteniendo valores como: el contenido de humedad, densidad seca y el índice DCP. Estos datos permitirán establecer una correlación entre el ensayo de DCP y el ensayo de CBR en laboratorio.

Las ecuaciones encontradas en el apartado 4.3.1, están en función de la densidad seca (Ds), se debe reemplazar el valor Ds de la ecuación, por la densidad seca de los moldes elaborados en laboratorio del ensayo con el equipo DCP, permitiendo encontrar el índice de CBR de cada suelo analizado, en este apartado se encontraron 4 ecuaciones mismas que son:

a) Sector San Sebastián

$$CBR = 0.0493 * e^{0.0022*Ds} \quad \text{Ecuación 7}$$

De los resultados de la tabla 20 se tomaron los valores de densidad seca del sector San Sebastián para ser reemplazada en la ecuación 3, encontrando el valor de CBR mismo que se presenta en la tabla 21.

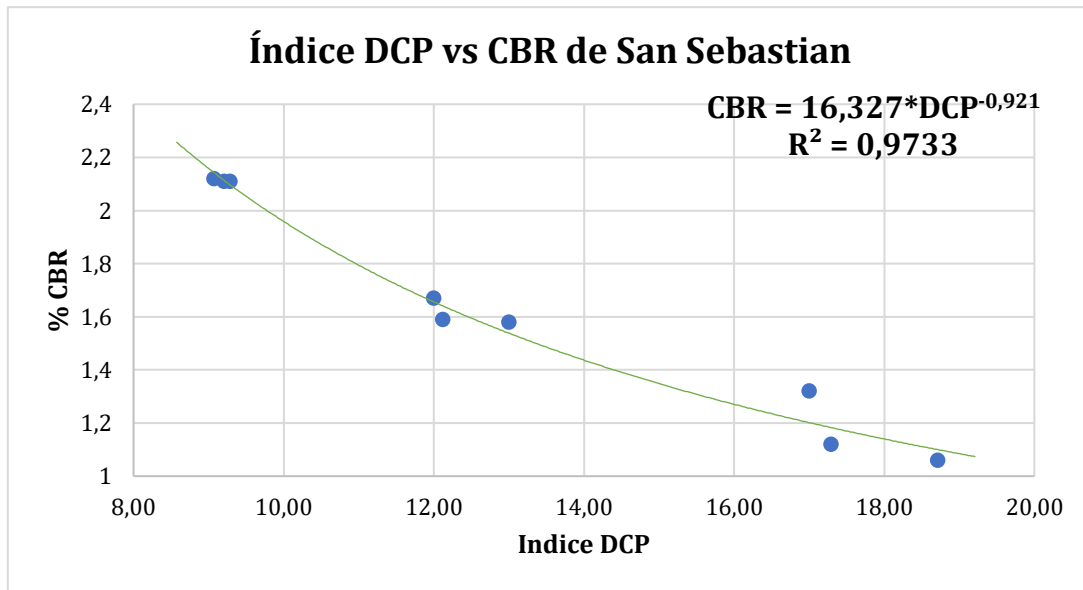
Valores de CBR encontrados a partir de la ecuación 3.					
SAN SEBASTIÁN	Energía	% Humedad	Densidad seca (Kg/m3)	% CBR	ÍNDICE DCP en laboratorio
	12	21.2	1396	1.06	18.71
	25	17.79	1578	1.58	13.00
	56	18.3	1708	2.11	9.29

	12	17.1	1421	1.12	17.29
	25	17	1581	1.59	12.12
	56	16.5	1711	2.12	9.07
	12	16.7	1497	1.32	17
	25	16.8	1603	1.67	12
	56	16.1	1709	2.11	9.21

Tabla 21: Índice DCP y resultados de CBR de la ecuación 3.

Fuente: Autores

A partir de la tabla 21 se grafican los valores de % CBR y el índice DCP en laboratorio, obteniendo la gráfica 5 con su respectiva ecuación.



Grafica 5: Correlación de índice DCP y CBR de San Sebastián

Fuente: Autores

Para la gráfica 5, la ecuación que más se ajusta a este suelo es de tipo potencial, asumiendo esta ecuación como una correlación aceptable para un suelo CH, esta ecuación queda en función del índice DCP siendo la siguiente ecuación:

$$CBR = 16.327 * DCP^{-0.921} \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde

DCP= Índice DCP en campo

El coeficiente de determinación R^2 es de 0.9733 tomando como valor aceptable.

Con la ecuación 7 se halla el valor de CBR para un suelo CH, al momento de realizar el ensayo en campo con el equipo DCP, ya que esta ecuación está en función del índice de DCP.

b) Sector Sucre y El Vecino

$$CBR = 0.00005 * e^{0.0065 * D_s} \quad \text{Ecuación 9}$$

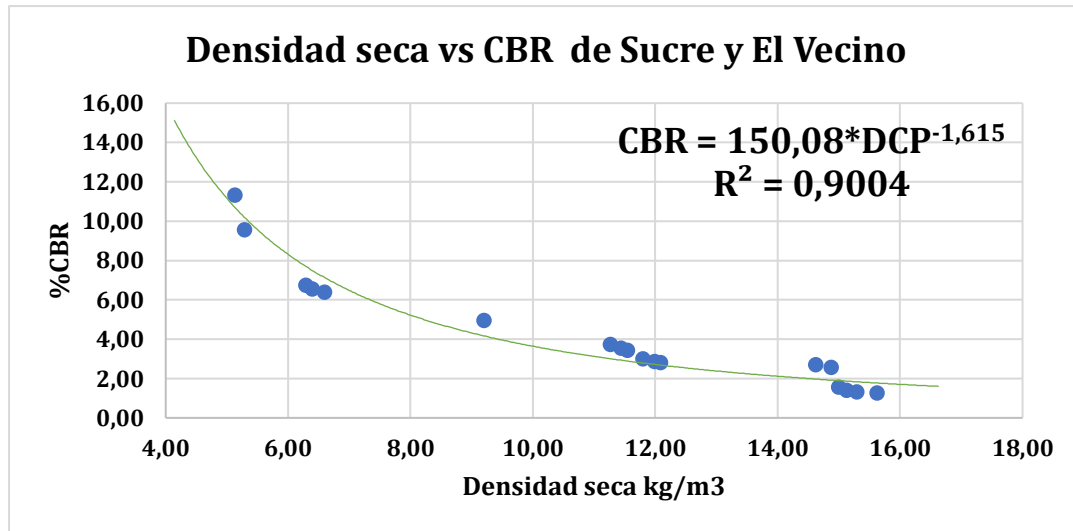
De los resultados de la tabla 20 se tomaron los valores de densidad seca de los sectores Sucre y El Vecino para ser remplazada en la ecuación 4, encontrando el valor de CBR mismo que se presenta en la tabla 22.

Valores de CBR encontrados a partir de la ecuación 4.					
	Energía	% Humedad	Densidad seca (Kg/m3)	% CBR	ÍNDICE DCP
SUCRE	12	14.8	1559	1.26	15.63
	25	14.3	1682	2.80	12.09
	56	14.8	1809	6.39	6.60
	12	14.0	1566	1.32	15.3
	25	14.4	1693	3.01	11.8
	56	14.2	1813	6.56	6.4
	12	14.3	1574	1.39	15.13
	25	14.6	1685	2.85	12
	56	14.3	1817	6.73	6.3
EL VECINO	12	13.5	1592	1.56	15.00
	25	13.1	1726	3.73	11.27
	56	13.6	1770	4.96	9.21
	12	13.3	1668	2.56	14.88
	25	14.3	1714	3.45	11.55
	56	13.4	1871	9.56	5.29
	12	13.2	1677	2.71	14.63
	25	13.5	1718	3.54	11.45
	56	13	1897	11.32	5.14

Tabla 22: Índice DCP y resultado de CBR de la ecuación 4.

Fuente: Autores

A partir de la tabla 22 se grafica los valores de % CBR y el índice DCP en laboratorio, obteniendo la gráfica 6 con su respectiva ecuación.



Grafica 6: Índice DCP y resultado de CBR de la ecuación 4.

Fuente: Autores

Para la gráfica 6 la ecuación que más se ajusta a este suelo es de tipo potencial, asumiendo como una correlación aceptable para un suelo SC, esta ecuación queda en función del índice DCP siendo la siguiente ecuación:

$$CBR = 150.08 * DCP^{-1.615} \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde

DCP= Índice DCP

El coeficiente de determinación R^2 es de 0.9004 tomando como valor aceptable.

A partir de la ecuación 8 se obtiene el valor de CBR para un suelo SC, al momento de realizar el ensayo en campo con el equipo DCP, ya que esta ecuación está en función del índice de DCP, este valor se obtiene al momento de realizar el ensayo con el equipo.

c) Sector Narancay

$$CBR = 0.0109 * e^{0.0033 * D_s} \quad \text{Ecuación 11}$$

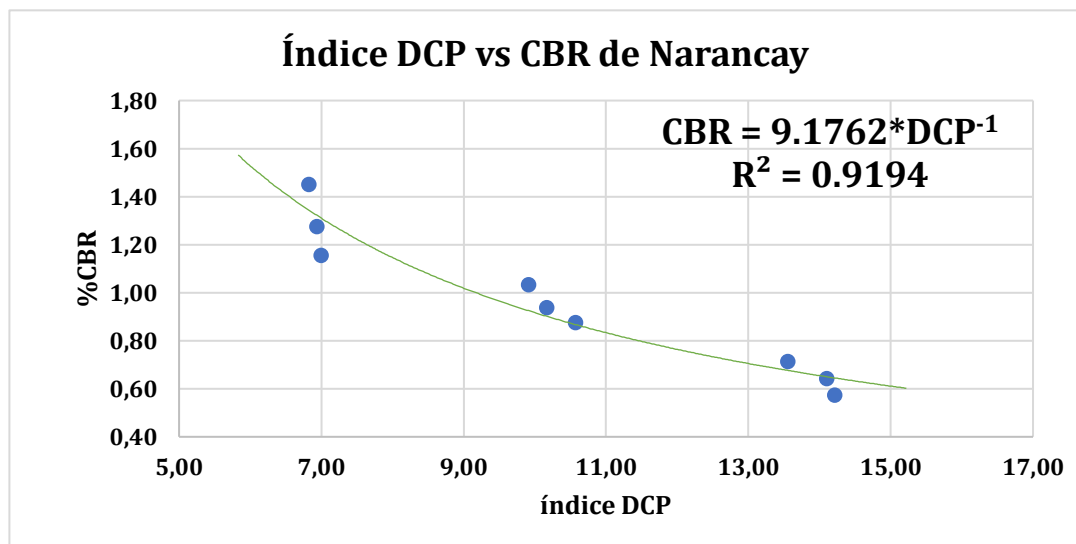
De los resultados de la tabla 20 se tomaron los valores de densidad seca del sector Narancay para ser remplazados en la ecuación 5, encontrando el valor de CBR mismo que se presenta en la tabla 23.

Valores de CBR encontrados a partir de la ecuación 5.					
NARANCAY	Energía	% Humedad	Densidad seca (Kg/m3)	% CBR	ÍNDICE DCP
	12	27.3	1235	0.64	14.11
	25	27.5	1329	0.88	10.58
	56	28.8	1413	1.15	7.00
	12	27.7	1267	0.71	13.56
	25	27.9	1350	0.94	10.17
	56	27.6	1482	1.45	6.83
	12	28.1	1201	0.57	14.22
	25	27.7	1379	1.03	9.92
	56	27.4	1443	1.27	6.94

Tabla 23: Índice DCP y resultado de CBR de la ecuación 5.

Fuente: Autores

A partir de la tabla 23 se grafica los valores de % CBR y el índice DCP en laboratorio, obteniendo la gráfica 7 con su respectiva ecuación.



Gráfica 7: Correlación de índice DCP y CBR de Narancay

Fuente: Autores

Para la gráfica 7 la ecuación que más se ajusta a este suelo es de tipo potencial, asumiendo como una correlación aceptable para un suelo MH, esta ecuación queda en función del índice DCP siendo la siguiente ecuación:

$$CBR = 9.1762 * DCP^{-1} \quad \text{Ecuación 12}$$

El coeficiente de determinación R^2 es de 0.9194 tomando como valor aceptable.

El valor de CBR se lo obtiene a partir de la ecuación 9 para un suelo MH, al momento de realizar el ensayo en campo con el equipo DCP, ya que esta ecuación está en función del índice de DCP, este valor se obtiene al momento de realizar el ensayo con el equipo.

d) Sector Totoracocha

$$CBR = 0.0107 * e^{0.0037*Ds} \quad \text{Ecuación 13}$$

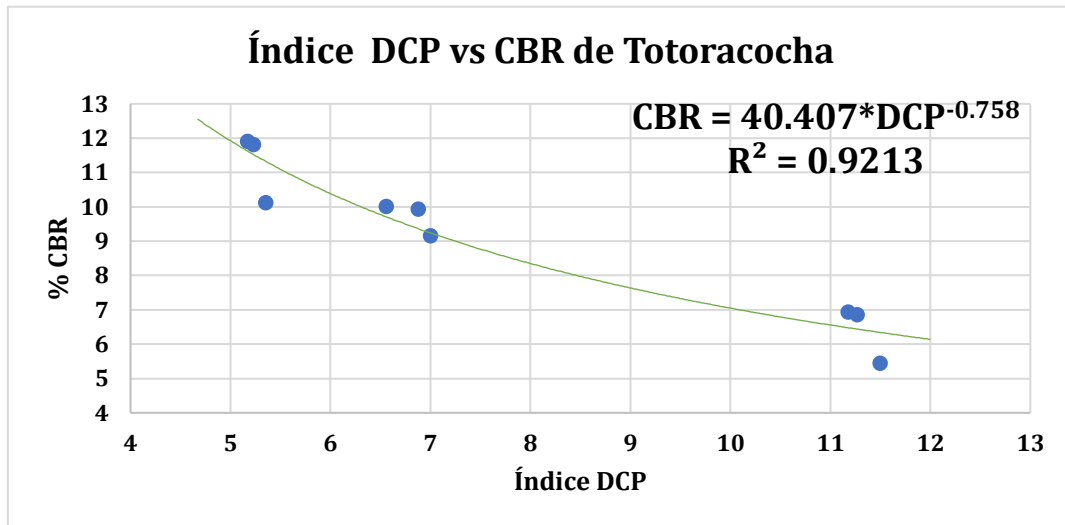
De los resultados de la tabla 20 se tomaron los valores de densidad seca del sector San Sebastián para ser remplazada en la ecuación 6, encontrando el valor de CBR mismo que se presenta en la tabla 24.

Valores de CBR encontrados de la ecuación 6.					
TOTORACOCHA	Energía	% Humedad	Densidad seca (Kg/m3)	% CBR	ÍNDICE DCP
	12	12.8	1643	5.45	11.50
	25	12.5	1825	9.16	7.00
	56	13.1	1852	10.12	5.35
	12	13.0	1747	6.86	11.27
	25	13.3	1847	9.93	6.88
	56	13.5	1896	11.91	5.17
	12	14.1	1750	6.94	11.18
	25	13.7	1849	10.01	6.56
	56	14	1894	11.82	5.23

Tabla 24: Índice DCP y resultados de CBR de la ecuación 6.

Fuente: Autores.

A partir de la tabla 24 se grafica los valores de % CBR y el índice DCP en laboratorio, obteniendo la gráfica 8 con su respectiva ecuación.



Grafica 8: Correlación de índice DCP y CBR de Totoracocha

Fuente: Autores

Para la gráfica 8 la ecuación que más se ajusta a este suelo es de tipo potencial, asumiendo como una correlación aceptable para un suelo SM, esta ecuación queda en función del índice DCP siendo la siguiente ecuación:

$$CBR = 40.407 * DCP^{-0.758} \quad \text{Ecuación 14}$$

El coeficiente de determinación R^2 es de 0.9213 tomando como valor aceptable

Con la ecuación 10 se encontrará el valor de CBR para un suelo SM, al momento de realizar el ensayo en campo con el equipo DCP, ya que esta ecuación está en función del índice de DCP, este valor se obtiene al momento de realizar el ensayo con el equipo.

4.3.3. Ensayo de CBR en campo aplicando el cono dinámico de penetración

Con las correlaciones encontradas en el apartado 4.3.2 se puede obtener el valor de CBR, una vez realizado el ensayo en campo con el equipo DCP. En el Anexo III se puede ver la

totalidad de los ensayos a continuación se presenta los resultados resumidos de cada sector analizado:

a) San Sebastián

El ensayo realizado con el equipo DCP, los datos obtenidos son: el número de golpes y la penetración en el terreno al aplicar ciertos golpes. Con el índice DCP calculado, se reemplaza en la ecuación 7, hallando los valores de CBR como se observa en la tabla 25.

Ensayo en con el equipo DCP en campo.						
Número de golpes	Penetración Acumulada (mm)	Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Factor de martillo	Índice DCP mm/golpe	CBR %
5	274	274	54.8	1	54.8	0.41
5	506	232	46.4	1	46.4	0.48
5	571	65	13	1	13	1.54
5	665	94	18.8	1	18.8	1.09
5	767	102	20.4	1	20.4	1.02

Tabla 25: Ensayo de CBR de San Sebastián con el equipo DCP en campo.

Fuente: Autores.

b) Sucre

El ensayo realizado con el equipo DCP brinda los siguientes datos que son: el número de golpes y la penetración en el terreno al aplicar ciertos golpes. Con el índice DCP calculado, se reemplaza en la ecuación 8, permitiéndonos obtener los resultados del CBR como se puede observar en la tabla 26.

Ensayo en campo con el equipo DCP en campo.						
Número de golpes	Penetración Acumulada (mm)	Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Factor de martillo	Índice DCP mm/golpe	CBR %
5	47	47	9.4	1	9.4	4.02
5	86	39	7.8	1	7.8	5.44
5	128	42	8.4	1	8.04	4.83

5	185	57	11.4	1	11.4	2.95
5	231	46	9.2	1	9.2	4.17
5	285	54	10.8	1	10.8	3.22
5	335	50	10.0	1	10.0	3.64
5	385	50	10.0	1	10.0	3.64
5	430	45	9.0	1	9.0	4.32
5	480	50	10.0	1	10.0	3.64
5	521	41	8.2	1	8.2	5.02

Tabla 26: Ensayo de CBR de Sucre con el equipo DCP en campo.

Fuente: Autores.

c) Narancay

El ensayo realizado con el equipo DCP se obtiene los siguientes datos que son: el número de golpes y la penetración en el terreno al aplicar ciertos golpes. Con el índice DCP calculado se reemplaza en la ecuación 9, permitiéndonos obtener los resultados del CBR como se puede observar en la tabla 27.

Ensayo en campo con el equipo DCP en campo.						
Número de golpes	Penetración Acumulada (mm)	Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Factor de martillo	Índice DCP mm/golpe	CBR %
5	392	392	78.4	1	78.4	0.1170
5	640	248	49.6	1	49.6	0.1850
5	754	114	22.8	1	22.8	0.4025
5	843	89	17.8	1	17.8	0.5155
5	907	64	12.8	1	12.8	0.7169
7	1000	93	13.3	1	13.3	0.6907

Tabla 27: Ensayo de CBR de Narancay con el equipo DCP en campo.

Fuente: Autores.

d) Totoracocha

El ensayo realizado con el equipo DCP, los datos obtenidos son: el número de golpes y la penetración en el terreno al aplicar ciertos golpes. Con el índice DCP calculado se

reemplaza en la ecuación 10, permitiéndonos obtener los resultados del CBR como se puede observar en la tabla 28.

Ensayo en campo con el equipo DCP en campo.						
Número de golpes	Penetración Acumulada (mm)	Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Factor de martillo	Índice DCP mm/golpe	CBR %
5	73	73	14.6	1	14.6	5.29
5	117	44	8.8	1	8.8	7.77
5	155	38	7.6	1	7.6	8.68
5	195	40	8	1	8	8.35
5	243	48	9.6	1	9.6	7.27
5	287	44	8.8	1	8.8	7.77
5	321	34	6.8	1	6.8	9.45
5	372	51	10.2	1	10.2	6.95
5	400	28	5.6	1	5.6	10.95
5	430	30	6	1	6	10.39
5	459	29	5.8	1	5.8	10.66

Tabla 28: Ensayo de CBR de Totoracocha con el equipo DCP en campo.

Fuentes: Autores.

e) El vecino

El ensayo realizado con el equipo DCP, los datos obtenidos del ensayo son: el número de golpes y la penetración en el terreno al aplicar ciertos golpes. Con el índice DCP calculado se reemplaza en la ecuación 10, permitiéndonos obtener los resultados del CBR como se puede observar en la tabla 29.

Ensayo en campo con el equipo DCP en campo.						
Número de golpes	Penetración Acumulada (mm)	Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Factor de martillo	Índice DCP mm/golpe	CBR %
5	83	83	16,6	1	16,6	1,61
5	166	83	16,6	1	16,6	1,61
5	252	86	17,2	1	17,2	1,52
5	385	133	26,6	1	26,6	0,75
3	478	93	31,0	1	31,0	0,59

Tabla 29: Ensayo de CBR en el Vecino con el equipo DCP en campo.

Fuente: Autores

4.3.4. Comparativa de los resultados de CBR en laboratorio y CBR con el DCP en campo.

Al realizar una comparación entre el CBR de laboratorio y el CBR en campo con el equipo DCP se observa la diferencia de los valores de CBR, esto se debe al contenido de humedad al momento de realizar los ensayos, mientras que el ensayo de CBR de laboratorio se realiza bajo condiciones controladas y el CBR obtenido con el equipo DCP se lo realiza en condiciones naturales.

A continuación, se presenta los valores del ensayo de CBR en laboratorio y el CBR en campo con el equipo DCP, con la finalidad de realizar una comparación de los resultados, de los sectores:

a) Sector San Sebastián

Para esta zona, la humedad natural al momento de realizar el ensayo con el equipo DCP en campo es de 29,18%, mientras que la humedad óptima determinada en el laboratorio es de 16,5%, por lo cual la densidad seca máxima y la resistencia al corte del suelo por medio del ensayo el ensayo con el DCP en campo será baja debido a que el porcentaje de humedad del suelo es mayor al óptimo determinado en laboratorio, generando así una menor densidad seca y por ende un CBR bajo debido a que la clasificación del suelo corresponde a un material CH, a continuación, se pueden observar los resultados en la tabla 30.

Tabla comparativa de valores de CBR de San Sebastián.							
Ubicación	Ensayo de CBR en Laboratorio		Ensayo con el equipo DCP en campo			Tipo de suelo	% Humedad Optima
	% Humedad	Valor de CBR al 95%	Profundidad (mm)	% Humedad natural	% CBR		
San Sebastián	Ensayo 1		274	29.18	0.41	CH	16.5
	15.3	1.64	506	29.18	0.48		
	Ensayo 2		571	29.18	1.54		
	15.8	1.75	665	29.18	1.09		
			767	29.18	1.02		

Tabla 30: Comparativa de valores de CBR de San Sebastián.

Fuente: Autores

b) Sector Sucre

En este sector se pueden apreciar que los contenidos de humedad obtenidos en campo y laboratorio varían alrededor del 3.2%, lo cual otorga valores de CBR muy similares a través de los dos ensayos realizados, y por esta razón se catalogaría al suelo dentro de su clasificación general como un material pobre porque presenta valores bajos de resistencia al corte debido a que es una arena y al estar sumergido en agua para el ensayo de CBR de laboratorio, el material se vuelve vulnerable en el parámetro de resistencia al corte del suelo, donde dichos valores se ven reflejados en la tabla 31.

Tabla comparativa de valores de CBR de Sucre.							
Ubicación	Ensayo de CBR en Laboratorio		Ensayo con el equipo DCP en campo			Tipo de suelo	% Humedad Optima
	% Humedad	Valor de CBR al 95%	Profundidad (mm)	% Humedad natural	% CBR		
SUCRE	Ensayo 1		47	17.7	4.02	SC	14.5
	16.2	3.65	86	17.7	5.44		
	Ensayo 2		185	17.7	2.95		
	15.0	3.7	231	17.7	4.17		
			285	17.7	3.22		
			335	17.7	3.64		
			385	17.7	3.64		
			430	17.7	4.32		
			480	17.7	3.64		
			521	17.7	5.02		

Tabla 31: Comparativa de valores de CBR de Sucre.

Fuente: Autores

c) Sector Narancay

A través de los resultados obtenidos en el sector Narancay, se aprecia que el contenido de humedad natural es muy alto referente al óptimo del laboratorio, esto debido a que el material se encontraba con presencia de nivel freático al momento de ejecutar el ensayo de DCP en campo, por lo tanto se recalca que la resistencia al corte del material es nula a través de los dos

ensayos ejecutados debido a que el suelo tiene un tamaño de grano muy fino, lo cual afecta directamente su resistencia la corte; entendiendo así que la subrasante de la zona corresponde a un material CH y se considerada muy pobre, en donde para la construcción de alguna obra civil, ésta deberá ser reemplazada para mejorar las características de resistencia, estos datos se puede visualizar en la tabla 32.

Tabla comparativa de valores de CBR de Narancay.							
Ubicación	Ensayo de CBR en Laboratorio		Ensayo con el equipo DCP en campo			Tipo de suelo	% Humedad Optima
	% Humedad	Valor de CBR al 95%	Profundidad (mm)	% Humedad natural	% CBR		
Narancay	Ensayo 1		392	51.79	0.117	MH	27.7
	28.6	1.15	640	51.79	0.185		
	Ensayo 2		754	51.79	0.4025		
	27.0	1.00	843	51.79	0.5155		
			907	51.79	0.7169		
			1000	51.79	0.6907		

Tabla 32: Comparativa de valores de CBR de Narancay.

Fuente: Autores

d) Sector Totoracocho

En esta zona de estudio los valores de humedades del material son muy similares durante la ejecución de ensayos, razón por la cual los datos obtenidos de resistencia al corte también son parecidos y ayudan a confirmar que las correlaciones obtenidas dan buenos resultados al momento de correlacionar los resultados de campo y laboratorio, estos resultados se presentan en la tabla 33.

Tabla comparativa de valores de CBR de Totoracocho.							
Ubicación	Ensayo de CBR en Laboratorio		Ensayo con el equipo DCP en campo			Tipo de suelo	% Humedad Optima
	% Humedad	Valor de CBR al 95%	Profundidad (mm)	% Humedad natural	% CBR		
						SM	13.5

TOTORACOCHA	Ensayo 1		73	13.82	5.29		
	14.5	8.3	117	13.82	7.77		
	Ensayo 2		155	13.82	8.68		
	13.6	8.40	195	13.82	8.35		
			243	13.82	7.27		
			287	13.82	7.77		
			321	13.82	9.45		
			372	13.82	6.95		
			400	13.82	10.95		
			430	13.82	10.39		
			459	13.82	10.66		

Tabla 33: Comparativa de valores de CBR de Totoracocha.

Fuente: Autores

e) Sector El Vecino

Durante el análisis de la muestra de suelo del sector el Vecino se puede evidenciar que el contenido de humedades del suelo en estado natural es mayor que el óptimo de laboratorio y para el valor de resistencia a corte del suelo, los datos varían en considerable magnitud, por lo que el valor de CBR en laboratorio es mayor, asumiendo que esta situación se puede verse afectada debido a que el suelo al ser de tipo arenoso no tiene mucha cohesión y sobre todo porque en el ensayo DCP de campo, la varilla que hinca en el suelo tiene una sección pequeña de contacto permitiendo el punzonamiento del suelo de una manera más fácil, mientras que en el ensayo de CBR de laboratorio el área de contacto entre el pistón y el suelo remoldeado es mayor, los valores se ven reflejados en la tabla 34.

Tabla comparativa de valores de CBR de El Vecino.							
Ubicación	Ensayo de CBR en Laboratorio		Ensayo con el equipo DCP en campo			Tipo de suelo	% Humedad Óptima
	% Humedad	Valor de CBR al 95%	Profundidad (mm)	% Humedad natural	% CBR		
EL VECINO	Ensayo 1		83	15.25	1,61	SC	13
	13.6	7.2	166	15.25	1,61		
	Ensayo 2		252	15.25	1,52		
	14.0	6.80	385	15.25	0,75		
			478	15.25	0,59		

Tabla 34: Comparativa de valores de CBR de El Vecino.

Fuente: Autores

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

- a. Los suelos utilizados en este trabajo experimental, fueron recolectados de diferentes sectores de la ciudad de Cuenca, clasificándolos por los métodos de AASHTO y SUCS, se obtuvo cuatro tipos de suelos diferentes como son: CH, SC, MH y SM, determinando en laboratorio sus parámetros fundamentales de cada uno de ellos, a través de ensayos como son: análisis granulométrico, límites de Atterberg, ensayo de compactación, ensayo de CBR en laboratorio y por último ensayos con el equipo DCP.
- b. La ejecución del ensayo DCP para este tipo de investigación es fundamental, ya que a través del valor del índice DCP, se pueden obtener las respectivas correlaciones propuestas para el análisis de los suelos de las distintas zonas estudiadas.
- c. A partir de las investigaciones realizadas en diferentes bibliografías, se estableció una metodología para poder llegar a obtener las ecuaciones que regirán para cada tipo de suelo, las mismas que nos permitirá encontrar valores de CBR al momento de realizar el ensayo con el equipo DCP en campo, así mismo para cada uno de los ensayos de laboratorio se siguió las normativas vigentes para cada uno de los ensayos.
- d. Para el sector San Sebastián, mediante la clasificación de suelos se obtuvo un material tipo CH, con una humedad óptima del suelo de un 16.5 % y una densidad seca máxima del suelo de 1713 kg/m³, obteniendo una correlación correspondiente para determinar el valor de CBR, a través de siguiente ecuación $CBR = 16.327 * DCP^{-0.921}$, y con un valor de confiabilidad R^2 de 0.973; asumiéndolo como un valor aceptable.
- e. Del muestreo realizado para el sector Sucre, el suelo es de tipo SC, de los ensayos realizados en el laboratorio se estableció una humedad óptima del 14.5 %, mediante el ensayo de compactación Proctor modificado se obtuvo una densidad seca máxima de 1820 kg/m³ para

este suelo, permitiéndonos establecer una correlación, siendo la siguiente ecuación $CBR = 150.08 * DCP^{-1.615}$, con esta correlación se puede encontrar el valor de CBR para este suelo de una manera más rápida al momento de realizar el ensayo con el equipo DCP, teniendo un factor de confiabilidad R^2 de 0.9004 para la ecuación establecida, asumiendo este valor como aceptable.

- f. En el sector de Narancay, el suelo se caracteriza por ser un suelo tipo MH, al cual la humedad optima le corresponde el 27.7 % y una densidad seca máxima del 1490 kg/m³, obteniendo una correlación correspondiente para este suelo, descrita en la siguiente ecuación $CBR = 9.1762 * DCP^{-1}$ y con un R^2 del 0.9194 asumiéndolo como un valor aceptable.
- g. Para el sector Totoracocho, mediante la clasificación se obtuvo un suelo tipo SM, con una humedad optima del 13.5 % y una densidad seca máxima del suelo de 1897 kg/m³, obteniendo una correlación correspondiente para este suelo, siendo la siguiente ecuación $CBR = 40.407 * DCP^{-0.758}$ y con un R^2 del 0.9213 pudiendo asumir como un valor aceptable.
- h. La metodología propuesta en el presente trabajo de investigación ha ayudado a obtener correlaciones confiables entre ensayos con el equipo DCP de campo y CBR de laboratorio, porque los resultados obtenidos de estas formulaciones no presentan variaciones significativas en los resultados.
- i. Para el sector de Sucre y El Vecino en la clasificación se obtuvo un suelo tipo SC, encontrándose una sola ecuación para estos dos sectores analizados. Mediante ensayos realizados en el laboratorio se determinó una humedad optima del 14.5 % y un 13%, con ensayo de compactación Proctor modificado se obtuvo una densidad seca máxima de 1820

kg/m³ y 1900 kg/m³, respectivamente para cada uno de los sectores, hallando una correlación, teniendo la siguiente ecuación $CBR = 150.08 * DCP^{-1.615}$, con un factor de confiabilidad R^2 de 0.9004 para la ecuación, asumiendo este valor como aceptable.

5.2. Recomendaciones

- a. Al momento de realizar el ensayo con el equipo DCP, tomar en cuenta lo siguiente, si después de cinco golpes el equipo no se profundiza más de 2 milímetros o la manija se defleca más de 75 milímetros de la posición vertical, se debe suspender el ensayo y desplazarse a otro punto para evitar daños en el equipo.
- b. Al momento de tomar las muestras para el laboratorio se debe evitar alterar la muestra, dado que dichas alteraciones pueden variar los resultados, así mismo al momento de realizar los ensayos en el laboratorio y con el equipo DCP, se tiene que llevar un correcto registro de los datos para evitar confusiones en los resultados.
- c. Se recomienda ampliar las investigaciones utilizando la metodología propuesta en este trabajo, de acuerdo con lo descrito en el apartado 3.1.7, para ir recopilando más información que permitan ampliar el uso del equipo DCP en campo.
- d. En las futuras investigaciones para encontrar las correlaciones entre el ensayo CBR y el ensayo con el equipo DCP, se recomienda al momento de realizar el ensayo con el equipo DCP en laboratorio, los moldes empleados para la penetración tienen que ser correctamente enrazados, sino estos desniveles producirán lecturas erróneas al momento de realizar el ensayo. También esta recomendación aplica para el ensayo en campo con el equipo Cono Dinámico de Penetración (DCP), esto quiere decir, al nivel donde se vaya realizar el ensayo, el suelo debe ser completamente nivelado.

Bibliografía

- American Standard Testing Materials. (2003). Standard Test Method for Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications. *ASTMD-6951*, 1-7.
- Aragundi Demera , M. L., Delgado Romero , C. M., Ortiz Heranandez , E. H., & Delgado Gutierrez , D. A. (2019). Estudio para determinar la capacidad portante del suelo como parametro geotecnico, aplicando el ensayo de cono dinamico de penetracion (DCP), en los terrenos aledanos a la Facultad de Ciencias Matematicas Fisicas y Quimicas. *RIEMANT* , 5.
- Armas Novoa , R., & Horta Mestas , E. (1987). *Presas de tierra*. La Habana, Cuba: ISPJAE.
- ASTM D 1557-12. (2021). Métodos de Ensayo Normalizado para Las Características de Compactación de Suelos en Laboratorio Usando Una Energía Modificada (56,000 Pie-lbf/Pie³ (2,700 kN-m/m³)). *ASTM INTERNATIONAL*, 16.
- ASTM D 2216-19. (2019). Metodo de prueba estandar para la determinacion en laboratorio del contenido de agua (humedad) de suelos y rocas por masa. *ASTM INTERNATIONAL*, 9.
- ASTM D 4429-04. (2004). Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Soils in Place. *ASTM INTERNATIONAL*, 4.
- ASTM D 6951-03. (2003). Método de ensayo estándar para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono en estructuras de pavimentos. *ASTM*, 14.
- ASTM D 698-12. (2021). Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12,400 ft-lbf/ft³ (600 kN-m/m³)). *ASTM INTERNATIONAL*, 13.
- ASTM D1883-21. (2021). Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils. *ASTM International*, 2-14.
- Bowles, J. E. (1981). Manual de laboratorio de suelos en Ingenieria Civil. *McGRAW-HILL*, 190-249.
- Contreras Avila, J. F., & Garcia Garcia, A. E. (2019). CORRELACIÓN DEL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO (P.D.C.) CON ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) PARA SUELOS EN LA LOCALIDAD DE ENGATIVÁ DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ, UTILIZANDO LA NORMA DEL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. *Universidad Catolica de Colombia*, 23-80.
- Das Braja M. (2015). *Fundamentos de ingenieria geotecnica*. Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
- INEN 690. (1982). Mecanica de suelos, Determinacion del contenido de agua, Metodo del secado al horno. *Norma Tecnica Ecuatoriana*, 9.
- INEN 691. (1982). Mecanica de suelos determinacion del limite liquido metodo de Casa Grande. *Norma Tecnica Ecuatoriana*, 14.

- INEN 692. (1982). Mecanica de suelos determinacion del limite plastico. *Norma Tecnica Ecuatoriana*, 10.
- INEN 696. (2011). Analisis granulometrico en los arido finos y gruesos. *Norma Tecnica Ecuatoriana*, 12.
- Leon Calderon , J. F., & Zeas Cardenas , R. B. (2017). DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LOS ÍNDICES DCP IN SITU Y CBR DE LABORATORIO. *Univerisidad de Cuenca* , 114.
- Lopez Maldonado, G. (2020). Ensayos de compactación en carreteras Proctor Normal y Modificado. *Uiversidad Politecnica de Valencia*, 8.
- Manotoa Santana, A. O. (2016). “ESTUDIO DE LA CORRELACIÓN ENTRE LOS ENSAYOS (DCP) PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y (CBR) RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN LOS DIFERENTES TIPOS DE SUELOS”. *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO*, 17-234.
- Mejia Vera , C. A., Gilces Delgado , J. R., Ortiz Hernández , E. H., & García Vínces, J. J. (2019). Análisis comparativo de suelo de campo y laboratorio para la medición de su capacidad portante con ensayos de Valor de Soporte de California (CBR) y Cono Dinámico de Penetración (DCP) en la Universidad Técnica de Manabí. *RIEMAT*, 1-6.
- NEVI-12. (2013). *Volumen N 3 Especificaciones generales para la construccion de caminos y puentes*. Quito: Ministerio de Transporte y Obras Publicas del Ecuador.
- Valle Rodas, R. (1963). *Carreteras, Calles y Aeropistas*. Caracas: El ATENEO .

Anexos

Anexo I: Resultados de ensayos de laboratorio.

Ensayos de granulometría

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA													
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL													
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN													
ANALISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO													
PROYECTO		CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.											
MUESTRA		1	PROFUNDIDAD		1.5 m								
UBICACIÓN		SAN SEBASTIAN											
REALIZADO		NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA											
LABORATORISTA		Ing: MARCOS GONZALES											
Humedades													
Tarro	Peso del tarro	M.Humeda+Tarro	M.Seca +Tarro	% W	%W Prome								
Tarro 85	54.31	130.54	113.6	28.57	29.18								
Tarro 420	43.04	112.42	96.5	29.78									
Granulometria													
TAMIZ N°	ABERTURA MM	PESO RET. GM	RET. ACUM. GM	% RETENIDO	% PASA								
10	2	27.2	27.2	7.03	92.97								
40	0.42	25.5	52.7	13.62	86.38								
200	0.074	35.1	87.8	22.68	77.32								
FONDO		2.7	90.5	23.38	76.62								
TOTAL		90.5											
Peso humedo antes del lavado =		500	gr										
Peso seco del material =		387.06	gr										
GRAFICA DE GRANULOMETRIA													
CURVA GRANULOMETRICA													
<table border="1"> <caption>Datos para la Curva Granulométrica</caption> <thead> <tr> <th>Abertura del Tamiz (mm)</th> <th>% Pasa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.074</td> <td>77.32</td> </tr> <tr> <td>0.42</td> <td>86.38</td> </tr> <tr> <td>1.998</td> <td>92.97</td> </tr> </tbody> </table>						Abertura del Tamiz (mm)	% Pasa	0.074	77.32	0.42	86.38	1.998	92.97
Abertura del Tamiz (mm)	% Pasa												
0.074	77.32												
0.42	86.38												
1.998	92.97												

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO

PROYECTO CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.

MUESTRA 2 **PROFUNDIDAD** 1.5 m

UBICACIÓN SUCRE

REALIZADO NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA

LABORATORISTA Ing: MARCOS GONZALES

Humedades

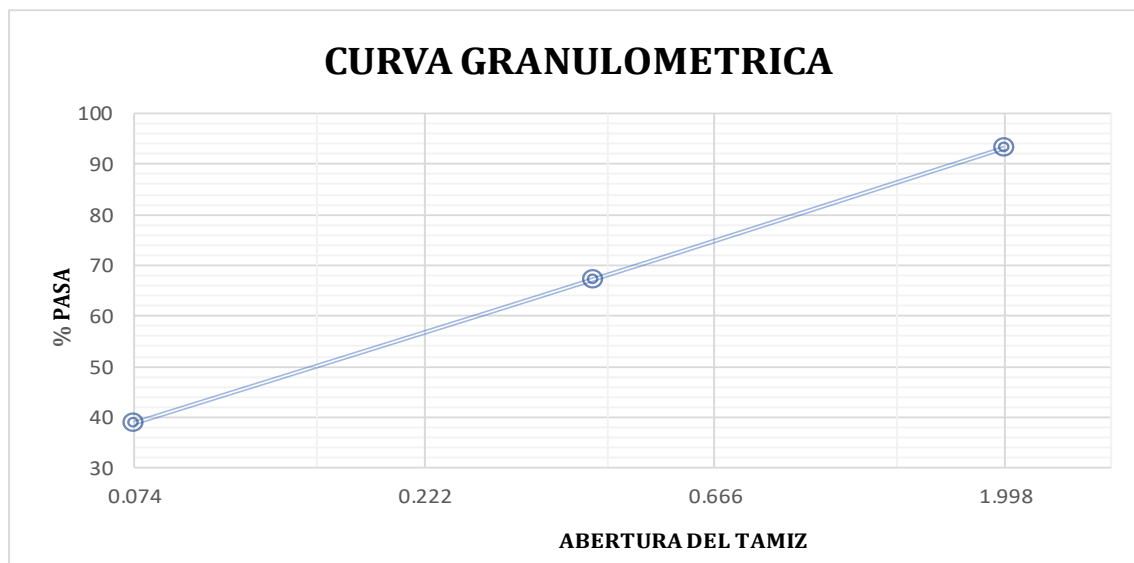
Tarro	Peso del tarro	M.Humeda+Tarro	M.Seca +Tarro	% W	%W Prome
Tarro 13	52.94	136.84	124.2	17.74	17.7
Tarro 420	43.04	135.7	121.8	17.65	

Granulometria

TAMIZ N°	ABERTURA MM	PESO RET. GM	RET. ACUM. GM	% RETENIDO	% PASA
10	2	26.6	26.6	6.87	93.13
40	0.42	100.6	127.2	32.86	67.14
200	0.074	109.5	236.7	61.15	38.85
FONDO		1.1	237.8	61.44	38.56
TOTAL		237.8			

Peso humedo antes del lavado =	500	gr
Peso seco del material =	424.81	gr

GRAFICA DE GRANULOMETRIA



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO

PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.		
MUESTRA	3	PROFUNDIDAD	1.5 m
UBICACIÓN	NARANCA Y		
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA		
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES		

Humedades

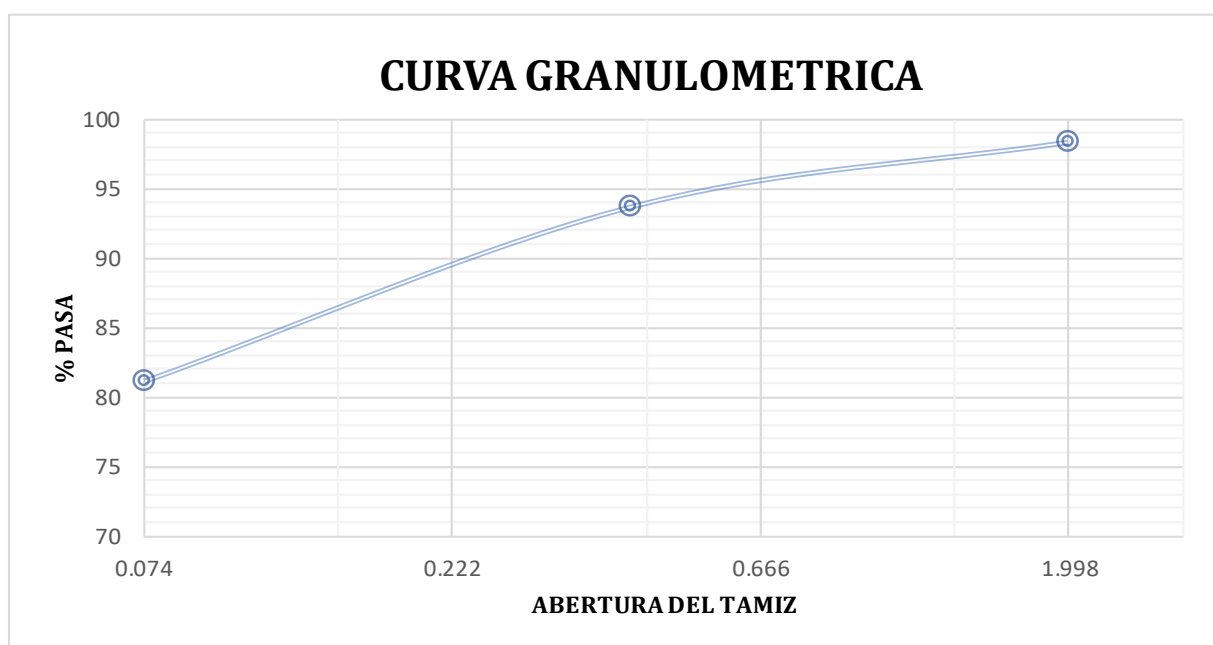
Tarro	Peso del tarro	M.Humeda+Tarro	M.Seca +Tarro	% W	%W Prome
Tarro 13N	64.8	195	149.8	53.18	51.79
Tarro 3N	63.7	231.4	175.2	50.4	

Granulometria

TAMIZ N°	ABERTURA MM	PESO RET. GM	RET. ACUM. GM	% RETENIDO	% PASA
10	2	6.3	6.3	1.63	98.37
40	0.42	18.1	24.4	6.3	93.7
200	0.074	48.7	73.1	18.89	81.11
FONDO		1.8	74.9	19.35	80.65
TOTAL		74.9			

Peso humedo antes del lavado =	500	gr
Peso seco del material =	329.4	gr

GRAFICA DE GRANULOMETRIA



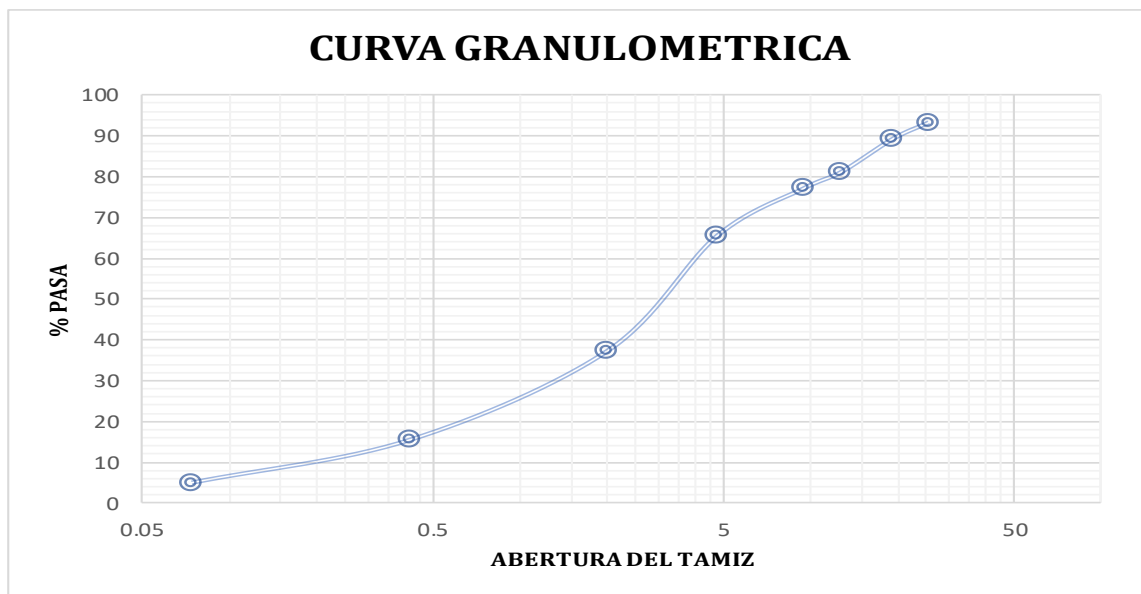
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN			
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO			
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO		
MUESTRA	4	PROFUNDIDAD	1.5 m
UBICACIÓN	TOTORACOCHA		
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA		
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES		

Humedades					
Tarro	Peso del tarro	M.Humeda+Tarro	M.Seca +Tarro	% W	%W Prome
Tarro 1N	52.9	156.9	144.25	13.85	13.82
Tarro 2N	65.2	186.2	171.55	13.78	

Granulometria					
TAMIZ N°	ABERTURA MM	PESO RET. GM	RET. ACUM. GM	% RETENIDO	% PASA
1 1/2"	38.1	0	0		
1"	25.4	608.5	608.5	6.66	93.34
3/4"	19.1	366.5	975	10.67	89.33
1/2"	12.7	741.5	1716.5	18.78	81.22
3/8"	9.52	355	2071.5	22.66	77.34
Nº4	4.76	1070.5	3142	34.37	65.63
PASA Nº4		6828.5	5999.38	-----	-----
10	2	188.4	188.4	62.52	37.48
40	0.42	145.9	334.3	84.31	15.69
200	0.074	70.7	405	94.88	5.12
FONDO		4.6	409.6	95.56	4.44
TOTAL		9141.38			

Peso humedo antes del lavado =	500	gr
Peso seco del material =	439.29	gr

GRAFICA DE GRANULOMETRIA



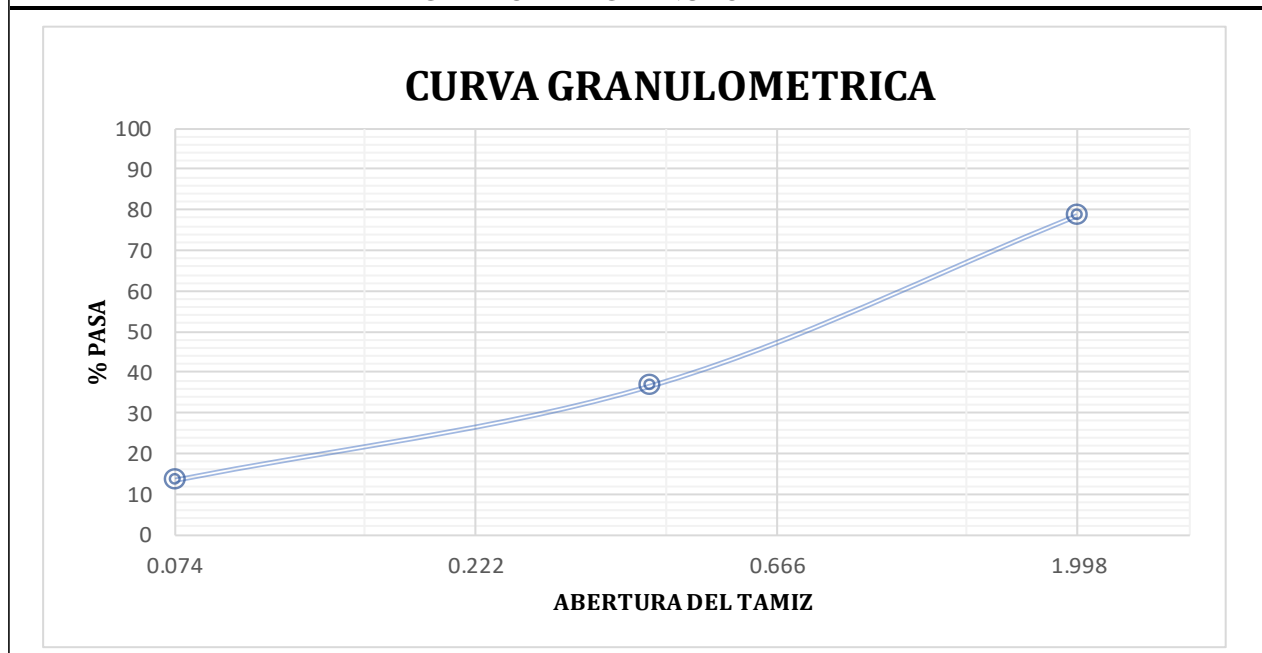
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN			
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO			
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.		
MUESTRA	5	PROFUNDIDAD	1.5 m
UBICACIÓN	EL VECINO		
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA		
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES		

Humedades					
Tarro	Peso del tarro	M.Humeda+Tarro	M.Seca +Tarro	% W	%W Prome
Tarro 7	43.78	117.89	109.37	12.99	12.62
Tarro 3N	63.7	260.32	238.88	12.24	

Granulometria					
TAMIZ N°	ABERTURA MM	PESO RET. GM	RET. ACUM. GM	% RETENIDO	% PASA
10	2	83.1	83.1	21.47	78.53
40	0.42	162.3	245.4	63.4	36.6
200	0.074	89.5	334.9	86.52	13.48
FONDO		1.8	336.7	86.99	13.01
TOTAL		336.7			

Peso humedo antes del lavado =	500	gr	
Peso seco del material =	443.97	gr	

GRAFICA DE GRANULOMETRIA



Ensayos de límites de Atterberg

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL									
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN									
LÍMITES DE ATERBERG									
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.								
MUESTRA	1	PROFUNDIDAD			1.5 m				
UBICACIÓN	SAN SEBASTIAN								
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA								
LABORATORISTA	MARCOS GONZALES								
	LÍMITE LÍQUIDO					LÍMITE PLÁSTICO			
TARRO N0	1	33	32	50	C	2	4	7	5
N. DE GOLPES	39	34	30	25	21				
M. HUMEDA + TARRO	42,38	37,68	48,05	49,91	50,75	24,56	25,29	27,56	25,56
M. SECA + TARRO	34,89	28,62	38,4	39,43	40,1	23,79	24,23	26,94	24,75
PESO DEL AGUA	7,49	9,06	9,65	10,48	10,65	0,77	1,06	0,62	0,81
PESO DEL TARRO	20,97	12,31	21,08	21,14	21,88	21,27	20,7	24,86	22,03
PESO MUESTRA SECA	13,92	16,31	17,32	18,29	18,22	2,52	3,53	2,08	2,72
% DE HUMEDAD	53,81	55,55	55,72	57,3	58,45	30,56	30,03	29,81	29,78
	Limite Liquido					Limite Plastico			
	57,5					30,05			
GRAFICA DE LIMITES									
LÍMITES DE ATERBERG									
INDICE DE PLASTICIDAD	27,45								

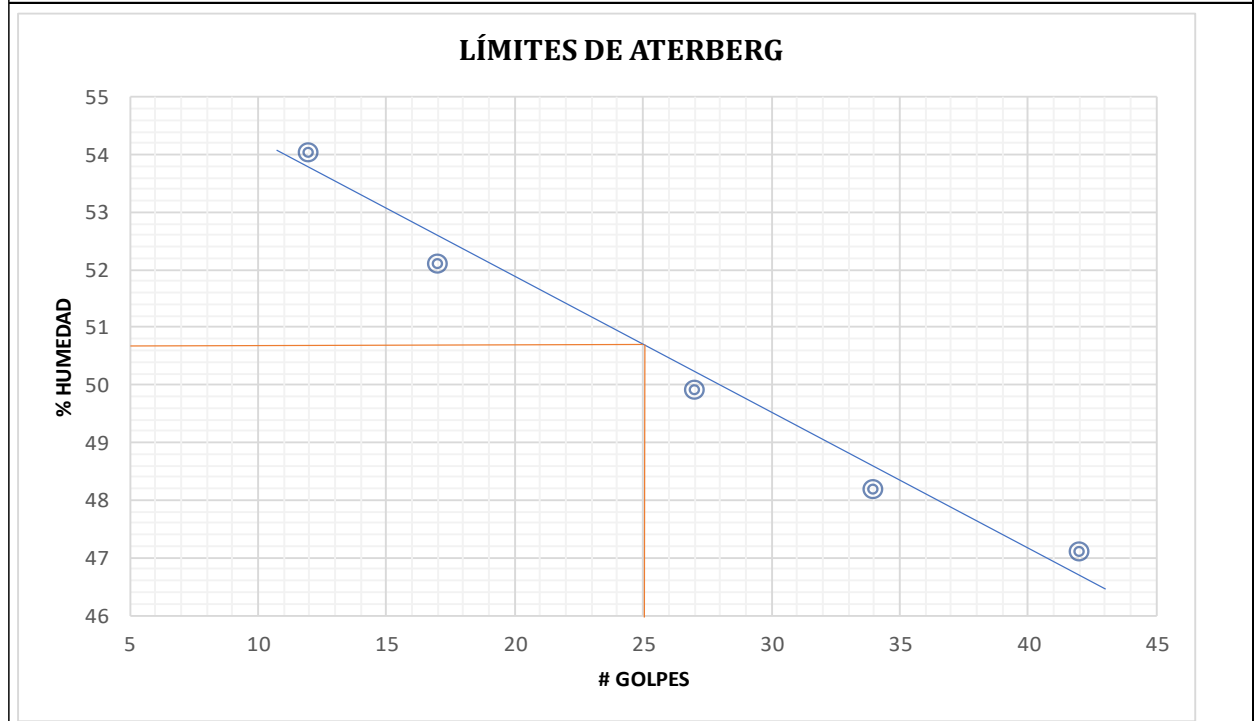
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL									
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN									
LÍMITES DE ATERBERG									
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.								
MUESTRA	2				PROFUNDIDAD	1.5 m			
UBICACIÓN	SUCRE								
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA								
LABORATORISTA	MARCOS GONZALES								
	LÍMITE LÍQUIDO					LÍMITE PLÁSTICO			
TARRO N0	222	80	2	15	5N	7B	12	112	101
N. DE GOLPES	35	31	27	23	19				
M. HUMEDA + TARRO	32.42	35.71	33.31	39.58	39.86	8.28	14.58	9.71	8.56
M. SECA + TARRO	27.28	29.18	27.36	31.7	31.58	7.52	13.82	9.14	7.71
PESO DEL AGUA	5.14	6.53	5.95	7.88	8.28	0.76	9.61	0.57	0.85
PESO DEL TARRO	12.3	10.14	10.19	10.2	10.13	4.11	10.22	6.57	4.11
PESO MUESTRA SECA	14.98	19.04	17.17	21.5	21.45	3.41	3.6	2.57	3.6
% DE HUMEDAD	34.31	34.3	34.65	36.65	38.6	22.29	21.11	22.18	23.61
	Limite Liquido					Limite Plastico			
	36.5					22.30			
GRAFICA DE LIMITES									
LÍMITES DE ATERBERG									
INDICE DE PLASTICIDAD	14.2								

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

LÍMITES DE ATERBERG			
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.		
MUESTRA	3	PROFUNDIDAD	1.5 m
UBICACIÓN	NARANCA Y		
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA		
LABORATORISTA	MARCOS GONZALES		

TARRO N°	LÍMITE LÍQUIDO					LÍMITE PLÁSTICO			
	90	6	48	1	204	NC	2	5	100
N. DE GOLPES	42	34	27	17	12				
M. HUMEDA + TARRO	25.59	23.47	26.04	39.14	31.02	13.51	11.92	14.5	7.84
M. SECA + TARRO	18.7	17.17	18.73	29.98	21.7	12.63	10.47	13.33	6.83
PESO DEL AGUA	6.89	6.30	7.31	9.16	9.32	0.88	1.45	1.17	1.01
PESO DEL TARRO	4.07	4.09	4.08	12.4	4.45	10.18	6.52	10.08	4.09
PESO MUESTRA SECA	14.63	13.08	14.65	17.58	17.25	2.45	3.95	3.25	2.74
% DE HUMEDAD	47.1	48.17	49.9	52.1	54.03	35.92	36.71	36	36.86
	Limite Liquido					Limite Plastico			
	50.7					36.37			

GARAFICA DE LIMITES



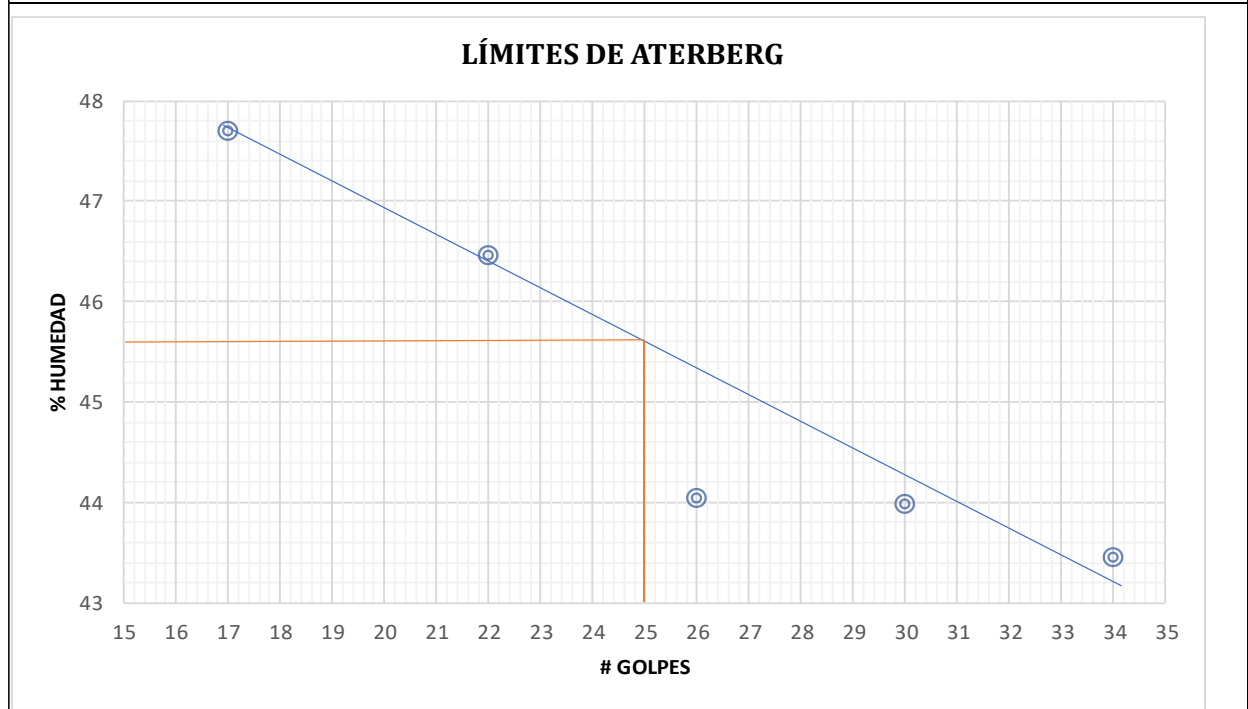
INDICE DE PLASTICIDAD	14.33
------------------------------	-------

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

LÍMITES DE ATERBERG			
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO		
MUESTRA	4	PROFUNDIDAD	1.5 m
UBICACIÓN	TOTORACOCHA		
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA		
LABORATORISTA	MARCOS GONZALES		

	LÍMITE LÍQUIDO					LÍMITE PLÁSTICO			
	1	4	AV	DA	8	10	C9	72	55
TARRO N0									
N. DE GOLPES	34	30	26	22	17				
M. HUMEDA + TARRO	38.85	40.25	40.18	39.24	47.96	10.48	10.19	9.8	8.54
M. SECA + TARRO	31.77	32.65	32.37	31.5	39.25	9.61	9.36	9.09	7.52
PESO DEL AGUA	7.08	7.60	7.81	7.74	8.71	0.87	9.61	0.71	1.02
PESO DEL TARRO	15.48	15.37	14.64	14.84	20.99	6.63	6.54	6.67	4.09
PESO MUESTRA SECA	16.29	17.28	17.73	16.66	18.26	2.98	2.82	2.42	3.43
% DE HUMEDAD	43.46	43.98	44.05	46.46	47.7	29.19	29.43	29.34	29.74
	Limite Liquido					Limite Plastico			
	45.6					29.43			

GARAFICA DE LIMITES



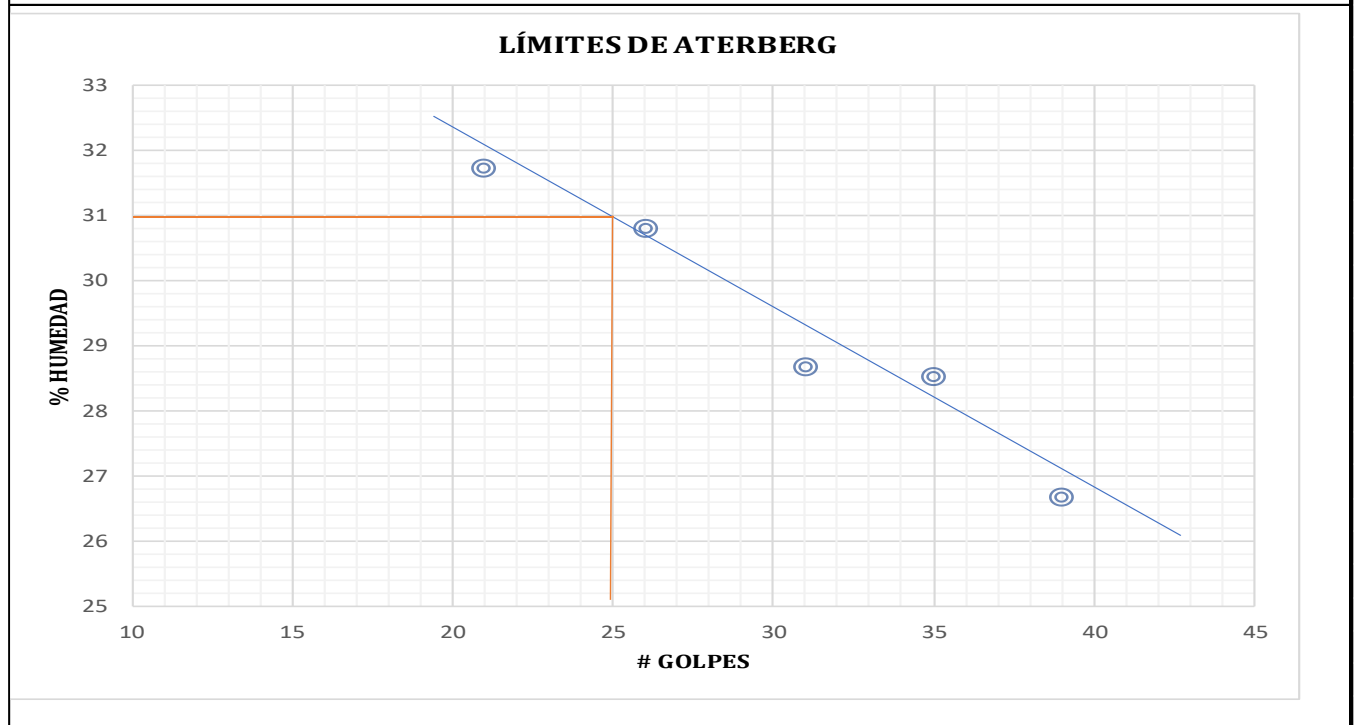
INDICE DE PLASTICIDAD	16.17
------------------------------	-------

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

LÍMITES DE ATERBERG			
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.		
MUESTRA	5	PROFUNDIDAD	1.5 m
UBICACIÓN	EL VECINO		
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA		
LABORATORISTA	MARCOS GONZALES		

	LÍMITE LÍQUIDO					LÍMITE PLÁSTICO			
	61	21	33	1	2	8	209	19	200
TARRO N°	61	21	33	1	2	8	209	19	200
N. DE GOLPES	39	35	31	26	21				
M. HUMEDA + TARRO	36.27	32.44	31.15	32.85	39.17	14.93	14.75	15.74	15.61
M. SECA + TARRO	31.2	27.99	26.77	27.87	32.7	14.3	14.21	15.18	15.06
PESO DEL AGUA	5.07	4.45	4.38	4.98	6.47	0.63	9.61	0.56	0.55
PESO DEL TARRO	12.2	12.4	11.5	11.7	12.3	11.6	11.4	12.3	12.4
PESO MUESTRA SECA	19.00	15.59	15.27	16.17	20.4	2.7	2.81	2.88	2.66
% DE HUMEDAD	26.68	28.54	28.68	30.8	31.72	23.33	19.22	19.44	20.68
	Limite Liquido					Limite Plastico			
	31					20.67			

GARAFICA DE LIMITES



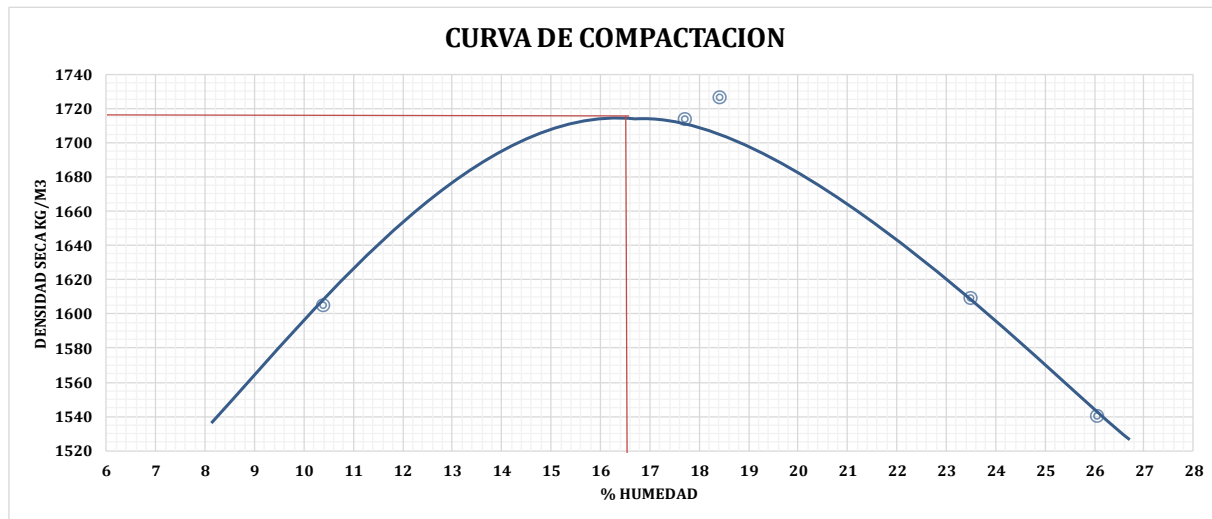
INDICE DE PLASTICIDAD	10.33
------------------------------	-------

Ensayos de compactación.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA							
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL							
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN							
ENSAYO DE COMPACTACION							
PROYECTO		CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.					
MUESTRA	1	PROFUNDIDAD CALICATA		1.5 m	GOLPES POR CADA CAPA	56 golp	
UBICACIÓN	SAN SEBASTIAN	NUMERO DE CAPAS		5			
REALIZADO		NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA					
LABORATORISTA		Ing: MARCOS GONZALES					
DATOS DE LA CURVA						HUMEDAD NATURAL SUELO	
MUESTRA	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Peso de bandeja	519 gr
PESO SECO DESEADO PARA EL ENSAYO	5500	5500	5500	5500	5500	Muestra humeda	200 gr
HUMEDAD AÑADIDA EN %	13.96	19.96	22.96	25.96	28.96	Muestra seca	175.5 gr
AGUA AUMENTADA EN C.C.	0	290	435	580	725	% Humedad	13.960
NÚMERO DEL MOLDE	1	1	1	1	1	REULTADOS	
PESO MOLDE CILÍNDRICO + SUELO HÚMEDO P1	10332	10848.5	10906	10785	10689	Humedad optima	16.5 %
PESO MOLDE CILÍNDRICO SIN COLLARÍN P2	6604	6604	6604	6604	6604	Densidad seca máxima	1713 Kg/m3
PESO SUELO HÚMEDO P1-P2 = P3	3728	4244.5	4302	4181	4085		
VOLUMEN DEL MOLDE SIN EL COLLARÍN	2104.68	2104.68	2104.68	2104.68	2104.68		
DENSIDAD HÚMEDA D1= P3/V. KG./M3	1771.291	2016.696	2044.016	1986.525	1940.913		

CONTENIDO DE HUMEDAD										
MUESTRAS PARA PROMEDIAR	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4		Muestra 5	
NÚMERO DEL TARRO	Tarro 026	Tarro D3	Tarro S2	Tarro S3	Tarro 5	Tarro 30	Tarro X	Tarro S5	Tarro L3	Tarro S1
PESO DEL TARRO MAS SUELO HÚMEDO	171.69	241.6	109.1	108	151.1	135	154.77	175.29	160.4	143.7
PESO DEL TARRO MAS SUELO SECO	160.23	225.45	98.3	100.5	134.2	122.3	133.8	151.8	138.8	122.5
PESO DEL AGUA	118.99	174.9	65.8	54.9	107.9	82.2	110.97	122.55	107.4	99.8
PESO DEL TARRO	52.7	66.7	43.3	53.1	43.2	52.8	43.8	52.74	53	43.9
PESO DEL SUELO SECO	107.53	158.75	55	47.4	91	69.5	90	99.06	85.8	78.6
CONTENIDO DE AGUA EN %	10.66	10.17	19.64	15.82	18.57	18.27	23.30	23.71	25.17	26.97
CONTENIDO PROMEDIO DE AGUA EN %	10.415		17.730		18.422		23.506		26.073	
DENSIDAD SECA KG./M3	1604.21		1712.99		1726.04		1608.44		1539.51	

GRAFICA DE CURVA DE COMPACTACION



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DE COMPACTACION

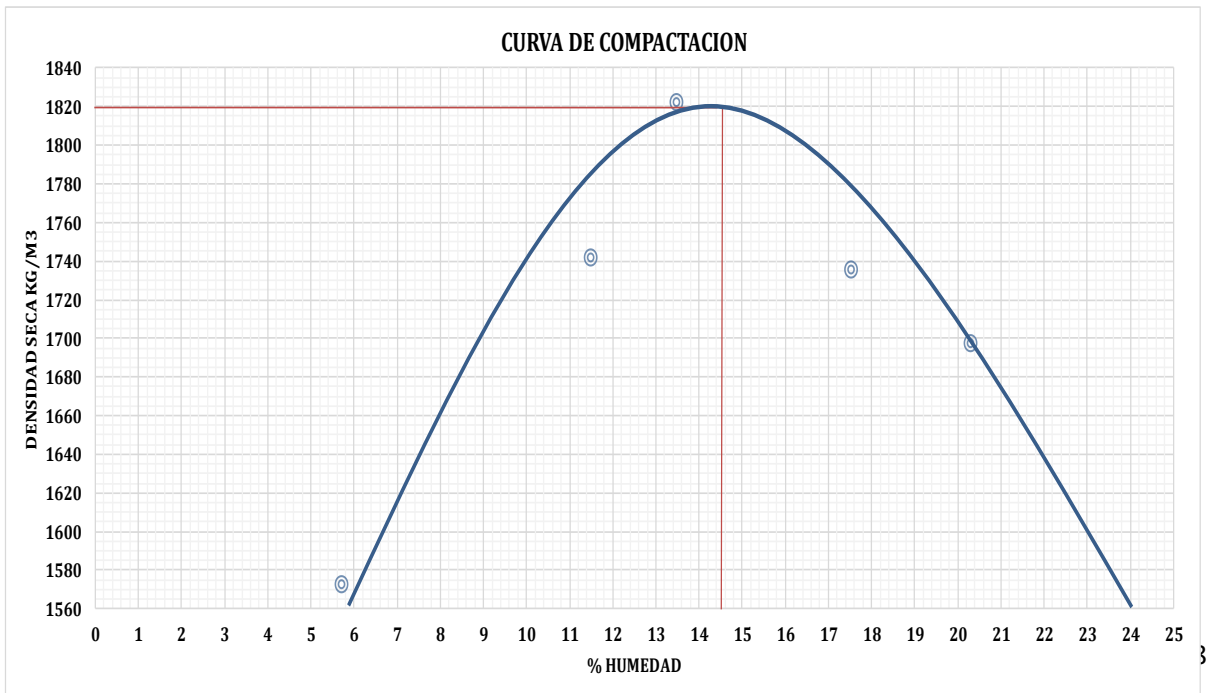
PROYECTO					
MUESTRA	2	PROFUNDIDAD CALICATA	1.5 m	GOLPES POR CADA	56 golp
UBICACIÓN	SUCRE	NUMERO DE CAPAS	5	CAPA	
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA				
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES				

DATOS DE LA CURVA						HUMEDAD NATURAL DEL SUELO	
MUESTRA	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5		
PESO SECO DESEADO PARA EL ENSAYO	5500	5500	5500	5500	5500	Peso de bandeja	519 gr
HUMEDAD AÑADIDA EN %	7.23	13.23	16.23	19.23	22.23	Muestra humeda	200 gr
AGUA AUMENTADA EN C.C.	0	310	465	620	775	Muestra seca	186.5 gr
NÚMERO DEL MOLDE	1	1	1	1	1	% Humedad	7.239
PESO MOLDE CILÍNDRICO + SUELO HÚMEDO P1	10103.5	10692	10957	10897.5	10903	REULTADOS	
PESO MOLDE CILÍNDRICO SIN COLLARÍN P2	6604	6604	6604	6604	6604	Humedad optima	14.5 %
PESO SUELO HÚMEDO P1-P2 = P3	3499.5	4088	4353	4293.5	4299	Densidad seca máxima	1820 Kg/m3
VOLUMEN DEL MOLDE SIN EL COLLARÍN	2104.68	2104.68	2104.68	2104.68	2104.68		
DENSIDAD HÚMEDA D1= P3/V. KG./M3	1662.723	1942.338	2068.248	2039.978	2042.591		

CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRAS PARA PROMEDIAR	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4		Muestra 5	
NÚMERO DEL TARRO	Tarro 07	Tarro 17	Tarro 2	Tarro C4	Tarro 6	Tarro 10	Tarro S7	Tarro 31	Tarro S4	Tarro A1
PESO DEL TARRO MAS SUELO HÚMEDO	113.2	142.2	152.7	144.3	145.6	120.6	102.77	121.52	148.6	144.9
PESO DEL TARRO MAS SUELO SECO	108.6	137.5	143.7	136.3	135.9	112.4	93.9	109.8	132.5	129.2
PESO DEL AGUA	83	88.5	85.9	78.7	83	67.8	59.35	78.54	96.4	91.9
PESO DEL TARRO	30.2	53.7	66.8	65.6	62.6	52.8	43.42	42.98	52.2	53
PESO DEL SUELO SECO	78.4	83.8	76.9	70.7	73.3	59.6	50.48	66.82	80.3	76.2
CONTENIDO DE AGUA EN %	5.87	5.61	11.70	11.32	13.23	13.76	17.57	17.54	20.05	20.60
CONTENIDO PROMEDIO DE AGUA EN %	5.738		11.509		13.496		17.555		20.327	
DENSIDAD SECA KG./M3	1572.49		1741.86		1822.31		1735.33		1697.54	

GRAFICA DE CURVA DE COMPACTACION



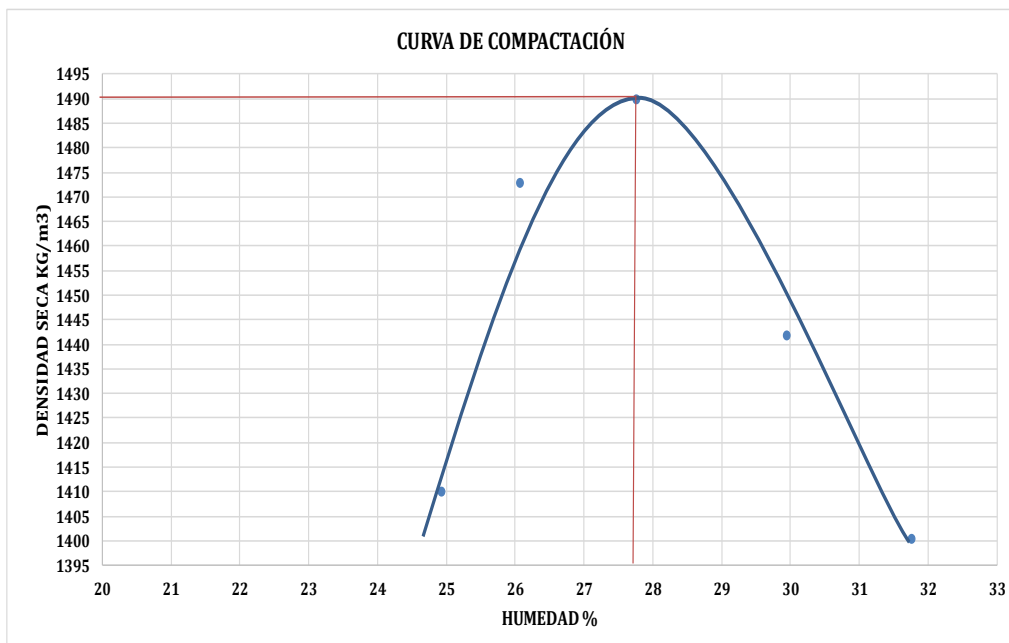
ENSAYO DE COMPACTACION					
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.				
MUESTRA	3	PROFUNDIDAD CALICATA	1.5 m	GOLPES POR CADA CAPA	56 golp
UBICACIÓN	NARANCA Y	NUMERO DE CAPAS	5		
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA				
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES				

DATOS DE LA CURVA						HUMEDAD NATURAL DEL SUELO	
MUESTRA	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Peso de bandeja	519 gr
PESO SECO DESEADO PARA EL ENSAYO	5500	5500	5500	5500	5500	Muestra humeda	200 gr
HUMEDAD AÑADIDA EN %	27.23	29.13	31.13	33.13	35.13	Muestra seca	165.1 gr
AGUA AUMENTADA EN C.C.	270	360	450	540	630	% Humedad	21.139
NÚMERO DEL MOLDE	1	1	1	1	1		
PESO MOLDE CILÍNDRICO + SUELO HÚMEDO P1	10311	10511.5	10610	10547	10487		
PESO MOLDE CILÍNDRICO SIN COLLARÍN P2	6604	6604	6604	6604	6604		
PESO SUELO HÚMEDO P1-P2 = P3	3707	3907.5	4006	3943	3883		
VOLUMEN DEL MOLDE SIN EL COLLARÍN	2104.68	2104.68	2104.68	2104.68	2104.68		
DENSIDAD HÚMEDA D1= P3/V. KG/M3	1761.313	1856.577	1903.377	1873.444	1844.936		

REULTADOS		
Humedad optima	27.7	%
Densidad seca máxima	1490	Kg/m3

CONTENIDO DE HUMEDAD										
MUESTRAS PARA PROMEDIAR	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4		Muestra 5	
NÚMERO DEL TARRO	Tarro 31	Tarro 07	Tarro S4	Tarro S7	Tarro 17	Tarro 30	Tarro 8	Tarro 11	Tarro 10	Tarro 06
PESO DEL TARRO MAS SUELO HÚMEDO	106.4	101.6	155.4	151.5	181.13	157.97	140.5	118.38	148.25	192.74
PESO DEL TARRO MAS SUELO SECO	93.7	87.4	133.9	129.1	153.2	135.3	120.3	99.2	125.3	161.3
PESO DEL AGUA	63.4	71.43	104.19	108.08	127.43	105.17	87.9	82.96	95.38	130.16
PESO DEL TARRO	43	30.17	51.21	43.42	53.7	52.8	52.6	35.42	52.87	62.58
PESO DEL SUELO SECO	50.7	57.23	82.69	85.68	99.5	82.5	67.7	63.78	72.43	98.72
CONTENIDO DE AGUA EN %	25.05	24.81	26.00	26.14	28.07	27.48	29.84	30.07	31.69	31.85
CONTENIDO PROMEDIO DE AGUA EN %	24.931		26.072		27.775		29.955		31.767	
DENSIDAD SECA KG/M3	1409.83		1472.63		1489.64		1441.61		1400.15	

GRAFICA DE CURVA DE COMPACTACIÓN



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DE COMPACTACION

PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.				
MUESTRA	4	PROFUNDIDAD CALICATA	1.5 m	GOLPES POR CADA CAPA	56 golp
UBICACIÓN	TOTORACOCCHA	NUMERO DE CAPAS	5	CAPA	
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA				
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES				

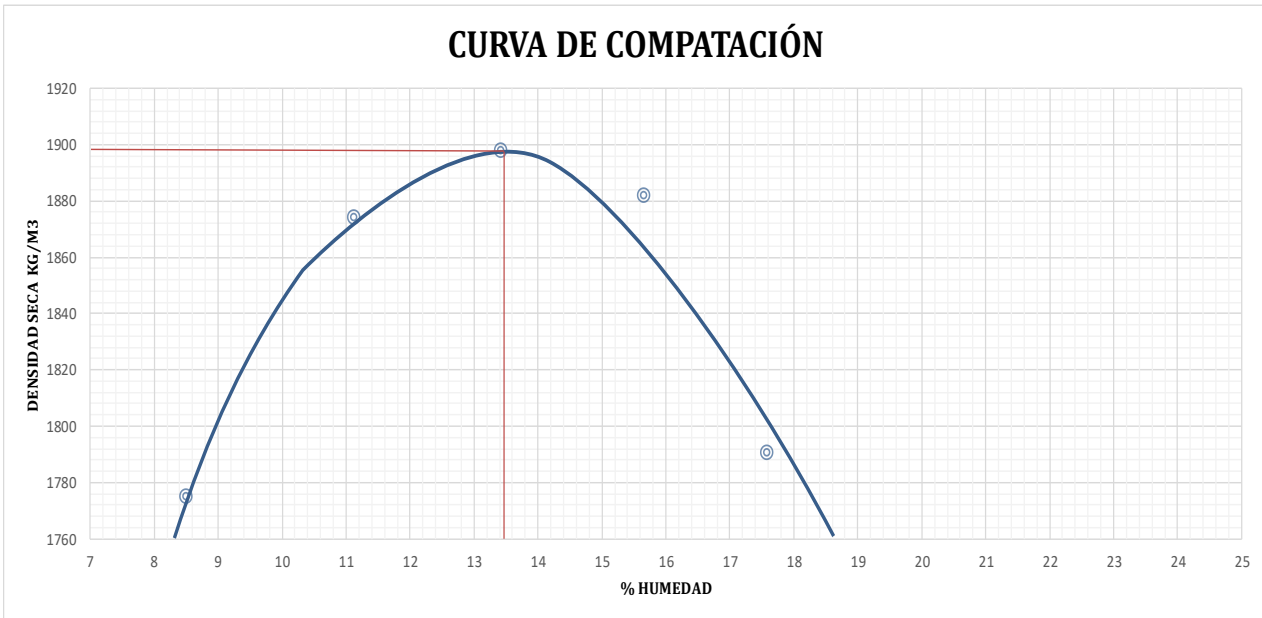
DATOS DE LA CURVA						HUMEDAD NATURAL		
MUESTRA	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5			
PESO SECO DESEADO PARA EL ENSAYO	5500	5500	5500	5500	5500	Peso de bandeja	518.8	gr
HUMEDAD AÑADIDA EN %	11.05	14.05	17.05	20.05	23.05	Muestra húmeda	200	gr
AGUA AUMENTADA EN C.C.	0	115	230	345	460	Muestra seca	180.1	gr
NÚMERO DEL MOLDE	1	1	1	1	1	% Humedad	11.049	
PESO MOLDE CILÍNDRICO + SUELO HÚMEDO P1	10657.5	10987.5	11134.5	11185.5	11035.5			
PESO MOLDE CILÍNDRICO SIN COLLARÍN P2	6604	6604	6604	6604	6604			
PESO SUELO HÚMEDO P1-P2 = P3	4053.5	4383.5	4530.5	4581.5	4431.5			
VOLUMEN DEL MOLDE SIN EL COLLARÍN	2104.68	2104.68	2104.68	2104.68	2104.68			
DENSIDAD HÚMEDA D1= P3/V. KG./M3	1925.946	2082.739	2152.584	2176.815	2105.546			

REULTADOS		
Humedad optima %	13.5	%
Densidad seca máxima	1897	kg/m3

CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRAS PARA PROMEDIAR	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4		Muestra 5	
NÚMERO DEL TARRO	Tarro 6	Tarro 10	Tarro S4	Tarro S7	Tarro 31	Tarro 8	Tarro 11	Tarro 30	Tarro 17	Tarro 07
PESO DEL TARRO MAS SUELO HÚMEDO	173.52	148.63	165.97	133.54	107.5	112.3	103.1	115.8	128.46	87.3
PESO DEL TARRO MAS SUELO SECO	164.84	141.11	154.6	124.42	99.2	105.18	93.88	107.32	117.25	78.79
PESO DEL AGUA	110.94	95.76	114.76	90.12	64.5	59.7	67.7	63	74.67	57.13
PESO DEL TARRO	62.58	52.87	51.21	43.42	43	52.6	35.4	52.8	53.79	30.17
PESO DEL SUELO SECO	102.26	88.24	103.39	81	56.92	52.58	58.48	54.52	63.46	48.62
CONTENIDO DE AGUA EN %	8.49	8.52	11.00	11.26	13.32	13.54	15.77	15.55	17.66	17.50
CONTENIDO PROMEDIO DE AGUA EN %	8.505		11.128		13.429		15.660		17.584	
DENSIDAD SECA KG./M3	1774.98		1874.18		1897.73		1882.08		1790.68	

GRAFICA DE CURVA DE COMPACTACIÓN



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DE COMPACTACION

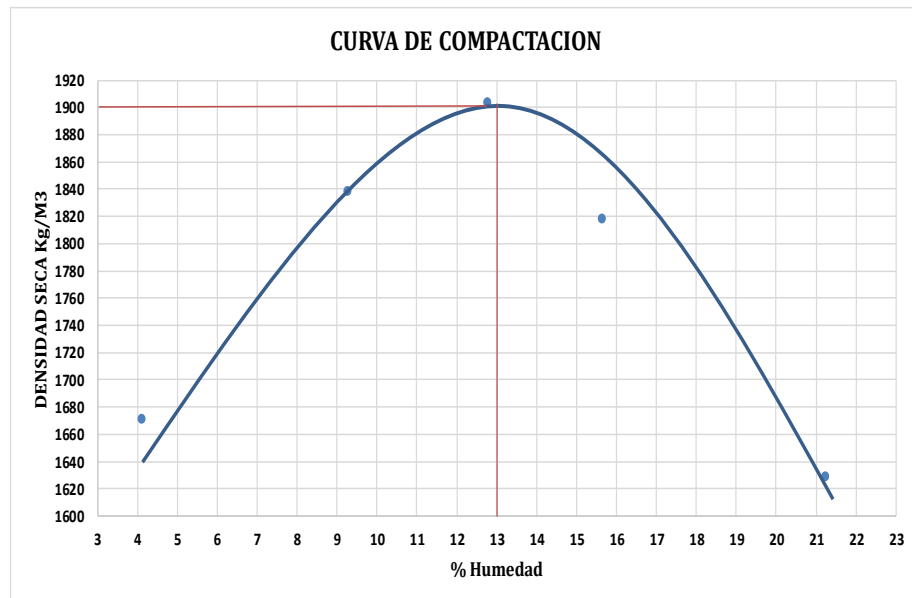
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.				
MUESTRA	5	PROFUNDIDAD CALICATA	1.5 m	GOLPES POR CADA CAPA	56 golp
UBICACIÓN	EL VECINO	NUMERO DE CAPAS	5		
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA				
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES				

DATOS DE LA CURVA						HUMEDAD NATURAL DEL SUELO	
MUESTRA	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5		
PESO SECO DESEADO PARA EL ENSAYO	5500	5500	5500	5500	5500	Peso de bandeja	303.8 gr
HUMEDAD AÑADIDA EN %	6.25	12.25	15.25	18.25	24.25	Muestra humeda	200 gr
AGUA AUMENTADA EN C.C.	160	480	640	800	1120	Muestra seca	193.7 gr
NÚMERO DEL MOLDE	1	1	1	1	1	% Humedad	3.252
PESO MOLDE CILÍNDRICO + SUELO HÚMEDO P1	10265.5	10832	11122.5	11030	10760	REULTADOS	
PESO MOLDE CILÍNDRICO SIN COLLARÍN P2	6604	6604	6604	6604	6604		
PESO SUELO HÚMEDO P1-P2 = P3	3661.5	4228	4518.5	4426	4156	Humedad optima	13 %
VOLUMEN DEL MOLDE SIN EL COLLARÍN	2104.68	2104.68	2104.68	2104.68	2104.68	Densidad seca máxima	1900 Kg/m3
DENSIDAD HÚMEDA D1= P3/V. KG./M3	1739.694	2008.856	2146.882	2102.933	1974.647		

CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRAS PARA PROMEDIAR	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4		Muestra 5	
NÚMERO DEL TARRO	Tarro 5	Tarro C4	Tarro T04	Tarro S4	Tarro T02	Tarro T03	Tarro 17	Tarro 8	Tarro A1	Tarro 31
PESO DEL TARRO MAS SUELO HÚMEDO	150.19	222.78	103.4	117.8	106.4	142.9	161.2	129.43	182.05	179.16
PESO DEL TARRO MAS SUELO SECO	146.09	216.42	97.09	112.25	98.52	130.6	146.6	119.1	159.24	155.54
PESO DEL AGUA	106.98	157.07	74.2	65.6	70.6	107	107.5	76.73	129.04	136.19
PESO DEL TARRO	43.21	65.71	29.2	52.2	35.8	35.9	53.7	52.7	53.01	42.97
PESO DEL SUELO SECO	102.88	150.71	67.89	60.05	62.72	94.7	92.9	66.4	106.23	112.57
CONTENIDO DE AGUA EN %	3.99	4.22	9.29	9.24	12.56	12.99	15.72	15.56	21.47	20.98
CONTENIDO PROMEDIO DE AGUA EN %	4.103		9.268		12.776		15.637		21.227	
DENSIDAD SECA KG./M3	1671.13		1838.46		1903.67		1818.57		1628.88	

GRAFICA DE CURVA DE COMPACTACIÓN



Ensayos de CBR en laboratorio.

UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
ENSAYO DE CBR						
PROYECTO	CORRELACION DE CBR APLICANDO EL CONO DINAMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.					
MUESTRA	1	PROFUNDIDAD				1.5 m
UBICACIÓN	SAN SEBASTIAN	ENSAYO				1
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA					
LABORATORISTA	MARCOS GONZALES					
MOLDE Nº						
NÚMERO DE CAPAS	5		5			5
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	56		25			12
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	10883	11157	10150	10635	11108	11763
PESO DEL MOLDE	6325	6325	6033	6033	7270	7270
PESO MUESTRA HUMEDA	4558	4832	4117	4602	3838	4493
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2341	2456	2354	2541	2360	2545
DENSIDAD HUMEDA	1947	1967	1749	1811	1626	1765
DENSIDAD SECA	1689	1666	1513	1378	1405	1324
CONTENIDO DE AGUA (antes del remojo)						
TARRO Nº	Tarro S6	Tarro S3	Tarro X	Tarro L3	Tarro 5	Tarro S1
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	131.8	165.9	158.4	163.3	150.39	150.19
PESO MUESTRA SECA + TARRO	120.3	150.6	143.1	148.3	135.4	136.2
PESO DEL AGUA	11.5	15.3	15.3	15	14.99	13.99
PESO DEL TARRO	43.2	53	43.8	53	43.21	43.96
PESO MUESTRA SECA	77.1	97.6	99.3	95.3	92.19	92.24
CONTENIDO DE HUMEDAD %	14.9	15.7	15.4	15.7	16.3	15.2
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	15.3		15.6		15.7	
CONTENIDO DE AGUA (después del remojo)						
TARRO Nº	Tarro 13N	Tarro 6S	Tarro 85	Tarro 30	Tarro T03	Tarro T06
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	178.9	222.44	180.14	202.94	117.82	163.23
PESO MUESTRA SECA + TARRO	160.63	199.7	149.62	167.57	97.75	131.21
PESO DEL AGUA	18.27	22.74	30.52	35.37	20.07	32.02
PESO DEL TARRO	64.75	66.05	54.32	52.83	36.99	35.85
PESO MUESTRA SECA	95.88	133.65	95.3	114.74	60.76	95.36
CONTENIDO DE HUMEDAD %	19.1	17.0	32.0	30.8	33.0	33.6
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	18.0		31.4		33.3	

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DE CBR

PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA					
MUESTRA	1		PROFUNDIDAD CALICATA	1.5 m	GOLPES POR CADA CAPA	56 golp
UBICACIÓN	SAN SEBASTIAN		NUMERO DE CAPAS	5		
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA			ENSAYO	1	
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES					

HORA	TIEMPO TRANCURRIDO EN DIAS	MOLDE # 56			HORA	TIEMPO TRANCURRIDO EN DIAS	MOLDE # 25			HORA	TIEMPO TRANCURRIDO EN DIAS	MOLDE # 12		
		LECTURA DEL DIAL	ALTURA DE MUESTRA	ESPONJAMIENTO			LECTURA DEL DIAL	ALTURA DE MUESTRA	ESPONJAMIENTO			LECTURA DEL DIAL	ALTURA DE MUESTRA	ESPONJAMIENTO
		PULG.	PULG.	PULG EN %			PULG.	PULG.	PULG %			PULG.	PULG.	PULG. %
	0	0	5.00	0.000		0	0	5	0.00		0	0	5.1	0.000
10AM	1	162	5.16	0.162	10AM	1	226	5.23	0.226	10AM	1	365	5.465	0.365
10AM	2	230	5.23	0.230	10AM	2	314	5.31	0.314	10AM	2	399	5.499	0.399
10AM	3	278	5.28	0.278	10AM	3	368	5.37	0.368	10AM	3	400	5.500	0.400
10AM	4	314	5.31	0.314	10AM	4	492	5.49	0.492	10AM	4	402	5.502	0.402

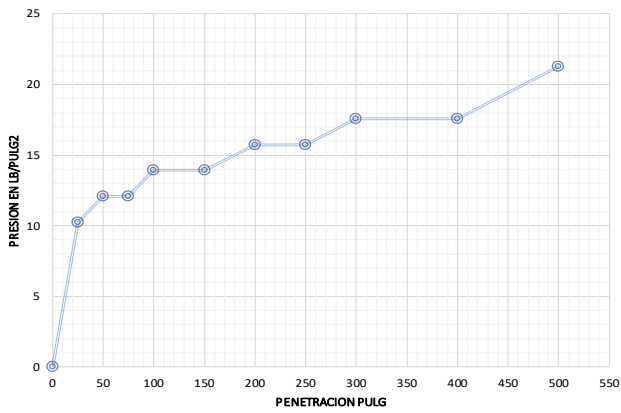
PENETRACIÓN

Lectura en cargas 56 golpes	Pnetracion Pulgadas	MOLDE # 56					Lectura en cargas 25 golpes	MOLDE # 25					Lectura en cargas 12 golpes	MOLDE # 12						
		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Presiones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Presiones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Presiones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R		
0	0	0	0				0	0	0				0	0	0					
4	25	43.12	13.91				4	43.12	13.91				2	31.7	10.23					
6	50	54.53	17.59				5	48.82	15.75				3	37.41	12.07					
7	75	60.24	19.43				5	48.82	15.75				3	37.41	12.07					
8	100	65.95	21.27	21.27	1000	2.13	6	54.53	17.59	17.59	1000	1.76	4	43.12	13.91	13.91	1000	1.39		
10	150	77.36	24.95				6	54.53	17.59				4	43.12	13.91					
12	200	88.77	28.64	28.64	1500	1.91	7	60.24	19.43	19.43	1500	1.3	5	48.82	15.75	15.75	1500	1.05		
13	250	94.48	30.48				8	65.95	21.27				5	48.82	15.75					
15	300	105.89	34.16	34.16	1900	1.8	9	71.65	23.11	23.11	1900	1.22	6	54.53	17.59	17.59	1900	0.93		
19	400	128.72	41.52				10	77.36	24.95				6	54.53	17.59					
22	500	145.84	47.05				11	83.07	26.8				8	65.95	21.27					

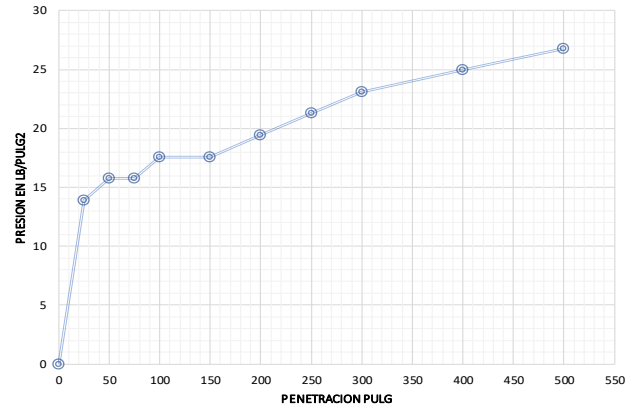
VALOR DE CBR

Energia	Valor de CBR	Densida Seca (Antes del remojo)	Densidad Seca al 95%	CBR
56	1.91	1689		
25	1.3	1513	1605	1.64
12	1.05	1405		

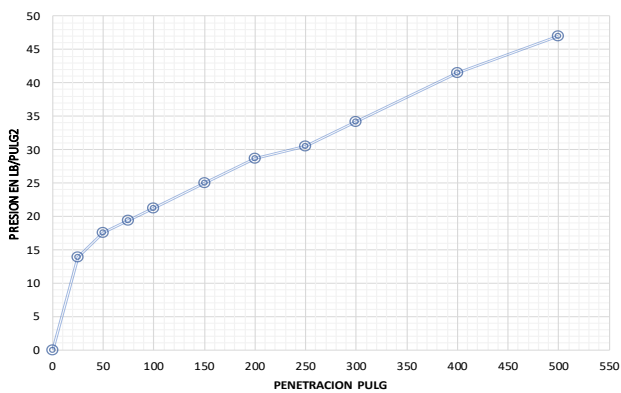
Grafica de Molde de 12 Golpes



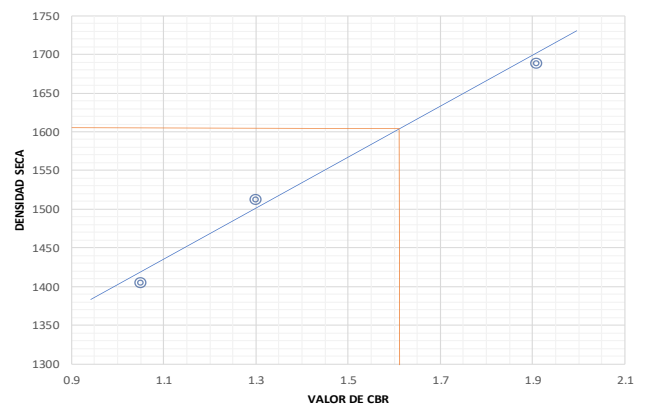
Grafica de Molde de 25 Golpes



Grafica de Molde de 56 Golpes



Grafica para obtener indice de CBR



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
ENSAYO DE CBR						
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.					
MUESTRA	2	PROFUNDIDAD				1.5 m
UBICACIÓN	SUCRE	ENSAYO				1
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA					
LABORATORISTA	MARCOS GONZALES					
MOLDE Nº						
NÚMERO DE CAPAS	5		5		5	
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	11958	12097	10569	10815	10455	10795
PESO DEL MOLDE	7124	7124	5957	5957	6263	6263
PESO MUESTRA HUMEDA	4834	4973	4612	4858	4192	4532
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2314	2357	2377	2413	2335	2367
DENSIDAD HUMEDA	2089	2110	1940	2013	1795	1915
DENSIDAD SECA	1799	1783	1661	1679	1549	1546
CONTENIDO DE AGUA (antes del remojo)						
TARRO Nº	Tarro 17	Tarro 6	Tarro S4	Tarro C4	Tarro S7	Tarro T07
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	187.04	238.31	148.6	167	123.3	136.5
PESO MUESTRA SECA + TARRO	168.7	213.6	135.1	152.1	112.3	122
PESO DEL AGUA	18.34	24.71	13.5	14.9	11	14.5
PESO DEL TARRO	53.7	62.5	52.2	65.7	43.4	30.2
PESO MUESTRA SECA	115	151.1	82.9	86.4	68.9	91.8
CONTENIDO DE HUMEDAD %	15.9	16.4	16.3	17.2	16.0	15.8
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	16.2		16.8		15.9	
CONTENIDO DE AGUA (después del remojo)						
TARRO Nº	Tarro 6	Tarro 10	Tarro 17	Tarro S4	Tarro 8	Tarro 31
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	144.94	158.36	208.04	187.36	208.5	193.74
PESO MUESTRA SECA + TARRO	132.22	141.96	182.31	165.04	178.2	164.94
PESO DEL AGUA	12.72	16.4	25.73	22.32	30.3	28.8
PESO DEL TARRO	62.57	52.86	53.69	52.2	52.64	42.97
PESO MUESTRA SECA	69.65	89.1	128.62	112.84	125.56	121.97
CONTENIDO DE HUMEDAD %	18.3	18.4	20.0	19.8	24.1	23.6
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	18.3		19.9		23.9	

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DE COMPACTACION

PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA				
MUESTRA	2	PROFUNDIDAD CALICATA	1.5 m	GOLPES POR CADA CAPA	56 golp
UBICACIÓN	SUCRE	NUMERO DE CAPAS	5	CAPA	
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA			ENSAYO	1
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES				

HORA	TIEMPO TRANCURRIDO EN DIAS	MOLDE # 56			HORA	TIEMPO TRANCURRIDO EN DIAS	MOLDE # 25			HORA	TIEMPO TRANCURRIDO EN DIAS	MOLDE # 12		
		LECTURA DEL DIAL	ALTURA DE MUESTRA	ESPONJAMIENTO			LECTURA DEL DIAL	ALTURA DE MUESTRA	ESPONJAMIENTO			LECTURA DEL DIAL	ALTURA DE MUESTRA	ESPONJAMIENTO
		PULG.	PULG.	PULG EN %			PULG.	PULG.	PULG %			PULG.	PULG.	PULG. %
	0	0	5.00	0.000		0	0	5.1	0.000		0	0	5	0.000
10AM	1	49	5.05	0.049	10AM	1	73	5.17	0.073	10AM	1	95	5.095	0.095
10AM	2	81	5.08	0.081	10AM	2	81	5.18	0.081	10AM	2	111	5.111	0.111
10AM	3	98	5.10	0.098	10AM	3	82	5.18	0.082	10AM	3	113	5.113	0.113
10AM	4	114	5.11	0.114	10AM	4	87	5.19	0.087	10AM	4	115	5.115	0.115

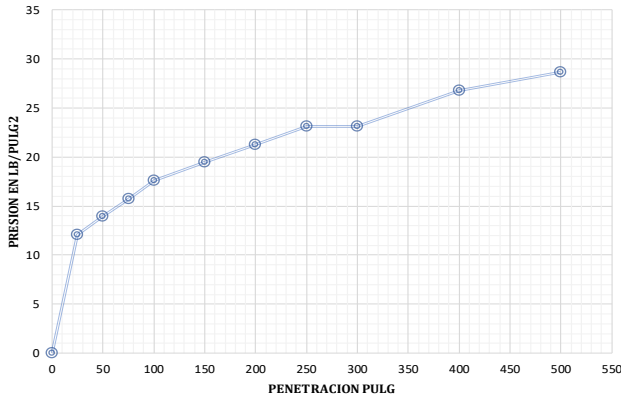
PENETRACIÓN

Lectura en cargas 56 golpes	Pnetracion Pulgadas	MOLDE # 56					Lectura en cargas 25 golpes	MOLDE # 25					Lectura en cargas 12 golpes	MOLDE # 12					
		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Presiones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Presiones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Presiones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R	
0	0	0	0				0	0	0			0	0	0					
12	25	88.77	28.64				6	54.53	17.59			3	37.41	12.07					
17	50	117.31	37.84				10	77.36	24.95			4	43.12	13.91					
22	75	145.84	47.05				12	88.77	28.64			5	48.82	15.75					
26	100	168.67	54.41	54.41	1000	5.44	15	105.89	34.16	34.16	1000	3.42	6	54.53	17.59	17.59	1000	1.76	
33	150	208.62	67.3				18	123.01	39.68			7	60.24	19.43					
39	200	242.86	78.34	78.34	1500	5.22	20	134.43	43.36	43.36	1500	2.89	8	65.95	21.27	21.27	1500	1.42	
43	250	265.69	85.71				23	151.55	48.89			9	71.65	23.11					
47	300	288.51	93.07	93.07	1900	4.9	26	168.67	54.41	54.41	1900	2.86	9	71.65	23.11	23.11	1900	1.22	
54	400	328.46	105.95				29	185.79	59.93			11	83.07	26.8					
60	500	362.7	117				32	202.91	65.45			12	88.77	28.64					

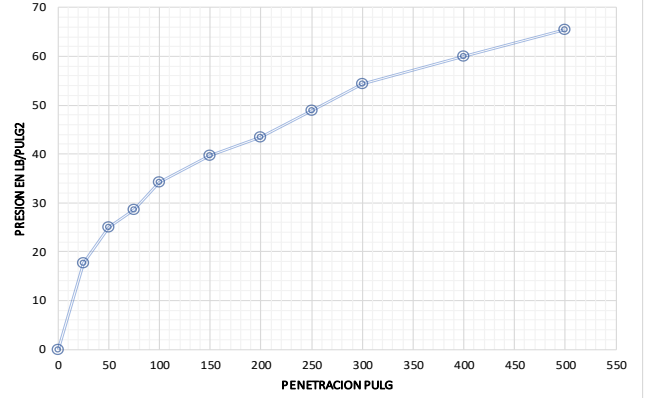
VALOR DE CBR

Energia	Valor de CBR	Densida Seca (Antes del remojo)	Densidad Seca al 95%	CBR
56	5.22	1799		
25	2.89	1661	1709	3.65
12	1.42	1549		

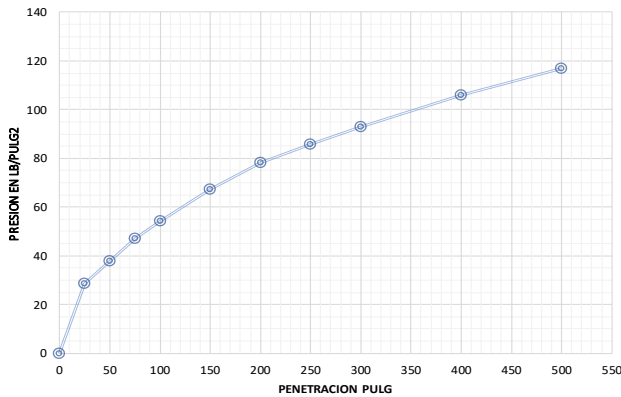
Grafica de Molde de 12 Golpes



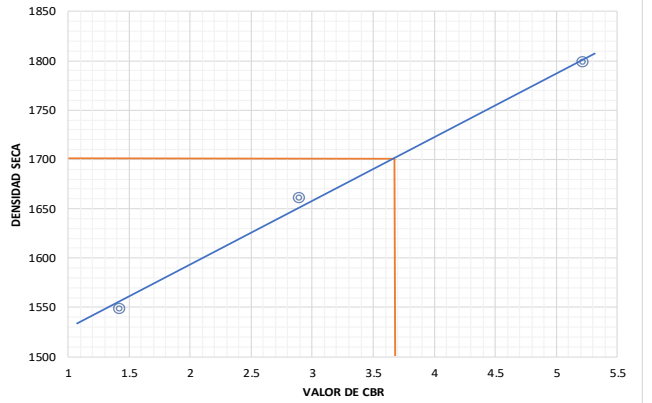
Grafica de Molde de 25 Golpes



Grafica de Molde de 56 Golpes



Grafica para obtener indice de CBR



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
ENSAYO DECBR						
PROYECTO	CORRELACION DE CBR APLICANDO EL CONO DINAMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.					
MUESTRA	3		PROFUNDIDAD	1.5 m		
UBICACIÓN	NARANCA Y		ENSAYO	1		
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA					
LABORATORISTA	MARCOS GONZALES					
MOLDE N°						
NÚMERO DE CAPAS	5		5		5	
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	10797	10888	11057	11256	11212	11533
PESO DEL MOLDE	6333	6333	6878	6878	7341	7341
PESO MUESTRA HUMEDA	4464	4555	4179	4378	3871	4192
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2343	2359	2348	2386	2324	2379
DENSIDAD HUMEDA	1905	1931	1780	1835	1666	1762
DENSIDAD SECA	1484	1495	1387	1370	1306	1287
CONTENIDO DE AGUA (antes del remojo)						
TARRO N°	Tarro 86	Tarro 44	Tarro Ei	Tarro 21	Tarro Af	Tarro Pi
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	146	201.7	228.97	254.92	145.53	224.98
PESO MUESTRA SECA + TARRO	123.33	172.15	192.88	214.4	123.57	191.4
PESO DEL AGUA	22.67	29.55	36.09	40.52	21.96	33.58
PESO DEL TARRO	44	67.1	66.4	70	43.7	69.6
PESO MUESTRA SECA	79.33	105.05	126.48	144.4	79.87	121.8
CONTENIDO DE HUMEDAD %	28.6	28.1	28.5	28.1	27.5	27.6
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	28.4		28.3		27.5	
CONTENIDO DE AGUA (después del remojo)						
TARRO N°	Tarro S10	Tarro 11	Tarro 13	Tarro D3	Tarro 2N	Tarro 25
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	177.83	126.3	158.61	197.66	206.23	179.71
PESO MUESTRA SECA + TARRO	152.24	107.75	131.87	164.46	167.99	149.87
PESO DEL AGUA	25.59	18.55	26.74	33.2	38.24	29.84
PESO DEL TARRO	64.66	44.19	52.95	66.78	65.28	68.22
PESO MUESTRA SECA	87.58	63.56	78.92	97.68	102.71	81.65
CONTENIDO DE HUMEDAD %	29.2	29.2	33.9	34.0	37.2	36.5
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	29.2		33.9		36.9	

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL				
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN				
ENSAYO DE COMPACTACION				
CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA				
PROYECTO	3			
MUESTRA	NARANCA Y		PROFUNDIDAD CALICATA	1.5 m
UBICACIÓN	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA		NUMERO DE CAPAS	5
REALIZADO	Ing: MARCOS GONZALES			ENSAYO
LABORATORISTA	1			

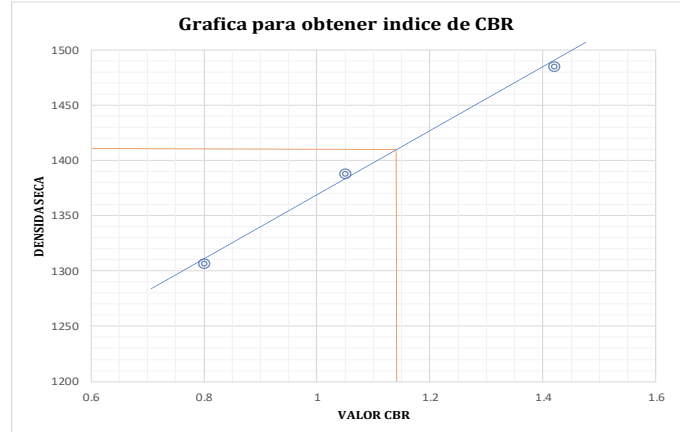
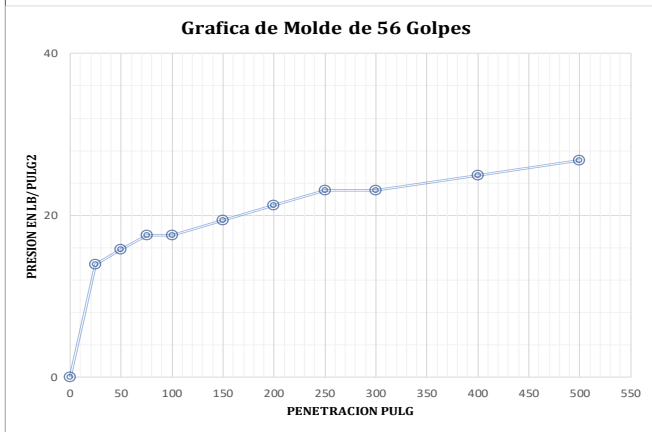
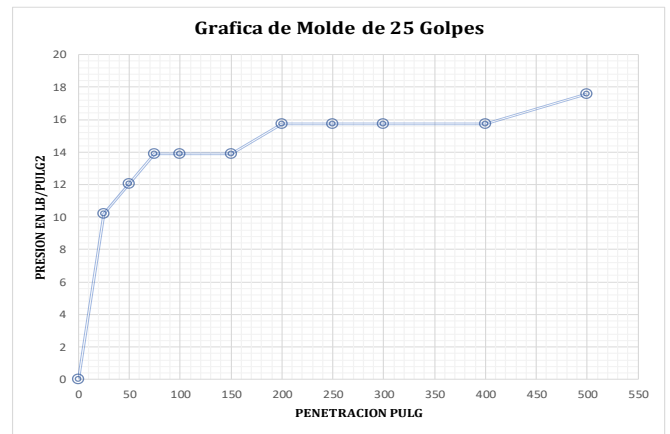
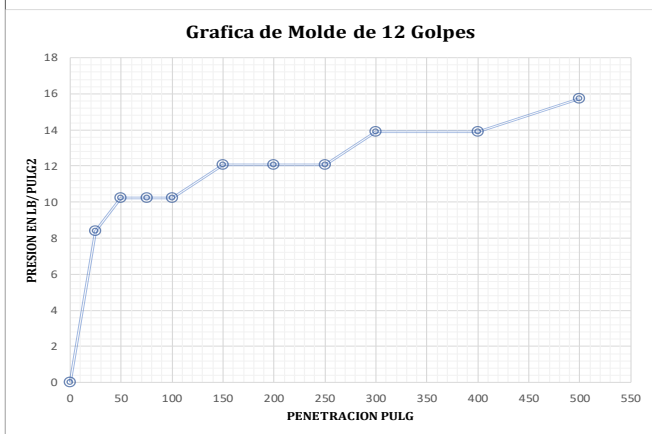
HORA	TIEMPO TRANCURRIDO EN DIAS	MOLDE # 56			HORA	TIEMPO TRANCURRIDO EN DIAS	MOLDE # 25			HORA	TIEMPO TRANCURRIDO EN DIAS	MOLDE # 12		
		LECTURA DEL DIAL	ALTURA DE MUESTRA	ESPONJAMIENTO			LECTURA DEL DIAL	ALTURA DE MUESTRA	ESPONJAMIENTO			LECTURA DEL DIAL	ALTURA DE MUESTRA	ESPONJAMIENTO
	0	0	5.10	0.000		0	0	5.1	0.000		0	0	5.1	0.000
10AM	1	20	5.12	0.020	10AM	1	42	5.14	0.042	10AM	1	39	5.139	0.039
10AM	2	25	5.13	0.025	10AM	2	55	5.16	0.055	10AM	2	50	5.150	0.050
10AM	3	35	5.14	0.035	10AM	3	77	5.18	0.077	10AM	3	59	5.159	0.059
10AM	4	39	5.14	0.039	10AM	4	81	5.18	0.081	10AM	4	62	5.162	0.062

PENETRACION

Lectura en cargas 56 golpes	Pnetracion Pulgadas	MOLDE # 56					Lectura en cargas 25 golpes	MOLDE # 25					Lectura en cargas 12 golpes	MOLDE # 12				
		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Presiones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Presiones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Presiones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R
0	0	0	0				0	0	0				0	0	0			
4	25	43.12	13.91				2	31.7	10.23				1	26	8.39			
5	50	48.82	15.75				3	37.41	12.07				2	31.7	10.23			
6	75	54.53	17.59				4	43.12	13.91				2	31.7	10.23			
6	100	54.53	17.59	17.59	1000	1.76	4	43.12	13.91	13.91	1000	1.39	2	31.7	10.23	10.23	1000	1.02
7	150	60.24	19.43				4	43.12	13.91				3	37.41	12.07			
8	200	65.95	21.27	21.27	1500	1.42	5	48.82	15.75	15.75	1500	1.05	3	37.41	12.07	12.07	1500	0.8
9	250	71.65	23.11				5	48.82	15.75				3	37.41	12.07			
9	300	71.65	23.11	23.11	1900	1.22	5	48.82	15.75	15.75	1900	0.83	4	43.12	13.91	13.91	1900	0.73
10	400	77.36	24.95				5	48.82	15.75				4	43.12	13.91			
11	500	83.07	26.8				6	54.53	17.59				5	48.82	15.75			

VALOR DE CBR

Energia	Valor de CBR	Densida Seca (Antes del remojo)	Densidad Seca al 95%	CBR
56	1.42	1484		
25	1.05	1387	1410	1.15
12	0.8	1306		



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
ENSAYO DECBR						
PROYECTO	CORRELACION DE CBR APLICANDO EL CONO DINAMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.					
MUESTRA	4	PROFUNDIDAD				1.5 m
UBICACIÓN	TOTORACOA	ENSAYO				1
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA					
LABORATORISTA	MARCOS GONZALES					
MOLDE Nº						
NÚMERO DE CAPAS	5		5		5	
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	11977	12112	11824	12004	10584	10815
PESO DEL MOLDE	6886	6886	6922	6922	5943	5943
PESO MUESTRA HUMEDA	5091	5226	4902	5082	4641	4872
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2349	2365	2327	2360	2324	2324
DENSIDAD HUMEDA	2167	2210	2107	2153	1997	2096
DENSIDAD SECA	1893	1930	1842	1847	1746	1781
CONTENIDO DE AGUA (antes del remojo)						
TARRO Nº	Tarro AF	Tarro Pi	Tarro 86	Tarro 20	Tarro E1	Tarro 21
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	118	152.9	132.6	156.1	146.1	173.1
PESO MUESTRA SECA + TARRO	108.6	142.4	121.5	144.9	136.1	160.1
PESO DEL AGUA	9.4	10.5	11.1	11.2	10	13
PESO DEL TARRO	43.7	69.6	44	67.1	66.4	70
PESO MUESTRA SECA	64.9	72.8	77.5	77.8	69.7	90.1
CONTENIDO DE HUMEDAD %	14.5	14.4	14.3	14.4	14.3	14.4
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	14.5		14.4		14.4	
CONTENIDO DE AGUA (después del remojo)						
TARRO Nº	Tarro Z	Tarro 3N	Tarro T07	Tarro T11	Tarro A9	Tarro 3
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	99.51	132.13	90.65	96.62	136.52	137.76
PESO MUESTRA SECA + TARRO	93.69	123.25	82	87.97	126.12	126.85
PESO DEL AGUA	5.82	8.88	8.65	8.65	10.4	10.91
PESO DEL TARRO	52.28	63.7	30.15	35.4	67.68	64.7
PESO MUESTRA SECA	41.41	59.55	51.85	52.57	58.44	62.15
CONTENIDO DE HUMEDAD %	14.1	14.9	16.7	16.5	17.8	17.6
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	14.5		16.6		17.7	

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DE COMPACTACION
 CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE
 SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA

PROYECTO 4

MUESTRA 4 **PROFUNDIDAD CALICATA** 1.5 m **GOLPES POR CADA CAPA** 56 golp

UBICACIÓN TOTORACOCHA **NUMERO DE CAPAS** 5

REALIZADO NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA **ENSAYO** 1

LABORATORISTA Ing: MARCOS GONZALES

HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO EN DIAS	MOLDE # 56			HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO EN DIAS	MOLDE # 25			HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO EN DIAS	MOLDE # 12		
		LECTURA DEL DIAL PULG.	ALTURA DE MUESTRA PULG.	ESPONJAMIENTO PULG EN %			LECTURA DEL DIAL PULG.	ALTURA DE MUESTRA PULG.	ESPONJAMIENTO PULG %			LECTURA DEL DIAL PULG.	ALTURA DE MUESTRA PULG.	ESPONJAMIENTO PULG. %
	0	0	5.10	0.000		0	5.102	0.000		0	5.102	0.000		
10AM	1	4	5.10	0.004	10AM	1	5.102	0.002	10AM	1	5.000	0.000		
10AM	2	10	5.11	0.010	10AM	2	5.106	0.006	10AM	2	5.000	0.000		
10AM	3	15	5.12	0.015	10AM	3	5.107	0.007	10AM	3	5.000	0.000		
10AM	4	23	5.12	0.023	10AM	4	5.110	0.010	10AM	4	5.000	0.000		

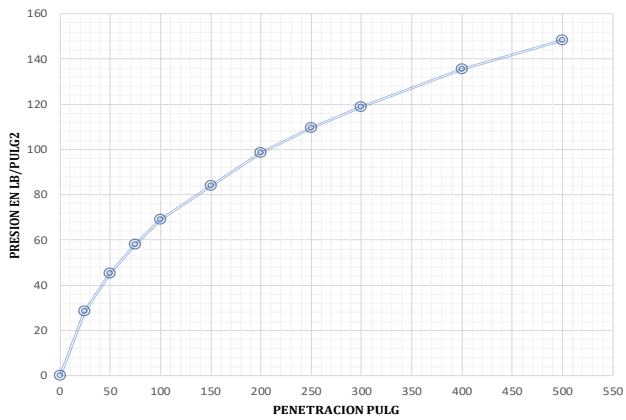
PENETRACIÓN

Lectura en cargas 56 golpes	Penetracion Pulgadas	MOLDE # 56					Lectura en cargas 25 golpes	MOLDE # 25					Lectura en cargas 12 golpes	MOLDE # 12				
		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Preciones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Preciones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Preciones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R
0	0	0	0				0	0	0				0	0	0			
15	25	105.89	34.16				12	88.77	28.64				12	88.77	28.64			
30	50	191.5	61.77				24	157.26	50.73				21	140.13	45.2			
45	75	277.1	89.39				36	225.74	72.82				28	180.08	58.09			
57	100	345.58	111.48	111.5	1000	11.15	47	288.51	93.07	93.07	1000	9.31	34	214.32	69.14	69.14	1000	6.91
77	150	459.72	148.3				64	385.53	124.36				42	259.98	83.86			
90	200	533.91	172.23	172.2	1500	11.48	77	459.72	148.3	148.3	1500	9.89	50	305.64	98.59	98.59	1500	6.57
104	250	613.81	198				87	516.79	166.71				56	339.88	109.64			
114	300	670.88	216.41	216.4	1900	11.39	96	568.15	183.27	183.27	1900	9.65	61	368.41	118.84	118.84	1900	6.25
132	400	773.6	249.55				112	659.46	212.73				70	419.77	135.41			
146	500	853.5	275.32				127	745.07	240.35				77	459.72	148.3			

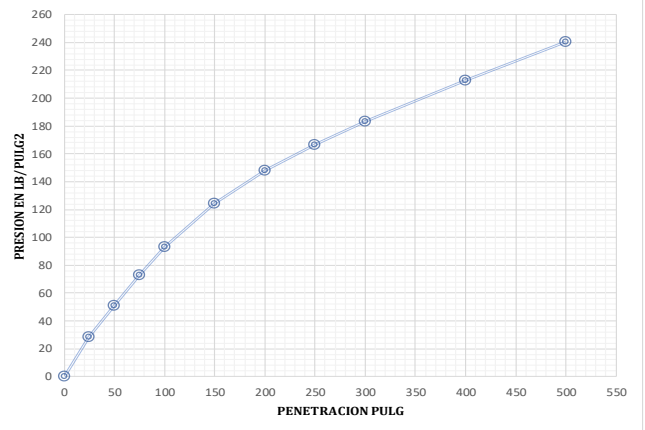
VALOR DE CBR

Energia	Valor de CBR	Densida Seca (Antes del remojo)	Densidad Seca al 95%	CBR
56	11.48	1893		
25	9.89	1842	1798	8.3
12	6.57	1745		

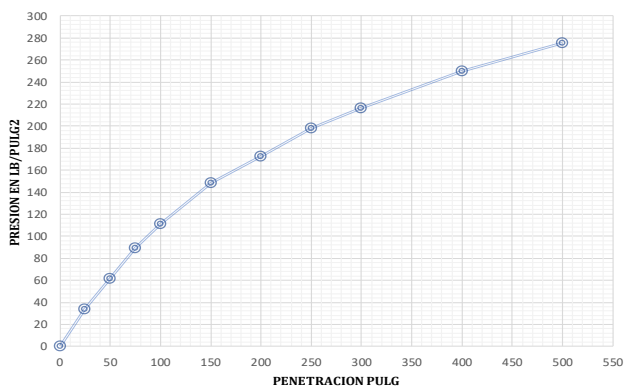
Gráfica de Molde de 12 Golpes



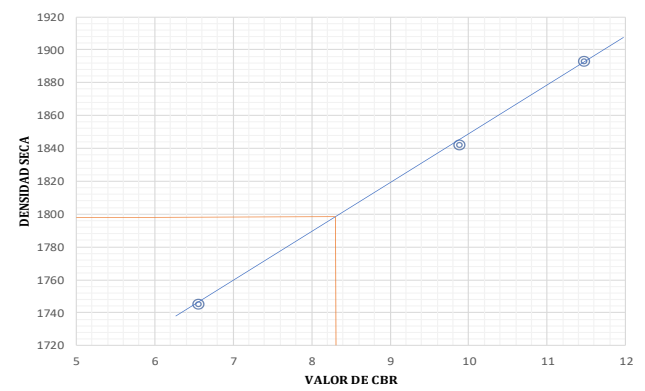
Gráfica de Molde de 25 Golpes



Gráfica de Molde de 56 Golpes



Gráfica para obtener el indice de CBR



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
ENSAYO DECBR						
PROYECTO	CORRELACION DE CBR APLICANDO EL CONO DINAMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.					
MUESTRA	5	PROFUNDIDAD			1.5 m	
UBICACIÓN	EL VECINO	ENSAYO			1	
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA					
LABORATORISTA	MARCOS GONZALES					
MOLDE Nº						
NÚMERO DE CAPAS	5		5		5	
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	11848	11973	11202	11339	10568	10829
PESO DEL MOLDE	6883	6883	6374	6374	6258	6258
PESO MUESTRA HUMEDA	4965	5090	4828	4965	4310	4571
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2349	2378	2356	2347	2280	2329
DENSIDAD HUMEDA	2114	2140	2049	2115	1890	1963
DENSIDAD SECA	1860	1885	1793	1836	1659	1658
CONTENIDO DE AGUA (antes del remojo)						
TARRO Nº	Tarro 1H	Tarro S9	Tarro D7	Tarro 1N	Tarro 21	Tarro X
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	174.65	133.71	126.14	135.2	148.35	136.68
PESO MUESTRA SECA + TARRO	160.16	122.73	115.95	124.84	136.52	125.4
PESO DEL AGUA	14.49	10.98	10.19	10.36	11.83	11.28
PESO DEL TARRO	52.68	43.23	44.09	52.88	52.31	43.8
PESO MUESTRA SECA	107.48	79.5	71.86	71.96	84.21	81.6
CONTENIDO DE HUMEDAD %	13.5	13.8	14.2	14.4	14.0	13.8
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	13.6		14.3		13.9	
CONTENIDO DE AGUA (después del remojo)						
TARRO Nº	Tarro T04	Tarro S9	Tarro 5	Tarro T4	Tarro T2	Tarro T3
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	116.93	116.12	137.71	146.22	165.14	143.07
PESO MUESTRA SECA + TARRO	105.69	108.22	125.34	132.66	144.75	126.67
PESO DEL AGUA	11.24	7.9	12.37	13.56	20.39	16.4
PESO DEL TARRO	29.22	44.37	43.24	44.08	35.73	35.85
PESO MUESTRA SECA	76.47	63.85	82.1	88.58	109.02	90.82
CONTENIDO DE HUMEDAD %	14.7	12.4	15.1	15.3	18.7	18.1
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	13.5		15.2		18.4	

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DE COMPACTACION

PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA					
MUESTRA	5		PROFUNDIDAD CALICATA	1.5 m	GOLPES POR CADA CAPA	56 golp
UBICACIÓN	EL VECINO		NUMERO DE CAPAS	5	CAPA	
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA			ENSAYO	1	
LABORATORISTA	Ing. MARCOS GONZALES					

HORA	TIEMPO TRANCURRIDO EN DIAS	MOLDE # 56			HORA	TIEMPO TRANCURRIDO EN DIAS	MOLDE # 25			HORA	TIEMPO TRANCURRIDO EN DIAS	MOLDE # 12		
		LECTURA DEL DIAL	ALTURA DE MUESTRA	ESPONJAMIENTO			LECTURA DEL DIAL	ALTURA DE MUESTRA	ESPONJAMIENTO			LECTURA DEL DIAL	ALTURA DE MUESTRA	ESPONJAMIENTO
		PULG.	PULG.	PULG EN %			PULG.	PULG.	PULG %			PULG.	PULG.	PULG. %
	0	0	5.09	0.00		0	5.000	0.000	0.000		0	0	5.000	0.000
10AM	1	45	5.14	0.045	10AM	1	36	5.036	0.036	10AM	1	51	5.051	0.051
10AM	2	60	5.15	0.060	10AM	2	56	5.056	0.056	10AM	2	57	5.057	0.057
10AM	3	65	5.16	0.065	10AM	3	58	5.058	0.058	10AM	3	59	5.059	0.059
10AM	4	70	5.16	0.070	10AM	4	60	5.060	0.060	10AM	4	60	5.060	0.060

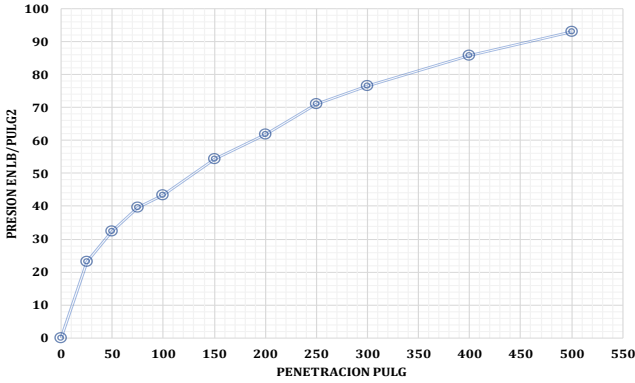
PENETRACIÓN

Lectura en cargas 56 golpes	Pnetracion Pulgadas	MOLDE # 56					Lectura en cargas 25 golpes	MOLDE # 25					Lectura en cargas 12 golpes	MOLDE # 12					
		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Preciones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Preciones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Preciones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R	
0	0	0	0				0	0	0			0	0	0					
17	25	117.31	37.84				15	105.89	34.16			9	71.65	23.11					
30	50	191.5	61.77				24	157.26	50.73			14	100.19	32.32					
41	75	254.27	82.02				34	214.32	69.14			18	123.01	39.68					
50	100	305.64	98.59	98.59	1000	9.86	41	254.27	82.02	82.02	1000	8.2	20	134.43	43.36	43.36	1000	4.34	
66	150	396.95	128.05				55	334.17	107.8			26	168.67	54.41					
80	200	476.84	153.82	153.8	1500	10.25	61	368.41	118.84	118.84	1500	7.92	30	191.5	61.77	61.77	1500	4.12	
92	250	545.32	175.91				79	471.14	151.98			35	220.03	70.98					
103	300	608.1	196.16	196.2	1900	10.32	87	516.79	166.71	166.71	1900	8.77	38	237.15	76.5	76.5	1900	4.03	
121	400	710.82	229.3				101	596.69	192.48			43	265.69	85.71					
136	500	796.43	256.91				112	659.46	212.73			47	288.51	93.07					

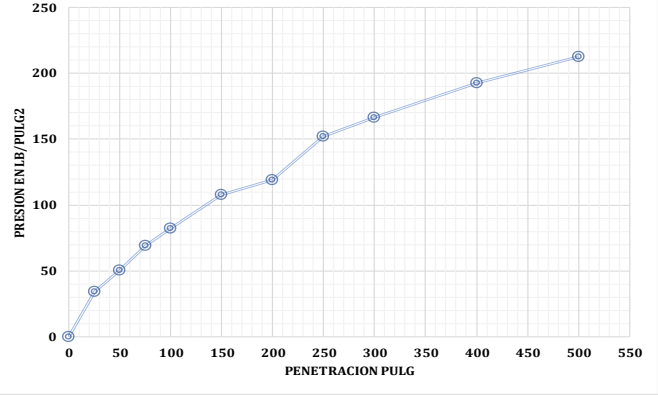
VALOR DE CBR

Energia	Valor de CBR	Densida Seca (Antes del remojo)	Densidad Seca al 95%	CBR
56	10.25	1860		
25	7.92	1793	1767	7.2
12	4.12	1659		

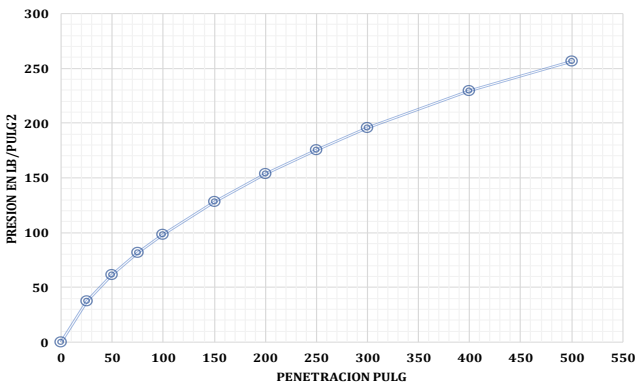
Grafica de Molde de 12 Golpes



Grafica de Molde de 25 Golpes



Grafica de Molde de 56 Golpes



Grafica para obtener indice de CBR



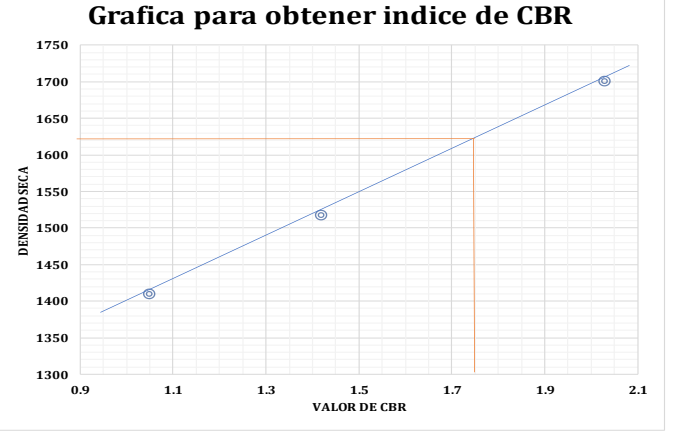
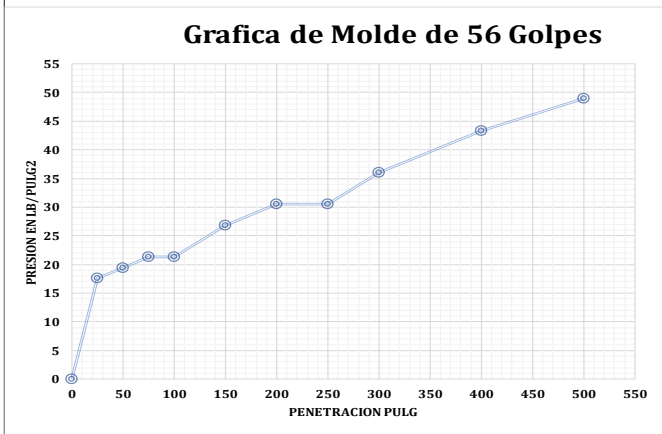
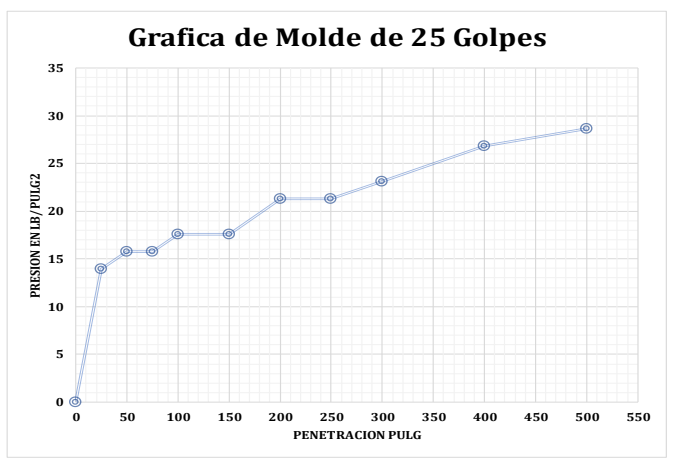
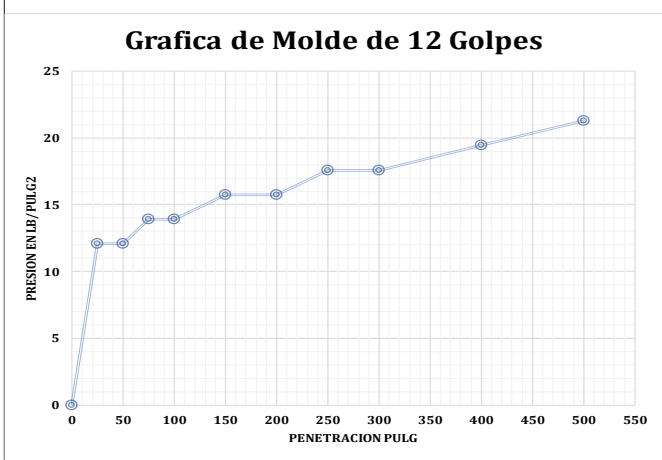
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
ENSAYO DECBR						
PROYECTO	CORRELACION DE CBR APLICANDO EL CONO DINAMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.					
MUESTRA	1	PROFUNDIDAD				1.5 m
UBICACIÓN	SAN SEBASTIAN	ENSAYO				2
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA					
LABORATORISTA	MARCOS GONZALES					
MOLDE Nº						
NÚMERO DE CAPAS	5		5		5	
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	11606	11980	10469	10990	9966	10675
PESO DEL MOLDE	7120	7120	6373	6373	6258	6258
PESO MUESTRA HUMEDA	4486	4860	4096	4617	3708	4417
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2277	2446	2334	2533	2270	2480
DENSIDAD HUMEDA	1970	1987	1755	1823	1633	1781
DENSIDAD SECA	1701	1678	1518	1383	1410	1335
CONTENIDO DE AGUA (antes del remojo)						
TARRO Nº	Tarro 13	Tarro 420	Tarro 2N	Tarro 1N	Tarro 3N	Tarro 13N
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	125.41	155.47	160.25	158.63	140.58	150.36
PESO MUESTRA SECA + TARRO	114.23	141.39	147.49	144.23	130.13	138.65
PESO DEL AGUA	11.18	14.08	12.76	14.4	10.45	11.71
PESO DEL TARRO	43.04	52.94	65.2	52.9	63.7	64.8
PESO MUESTRA SECA	71.19	88.45	82.29	91.33	66.43	73.85
CONTENIDO DE HUMEDAD %	15.7	15.9	15.5	15.8	15.7	15.9
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	15.8		15.6		15.8	
CONTENIDO DE AGUA (despues del remojo)						
TARRO Nº	Tarro 1H	Tarro S6	Tarro D7	Tarro X	Tarro 2Y	Tarro S1
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	168.45	195.02	175.51	184.32	133.5	155.01
PESO MUESTRA SECA + TARRO	150.21	171.7	143.15	151.07	113.3	127.05
PESO DEL AGUA	18.24	23.32	32.36	33.25	20.2	27.96
PESO DEL TARRO	52.68	43.23	44.09	43.8	52.38	43.97
PESO MUESTRA SECA	97.53	128.47	99.06	107.27	60.92	83.08
CONTENIDO DE HUMEDAD %	18.7	18.2	32.7	31.0	33.2	33.7
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	18.4		31.8		33.4	

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL				
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN				
ENSAYO DE COMPACTACION				
CORRELACION DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA				
PROYECTO	1			
MUESTRA	SAN SEBASTIAN		PROFUNDIDAD CALICATA	1.5 m
UBICACIÓN	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA		NUMERO DE CAPAS	5
REALIZADO	Ing: MARCOS GONZALES			GOLPES POR CADA CAPA
LABORATORISTA	ENSAYO			56 golp

HORA	TIEMPO TRANCURRIDO EN DIAS	MOLDE # 56			HORA	TIEMPO TRANCURRIDO EN DIAS	MOLDE # 25			HORA	TIEMPO TRANCURRIDO EN DIAS	MOLDE #12		
		LECTURA DEL DIAL PULG.	ALTURA DE MUESTRA PULG.	ESPONJAMIENTO PULG EN %			LECTURA DEL DIAL PULG.	ALTURA DE MUESTRA PULG.	ESPONJAMIENTO PULG %			LECTURA DEL DIAL PULG.	ALTURA DE MUESTRA PULG.	ESPONJAMIENTO PULG. %
	0	0	5.00	0.000		0	0	5	0.00		0	0	5	0.000
10AM	1	150	5.15	0.150	10AM	1	225	5.23	0.225	10AM	1	360	5.360	0.360
10AM	2	225	5.23	0.225	10AM	2	315	5.32	0.315	10AM	2	395	5.395	0.395
10AM	3	263	5.26	0.263	10AM	3	370	5.37	0.370	10AM	3	400	5.400	0.400
10AM	4	309	5.31	0.309	10AM	4	491	5.49	0.491	10AM	4	402	5.402	0.402

Lectura en cargas 56 golpes	Pnetracion Pulgadas	MOLDE # 56					Lectura en cargas 25 golpes	MOLDE # 25					Lectura en cargas 12 golpes	MOLDE # 12				
		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Preciones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Preciones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Preciones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R
0	0	0	0				0	0	0				0	0	0			
6	25	54.53	17.59				4	43.12	13.91				3	37.41	12.07			
7	50	60.24	19.43				5	48.82	15.75				3	37.41	12.07			
8	75	65.95	21.27				5	48.82	15.75				4	43.12	13.91			
8	100	65.95	21.27	21.27	1000	2.13	6	54.53	17.59	17.59	1000	1.76	4	43.12	13.91	13.91	1000	1.39
11	150	83.07	26.8				6	54.53	17.59				5	48.82	15.75			
13	200	94.48	30.48	30.48	1500	2.03	8	65.95	21.27	21.27	1500	1.42	5	48.82	15.75	15.75	1500	1.05
13	250	94.48	30.48				8	65.95	21.27				6	54.53	17.59			
16	300	111.6	36	36	1900	1.89	9	71.65	23.11	23.11	1900	1.22	6	54.53	17.59	17.59	1900	0.93
20	400	134.43	43.36				11	83.07	26.8				7	60.24	19.43			
23	500	151.55	48.89				12	88.77	28.64				8	65.95	21.27			

VALOR DE CBR				
Energia	Valor de CBR	Densida Seca (Antes del remojo)	Densidad Seca al 95%	CBR
56	2.03	1701	1616	1.75
25	1.42	1518		
12	1.05	1410		



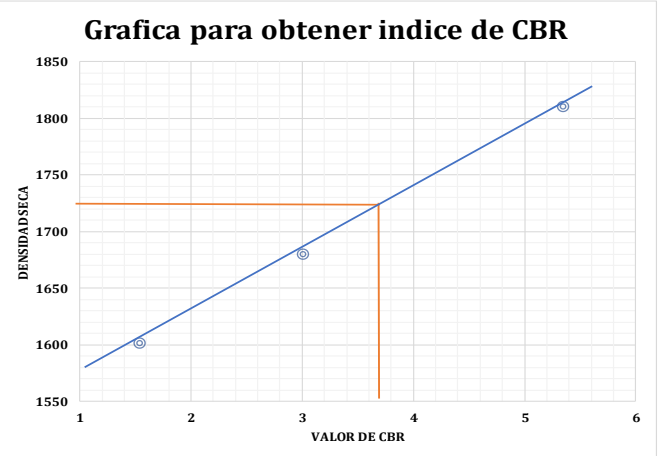
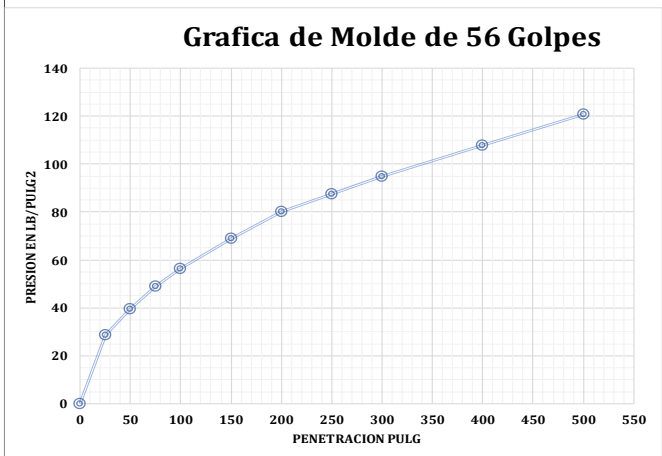
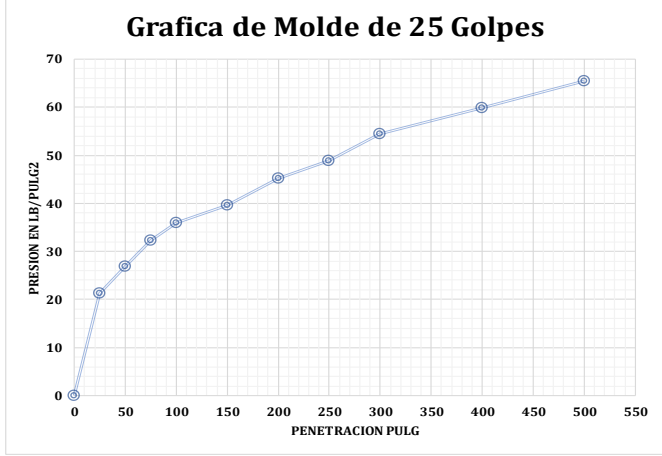
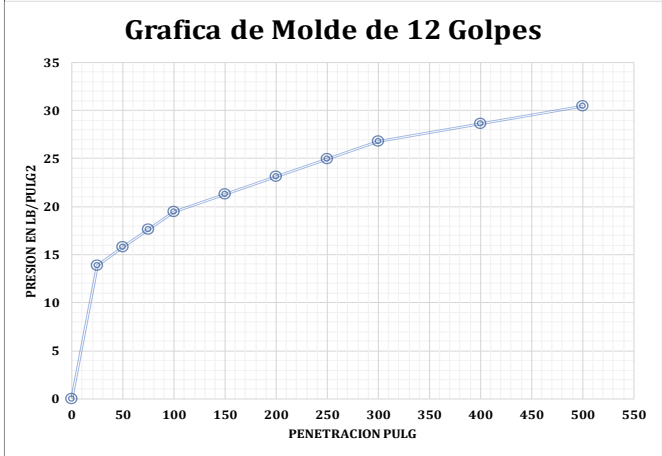
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
ENSAYO DECBR						
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.					
MUESTRA	2		PROFUNDIDAD		1.5 m	
UBICACIÓN	SUCRE		ENSAYO		2	
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA					
LABORATORISTA	MARCOS GONZALES					
MOLDE Nº						
NÚMERO DE CAPAS	5		5		5	
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	11210	11290	10862	10955	10585	10900
PESO DEL MOLDE	6333	6333	6324	6324	6258	6258
PESO MUESTRA HUMEDA	4877	4957	4538	4631	4327	4642
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2343	2353	2341	2401	2280	2347
DENSIDAD HUMEDA	2082	2107	1938	1929	1898	1978
DENSIDAD SECA	1810	1791	1680	1623	1642	1633
CONTENIDO DE AGUA (antes del remojo)						
TARRO Nº	Tarro 86	Tarro E1	Tarro L3	Tarro PI	Tarro 3	Tarro A6
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	170.23	155.65	178.25	149.23	168.21	182.32
PESO MUESTRA SECA + TARRO	153.75	143.98	161.45	138.75	154.35	167.04
PESO DEL AGUA	16.48	11.67	16.8	10.48	13.86	15.28
PESO DEL TARRO	44	66.4	53.06	69.6	64.7	69.73
PESO MUESTRA SECA	109.75	77.58	108.39	69.15	89.65	97.31
CONTENIDO DE HUMEDAD %	15.0	15.0	15.5	15.2	15.5	15.7
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	15.0		15.3		15.6	
CONTENIDO DE AGUA (después del remojo)						
TARRO Nº	Tarro 5	Tarro A1	Tarro C4	Tarro 17	Tarro T03	Tarro T10
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	148.96	174.32	210.35	197.65	198.56	195.65
PESO MUESTRA SECA + TARRO	132.98	156.32	187.52	173	170.65	165.37
PESO DEL AGUA	15.98	18	22.83	24.65	27.91	30.28
PESO DEL TARRO	43.22	53.04	65.7	42.99	35.85	25.04
PESO MUESTRA SECA	89.76	103.28	121.82	130.01	134.8	140.33
CONTENIDO DE HUMEDAD %	17.8	17.4	18.7	19.0	20.7	21.6
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	17.6		18.9		21.1	

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
ENSAYO DE COMPACTACION						
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA					
MUESTRA	2		PROFUNDIDAD CALICATA	1.5 m	GOLPES POR CADA	56 golp
UBICACIÓN	SUCRE		NUMERO DE CAPAS	5	CAPA	
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA			ENSAYO	2	
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES					

HORA	TIEMPO TRANCURRIDO EN DIAS	MOLDE # 56			HORA	TIEMPO TRANCURRIDO EN DIAS	MOLDE # 25			HORA	TIEMPO TRANCURRIDO EN DIAS	MOLDE #12		
		LECTURA DEL DIAL	ALTURA DE MUESTRA	ESPONJAMIENTO			LECTURA DEL DIAL	ALTURA DE MUESTRA	ESPONJAMIENTO			LECTURA DEL DIAL	ALTURA DE MUESTRA	ESPONJAMIENTO
		PULG.	PULG.	PULG EN %			PULG.	PULG.	PULG %			PULG.	PULG.	PULG. %
	0	0	5.00	0.000		0	0	5.1	0.000		0	0	5	0.000
10AM	1	45	5.05	0.049	10AM	1	72	5.17	0.073	10AM	1	95	5.095	0.095
10AM	2	79	5.08	0.081	10AM	2	80	5.18	0.081	10AM	2	110	5.111	0.111
10AM	3	95	5.10	0.098	10AM	3	84	5.18	0.082	10AM	3	112	5.113	0.113
10AM	4	110	5.11	0.114	10AM	4	86	5.19	0.087	10AM	4	113	5.115	0.115

Lectura en cargas 56 golpes	Pnetracion Pulgadas	MOLDE # 56					Lectura en cargas 25 golpes	MOLDE # 25					Lectura en cargas 12 golpes	MOLDE # 12					
		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Presiones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Presiones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Presiones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R	
0	0	0	0				0	0	0			0	0	0					
12	25	88.77	28.64				8	65.95	21.27			4	43.12	13.91					
18	50	123.01	39.68				11	83.07	26.8			5	48.82	15.75					
23	75	151.55	48.89				14	100.19	32.32			6	54.53	17.59					
27	100	174.38	56.25	56.25	1000	5.63	16	111.6	36	36	1000	3.6	7	60.24	19.43	19.43	1000	1.94	
34	150	214.32	69.14				18	123.01	39.68			8	65.95	21.27					
40	200	248.57	80.18	80.18	1500	5.35	21	140.13	45.2	45.2	1500	3.01	9	71.65	23.11	23.11	1500	1.54	
44	250	271.39	87.55				23	151.55	48.89			10	77.36	24.95					
48	300	294.22	94.91	94.91	1900	5	26	168.67	54.41	54.41	1900	2.86	11	83.07	26.8	26.8	1900	1.41	
55	400	334.17	107.8				29	185.79	59.93			12	88.77	28.64					
62	500	374.12	120.68				32	202.91	65.45			13	94.48	30.48					

VALOR DE CBR				
Energia	Valor de CBR	Densida Seca (Antes del remojo)	Densidad Seca al 95%	CBR
56	5.35	1810	1720	3.7
25	3.01	1680		
12	1.54	1601		



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
ENSAYO DECBR						
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINAMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.					
MUESTRA	3	PROFUNDIDAD			1.5 m	
UBICACIÓN	NARANCA Y	ENSAYO			2	
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA					
LABORATORISTA	MARCOS GONZALES					
MOLDE N°						
NÚMERO DE CAPAS	5		5		5	
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	11265	11365	11065	11235	9797	10080
PESO DEL MOLDE	6886	6886	6922	6922	5943	5943
PESO MUESTRA HUMEDA	4379	4479	4143	4313	3854	4137
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2349	2344	2327	2353	2324	2379
DENSIDAD HUMEDA	1864	1911	1780	1833	1658	1739
DENSIDAD SECA	1468	1480	1395	1372	1296	1278
CONTENIDO DE AGUA (antes del remojo)						
TARRO N°	Tarro 10	Tarro 6	Tarro S7	Tarro 31	Tarro A1	Tarro S4
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	139.21	120.13	154.63	145.69	160.12	114.65
PESO MUESTRA SECA + TARRO	120.82	108.99	130.65	123.45	136.85	100.98
PESO DEL AGUA	18.39	11.14	23.98	22.24	23.27	13.67
PESO DEL TARRO	52.8	67.6	43.42	42.98	53	52.2
PESO MUESTRA SECA	68.02	41.39	87.23	80.47	83.85	48.78
CONTENIDO DE HUMEDAD %	27.0	26.9	27.5	27.6	27.8	28.0
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	27.0		27.6		27.9	
CONTENIDO DE AGUA (después del remojo)						
TARRO N°	Tarro T07	Tarro 17	Tarro 9A	Tarro A1	Tarro L3	Tarro S1
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	170.83	136.23	160.23	185.31	182.03	185.79
PESO MUESTRA SECA + TARRO	138.57	117.98	133.27	151.85	146.33	149.87
PESO DEL AGUA	32.26	18.25	26.96	33.46	35.7	35.92
PESO DEL TARRO	30.2	53.7	52.2	53	53	43.9
PESO MUESTRA SECA	108.37	64.28	81.07	98.85	93.33	105.97
CONTENIDO DE HUMEDAD %	29.8	28.4	33.3	33.8	38.3	33.9
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	29.1		33.6		36.1	

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
ENSAYO DE COMPACTACION						
CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA						
PROYECTO						
MUESTRA	3		PROFUNDIDAD CALICATA	1.5 m	GOLPES POR CADA CAPA	56 golp
UBICACIÓN	NARANCAY		NUMERO DE CAPAS	5	CAPA	
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA			ENSAYO	2	
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES					

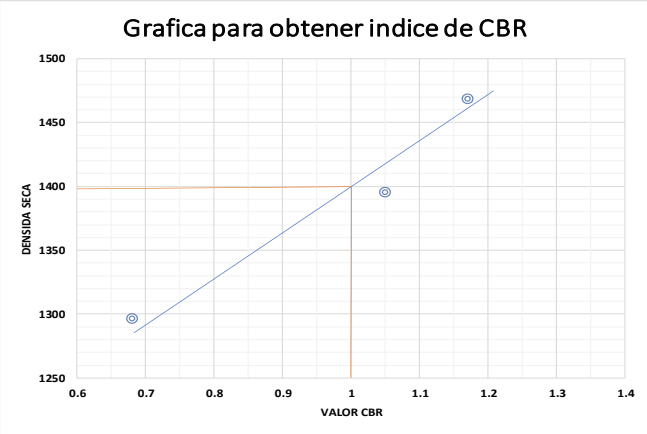
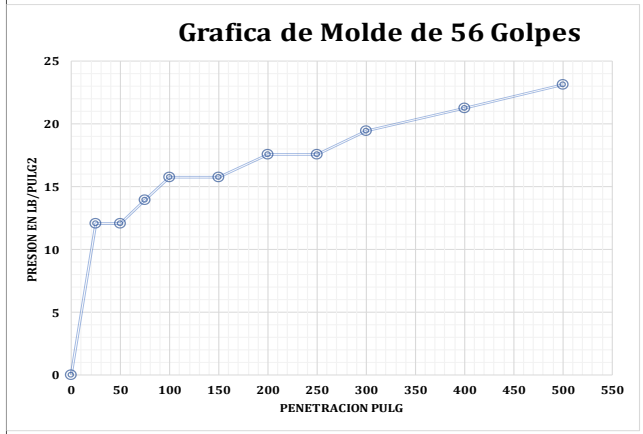
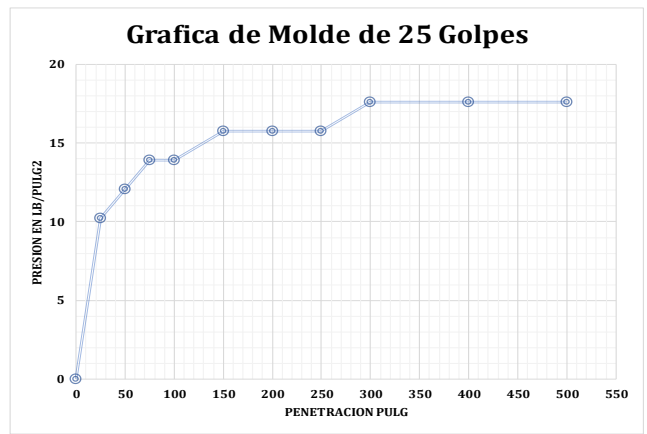
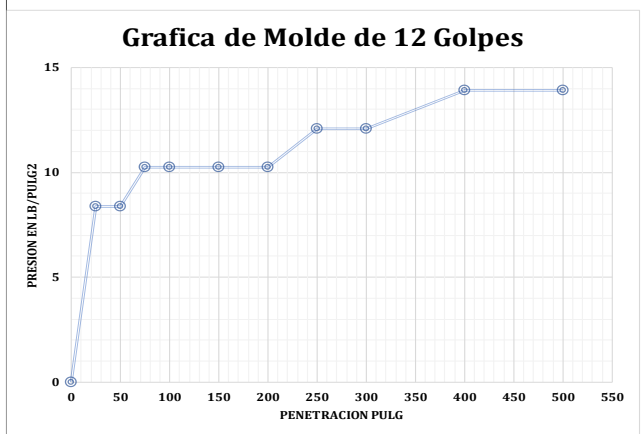
HORA	TIEMPO TRANCURRIDO EN DIAS	MOLDE # 56			HORA	TIEMPO TRANCURRIDO EN DIAS	MOLDE # 25			HORA	TIEMPO TRANCURRIDO EN DIAS	MOLDE # 12		
		LECTURA DEL DIAL PULG.	ALTURADE MUESTRA PULG.	ESPONJAMIENTO PULG EN %			LECTURA DEL DIAL PULG.	ALTURADE MUESTRA PULG.	ESPONJAMIENTO PULG %			LECTURA DEL DIAL PULG.	ALTURADE MUESTRA PULG.	ESPONJAMIENTO PULG %
	0	0	5.10	0.000		0	0	5.1	0.000		0	0	5.1	0.000
10AM	1	21	5.12	0.021	10AM	1	41	5.14	0.041	10AM	1	40	5.140	0.040
10AM	2	26	5.13	0.026	10AM	2	53	5.15	0.053	10AM	2	50	5.150	0.050
10AM	3	37	5.14	0.037	10AM	3	76	5.18	0.076	10AM	3	60	5.168	0.068
10AM	4	41	5.14	0.041	10AM	4	80	5.18	0.080	10AM	4	63	5.163	0.063

PENETRACION

Lectura en cargas 56 golpes	Pnetracion Pulgadas	MOLDE # 56					Lectura en cargas 25 golpes	MOLDE # 25					Lectura en cargas 12 golpes	MOLDE # 12				
		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Presiones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Presiones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Presiones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R
0	0	0	0				0	0	0			0	0	0				
3	25	37.41	12.07				2	31.7	10.23			1	26	8.39				
3	50	37.41	12.07				3	37.41	12.07			1	26	8.39				
4	75	43.12	13.91				4	43.12	13.91			2	31.7	10.23				
5	100	48.82	15.75	15.75	1000	1.58	4	43.12	13.91	13.91	1000	1.39	2	31.7	10.23	10.23	1000	1.02
5	150	48.82	15.75				5	48.82	15.75			2	31.7	10.23				
6	200	54.53	17.59	17.59	1500	1.17	5	48.82	15.75	15.75	1500	1.05	2	31.7	10.23	10.23	1500	0.68
6	250	54.53	17.59				5	48.82	15.75			3	37.41	12.07				
7	300	60.24	19.43	19.43	1900	1.02	6	54.53	17.59	17.59	1900	0.93	3	37.41	12.07	12.07	1900	0.64
8	400	65.95	21.27				6	54.53	17.59			4	43.12	13.91				
9	500	71.65	23.11				6	54.53	17.59			4	43.12	13.91				

VALOR DE CBR

Energia	Valor de CBR	Densida Seca (Antes del remojo)	Densidad Seca al 95%	CBR
56	1.17	1468	1395	1.00
25	1.05	1395		
12	0.68	1296		



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
ENSAYO DECBR						
PROYECTO	CORRELACION DE CBR APLICANDO EL CONO DINAMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.					
MUESTRA	4	PROFUNDIDAD	1.5 m			
UBICACIÓN	TOTORACOCHA	ENSAYO	2			
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA					
LABORATORISTA	MARCOS GONZALES					
MOLDE N°						
NÚMERO DE CAPAS	5		5			5
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	56		25			12
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	11850	12030	10832	10995	10889	11080
PESO DEL MOLDE	6883	6883	5949	5949	6263	6263
PESO MUESTRA HUMEDA	4967	5147	4883	5046	4626	4817
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2309	2344	2327	2354	2334	2317
DENSIDAD HUMEDA	2151	2196	2098	2144	1982	2079
DENSIDAD SECA	1895	1927	1850	1859	1751	1788
CONTENIDO DE AGUA (antes del remojo)						
TARRO N°	Tarro 5	Tarro 30	Tarro 1N	Tarro 13N	Tarro 86	Tarro A6
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	125.03	145.79	136.21	152.32	182.45	155.23
PESO MUESTRA SECA + TARRO	115.23	134.83	126.32	142.06	166.23	145.32
PESO DEL AGUA	9.8	10.96	9.89	10.26	16.22	9.91
PESO DEL TARRO	43.2	52.8	52.9	64.88	43.99	69.73
PESO MUESTRA SECA	72.03	82.03	73.42	77.18	122.24	75.59
CONTENIDO DE HUMEDAD %	13.6	13.4	13.5	13.3	13.3	13.1
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	13.5		13.4		13.2	
CONTENIDO DE AGUA (después del remojo)						
TARRO N°	Tarro A9	Tarro S6	Tarro OZ	Tarro 31	Tarro T11	Tarro T13
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	110.24	125.31	116.32	120.32	130.12	125.78
PESO MUESTRA SECA + TARRO	105.06	117.98	106.65	109.98	117.02	113.21
PESO DEL AGUA	5.18	7.33	9.67	10.34	13.1	12.57
PESO DEL TARRO	67.68	66.04	43.26	42.99	35.41	37.22
PESO MUESTRA SECA	37.38	51.94	63.39	66.99	81.61	75.99
CONTENIDO DE HUMEDAD %	13.9	14.1	15.3	15.4	16.1	16.5
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	14.0		15.3		16.3	

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA														
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL														
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN														
ENSAYO DE COMPACTACION														
PROYECTO		CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA												
MUESTRA		4			PROFUNDIDAD CALICATA			1.5 m		GOLPES POR CADA CAPA		56 golp		
UBICACIÓN		TOTORACOCHA			NUMERO DE CAPAS			5						
REALIZADO		NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA			ENSAYO					2				
LABORATORISTA		Ing: MARCOS GONZALES												
HORA		MOLDE # 56			MOLDE # 25			HORA		MOLDE # 12				
TIEMPO TRANSCURRIDO EN DIAS		LECTURA DEL DIAL			ALTURADE MUESTRA			ESPONJAMIENTO		TIEMPO TRANSCURRIDO EN DIAS		LECTURA DEL DIAL		
		PULG.			PULG.			PULG. %				PULG.		
		PULG. EN %										PULG. %		
0		0			5.10			0.000		0		5		
10AM 1		3			5.10			0.003		10AM 1		0		
10AM 2		8			5.11			0.008		10AM 2		0		
10AM 3		13			5.11			0.013		10AM 3		0		
10AM 4		20			5.12			0.020		10AM 4		2		

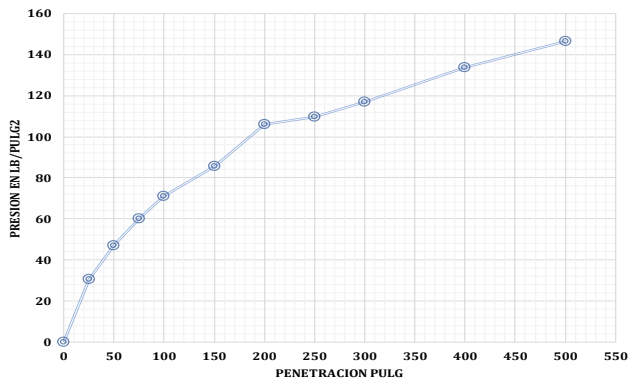
PENETRACIÓN

Lectura en cargas 56 golpes	Pnetracion Pulgadas	MOLDE # 56					Lectura en cargas 25 golpes	MOLDE # 25					Lectura en cargas 12 golpes	MOLDE # 12					
		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Preciones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Preciones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Preciones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	25	111.6	36			12	88.77	28.64			13	94.48	30.48						
32	50	202.91	65.45			26	168.67	54.41			22	145.84	47.05						
48	75	294.22	94.91			38	237.15	76.5			29	185.79	59.93						
59	100	357	115.16	115.2	1000	11.52	49	299.93	96.75	96.75	1000	9.68	35	220.03	70.98	70.98	1000	7.1	
77	150	459.72	148.3			65	391.24	126.21			43	265.69	85.71						
92	200	545.32	175.91	175.9	1500	11.73	79	471.14	151.98	151.98	1500	10.13	54	328.46	105.95	105.95	1500	7.06	
104	250	613.81	198			88	522.5	168.55			56	339.88	109.64						
116	300	682.29	220.09	220.1	1900	11.58	98	579.57	186.96	186.96	1900	9.84	60	362.7	117	117	1900	6.16	
133	400	779.31	251.39			113	665.17	214.57			69	414.07	133.57						
148	500	864.91	279			126	739.36	238.5			76	454.01	146.45						

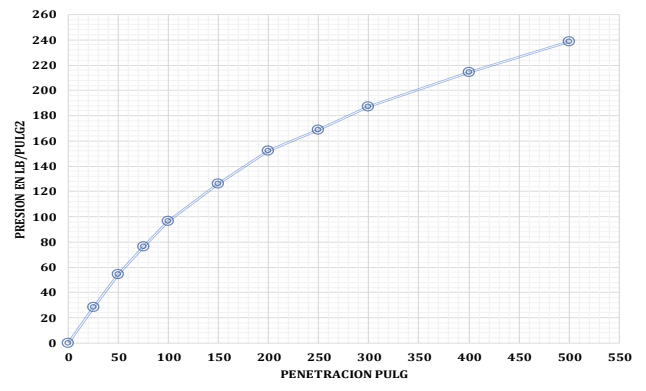
VALOR DE CBR

Energia	Valor de CBR	Densida Seca (Antes del remojo)	Densidad Seca al 95%	CBR
56	11.73	1895	1800	8.4
25	10.13	1850		
12	7.06	1751		

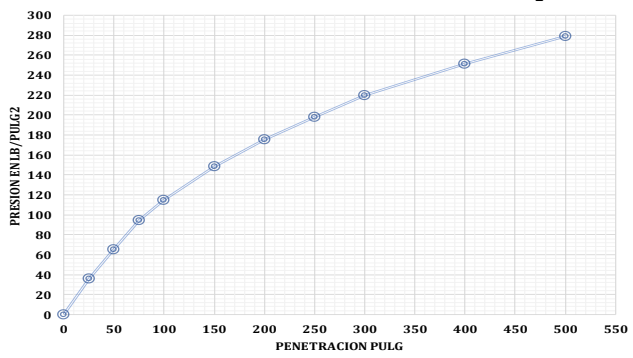
Grafica de Molde de 12 Golpes



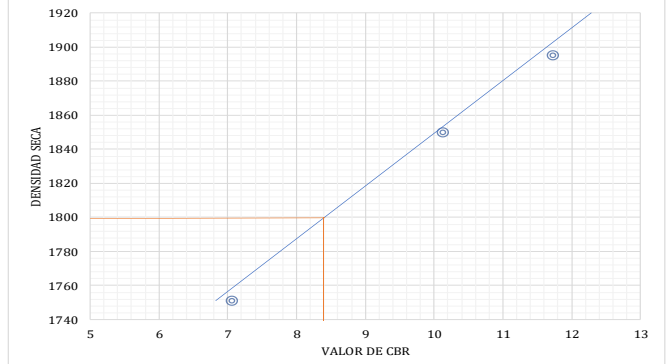
Grafica de Molde de 25 Golpes



Grafica de Molde de 56 Golpes



Grafica para obtener el indice de CBR



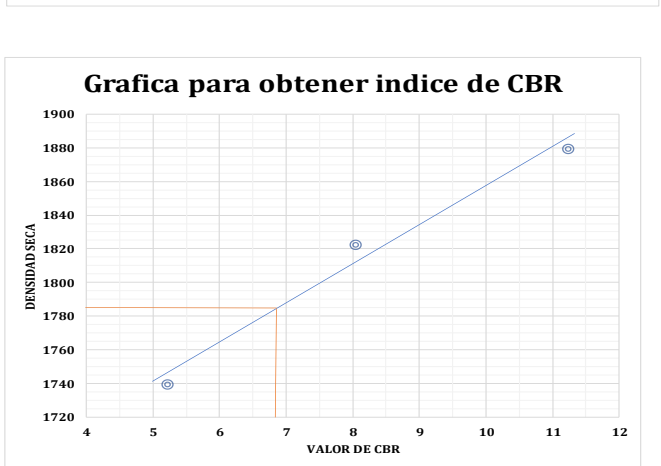
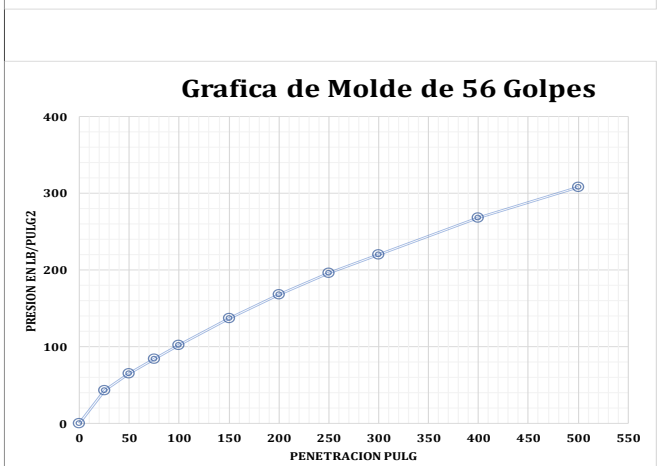
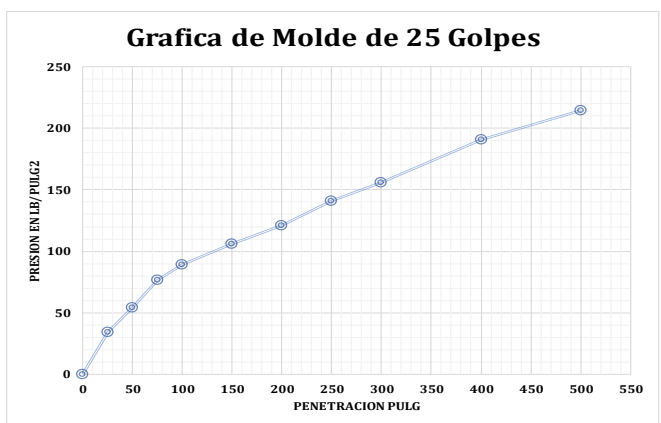
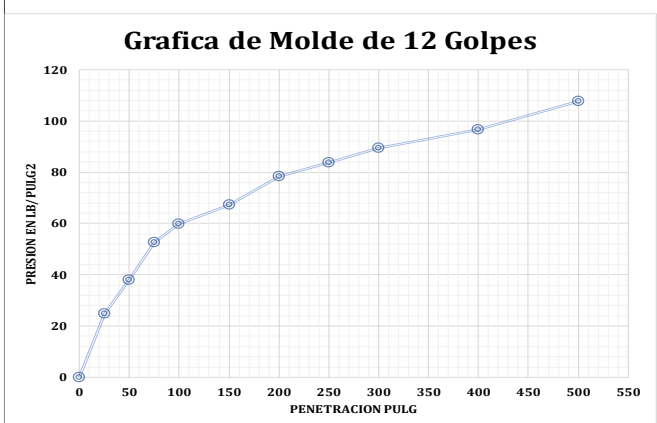
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
ENSAYO DECBR						
PROYECTO	CORRELACION DE CBR APLICANDO EL CONO DINAMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.					
MUESTRA	5	PROFUNDIDAD			1.5 m	
UBICACIÓN	EL VECINO	ENSAYO			2	
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA					
LABORATORISTA	MARCOS GONZALES					
MOLDE Nº						
NÚMERO DE CAPAS	5	5			5	
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	56	25			12	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	11998	12049	11228	11323	10765	10835
PESO DEL MOLDE	7120	7120	6373	6373	6258	6258
PESO MUESTRA HUMEDA	4878	4929	4855	4950	4507	4577
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2277	2335	2334	2362	2270	2340
DENSIDAD HUMEDA	2142	2111	2080	2096	1985	1956
DENSIDAD SECA	1879	1897	1822	1887	1739	1737
CONTENIDO DE AGUA (antes del remojo)						
TARRO Nº	Tarro 1H	Tarro T04	Tarro D7	Tarro 21	Tarro S6	Tarro 026
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	149.13	111.27	144.57	159.16	141.71	150.45
PESO MUESTRA SECA + TARRO	137.1	101.78	132.09	145.93	129.65	138.17
PESO DEL AGUA	12.03	9.49	12.48	13.23	12.06	12.28
PESO DEL TARRO	52.68	32.84	44.09	52.31	43.23	52.72
PESO MUESTRA SECA	84.42	68.94	88	93.62	86.42	85.45
CONTENIDO DE HUMEDAD %	14.3	13.8	14.2	14.1	14.0	14.4
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	14.0		14.2		14.2	
CONTENIDO DE AGUA (después del remojo)						
TARRO Nº	Tarro T11	Tarro T13	Tarro 5	Tarro 8	Tarro T07	Tarro T10
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	123.1	97.71	148.59	128.78	148.92	111.99
PESO MUESTRA SECA + TARRO	114.17	91.62	138.1	121.14	135.79	102.17
PESO DEL AGUA	8.93	6.09	10.49	7.64	13.13	9.82
PESO DEL TARRO	35.41	37.22	43.21	52.65	30.12	25.04
PESO MUESTRA SECA	78.76	54.4	94.89	68.49	105.67	77.13
CONTENIDO DE HUMEDAD %	11.3	11.2	11.1	11.2	12.4	12.7
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	11.3		11.1		12.6	

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA												
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL												
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN												
ENSAYO DE COMPACTACION												
CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA												
PROYECTO												
MUESTRA		5			PROFUNDIDAD CALICATA			1.5 m		GOLPES POR CADA CAPA		56 golp
UBICACIÓN		EL VECINO			NUMERO DE CAPAS			5		GOLPES POR CADA CAPA		2
REALIZADO		NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA						ENSAYO				
LABORATORISTA		Ing: MARCOS GONZALES										

HORA	TIEMPO TRANCURRIDO EN DIAS	MOLDE # 56			HORA	TIEMPO TRANCURRIDO EN DIAS	MOLDE # 25			HORA	TIEMPO TRANCURRIDO EN DIAS	MOLDE # 12		
		LECTURA DEL DIAL	ALTURA DE MUESTRA	ESPONJAMIENTO			LECTURA DEL DIAL	ALTURA DE MUESTRA	ESPONJAMIENTO			LECTURA DEL DIAL	ALTURA DE MUESTRA	ESPONJAMIENTO
		PULG.	PULG.	PULG EN %			PULG.	PULG.	PULG %			PULG.	PULG.	PULG. %
	0	0	5.000	0.00		0	0	5.060	0.000		0	0	5.040	0.000
10AM	1	44	5.040	0.044	10AM	1	37	5.097	0.037	10AM	1	52	5.092	0.052
10AM	2	62	5.060	0.062	10AM	2	57	5.117	0.057	10AM	2	58	5.098	0.058
10AM	3	68	5.070	0.068	10AM	3	59	5.119	0.059	10AM	3	59	5.099	0.059
10AM	4	72	5.070	0.072	10AM	4	61	5.121	0.061	10AM	4	62	5.102	0.062

PENETRACIÓN																		
Lectura en cargas 56 golpes	Pnetracion Pulgadas	MOLDE # 56					Lectura en cargas 25 golpes	MOLDE # 25					Lectura en cargas 12 golpes	MOLDE # 12				
		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Presiones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Presiones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R		Carga Libras	Presiones lbs/pulg2	Presiones Corregidas lbs/pulg2	Presiones Estandar lbs/pulg2	Valores C.B.R
0	0	0	0				0	0	0				0	0	0			
20	25	134.43	43.36				15	105.89	34.16				10	77.36	24.95			
32	50	202.91	65.45				26	168.67	54.41				17	117.31	37.84			
42	75	259.98	83.86				38	237.15	76.5				25	162.96	52.57			
52	100	317.05	102.27	102.3	1000	10.23	45	277.1	89.39	89.39	1000	8.94	29	185.79	59.93	59.93	1000	5.99
71	150	425.48	137.25				54	328.46	105.95				33	208.62	67.3			
88	200	522.5	168.55	168.6	1500	11.24	62	374.12	120.68	120.68	1500	8.05	39	242.86	78.34	78.34	1500	5.22
103	250	608.1	196.16				73	436.89	140.93				42	259.98	83.86			
116	300	682.29	220.09	220.1	1900	11.58	81	482.55	155.66	155.66	1900	8.19	45	277.1	89.39	89.39	1900	4.7
142	400	830.67	267.96				100	590.98	190.64				49	299.93	96.75			
164	500	956.22	308.46				113	665.17	214.57				55	334.17	107.8			

113				
Energia	Valor de CBR	Densida Seca (Antes del remojo)	Densidad Seca al 95%	CBR
56	11.24	1879		
25	8.05	1822	1785	6.8
12	5.22	1739		



Anexo II: Ensayos en laboratorio con el equipo Cono Dinámico de Penetración (DCP).

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
ENSAYO DE DENCIDAD PARA DCP						
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.					
MUESTRA	1	PROFUNDIDAD CALICATA			1,5 M	
UBICACIÓN	SAN SEBASTIAN	NUMERO DE CAPAS			5	
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA					
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES					
DATOS DEL PRIMER ENSAYO						
NÚMERO DE CAPAS	5	5	5			
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	56	25	12			
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	12774	12951	11370			
PESO DEL MOLDE	6331	6921	5973			
PESO MUESTRA HUMEDA	6443	6030	5397			
VOLUMEN DE LA MUESTRA	3189	3242	3189			
DENSIDAD HUMEDA	2020	1860	1692			
DENSIDAD SECA	1708	1578	1396			
CONTENIDO DE AGUA						
TARRO N°	Tarro 86	Tarro A6	Tarro D8	Tarro L3	Tarro 13N	Tarro N
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	189.68	249.85	160.85	152.47	230.31	190.98
PESO MUESTRA SECA + TARRO	167.04	222.21	144.64	137.22	200.56	167.48
PESO DEL AGUA	22.64	27.64	16.21	15.25	29.75	23.5
PESO DEL TARRO	43.99	69.73	52.94	53.06	64.88	52.28
PESO MUESTRA SECA	123.05	152.48	91.7	84.16	135.68	115.2
CONTENIDO DE HUMEDAD %	18.4	18.1	17.7	18.1	21.9	20.4
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	18.3		17.9		21.2	

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
ENSAYO DE DENCIDAD PARA DCP						
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.					
MUESTRA	1	PROFUNDIDAD CALICATA			1,5 M	
UBICACIÓN	SAN SEBASTIAN	NUMERO DE CAPAS			5	
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA					
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES					
DATOS PARA EL SEGUNDO ENSAYO						
NÚMERO DE CAPAS	5	5	5			
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	56	25	12			
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	13760	11830	11334			
PESO DEL MOLDE	7299	5942	5980			
PESO MUESTRA HUMEDA	6461	5888	5354			
VOLUMEN DE LA MUESTRA	3242	3182	3217			
DENSIDAD HUMEDA	1993	1850	1664			
DENSIDAD SECA	1711	1581	1421			
CONTENIDO DE AGUA						
TARRO N°	Tarro T11	Tarro T07	Tarro 8	Tarro 5	Tarro T13	Tarro T10
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	153.69	147.84	152.36	201.13	189.47	202.98
PESO MUESTRA SECA + TARRO	136.87	131.26	138.04	177.9	167.24	176.76
PESO DEL AGUA	16.82	16.58	14.32	23.23	22.23	26.22
PESO DEL TARRO	35.41	30.12	52.62	43.21	37.22	24.04
PESO MUESTRA SECA	101.46	101.14	85.42	134.69	130.02	152.72
CONTENIDO DE HUMEDAD %	16.6	16.4	16.8	17.2	17.1	17.2
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	16.5		17.0		17.1	

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA											
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL											
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN											
ENSAYO DCP											
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE										
MUESTRA	1	PROFUNDIDAD CALICATA			1.5 m						
UBICACIÓN	SAN SEBASTIAN			NUMERO DE CAPAS		5					
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA										
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES										
ENSAYO 2											
ENERGIA DE COMPACTACION				56 golp		ENERGIA DE COMPACTACION				25 golp	
Desidad seca				1711		Desidad seca				1581	
% Humedad				16.5		% Humedad				17	
Golpes	Penetración acumulada mm	Penetración entre lecturas	Cantidad de golpes	Indice DCP	Golpes	Penetración acumulada mm	Penetración entre lecturas	Cantidad de golpes	Indice DCP		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
1	9	9	1	9	1	14	14	1	14		
2	19	10	1	10	2	27	13	1	13		
3	30	11	1	11	3	40	13	1	13		
4	41	11	1	11	4	52	12	1	12		
5	50	9	1	9	5	63	11	1	11		
6	59	9	1	9	6	75	12	1	12		
7	67	8	1	8	7	87	12	1	12		
8	76	9	1	9	8	98	11	1	11		
9	85	9	1	9	9	110	12	1	12		
10	94	9	1	9	10	122	12	1	12		
11	102	8	1	8							
12	110	8	1	8							
13	119	9	1	9							
14	127	8	1	8							
DCP promedio				9.07		DCP promedio				12.20	
ENERGIA DE COMPACTACION				12golp							
Desidad seca				1421							
% Humedad				17.1							
Golpes	Penetración acumulada mm	Penetración entre lecturas	Cantidad de golpes	Indice DCP							
0	0	0	0	0							
1	20	20	1	20							
2	37	17	1	17							
3	55	18	1	18							
4	72	17	1	17							
5	89	17	1	17							
6	105	16	1	16							
7	121	16	1	16							
DCP promedio				17.29							

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DE DENCIDAD PARA DCP

PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN		
MUESTRA	1	PROFUNDIDAD CALICATA	1,5 M
UBICACIÓN	SAN SEBASTIAN	NUMERO DE CAPAS	5
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA		
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES		

DATOS PARA EL TERCER ENSAYO

NÚMERO DE CAPAS	5	5	5			
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	56	25	12			
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	12730	12300	12580			
PESO DEL MOLDE	5943	6331	6921			
PESO MUESTRA HUMEDA	6787	5969	5659			
VOLUMEN DE LA MUESTRA	3419	3189	3242			
DENSIDAD HUMEDA	1985	1872	1746			
DENSIDAD SECA	1709	1603	1497			

CONTENIDO DE AGUA

TARRO N°	Tarro T03	Tarro 31	Tarro 17	Tarro T02	Tarro T04	Tarro A1
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	170.25	204.97	145.78	121.11	135.63	215.45
PESO MUESTRA SECA + TARRO	151.48	182.62	132.57	108.82	120.52	192.17
PESO DEL AGUA	18.77	22.35	13.21	12.29	15.11	23.28
PESO DEL TARRO	35.85	42.99	53.7	35.72	29.21	53.04
PESO MUESTRA SECA	115.63	139.63	78.87	73.1	91.31	139.13
CONTENIDO DE HUMEDAD %	16.2	16.0	16.7	16.8	16.5	16.7
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	16.1		16.8		16.6	

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL										
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN										
ENSAYO DCP										
PROYECTO		CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE								
MUESTRA		1			PROFUNDIDAD CALICATA			1.5 m		
UBICACIÓN		SAN SEBASTIAN			NUMERO DE CAPAS			5		
REALIZADO		NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA								
LABORATORISTA		Ing: MARCOS GONZALES								
ENSAYO 3										
ENERGIA DE COMPACTACION					ENERGIA DE COMPACTACION					
56 golp					25 golp					
Desidad seca					1709					
% Humedad					16.1					
Golpes	Penetración acumulada mm	Penetración entre lecturas	Cantidad de golpes	Indice DCP	Golpes	Penetración acumulada mm	Penetración entre lecturas	Cantidad de golpes	Indice DCP	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	11	11	1	11	1	13	13	1	13	
2	20	9	1	9	2	26	13	1	13	
3	30	10	1	10	3	38	12	1	12	
4	40	10	1	10	4	50	12	1	12	
5	50	10	1	10	5	62	12	1	12	
6	59	9	1	9	6	73	11	1	11	
7	68	9	1	9	7	85	12	1	12	
8	77	9	1	9	8	96	11	1	11	
9	86	9	1	9	9	108	12	1	12	
10	95	9	1	9	10	120	12	1	12	
11	103	8	1	8					DCP promedio	
12	111	8	1	8					12.00	
13	120	9	1	9						
14	129	9	1	9						
DCP promedio				9.21						
ENERGIA DE COMPACTACION					ENERGIA DE COMPACTACION					
12golp										
Desidad seca					1497					
% Humedad					16.6					
Golpes	Penetración acumulada mm	Penetración entre lecturas	Cantidad de golpes	Indice DCP						
0	0	0	0	0						
1	19	19	1	19						
2	36	17	1	17						
3	53	17	1	17						
4	69	16	1	16						
5	85	16	1	16						
6	102	17	1	17						
7	119	17	1	17						
DCP promedio				17.00						

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
ENSAYO DE DENCIDAD PARA DCP						
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.					
MUESTRA	2	PROFUNDIDAD CALICATA			1,5 M	
UBICACIÓN	SUCRE	NUMERO DE CAPAS			5	
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA					
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES					
DATOS PARA EL PRIMER ENSAYO						
NÚMERO DE CAPAS	5	5	5			
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	56	25	12			
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	12954	13156	12063			
PESO DEL MOLDE	6331	6921	5943			
PESO MUESTRA HUMEDA	6623	6235	6120			
VOLUMEN DE LA MUESTRA	3189	3242	3419			
DENSIDAD HUMEDA	2077	1923	1790			
DENSIDAD SECA	1809	1682	1559			
CONTENIDO DE AGUA						
TARRO N°	Tarro 20	Tarro S6	Tarro 02	Tarro AG	Tarro T07	Tarro N
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	212.49	187.18	143.42	187.93	136.18	135.41
PESO MUESTRA SECA + TARRO	192.53	171.18	131.36	172.28	122.91	122.21
PESO DEL AGUA	19.96	16	12.06	15.65	13.27	13.2
PESO DEL TARRO	54.64	66.04	43.34	67.68	30.6	35.39
PESO MUESTRA SECA	137.89	105.14	88.02	104.6	92.31	86.82
CONTENIDO DE HUMEDAD %	14.5	15.2	13.7	15.0	14.4	15.2
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	14.8		14.3		14.8	

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
ENSAYO DE DENCIDAD PARA DCP						
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.					
MUESTRA	2	PROFUNDIDAD CALICATA			1,5 M	
UBICACIÓN	SUCRE	NUMERO DE CAPAS			5	
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA					
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES					
DATOS PARA EL SEGUNDO ENSAYO						
NÚMERO DE CAPAS	5	5	5			
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	56	25	12			
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	12930	13200	11670			
PESO DEL MOLDE	6331	6921	5973			
PESO MUESTRA HUMEDA	6599	6279	5697			
VOLUMEN DE LA MUESTRA	3187	3242	3189			
DENSIDAD HUMEDA	2071	1937	1786			
DENSIDAD SECA	1813	1693	1566			
CONTENIDO DE AGUA						
TARRO N°	Tarro 20	Tarro S6	Tarro 02	Tarro Ag	Tarro T07	Tarro T11
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	214.5	166.3	164.23	178.65	142.11	165.47
PESO MUESTRA SECA + TARRO	194.48	153.87	148.9	164.8	128.5	149.3
PESO DEL AGUA	20.02	12.43	15.33	13.85	13.61	16.17
PESO DEL TARRO	54.64	66.04	43.34	67.88	30.6	35.39
PESO MUESTRA SECA	139.84	87.83	105.56	96.92	97.9	113.91
CONTENIDO DE HUMEDAD %	14.3	14.2	14.5	14.3	13.9	14.2
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	14.2		14.4		14.0	

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL				
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN				
ENSAYO DCP				
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.			
MUESTRA	2	PROFUNDIDAD CALICATA	1.5 m	
UBICACIÓN	SUCRE	NUMERO DE CAPAS	5	
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA			
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES			
ENSAYO 2				
ENERGIA DE COMPACTACION				56 golp
Desidad seca				1813
% Humedad				14.2
Golpes	Penetración acumulada mm	Penetración entre lecturas	Cantidad de golpes	Indice DCP
0	0	0	0	0
1	10	10	1	10
2	18	8	1	8
3	24	6	1	6
4	29	5	1	5
5	36	7	1	7
6	43	7	1	7
7	49	6	1	6
8	55	6	1	6
9	60	5	1	5
10	66	6	1	6
11	71	5	1	5
12	76	5	1	5
13	82	6	1	6
14	89	7	1	7
15	96	7	1	7
16	102	6	1	6
17	108	6	1	6
18	115	7	1	7
19	122	7	1	7
DCP promedio				6.4
ENERGIA DE COMPACTACION				25 golp
Desidad seca				1693
% Humedad				14.4
Golpes	Penetración acumulada mm	Penetración entre lecturas	Cantidad de golpes	Indice DCP
0	0	0	0	0
1	15	15	1	15
2	26	11	1	11
3	38	12	1	12
4	50	12	1	12
5	63	13	1	13
6	74	11	1	11
7	85	11	1	11
8	97	12	1	12
9	108	11	1	11
10	119	11	1	11
11	130	11	1	11
DCP promedio				11.8
ENERGIA DE COMPACTACION				12 golp
Desidad seca				1566
% Humedad				14
Golpes	Penetración acumulada mm	Penetración entre lecturas	Cantidad de golpes	Indice DCP
0	0	0	0	0
1	18	18	1	18
2	33	15	1	15
3	48	15	1	15
4	63	15	1	15
5	77	14	1	14
6	92	15	1	15
6	107	15	1	15
7	122	15	1	15
DCP promedio				15.3

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
ENSAYO DE DENCIDAD PARA DCP						
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.					
MUESTRA	2	PROFUNDIDAD CALICATA			1,5 M	
UBICACIÓN	SUCRE	NUMERO DE CAPAS			5	
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA					
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES					
DATOS PARA EL TERCER ENSAYO						
NÚMERO DE CAPAS	5	5	5			
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	56	25	12			
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	12946	13181	11674			
PESO DEL MOLDE	6331	6921	5943			
PESO MUESTRA HUMEDA	6615	6260	5731			
VOLUMEN DE LA MUESTRA	3187	3242	3189			
DENSIDAD HUMEDA	2076	1931	1797			
DENSIDAD SECA	1817	1685	1574			
CONTENIDO DE AGUA						
TARRO N°	Tarro 6	Tarro 10	Tarro S4	Tarro S7	Tarro 31	Tarro 8
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	200.05	180.74	142.32	110.25	160.74	162.35
PESO MUESTRA SECA + TARRO	182.82	164.8	130.65	101.8	146.63	148.25
PESO DEL AGUA	17.23	15.94	11.67	8.45	14.11	14.1
PESO DEL TARRO	62.58	52.87	51.21	43.42	43	52.6
PESO MUESTRA SECA	120.24	111.93	79.44	58.38	103.63	95.65
CONTENIDO DE HUMEDAD %	14.3	14.2	14.7	14.5	13.6	14.7
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	14.3		14.6		14.2	

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
ENSAYO DE DENCIDAD PARA DCP						
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.					
MUESTRA	3	PROFUNDIDAD CALICATA			1,5 M	
UBICACIÓN	NARANCA Y	NUMERO DE CAPAS			5	
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA					
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES					
DATOS PARA EL PRIMER ENSAYO						
NÚMERO DE CAPAS	5	5	5			
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	56	25	12			
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	12345	11940	11536			
PESO DEL MOLDE	6333	6333	6333			
PESO MUESTRA HUMEDA	6012	5607	5203			
VOLUMEN DE LA MUESTRA	3309	3309	3309			
DENSIDAD HUMEDA	1817	1694	1572			
DENSIDAD SECA	1413	1329	1235			
CONTENIDO DE AGUA						
TARRO N°	Tarro 02	Tarro 20	Tarro Ag	Tarro S6	Tarro T11	Tarro T07
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	141.64	176.99	158.36	148.63	119.75	121.2
PESO MUESTRA SECA + TARRO	120.59	152.25	138.81	130.83	101.56	101.74
PESO DEL AGUA	21.05	24.74	19.55	17.8	18.19	19.46
PESO DEL TARRO	43.34	69.54	67.68	66.04	35.39	30.16
PESO MUESTRA SECA	77.25	82.71	71.13	64.79	66.17	71.58
CONTENIDO DE HUMEDAD %	27.2	29.9	27.5	27.5	27.5	27.2
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	28.6		27.5		27.3	

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
ENSAYO DE DENCIDAD PARA DCP						
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.					
MUESTRA	3	PROFUNDIDAD CALICATA			1,5 M	
UBICACIÓN	NARANCA Y	NUMERO DE CAPAS			5	
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA					
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES					
DATOS PARA EL SEGUNDO ENSAYO						
NÚMERO DE CAPAS	5	5	5			
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	56	25	12			
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	13241	12501	11159			
PESO DEL MOLDE	7189	6925	5975			
PESO MUESTRA HUMEDA	6052	5576	5184			
VOLUMEN DE LA MUESTRA	3200	3229	3205			
DENSIDAD HUMEDA	1891	1727	1617			
DENSIDAD SECA	1482	1350	1267			
CONTENIDO DE AGUA						
TARRO N°	Tarro 10	Tarro S7	Tarro 6	Tarro 2	Tarro 1	Tarro 4N
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	145.63	148.98	231.91	148.78	145.65	179.24
PESO MUESTRA SECA + TARRO	125.3	126.24	195.01	130.87	120.9	149.64
PESO DEL AGUA	20.33	22.74	36.9	17.91	24.75	29.6
PESO DEL TARRO	52.08	43.42	62.6	66.8	30.97	43.25
PESO MUESTRA SECA	73.22	82.82	132.41	64.07	89.93	106.39
CONTENIDO DE HUMEDAD %	27.8	27.5	27.9	28.0	27.5	27.8
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	27.6		27.9		27.7	

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DE DENCIDAD PARA DCP

PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN		
MUESTRA	3	PROFUNDIDAD CALICATA	1,5 M
UBICACIÓN	NARANCA Y	NUMERO DE CAPAS	5
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA		
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES		

DATOS PARA EL TERCER ENSAYO

NÚMERO DE CAPAS	5	5	5			
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	56	25	12			
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	13074	12610	10909			
PESO DEL MOLDE	7189	6925	5975			
PESO MUESTRA HUMEDA	5885	5685	4934			
VOLUMEN DE LA MUESTRA	3200	3229	3205			
DENSIDAD HUMEDA	1839	1761	1539			
DENSIDAD SECA	1443	1379	1201			

CONTENIDO DE AGUA

TARRO N°	Tarro 85	Tarro 420	Tarro 3N	Tarro 13N	Tarro 7	Tarro 1N
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	202.41	147.65	158.22	182.54	200.14	210.36
PESO MUESTRA SECA + TARRO	170.48	125.18	137.9	156.87	165.72	175.86
PESO DEL AGUA	31.93	22.47	20.32	25.67	34.42	34.5
PESO DEL TARRO	54.31	43.04	64.8	63.7	43.78	52.9
PESO MUESTRA SECA	116.17	82.14	73.1	93.17	121.94	122.96
CONTENIDO DE HUMEDAD %	27.5	27.4	27.8	27.6	28.2	28.1
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	27.4		27.7		28.1	

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL				
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN				
ENSAYO DCP				
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.			
MUESTRA	3	PROFUNDIDAD CALICATA	1.5 m	
UBICACIÓN	NARANCAJ	NUMERO DE CAPAS	5	
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA			
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES			

ENSAYO 3

ENERGIA DE COMPACTACION					56 golp	ENERGIA DE COMPACTACION					25 golp
Desidad seca					1443	Desidad seca					1379
% Humedad					27.4	% Humedad					27.7
Golpes	Penetración acumulada mm	Penetración entre lecturas	Cantidad de golpes	Indice DCP		Golpes	Penetración acumulada mm	Penetración entre lecturas	Cantidad de golpes	Indice DCP	
0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
1	8	8	1	8		1	8	8	1	8	
2	15	7	1	7		2	18	10	1	10	
3	23	8	1	8		3	29	11	1	11	
4	31	8	1	8		4	39	10	1	10	
5	37	6	1	6		5	50	11	1	11	
6	43	6	1	6		6	60	10	1	10	
7	50	7	1	7		7	71	11	1	11	
8	57	7	1	7		8	81	10	1	10	
9	65	8	1	8		9	91	10	1	10	
10	72	7	1	7		10	101	10	1	10	
11	79	7	1	7		11	110	9	1	9	
12	86	7	1	7		12	119	9	1	9	
13	93	7	1	7							
14	100	7	1	7							
15	106	6	1	6							
16	113	7	1	7							
17	119	6	1	6							
18	125	6	1	6							
DCP promedio				6.94		DCP promedio				9.92	

ENERGIA DE COMPACTACION					12 golp
Desidad seca					1201
% Humedad					28.1
Golpes	Penetración acumulada mm	Penetración entre lecturas	Cantidad de golpes	Indice DCP	
0	0	0	0	0	
1	15	15	1	15	
2	30	15	1	15	
3	44	14	1	14	
4	58	14	1	14	
5	72	14	1	14	
6	86	14	1	14	
7	100	14	1	14	
8	114	14	1	14	
9	128	14	1	14	
DCP promedio				14.22	

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
ENSAYO DE DENCIDAD PARA DCP						
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.					
MUESTRA	4	PROFUNDIDAD CALICATA			1,5 M	
UBICACIÓN	TOTORACOCHA	NUMERO DE CAPAS			5	
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA					
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES					
DATOS PARA EL PRIMER ENSAYO						
NÚMERO DE CAPAS	5	5	5			
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	56	25	12			
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	13118	13581	11970			
PESO DEL MOLDE	6330	6920	5942			
PESO MUESTRA HUMEDA	6788	6661	6028			
VOLUMEN DE LA MUESTRA	3240	3231	3172			
DENSIDAD HUMEDA	2095	2062	1900			
DENSIDAD SECA	1852	1825	1685			
CONTENIDO DE AGUA						
TARRO N°	Tarro 20	Tarro S6	Tarro 02	Tarro AG	Tarro T07	Tarro T11
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	228.04	210.88	111.86	177.15	151.71	154.13
PESO MUESTRA SECA + TARRO	208.42	194.65	104.03	164.51	137.86	140.8
PESO DEL AGUA	19.62	16.23	7.83	12.64	13.85	13.33
PESO DEL TARRO	64.54	66.04	43.34	67.68	30.6	35.39
PESO MUESTRA SECA	143.88	128.61	60.69	96.83	107.26	105.41
CONTENIDO DE HUMEDAD %	13.6	12.6	12.9	13.1	12.9	12.6
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	13.1		13.0		12.8	

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
ENSAYO DE DENCIDAD PARA DCP						
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.					
MUESTRA	4	PROFUNDIDAD CALICATA			1,5 M	
UBICACIÓN	TOTORACOCHA	NUMERO DE CAPAS			5	
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA					
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES					
DATOS PARA EL SEGUNDO ENSAYO						
NÚMERO DE CAPAS	5	5	5			
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	56	25	12			
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	13190	12602	12332			
PESO DEL MOLDE	6331	5942	5980			
PESO MUESTRA HUMEDA	6859	6660	6352			
VOLUMEN DE LA MUESTRA	3189	3182	3217			
DENSIDAD HUMEDA	2151	2093	1975			
DENSIDAD SECA	1896	1847	1747			
CONTENIDO DE AGUA						
TARRO N°	Tarro D8	Tarro 13N	Tarro N	Tarro 5	Tarro T13	Tarro 8
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	196.79	242.46	172.39	180.55	145.67	237.68
PESO MUESTRA SECA + TARRO	179.63	221.49	158.23	164.47	133.04	216.54
PESO DEL AGUA	17.16	20.97	14.16	16.08	12.63	21.14
PESO DEL TARRO	52.94	64.88	52.28	43.21	37.22	52.62
PESO MUESTRA SECA	126.69	156.61	105.95	121.26	95.82	163.92
CONTENIDO DE HUMEDAD %	13.5	13.4	13.4	13.3	13.2	12.9
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	13.5		13.3		13.0	

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA														
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL														
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN														
ENSAYO DCP														
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES													
MUESTRA	4	PROFUNDIDAD CALICATA			1.5 m									
UBICACIÓN	TOTORACOCHA	NUMERO DE CAPAS			5									
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA													
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES													
ENSAYO 2														
ENERGIA DE COMPACTACION				56 golp		ENERGIA DE COMPACTACION				25 golp				
Desidad seca				1896		Desidad seca				1847				
% Humedad				13.5		% Humedad				13.3				
Golpes	Penetración acumulada mm	Penetración entre lecturas	Cantidad de golpes	Indice DCP	Golpes	Penetración acumulada mm	Penetración entre lecturas	Cantidad de golpes	Indice DCP	Golpes	Penetración acumulada mm	Penetración entre lecturas	Cantidad de golpes	Indice DCP
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	7	7	7	7	1	10	10	1	10	1	10	10	1	10
2	14	7	1	7	2	20	10	1	10	2	28	8	1	8
3	21	7	1	7	3	28	8	1	8	3	36	8	1	8
4	27	6	1	6	4	36	8	1	8	4	43	7	1	7
5	33	6	1	6	5	50	7	1	7	5	57	7	1	7
6	38	5	1	5	6	63	6	1	6	6	69	6	1	6
7	43	5	1	5	7	75	6	1	6	7	81	6	1	6
8	49	6	1	6	8	88	7	1	7	8	94	6	1	6
9	53	4	1	4	9	100	6	1	6	9	105	5	1	5
10	57	4	1	4	10	110	5	1	5	10	110	5	1	5
11	62	5	1	5	11					11				
12	67	5	1	5	12					12				
13	72	5	1	5	13					13				
14	77	5	1	5	14					14				
15	83	6	1	6	15					15				
16	89	6	1	6	16					16				
17	94	5	1	5										
18	98	4	1	4										
19	102	4	1	4										
20	107	5	1	5										
21	111	4	1	4										
22	115	4	1	4										
23	119	4	1	4										
DCP promedio				5.17		DCP promedio				6.88				
ENERGIA DE COMPACTACION				12 golp										
Desidad seca				1747										
% Humedad				13										
Golpes	Penetración acumulada mm	Penetración entre lecturas	Cantidad de golpes	Indice DCP										
0	0	0	0	0										
1	12	12	1	12										
2	24	12	1	12										
3	35	11	1	11										
4	46	11	1	11										
5	57	11	1	11										
6	69	12	1	12										
7	80	11	1	11										
8	91	11	1	11										
9	102	11	1	11										
10	113	11	1	11										
11	124	11	1	11										
DCP promedio				11.27										

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
ENSAYO DE DENCIDAD PARA DCP						
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.					
MUESTRA	4	PROFUNDIDAD CALICATA			1,5 M	
UBICACIÓN	TOTORACOCHA	NUMERO DE CAPAS			5	
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA					
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES					
DATOS PARA EL TERCER ENSAYO						
NÚMERO DE CAPAS	5	5	5			
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	56	25	12			
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	14300	13037	13400			
PESO DEL MOLDE	7299	6331	6921			
PESO MUESTRA HUMEDA	7001	6706	6479			
VOLUMEN DE LA MUESTRA	3242	3189	3242			
DENSIDAD HUMEDA	2159	2103	1998			
DENSIDAD SECA	1894	1849	1750			
CONTENIDO DE AGUA						
TARRO N°	Tarro T02	Tarro 31	Tarro 1A	Tarro S2	Tarro 17	Tarro 6
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	198.41	209.17	173.09	190.96	222.36	194.63
PESO MUESTRA SECA + TARRO	178.52	188.67	158.65	173.04	201.58	178.17
PESO DEL AGUA	19.89	20.5	14.44	17.92	20.78	16.46
PESO DEL TARRO	35.72	42.99	53.04	43.3	53.71	62.6
PESO MUESTRA SECA	142.8	145.68	105.61	129.74	147.87	115.57
CONTENIDO DE HUMEDAD %	13.9	14.1	13.7	13.8	14.1	14.2
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	14.0		13.7		14.1	

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
ENSAYO DE DENCIDAD PARA DCP						
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.					
MUESTRA	5	PROFUNDIDAD CALICATA			1,5 M	
UBICACIÓN	EL VECINO	NUMERO DE CAPAS			5	
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA					
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES					
DATOS PARA EL PRIMER ENSAYO						
NÚMERO DE CAPAS	5	5	5			
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	56	25	12			
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	13746	12278	13278			
PESO DEL MOLDE	7300	5949	7338			
PESO MUESTRA HUMEDA	6446	6329	5940			
VOLUMEN DE LA MUESTRA	3205	3242	3288			
DENSIDAD HUMEDA	2011	1952	1807			
DENSIDAD SECA	1770	1726	1592			
CONTENIDO DE AGUA						
TARRO Nº	Tarro S1	Tarro S3	Tarro S9	Tarro T04	Tarro T02	Tarro T03
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	126.09	149.37	128.12	133.4	133.99	140.21
PESO MUESTRA SECA + TARRO	115.97	138.15	118.38	121.4	122.71	127.63
PESO DEL AGUA	10.12	11.22	9.74	12	11.28	12.58
PESO DEL TARRO	43.97	53.09	44.37	29.19	37.72	35.85
PESO MUESTRA SECA	72	85.06	74.01	92.21	84.99	91.78
CONTENIDO DE HUMEDAD %	14.1	13.2	13.2	13.0	13.3	13.7
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	13.6		13.1		13.5	

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA											
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL											
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN											
ENSAYO DCP											
PROYECTO		CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.									
MUESTRA		5		PROFUNDIDAD CALICATA			1.5 m				
UBICACIÓN		EL VECINO		NUMERO DE CAPAS			5				
REALIZADO		NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA									
LABORATORISTA		Ing. MARCOS GONZALES									
ENSAYO 1											
ENERGIA DE COMPACTACION					ENERGIA DE COMPACTACION						
					56 golp						
Desidad seca					1770						
% Humedad					13.6						
Golpes	Penetración acumulada mm	Penetración entre lecturas	Cantidad de golpes	Indice DCP	Golpes	Penetración acumulada mm	Penetración entre lecturas	Cantidad de golpes	Indice DCP		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
1	8	8	1	8	1	10	10	1	10		
2	16	8	1	8	2	23	13	1	13		
3	29	13	1	13	3	34	11	1	11		
4	40	11	1	11	4	45	11	1	11		
5	50	10	1	10	5	56	11	1	11		
6	60	10	1	10	6	67	11	1	11		
7	70	10	1	10	7	78	11	1	11		
8	79	9	1	9	8	89	11	1	11		
9	88	9	1	9	9	101	12	1	12		
10	97	9	1	9	10	112	11	1	11		
11	105	8	1	8	11	124	12	1	12		
12	113	8	1	8					DCP promedio	11.27	
13	121	8	1	8							
14	129	8	1	8							
				DCP promedio						9.21	
ENERGIA DE COMPACTACION					ENERGIA DE COMPACTACION						
					12 golp						
Desidad seca					1592						
% Humedad					13.5						
Golpes	Penetración acumulada mm	Penetración entre lecturas	Cantidad de golpes	Indice DCP							
0	0	0	0	0							
1	18	18	1	18							
2	35	17	1	17							
3	51	16	1	16							
4	67	16	1	16							
5	81	14	1	14							
6	94	13	1	13							
7	107	13	1	13							
8	120	13	1	13							
				DCP promedio						15.00	

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
ENSAYO DE DENCIDAD PARA DCP						
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.					
MUESTRA	5	PROFUNDIDAD CALICATA			1,5 M	
UBICACIÓN	EL VECINO	NUMERO DE CAPAS			5	
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA					
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES					
DATOS PARA EL SEGUNDO ENSAYO						
NÚMERO DE CAPAS	5	5	5			
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	56	25	12			
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	13977	13253	11968			
PESO DEL MOLDE	7189	6927	5942			
PESO MUESTRA HUMEDA	6788	6326	6026			
VOLUMEN DE LA MUESTRA	3200	3230	3189			
DENSIDAD HUMEDA	2121	1959	1890			
DENSIDAD SECA	1871	1714	1668			
CONTENIDO DE AGUA						
TARRO Nº	Tarro 5	Tarro A1	Tarro C4	Tarro 8	Tarro T03	Tarro T02
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	114.44	107.67	198.73	145	115.59	124.22
PESO MUESTRA SECA + TARRO	105.99	101.26	181.76	133.61	106.37	113.65
PESO DEL AGUA	8.45	6.41	16.97	11.39	9.22	10.57
PESO DEL TARRO	43.22	53.04	65.1	52.67	35.85	35.72
PESO MUESTRA SECA	62.77	48.22	116.66	80.94	70.52	77.93
CONTENIDO DE HUMEDAD %	13.5	13.3	14.5	14.1	13.1	13.6
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	13.4		14.3		13.3	

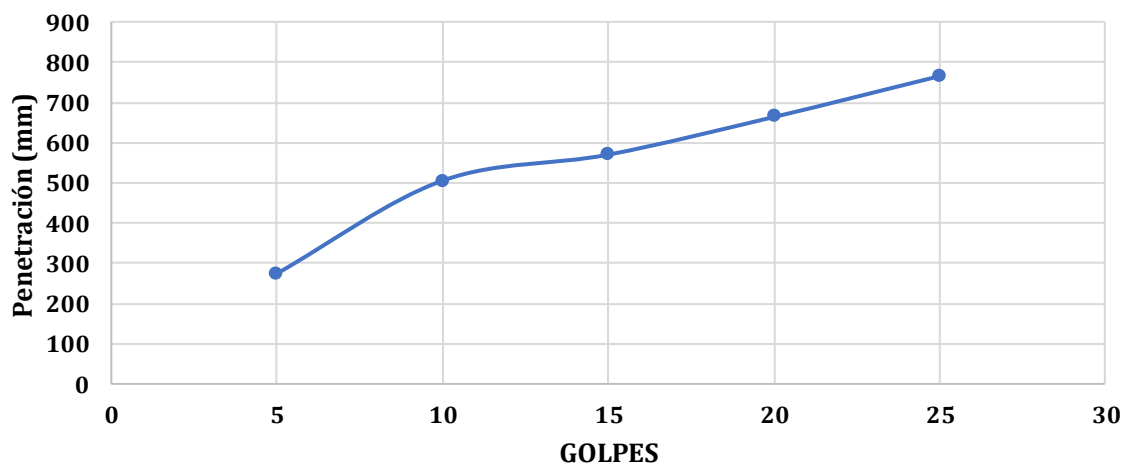
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
ENSAYO DE DENCIDAD PARA DCP						
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO,					
MUESTRA	5	PROFUNDIDAD CALICATA			1,5 M	
UBICACIÓN	EL VECINO	NUMERO DE CAPAS			5	
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA					
LABORATORISTA	Ing: MARCOS GONZALES					
DATOS PARA EL TERCER ENSAYO						
NÚMERO DE CAPAS	5	5	5			
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	56	25	12			
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	14250	12253	11998			
PESO DEL MOLDE	7299	5980	5942			
PESO MUESTRA HUMEDA	6951	6273	6056			
VOLUMEN DE LA MUESTRA	3242	3217	3189			
DENSIDAD HUMEDA	2144	1950	1899			
DENSIDAD SECA	1897	1718	1677			
CONTENIDO DE AGUA						
TARRO N°	Tarro T04	Tarro A1	Tarro 31	Tarro 17	Tarro 6	Tarro S2
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	83.12	128.1	88.3	102.92	132.58	142.97
PESO MUESTRA SECA + TARRO	76.88	121.17	83	96.96	124.48	131.19
PESO DEL AGUA	6.24	6.93	5.3	5.96	8.1	11.78
PESO DEL TARRO	29.21	67.68	42.99	53.7	62.6	43.3
PESO MUESTRA SECA	47.67	53.49	40.01	43.26	61.88	87.89
CONTENIDO DE HUMEDAD %	13.1	13.0	13.2	13.8	13.1	13.4
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD %	13.0		13.5		13.2	

Anexo III: Ensayos con el equipo Cono Dinámico de Penetración en campo para la obtención de CBR.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN			
ENSAYO DCP EN CAMPO			
PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.		
MUESTRA	1	PROFUNDIDAD CALICATA	1.5 m
UBICACIÓN	SAN SEBASTIAN	CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	CH
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA	HUMEDAD NATURAL	29.18
DIRECTOR DE TESIS	Ing: LUIS MARIO ALMACHE	ECUACIÓN	$CBR=16.327*DCP^{(-0,921)}$

Número de golpes	Penetración Acumulada (mm)	Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Factor de martillo	Índice DCP mm/golpe	CBR %
5	274	274	54.8	1	54.8	0.41
5	506	232	46.4	1	46.4	0.48
5	571	65	13	1	13	1.54
5	665	94	18.8	1	18.8	1.09
5	767	102	20.4	1	20.4	1.02

Golpes vs Penetración de San Sebastian



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

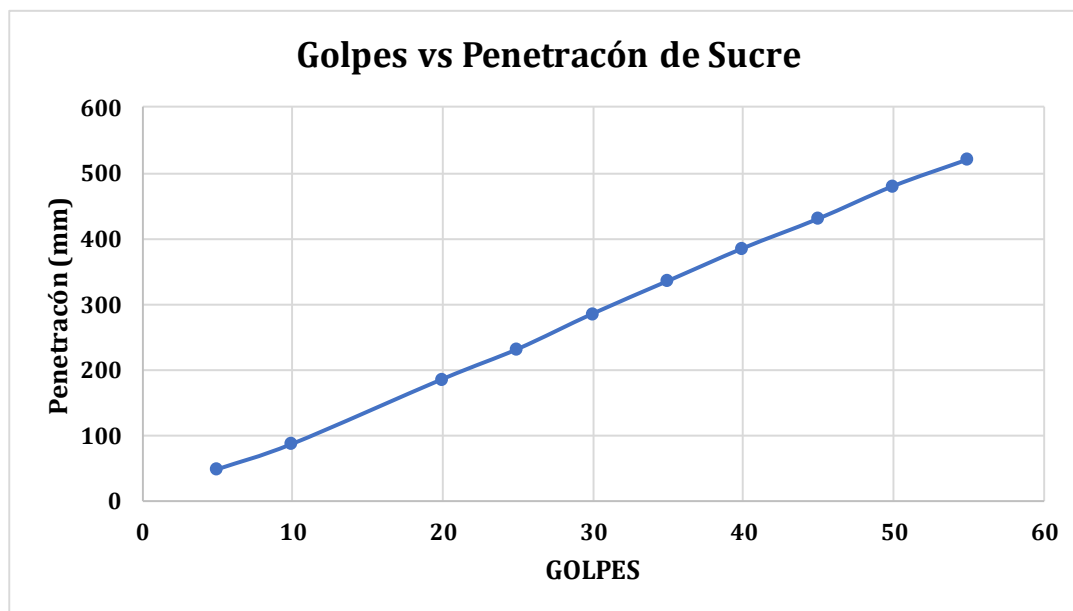
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DCP EN CAMPO

PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.		
MUESTRA	2	PROFUNDIDAD CALICATA	1.5 m
UBICACIÓN	SUCRE	CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	SC
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA	HUMEDAD NATURAL	17.7
DIRECTOR DE TESIS	Ing: LUIS MARIO ALMACHE	ECUACIÓN	$CBR=150,08*DCP^{(-1,615)}$

Número de golpes	Penetración Acumulada (mm)	Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Factor de martillo	Índice DCP mm/golpe	CBR %
5	47	47	9.4	1	9.4	4.02
5	86	39	7.8	1	7.8	5.44
5	185	57	11.4	1	11.4	2.95
5	231	46	9.2	1	9.2	4.17
5	285	54	10.8	1	10.8	3.22
5	335	50	10.0	1	10.0	3.64
5	385	50	10.0	1	10.0	3.64
5	430	45	9.0	1	9.0	4.32
5	480	50	10.0	1	10.0	3.64
5	521	41	8.2	1	8.2	5.02



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

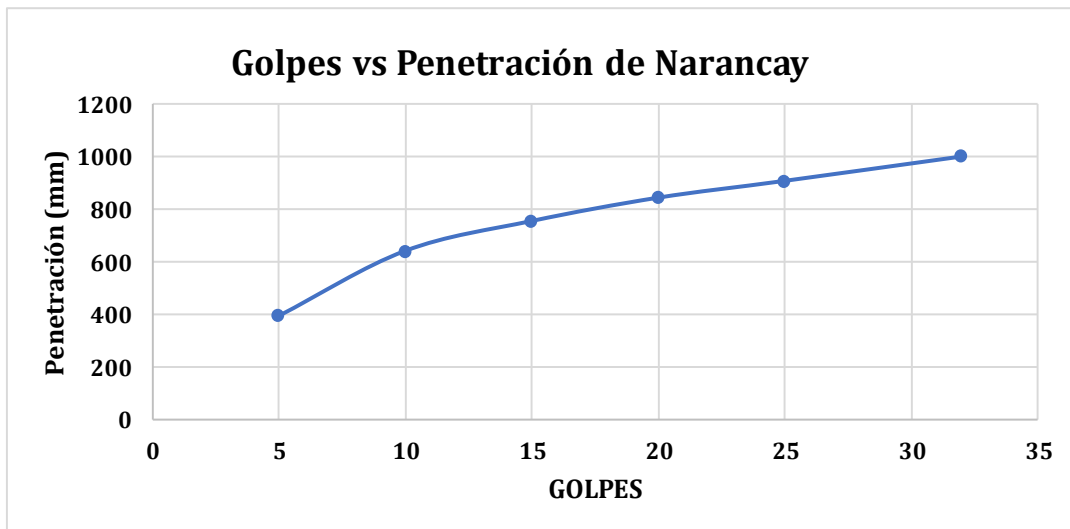
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DCP EN CAMPO

PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.		
MUESTRA	3	PROFUNDIDAD CALICATA	1.5 m
UBICACIÓN	NARANCAY	CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	CH
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA	HUMEDAD NATURAL	51.79
DIRECTOR DE TESIS	Ing: LUIS MARIO ALMACHE	ECUACIÓN	$CBR=9,1762*DCP^{(-1)}$

Número de golpes	Penetración Acumulada (mm)	Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Factor de martillo	Índice DCP mm/golpe	CBR %
5	392	392	78.4	1	78.4	0.1170
5	640	248	49.6	1	49.6	0.1850
5	754	114	22.8	1	22.8	0.4025
5	843	89	17.8	1	17.8	0.5155
5	907	64	12.8	1	12.8	0.7169
7	1000	93	13.3	1	13.3	0.6907



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

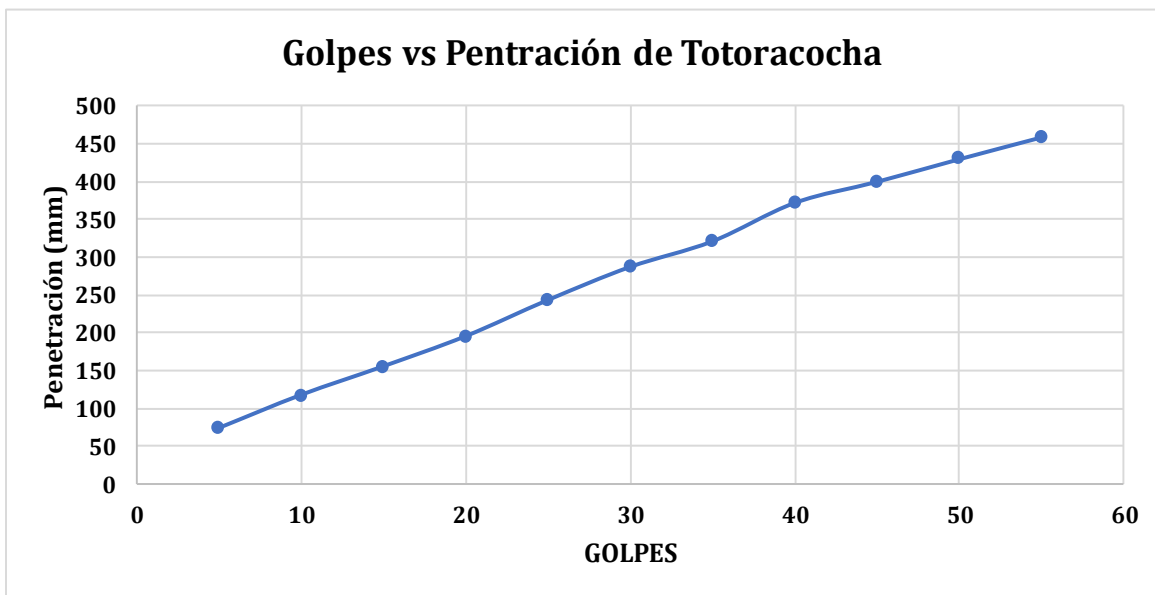
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DCP EN CAMPO

PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.		
MUESTRA	4	PROFUNDIDAD CALICATA	1.5 m
UBICACIÓN	TOTORACOCHA	CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	SM
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA	HUMEDAD NATURAL	13.82
DIRECTOR DE TESIS	Ing: LUIS MARIO ALMACHE	ECUACIÓN	$CBR=40,4*DCP^{(-0,758)}$

Número de golpes	Penetración Acumulada (mm)	Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Factor de martillo	Índice DCP mm/golpe	CBR %
5	73	73	14.6	1	14.6	5.29
5	117	44	8.8	1	8.8	7.77
5	155	38	7.6	1	7.6	8.68
5	195	40	8	1	8	8.35
5	243	48	9.6	1	9.6	7.27
5	287	44	8.8	1	8.8	7.77
5	321	34	6.8	1	6.8	9.45
5	372	51	10.2	1	10.2	6.95
5	400	28	5.6	1	5.6	10.95
5	430	30	6	1	6	10.39
5	459	29	5.8	1	5.8	10.66

Golpes vs Penetración de Totoracocho



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

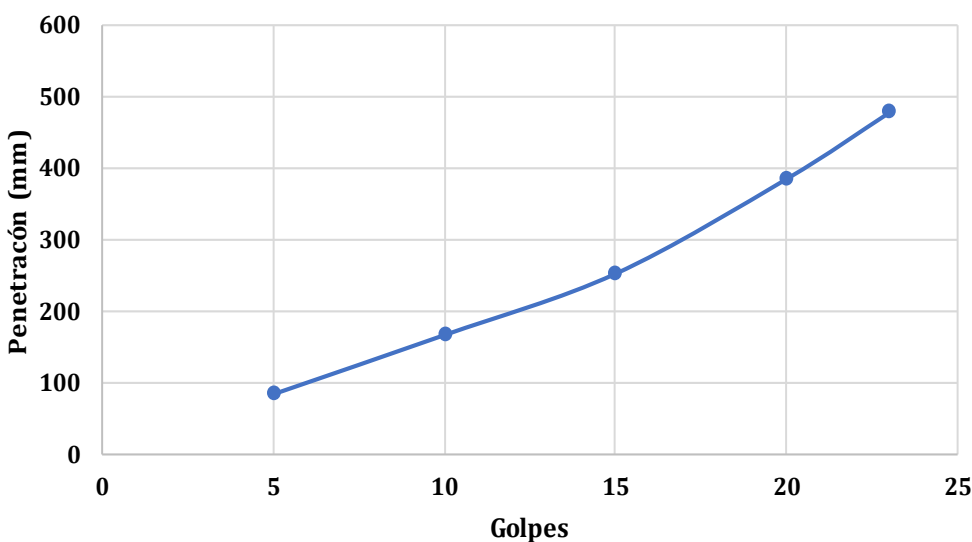
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DCP EN CAMPO

PROYECTO	CORRELACIÓN DE CBR APLICANDO EL CONO DINÁMICO EN CAMPO, EL CBR DE LABORATORIO Y CBR IN SITU, DE SUBRASANTES NATURALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.					
MUESTRA	5		PROFUNDIDAD CALICATA		1.5 m	
UBICACIÓN	EL VECINO		CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL		SC	
REALIZADO	NEICER AREVALO - DAMIAN CABRERA		HUMEDAD NATURAL		15.25	
DIRECTOR DE TESIS	Ing: LUIS MARIO ALMACHE		ECUACIÓN		$CBR=150,08*DCP^{(-1,615)}$	
Número de golpes	Penetración Acumulada (mm)	Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Factor de martillo	Índice DCP mm/golpe	CBR %
5	83	83	16.6	1	16.6	1.61
5	166	83	16.6	1	16.6	1.61
5	252	86	17.2	1	17.2	1.52
5	385	133	26.6	1	26.6	0.75
3	478	93	31.0	1	31.0	0.59

Golpes vs Penetración de El Vecino



Anexo I: Registro Fotográfico

Registro fotográfico de excavación de calicatas





Granulometría de los suelos





Límites de Atterberg





Registro fotográfico de Ensayos de Compactación





Registro fotográfico de Ensayos de CBR de laboratorio

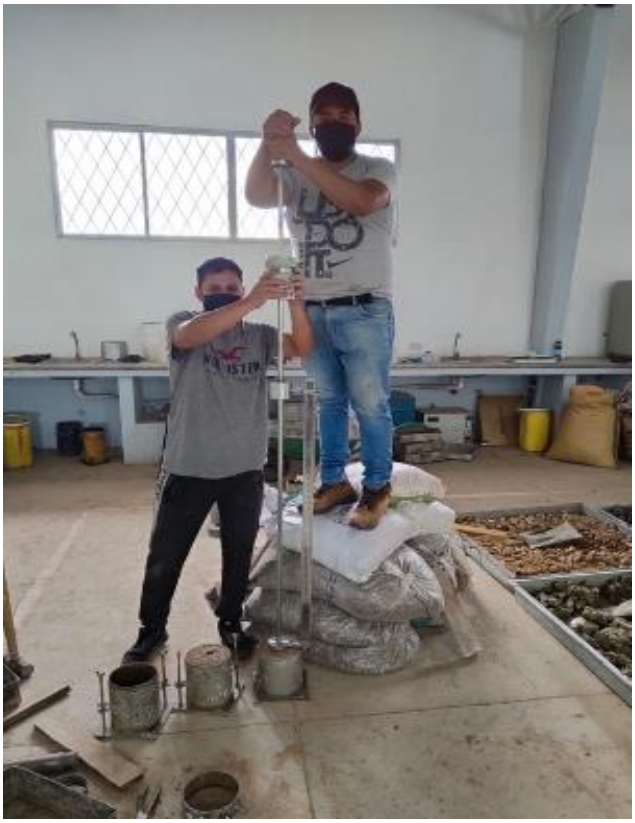






Registro fotográfico de Ensayo con equipo DCP en el Laboratorio







Registro fotográfico de Ensayo con el equipo DCP en campo





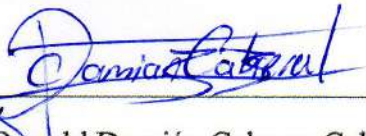
AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Nosotros, **Neicer Antonio Arévalo Toledo** y **Ronald Damian Cabrera Cabrera** portadores de las cédulas de ciudadanía N.º 1950004588 y 1105356982. En calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “**Correlación de CBR aplicando el cono dinámico en campo, el CBR de laboratorio y CBR in situ, de subrasantes naturales en la ciudad de Cuenca**”, de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconocemos a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizamos a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **02 de noviembre de 2022**

F. 
Neicer Antonio Arévalo Toledo

CI: 1950004588

F. 
Ronald Damián Cabrera Cabrera

CI: 1105356982