



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

TESIS DE GRADO
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
TRABAJO EXPERIMENTAL

TEMA:

**“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES
ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS GRANULARES DE LA
PARROQUIA SAN JOSÉ DE POALÓ DEL CANTÓN PÍLLARO,
PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

AUTOR: Carlos Alberto Borja Ortiz

TUTOR: ING. MG. Favio Paúl Portilla Yandun

AMBATO – ECUADOR

Junio - 2021

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, con el tema: **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS GRANULARES DE LA PARROQUIA SAN JOSÉ DE POALÓ DEL CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por el Sr. Carlos Alberto Borja Ortiz portador de la cedula de ciudadanía: C.I. 1850029776, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

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

Ambato, Junio 2021

Ing. Mg. Favio Paúl Portilla Yandun
TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACION

Yo, **Carlos Alberto Borja Ortiz**, con C.I. 1850029776 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente trabajo experimental con el tema **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS GRANULARES DE LA PARROQUIA SAN JOSÉ DE POALÓ DEL CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Junio 2021



Carlos Alberto Borja Ortiz
C.I: 1850029776
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

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

Ambato, Junio 2021



Carlos Alberto Borja Ortiz
C.I: 1850029776
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Carlos Alberto Borja Ortiz. de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS GRANULARES DE LA PARROQUIA SAN JOSÉ DE POALÓ DEL CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

Ambato, Junio 2021

Para constancia firman:

Ing. Mg. Ruth Lorena Perez Maldonado
Miembro Calificador

Ing. Mg. Myriam Marisol Bayas Altamirano
Miembro Calificador

DEDICATORIA

Dedico a Dios por darme la sabiduría y entendimiento para saber separar las cosas buena de las malas, debido a que en el transcurso de la vida siempre habrá momentos que necesitemos de Él con más insistencia, para a base de fé y constancia poder sobrellevar las situaciones adversas y seguir adelante, soy bendecido por el Señor ya que el me dio unos padres tan maravillosos, como es Jaime Borja el cual con su ejemplo siempre supo inculcar en mi valores y una ética intachable además de la perseverancia y buena cara a pesar de los momentos difíciles, saber afrontarlos seguir adelante y trabajar por los sueños, a mi madre Mary Ortiz la cual con su enseñanza del día a día supo fomentar en mí la seriedad y el amor por lo que se hace en la vida, le agradezco por criarme en un hogar creyente y respetuoso de las leyes de Dios. También quiero hacer una mención a todos mis familiares debido a que sin ellos esto no sería posible pues de una u otra forma han contribuido en este éxito en mi vida.

Por estar de manera incondicional a mi lado también dedico a Estefanía Llerena debido a que ella ha permanecido a mi lado desde el inicio de este ciclo y en todo este momento supo apoyarme, cuando todo parecía no tener salida encontré una mano amiga en la que puedo confiar y considero es una persona plausible en todo sentido.

Y una mención especial a todas las personas que en el transcurso de la carrera se convirtieron de simple compañeros de clase a personas importante en mi vida, ya que con ellos se han pasado buenos y malos momentos, lo cual ha fortalecido los lazos de amistad hasta el punto de considerarlos parte íntegra de mi familia.

Carlos Borja

AGRADECIMIENTO

A mi tutor, el Ingeniero Favio Portilla, por su asesoramiento paciencia y constancia en el transcurso en el cual se llevo a cabo este proyecto.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, por las enseñanzas impartidas en clase durante todos estos años de carrera universitaria.

A la Universidad Técnica de Ambato, por abrirme las puertas y darme la oportunidad para poder mostrar mi capacidad y alcanzar una meta mas en mi vida profesional.

Al laboratorista, el Ingeniero Byron López, por facilitarme los equipos necesarios para agilizar los ensayos necesarios para culminar este proyecto en el menor tiempo posible.

Carlos Borja

ÍNDICE GENERAL

PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACION	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE ECUACIONES	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	1
1.1.1 Antecedentes.....	1
1.1.2 Justificación.....	1
1.1.3 Fundamentación teórica.....	2
1.1.3.1 El suelo.....	2
1.1.3.2 Suelos residuales y transportados.....	3
1.1.3.3 Clasificación general de suelos	4
1.1.3.4 Análisis mecánico del suelo	15
1.1.3.5 Análisis de tamiz	15
1.1.3.6 Análisis de hidrómetro	18
1.1.3.7 Exploración y muestreo.....	18

1.1.3.8	Relaciones fundamentales	19
1.1.3.9	Propiedades índice.....	22
1.1.3.10	Proctor modificado.	29
1.1.3.11	Cono dinámico de penetración (DCP).....	30
1.1.3.12	El ensayo CBR.....	33
1.1.3.13	Teoría de correlación	42
1.1.4	Hipótesis.....	44
1.1	Objetivos.	44
1.2.1	Objetivo general	44
1.2.2	Objetivos específicos	44
CAPÍTULO II		45
METODOLOGÍA		45
2.1	Materiales y Equipo.....	45
	Métodos	51
2.2	Nivel y tipo de investigación.....	51
2.3	Plan de recolección de Datos.....	54
2.4	Plan de procesamiento y análisis de información.....	57
CAPÍTULO III.....		59
3.1.1	Análisis y discusión de resultados	59
3.2	Diseño de pavimento flexibles MÉTODO AASHTO 93	87
3.3	Verificación de hipótesis.	107
CAPÍTULO IV.....		108
4.1	Conclusiones.....	108
4.2	Recomendaciones	110
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		111
ANEXOS		115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Identificación de suelos por la SUCS	6
Tabla 2: Detalle de la clasificación de suelos SUCS.	7
Tabla 3: Clasificación AASHTO	13
Tabla 4: Clasificación de suelo por el tamaño de partículas según la AASHTO	14
Tabla 5: Clasificación de suelo por el tamaño de partículas según la SUCS.....	14
Tabla 6: Tamaño estándar de tamices	15
Tabla 7: Tabla de plasticidad del SUCS	28
Tabla 8: Rangos de Gs para varios suelos.....	29
Tabla 9: Diferencias de los Ensayos Estándar y Modificado.....	30
Tabla 10: Tipos de ensayo de Proctor Modificado	30
Tabla 11: Ábaco para determinar el número estructural de la subbase granular	37
Tabla 12: Ábaco para determinar el número estructural de la base granular.....	38
Tabla 13: Coeficiente estructural a1	39
Tabla 14: Nivel de confiabilidad.....	40
Tabla 15: Periodo de diseño según el tipo de carretera.....	40
Tabla 16: Ecuaciones generales del criterio de mínimos cuadrados.....	43
Tabla 17: Materiales y equipos de los ensayos	45
Tabla 18: Ubicación geográfica de las calicatas	55
Tabla 19: Nomenclatura de las variables utilizadas en los ensayos.....	59
Tabla 20: Propiedades Índice del Suelo	60
Tabla 21: Propiedades Mecánicas del Suelo	61
Tabla 22: Carta de Plasticidad AASHTO	62
Tabla 23: Carta de Plasticidad SUCS	62
Tabla 24: Correlaciones entre las propiedades del suelo	63
Tabla 25: Datos de los módulos de elasticidad y resiliencia de materiales.	88
Tabla 26: Índices de factor de daño	88
Tabla 27: Hora máxima de conteo vehicular.	89
Tabla 28: Resumen de conteo de la hora pico.....	89
Tabla 29: Coeficientes de crecimiento vehicular	90
Tabla 30: Cálculo del diseño de ejes equivalentes.....	93
Tabla 31: Datos necesarios para el uso del programa AASHTO 93.....	94
Tabla 32: Coeficiente de drenaje a niveles próximos a la saturación	99

Tabla 33: Diseño de Pavimento flexible mediante el método AASHTO-93	100
Tabla 34: Propuesta de espesores de las diferentes capas del pavimento	101
Tabla 35: Diseño de Pavimento flexible mediante el método AASHTO-93	105
Tabla 36: Propuesta de espesores de las diferentes capas del pavimento	106

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Porcentaje de suelo que pasa el tamiz	17
Ecuación 2: Velocidad de sumersión de partículas	18
Ecuación 3: Contenido de humedad	19
Ecuación 4: Relación de vacíos [e]	20
Ecuación 5: Grado de saturación de agua	21
Ecuación 6: Grado de saturación del aire	21
Ecuación 7: Coeficiente de uniformidad	25
Ecuación 8: Índice de liquidez	27
Ecuación 9: CBR a partir de la carga unitaria	33
Ecuación 10: Módulo de resiliencia para la subrasante.	36
Ecuación 11: Para CBR <12%	36
Ecuación 12: Para CBR \leq 12% y <80%	36
Ecuación 13: Número total de ejes equivalentes por carril	41
Ecuación 14: Número total de ejes equivalentes por dirección.	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:Clasificación general de suelos.....	5
Figura 2: Conjunto de tamices para una prueba en el laboratorio.....	16
Figura 3:Curva de distribución de tamaño de partículas.....	17
Figura 4: Ilustración de cono y arena	22
Figura 5: Agua en el suelo	24
Figura 6: Curva granulométrica de los tipos de suelo tipo A.....	25
Figura 7: Detalle de la Copa de Casa Grande	26
Figura 8: Curva de escurrimiento o de flujo plástico	27
Figura 9: Esquema DCP.....	31
Figura 10: Golpes acumulados.....	32
Figura 11: Curva de mejor ajuste a la dispersión de puntos	43
Figura 12: Localización de calicatas en el cantón Píllaro	53
Figura 13: Ubicación de calicatas y detalle vial del sector	54
Figura 14: Captura del Programa AASHTO 93 con los datos obtenidos	95
Figura 15: Ábaco de relación entre el coeficiente estructural vs el módulo elástico del asfalto	96
Figura 16: Ábaco para la obtención del coeficiente estructural a2.	97
Figura 17: Ábaco para determinar el coeficiente estructural a3 mediante el módulo de resiliencia	98
Figura 18: Espesor de las capas del pavimento.....	101
Figura 19: Relación de CBR vs Índice de penetración	102
Figura 20: Cálculo del número estructural SN mediante el programa AASHTO 93	104
Figura 21: Espesores del pavimento con el CBR de correlaciones.....	106

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo determinar las correlaciones existentes entre el CBR de laboratorio, DCP, de las Propiedades Índice y Mecánicas, de la parroquia de San José de Poaló, para la ejecución de este proyecto se realizó la toma de muestras de 12 tipos de suelos ubicados en las vías principales del sector. Posteriormente de la toma de muestras se procede a realizar los ensayos de campo y laboratorio para determinar las diferentes propiedades de los suelos analizados.

Una vez obtenido los datos de los distintos ensayos realizados se procede a determinar las correlaciones más significativas entre las propiedades índice y mecánicas, teniendo en cuenta que mediante dichas correlaciones ayude la optimización de tiempo y recursos en obra, dando así un total de 22 correlaciones tomando entre dos y tres variables. La confiabilidad de estas correlaciones varía entre el 50.25 por ciento hasta un 97.53 por ciento por lo que se considera un grado de confiabilidad bueno.

Con respecto a la determinación del CBR denota poca variación por lo que se considera una buena relación con errores mínimos debido a que el valor real calculado por medio de ensayos de laboratorios indica el mismo grosor de las diferentes capas de un pavimento flexible.

ABSTRACT

The aim of this research work is to determine the existing correlations between the laboratory CBR, DCP, of the Index and Mechanical Properties, of the parish San José de Poaló, For the execution of this project, samples were taken from 12 types of soils located on the main roads of the sector.

After taking samples, field and laboratory tests are carried out to determine the different properties of the analyzed soils.

Once data from the different tests carried out have been obtained, the most significant correlations between index and mechanical properties are determined, taking into account that these correlations help the optimization of time and resources on site, giving a total of 22 correlations taking between two and three variables. The reliability of these correlations varies between 50.25 percent to 97.53 percent, which is considered an appropriate degree of reliability.

Regarding the determination of the CBR, it shows little variation, which is considered a good relationship with minimal errors because the real value calculated by means of laboratory tests indicates the same thickness of the different layers of a flexible pavement.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

1.1.1 Antecedentes

El suelo es una masa cambiante, pues varía sus propiedades de un lugar a otro por lo que saber su composición exacta sin previos estudios resulta poco probable esto hace que el suelo sea un material complejo ya que su resistencia varía dependiendo de su formación y composición mineralógica, pero el suelo es un material indispensable para cualquier obra de ingeniería civil por lo que es vital saber sus características mecánicas mediante métodos confiables, normados y en la medida sencillos.

La ingeniería vial debido a las condiciones de tráfico que resiste las carreteras, se viene realizando varias investigaciones tanto de carácter teórico como de carácter práctico y al obtener los resultados tener un acertado criterio técnico para modificar los métodos ya existentes de control y diseño para de esta manera crear herramientas que establezcan una base común y comparar suelos de distintos lugares.

La correlación de Penetración Dinámica de Cono (DCP) y el ensayo CBR (California Bearing Ratio) se lo ha realizado en la sierra norte del Ecuador con lo que la siguiente investigación da continuidad en la parte de la sierra centro en la parroquia de San José de Poaló.

1.1.2 Justificación

Esta propuesta de investigación hace hincapié en el estudio de suelos de la Parroquia de San José de Poaló, mediante la correlación de diferentes ensayos como: El ensayo California Bearing Ratio (CBR), Penetración Dinámica de Cono (DCP), Límite Líquido y diferentes ensayos de laboratorio que permiten conocer las propiedades índice y mecánicas del suelo.

Para la presente investigación se debe tomar en cuenta la mecánica de suelos sabiendo que la misma es el estudio de leyes físicas aplicadas sobre el suelo, según Juárez Badillo el suelo es “Representa todo tipo de material terroso, desde un relleno de

desperdicios, hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves quedando fuera solo rocas sanas y depósitos altamente sementados” [3]

Según la Secretaria de Comunicaciones y Transporte de México (SCT) es de fundamental importancia el estado inicial del suelo en donde se levantará la carpeta asfáltica, el suelo deberá estar compactado y con una granulometría favorable, ya que en zonas granulares el estado se puede caracterizar dependiendo de la densidad, humedad alcanzada y estado inicial de esfuerzo, todas estas variables definen las propiedades iniciales de las capas de apoyo como son: deformabilidad, impermeabilidad y estados de rotura. [4]

Para un desarrollo vial se debe tener en cuenta la normativa, criterios, metodología y procedimientos que hay que cumplir para garantizar la calidad y durabilidad y optimizar el mantenimiento del tráfico en las diferentes fases (Contratación, construcción y puesta en servicio) de la vía teniendo en cuenta el impacto ambiental.[5] Por lo que la investigación se la hará de manera íntegra, para que la información obtenida mediante ensayos sea veraz y pueda ayudar en nuevos proyectos viales realizados por profesionales y también como modelo de investigación para personas inmersas en temas viales como son docentes y estudiantes.

1.1.3 Fundamentación teórica

1.1.3.1 El suelo

El suelo al inicio de su estudio se creía que era una masa compuesta de agregados de partículas orgánicas e inorgánicas, las mismas que no siguen ningún determinado orden, pero al avanzar los estudios se lo denominó como un conjunto con organización definida vectorialmente, teniendo en cuenta que los cambios más notorios respecto a sus características se los evidenciará de manera vertical (estratos) que de manera horizontal.[6]

El suelo tiene diferentes contextos dependiendo el uso o los intereses de estudio que se tenga, para la presente investigación se toma al suelo como material terroso, o areniscas parcialmente compactadas, en esta clasificación excluimos las rocas sanas, ígneas o metamórficas y los depósitos altamente sementados los mismos que no sea factible la disgregación rápidamente por acción del ambiente, el contenido de agua

tiene una vital importancia en el comportamiento mecánico del suelo por lo que se lo toma como parte integral del mismo.

1.1.3.2 Suelos residuales y transportados.

Los suelos residuales se forman mediante acción de los agentes producidos por el intemperismo y su disgregación queda situada en el mismo lugar siendo depositados en la misma roca de la cual se deriva, dando así su origen.

Los suelos transportados son aquellos que mueven los suelos disgregados por la acción de agentes del intemperismo hacia un sitio en donde subyacen a los estratos propios del lugar por lo que este estrato no tiene una relación directa con los mismos.

Existen varios agentes que transportan de un lugar a otro la disgregación del suelo, entre los principales se tiene: Los glaciares, el viento, los ríos y corrientes de agua superficiales, los mares y las fuerzas de gravedad. En la naturaleza rara vez estos factores actúan de manera aislada pues en su mayoría actúan de manera conjunta.

Al combinarse los diferentes agentes de transporte forman distintos depósitos, al combinarse el escurrimiento de aguas en las laderas de montañas y montes y la fuerza del campo gravitacional forman los depósitos de talud en la falda de las elevaciones, dichos depósitos suelen ser heterogéneos, sueltos y formados por material grueso en su mayoría.

El escurrimiento de torrentes causa el arrastre de material granular de gran tamaño debido a la velocidad de la corriente del agua, dicho material es depositado de manera gradual al largo del cauce, llegando los materiales más finos a las zonas planas del valle.

En general, el suelo transportado queda descrito por un “perfil estratigráfico”, la misma resalta la secuencia de colocación y el espesor de los estratos[6]

1.1.3.3 Clasificación general de suelos

Gravas. - Las gravas son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas con un diámetro mayor de 2 mm de diámetro, producidos por el movimiento en los lechos del río, en dicho proceso de traslación las gravas sufren un proceso de desgaste en sus aristas por lo que cambia su forma, de una grava con aristas (caras rectas con puntas) a una redonda lisa. Estas gravas o cantos rodados suelen encontrarse como material suelto en los lechos, en las cuencas y en los conos de deyección de los ríos. También se lo puede observar en las depresiones que han sido rellenadas por el acarreo de los ríos. En estos depósitos se encuentran en su mayoría gravas, cantos rodados, arenas, limos y arcillas. Las gravas tienen un tamaño variado desde 2mm hasta 7.62 cm.[7]

Arenas. - La arena es un material de grano fino procedente de la disgregación de las rocas o trituración artificial, la misma que tiene un tamaño que varía de 0.05 mm hasta 2 cm de diámetro.

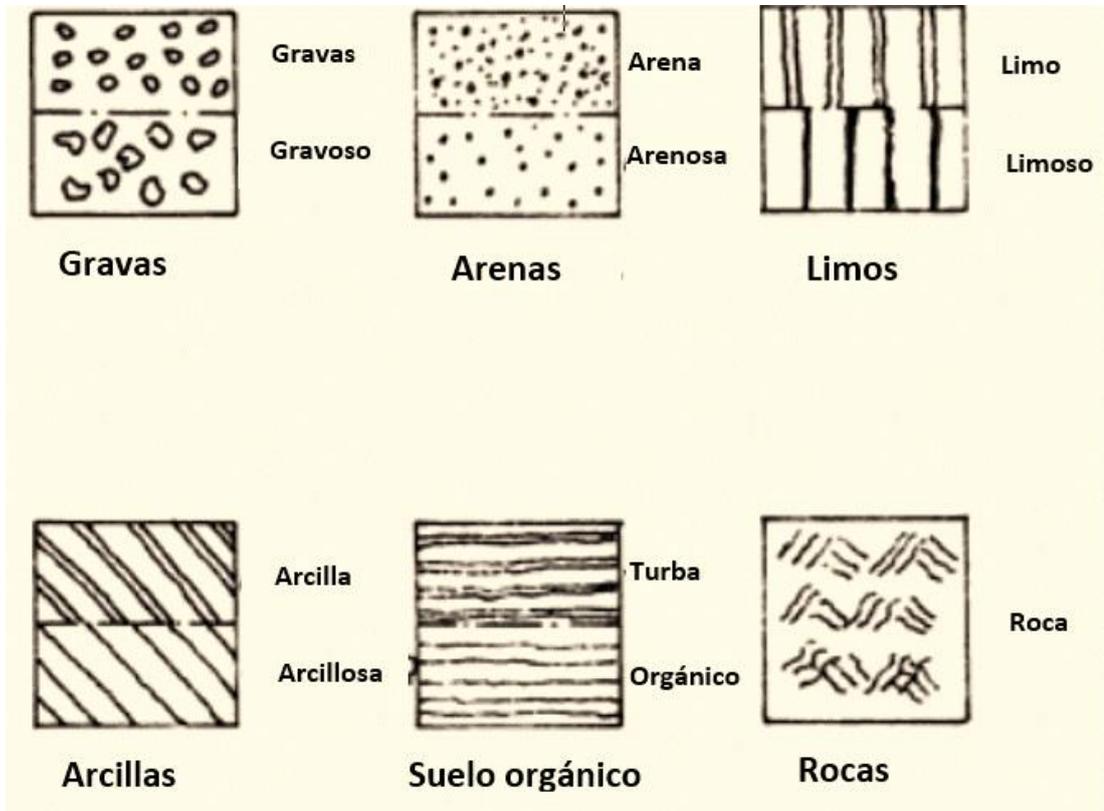
El depósito de arena viene dado a la par con los de la grava debido a que la arena es la denudación de la grava. La arena de río tiene en su mayoría grandes cantidades de grava y arcilla, la arena lavada (arena limpia) tiene como características: el no contraerse al secarse, no son plásticas, son mucho menos compresibles que la arcilla.[7]

Limos. – Los limos tienen como características el tener poca o ninguna plasticidad, éstos se clasifican en dos grupos: limo orgánico e inorgánico. El orgánico suele encontrarse en los ríos, este tipo de limos tiene características plásticas, el limo inorgánico es producido en canteras. El tamaño de los limos varía entre 0.005 mm hasta 0.05 mm de diámetro.

Las características de los limos no permiten resistir cargas, su color varía de un gris claro a un gris oscuro, la permeabilidad de los limos orgánicos es muy baja, pero a pesar de esto su compresión es muy alta, si a los limos no se los encontrara en estado denso (seco) los suelos serán considerados pobres para cimentar.[4]

Arcillas. – Las arcillas se las conoce como a las partículas sólidas que tienen un máximo diámetro de 0.005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al mezclarse con agua.

Figura 1: Clasificación general de suelos



Fuente: Mecánica de Suelos Tomo Uno- de Juárez Badillo.[3]

A macro escala durante el estudio de los suelos se ha clasificado a los suelos en finos y en gruesos, pero para un estudio detallado se lo debe clasificar de manera más detallada para de esta manera obtener de forma más precisa el comportamiento de las partículas desde el punto de vista de la ingeniería civil.

Para dicha clasificación es utilizado el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), dicho sistema fue propuesto por Arthur Casagrande el cual es usado para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo, este método se lo puede aplicar a material sin consolidar, en esta clasificación entran los suelos granulares los cuales se distribuyen en el tamiz de $3'' = 75 \text{ mm}$; y el suelo es denominado fino cuando es aquel que pasa el tamiz número 200, los suelos gruesos son los retenidos por dicho tamiz y los finos los que lo pasan, de esta manera un suelo es grueso si más del 50 % de las partículas son retenidas en el tamiz número 200, caso contrario se lo clasificará como suelo fino.

Los suelos gruesos, se definen en gravas y arenas los cuales son separados por el tamiz número 4, por lo que se considera a un suelo perteneciente al grupo de grava si el 50 % de las partículas son retenidas en el tamiz N° 4, caso contrario se lo clasificará en suelos de tipo arena.

Los suelos finos están clasificados en: Limo inorgánico, Arcilla orgánica, los mismos que obtienen una subclasificación teniendo como referencia el límite líquido están separados por un LI=50 %. Si el límite líquido es mayor a 50% se añadirá un sufijo H -high compressibility- y en el caso de ser menor será la L (low compressibility) a continuación, se muestra la nomenclatura de los tipos de suelos clasificados según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).[8]

Tabla 1: Identificación de suelos por la SUCS

Tipos de suelo	Prefijo	Subgrupo	Sufijo
Grava	G	Bien graduada	W
Arena	S	Pobrementemente graduada	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Alta plasticidad (>50 LL)	H
Turba	Pt	Baja plasticidad (<50 LL)	L

Fuente: SUCS, Sistema unificado de clasificación de suelos.[9]

El sistema de clasificación permite, en el caso de no tener claro el grupo al cual pertenece el suelo, permite realizar combinaciones obteniendo así símbolos dobles los cuales corresponde a casos de frontera los cuales serán detallados a continuación.

Tabla 2: Detalle de la clasificación de suelos SUCS.

Divisiones principales			Símbolos del grupo	Nombre típico	Identificación de laboratorio		
Suelos de grano grueso (Más de la mitad del material es retenido por el tamiz N° 200)	Grava	Gravas Limpias	GW	Gravas bien graduadas, Mezcla de grava y arena.	Determinar el porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (material que pasa el tamiz N° 200) se clasifica: <5% - GW, GP, SW, SP, >12% GM, GC, SM, SC.	Cu=D60/D10 >4 Cc= (D30)²/D10*D60 entre 1 y 3.	
			GP	Grava mal Graduada, mezcla de grava y arena,		No cumple con las especificaciones de granulometría para GW.	
		Gravas con finos	GM	Gravas limosas, Mezcla de grava, arena y limo.		Límite de Atterberg debajo de la línea A o IP < 4	Encima de la línea A con IP entre 4 y 7 son casos límites que requieren doble símbolo.
			GC	Grava arcillosa, Mezcla de grava arena y arcilla			
	Arenas	Arenas Limpias	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, sin finos o pocos finos	Cu=D60/D10 >6 Cc= (D30)²/D10*D60 entre 1 y 3.		

			SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, sin finos pocos finos		Cuando no cumple las condiciones para SW.
		Arenas con finos	SM	Arenas limosas, mezcla de arena y limo		Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$
			SC	Arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla		Límites de Atterberg sobre de la línea A o $IP > 7$
						Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble
Suelos de grano fino (Más de la mitad del material pasa por el tamiz N° 200)	Limos y Arcillas $LL < 50$	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas.			
		CL	Arcilla inorgánica de plasticidad media.			
		OL	Limo orgánico y arcilla orgánica.			
	MH	Limo inorgánico y suelos arenosos.				

	Limos y Arcillas LL>50	CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada.
Suelos muy Orgánicos		Pt	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.

Fuente: SUCS, Sistema unificado de clasificación de suelos.[9]

Clasificación de los suelos según la norma AASHTO, este sistema está basado principalmente para clasificar el tipo de suelo de las capas de la carretera no está recomendada para la construcción de cimentaciones.

Este sistema fue desarrollado en el año de 1929 con el nombre de Sistema de Clasificación de la Oficina de Caminos Públicos, la cual desde el momento de su creación ha sufrido algunos cambios propuestos por Highway Research Board's el mismo era el comité de clasificación de materiales para subrasante y caminos de tipo granular, este sistema se encuentra en vigencia desde 1945.

La clasificación de los suelos tiene por nombre: A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares donde hasta el 35% o menos de sus partículas pasan por el tamiz N° 200, las clasificaciones A4, A5, A6 y A7 son suelos que pasan más del 35% de sus partículas en el tamiz N° 200.

A continuación, se detalla los suelos con características granulares y además que contiene el 35 % o menos de material que pase por el tamiz N ° 200:

Grupo A-1.- Este grupo tiene características de una mezcla bien graduada teniendo como principal material fragmentos de piedra o grava, arena gruesa, arena fina y ligante de suelo con baja plasticidad, además de estos materiales también puede tener rocas, ceniza volcánica sin un ligante de suelo.

Subgrupo A-1-a.- Este incluyen en su mayoría fragmentos de roca o grava con o sin ligante bien consolidado de material fino.

Subgrupo A-1-b.- Este está compuesto en su mayoría de arenas gruesas con o sin ligante bien consolidado.

Grupo A-3.- El material que se encuentra predominantemente en este grupo es la arena fina, sin ninguna cantidad de arcilla, y poco rastro de limo no plástico en su mezcla, a dicha consistencia también se puede añadir depósitos aluviales de arena fina mal grabada con contenido de arena gruesa y grava.

Grupo A-2.- Este grupo en su mezcla tiene una gran cantidad de material granular que se encuentran en el límite de la clasificación antes mencionada de los grupos A1 y A3, teniendo en cuenta la subclasificación del grupo A1. A demás cuenta con tipos de suelo clasificados dentro de los grupos A4, A5, A6 y

A7 en los cuales están incluidos los suelos que pasan más del 35% de sus partículas del tamiz N° 200.

Subgrupo A-2-4 y A-2-5.- Este subgrupo contiene cantidades de suelo que su 35 % de partículas no pasa el tamiz N° 200 y con pequeñas porciones que pasa el tamiz N° 40 que tiene las características de los grupos A-4 y A-5 respectivamente. En su mezcla se encuentran materiales como grava y arena gruesa con rastro de limo con un IP mayor a las obtenidas por el grupo A-1

Subgrupo A-2-6 y A-2-7.- Tiene materiales con las mismas características mencionadas en el subgrupo anterior excepto por la cantidad de finos y arcilla plástica ya que tiene características descritas en los grupos A-6 y A-7 respectivamente.

A continuación, se detalla las características de los suelos con características limo arcillosos y además que contiene el 35 % o más de material que pase por el tamiz N ° 200:

Grupo A-4.- Tiene por material predominante el limo no plástico o moderadamente plástico que normalmente pasa el 75% o más de sus partículas del tamiz N° 200.

Grupo A-5.- Este grupo tiene características parecidas a las del grupo anterior con características elásticas debido a su alto LL.

Grupo A-6.- Tiene por material predominante la arcilla plástica que usualmente es el 75% o más de partículas que pasan el tamiz N° 200 además en su mezcla se encuentra también arcilla, lo que hace que esta mezcla presente grandes variaciones de volumen entre el estado seco y el húmedo.

Grupo A-7.- El material que se encuentra clasificado en este grupo tiene características parecidas a las descritas en el grupo A-6 salvo que tiene un LL mayor el cual es parecido al grupo A-5 por lo que tiende a expandirse dependiendo el estado en el que se encuentre.

Subgrupo A-7-5.- Tiene por característica presentar en su mezcla un IP representativo en relación con el LL, lo que conlleva a una potencial probabilidad de expansión.

Subgrupo A-7-6.- Tiene por característica presentar en su mezcla un elevado IP en relación con el LL por lo que presenta una alta probabilidad de expansión.

Tabla 3: Clasificación AASHTO

Clasificación General		Materiales granulares 35% o menos pasan la malla 200							Materiales limosos y arcillosos más del 35% pasa la malla No 200				
Grupos		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Análisis por tamiz % que pasa el tamiz N°	10	50 Max											
	40	30 Max	50 Max	51 Min									
	200	15 Max	25 Max	10 Max	35 Max	35 Max	35 Max	35 Max	36 Min	36 Min	36 Min	36 Min	36 Min
fracción que pasa la malla 40	LL				40 Max	41 Max	40 Max	41 Max	40 Max	41 Max	40 Max	41 Max	41 Max
	LP	6 Max	6 Max	NP	10 Max	10 Max	11 Min	11 Min	10 Max	10 Max	11 Min	11 Min	11 Min
Índice de grupo		0	0	0	0	4 Max	8 Max	4 Max	8 Max	12 Max	16 Max	20 Max	20 Max
Tipo usual de materiales constituyentes		Piedra, grava, arena		Arena fina	Grava y arena limoarcillosas				Suelos limosos		Suelo arcilloso		
Comportamiento general como subbase		Excelente a bueno					Aceptable a malo						

Fuente: Geomecánica- clasificación de los suelos Cap. 5.[10]

Comparación entre el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos y AASHTO.

Estos métodos tienen como diferencia el uso predominante del suelo, ya que el sistema AASHTO es esencialmente para construcción de carreteras Mientras que el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos no presenta restricciones de ningún tipo por lo que su uso es más general.[10]

Las semejanzas que tienen estos métodos es la clasificación de partículas mediante la distribución de tamaño de las mismas, de igual manera el límite líquido y el plástico con la diferencia que cada sistema adopta distintos valores como límites entre los tipos de suelo.

Tabla 4: Clasificación de suelo por el tamaño de partículas según la AASHTO

Tipo de suelos	Tamaño mínimo [mm]	Tamaño máximo [mm]
Bloques	75	-
Grava	2	75
Arena	0,075	2
Limo	0,005	0,075
Arcilla	0,001	0,005

Fuente: AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials.[11]

Tabla 5: Clasificación de suelo por el tamaño de partículas según la SUCS

Tipo de suelos	Tamaño mínimo [mm]	Tamaño máximo [mm]
Bloques	300	-
Boleos	75	300
Grava	4,76	75
Arena	0,075	4,76
Limo	0,002	0,075
Arcilla		0,002

Fuente: Fuente: SUCS, Sistema unificado de clasificación de suelos.[11]

1.1.3.4 Análisis mecánico del suelo

El análisis mecánico del suelo es la determinación de los tamaños de las partículas del suelo, expresados con un porcentaje del peso total, para lo cual existen dos métodos para establecerlo: Análisis de tamiz y el análisis de hidrómetro. El análisis de tamiz se utiliza para determinar la distribución de partículas mayores a 0.075 mm de diámetro, mientras que el análisis de hidrómetro determina la clasificación de partículas menores a 0.075 mm de diámetro a continuación, se describe el proceso de análisis tanto de tamiz como de hidrómetro.

1.1.3.5 Análisis de tamiz

El análisis de tamiz consiste en agitar la muestra de suelo a través de un conjunto de tamices con distinta abertura ordenados de mayor a menor con una base para contener en si toda la muestra de suelo, para que de esta manera las partículas más grandes se queden en los primeros tamices y se vaya distribuyendo dependiendo el tamaño de partículas de la muestra hasta llegar a la base partículas muy finas que entran en las características de limo pues tienen un diámetro menor a 0.05 mm. A continuación, se muestra el número de tamiz y la abertura del mismo.[12]

Tabla 6: Tamaño estándar de tamices

Tamiz Núm.	Abertura (mm)
4	4,75
6	3,35
8	2,36
10	2
16	1,18
20	0,85
30	0,6
40	0,425
50	0,3

60	0,25
80	0,18
100	0,15
140	0,106
170	0,088
200	0,075
270	0,053

Fuente: Mecánica de Suelos Tomo Uno- de Juárez Badillo.[3]

Los tamices que efectúan esta tarea en general son de 203 mm de diámetro, antes de llevar a cabo un análisis granulométrico se debe llevar al horno la muestra de suelo para posteriormente romper los grumos hasta que solo exista partículas sueltas, a continuación se lleva a la maquina tamizadora para facilitar el proceso de clasificación de suelo respecto al tamaño.[12]

Figura 2: Conjunto de tamices para una prueba en el laboratorio.



Fuente: Guía de laboratorio N° 1 Granulometria de los suelos.[13]

Para determinar del análisis granulométrico se debe determinar el porcentaje retenido por los tamices por lo que se los pasos a seguir son los siguientes.

A partir de la criba superior se determina la masa del suelo retenido en cada tamiz conocido como ($M_1, M_1, M_3 \dots$) y el contenido de la bandeja (M_p).

Se determina la masa total del suelo. ($M_1 + M_2 + M_3 + \dots + M_p = M_t$).

Se suma la masa acumulada de suelo retenido por encima de cada tamiz ($M_1 + M_2 + M_3 + \dots + M_p = M_t$).

Cálculo de la masa de suelo que pasa por el tamiz $-i$ -ésimo- es $M_t - (M_1 + M_2 + \dots + M_i)$.

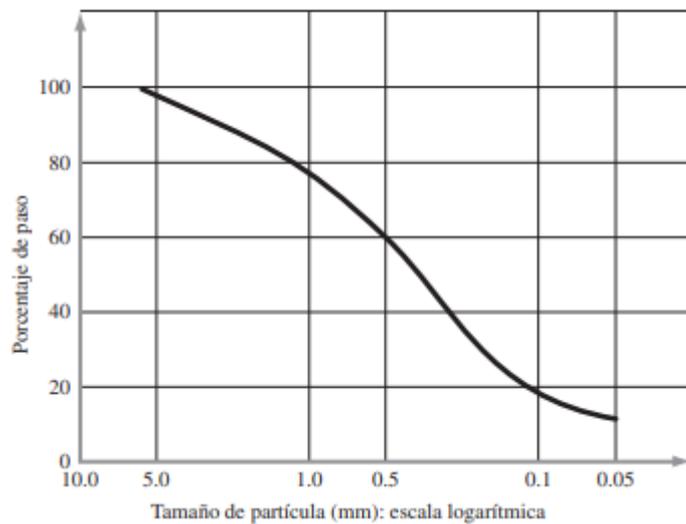
El porcentaje de suelo que pasa el tamiz $-i$ -ésimo- es:

$$F = \frac{M_t - (M_1 + M_2 + \dots + M_i)}{M_t} \times 100$$

Ecuación 1: Porcentaje de suelo que pasa el tamiz

Los datos obtenidos al seguir los pasos anteriormente explicados deben ser representados en papel gráfico semilogarítmico, con el porcentaje en la ordenada en escala aritmética lo más exacta posible, y el tamaño de la abertura del tamiz como la abscisa en escala logarítmica. También se la conoce como curva de distribución de tamaño de partículas.

Figura 3: Curva de distribución de tamaño de partículas



Fuente: Mecánica de Suelos Tomo Uno- de Juárez Badillo.[3]

1.1.3.6 Análisis de hidrómetro

El análisis de hidrómetro tiene como base científica la velocidad de sumersión de las partículas pues la partícula se hunde en función de su forma, tamaño y peso, para que este método sea fácil de aplicar se dice que todas las partículas tienen forma esférica y que la velocidad de las partículas pueda ser determinada por la ley de Stokes, la misma que expresa.[12]

$$v = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{18n} \times D^2$$

Ecuación 2: Velocidad de sumersión de partículas

Donde:

$v =$ *velocidad*

$\gamma_s =$ *densidad de las partículas del suelo*

$\gamma_w =$ *densidad del agua*

$n =$ *viscosidad del fluido*

$D =$ *diámetro de las partículas del suelo*

Nota: como este proceso de clasificación de las partículas se realiza para diámetros menores a 0.05 mm no se profundiza en el procedimiento debido a que esta investigación tiene como prioridad el estudio de partículas mayores a 0.05 mm hasta 7.62 cm.

1.1.3.7 Exploración y muestreo.

Pozos a cielo abierto.

Son excavaciones a cielo abierto conocidas como calicatas que permite conocer in situ las condiciones de subsuelo, para de esta manera evaluar un perfil de suelo natural, para lo cual se excava una cantidad de suelo de 1.5 m de largo por 1.5 m de ancho con una profundidad necesaria para distinguir el tipo de suelo que

se encuentra in situ. De estos pozos se pueden tomar muestras alteradas o inalteradas de suelo.[14]

Muestras alteradas.

Son porciones del suelo protegidas contra la pérdida de humedad, para que su estructura interna no sufra alteración. Estas muestras pueden ser utilizadas para realizar análisis granulométrico, límites de Atterberg, pruebas mecánicas, etc. Dicha muestra se puede recolectar de manera manual con la herramienta adecuada y se debe guardar la muestra en bolsas impermeables.[14]

Muestras inalteradas.

La muestra se recolecta de las paredes de la calicata y se debe realizar con cuidado los cortes, proteger contra las pérdidas de humedad envolviéndola con capas debidamente impermeabilizadas con brea y parafina. [14]

1.1.3.8 Relaciones fundamentales

Para saber el comportamiento esperado de una construcción se debe tomar en cuenta las características y propiedades del suelo sobre la que esta está apoyada.

Contenido de humedad.

Es la propiedad física que indica la cantidad de agua que contiene una muestra de suelo, la misma que es la relación entre el peso de agua contenida y su fase sólida, el agua al tener presencia en el suelo hace variar el comportamiento y resistencia de éste, por lo cual existe la siguiente fórmula para determinar el porcentaje de humedad.[3]

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Ecuación 3: Contenido de humedad

Donde:

w = Contenido de humedad

Ww = Peso del agua

Ws = Peso de sólidos

Relación de vacíos e.

Es la relación que existe entre el volumen de vacíos y el volumen de los sólidos, determinando así el porcentaje del suelo que se encuentra compactado, mientras el valor sea lo más bajo significa que el suelo tiene un grado alto de compactación mientras que los valores altos un suelo suelto. Lo cual se determina mediante la siguiente ecuación. [3]

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

Ecuación 4: Relación de vacíos [e]

Donde:

e = relación de vacíos

V_v = Volumen de vacíos

V_s = Volumen de sólidos

Porosidad.

Es la relación entre el volumen de vacíos y el volumen total de la muestra de suelo, el cual viene dado en porcentaje bajo debido a la compactación de los materiales, lo que representa un suelo bien consolidado. Lo cual se determina mediante la siguiente ecuación. [3]

$$n = \frac{V_v}{V_t}$$

Donde:

n= Porosidad

V_v= volumen de vacíos

V_t = Volumen total de la masa de suelo

Grado de saturación de agua $G_w\%$.

Está relacionada directamente con el volumen de agua y el volumen de vacíos, esta relación indica el porcentaje de agua existente en la muestra de suelo, es así que si un suelo indica porcentajes bajos dicho suelo se encuentra seco y si al contrario tiene un porcentaje de 100% indica que ese suelo está saturado. El grado de saturación de agua se determina mediante la siguiente ecuación.

$$G_w \% = \frac{V_w}{V_v} \times 100$$

Ecuación 5: Grado de saturación de agua

Donde:

G_w = Grado de saturación del agua

V_w = Volumen de agua

V_s = Volumen de vacíos

Grado de saturación del aire $G_a\%$.

Es la relación existente entre el volumen del aire respecto al volumen de vacíos existentes en la muestra de suelo, los porcentajes obtenidos mediante esta relación indican la consolidación del suelo, así que un bajo porcentaje indica una alta consolidación del suelo mientras que un alto porcentaje de aire indica una baja consolidación. El grado de consolidación del aire se determina mediante la siguiente ecuación.

$$G_a = \frac{V_a}{V_v} \times 100$$

Ecuación 6: Grado de saturación del aire

Donde:

G_a = Grado de saturación del aire

V_a = Volumen de aire

V_v = Volumen de vacíos

1.1.3.9 Propiedades índice.

Estas propiedades permiten clasificar e identificar los diferentes tipos de suelos descritos anteriormente con una combinación de ensayos in situ y en laboratorio con muestras representativas del suelo en estudio.

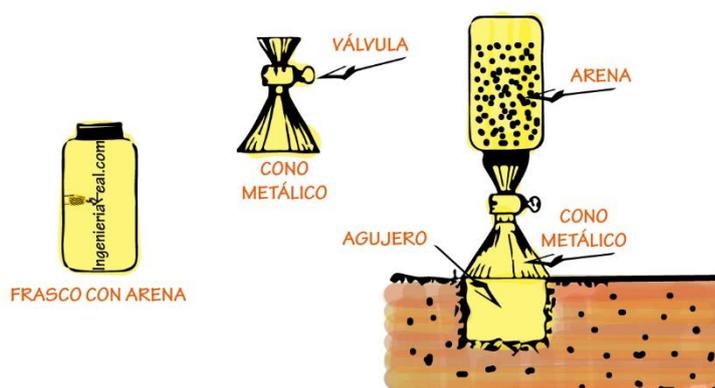
Densidad de campo.

La densidad de campo se realizará mediante la norma AASHTO T 191 2014 indica el método de prueba estándar para densidad y peso unitario del suelo en sitio por el Método Cono de Arena. Dicho método permite cuantificar la densidad del terreno ya que éste permite obtener el volumen por medio de la arena de Ottawa la cual tiene una granulometría y peso determinado.[15] con esto se puede calcular la densidad del suelo húmedo (diferencia entre el peso de suelo húmedo y el volumen del agujero).

$$\gamma_{hum} = \frac{\text{Peso del suelo}}{\text{Volumen del hoyo}}$$

El instrumento de cono y arena es compuesto por tres partes fundamentales los cuales son: Cono metálico, frasco contenedor de arena, base, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 4: Ilustración de cono y arena



Fuente: Manual de procedimiento de ensayos de suelo y memoria de cálculo.[15]

Contenido de humedad natural.

Para realizar este ensayo se tomará en cuenta la norma AASHTO T 191 2014, ensayo que permite conocer la cantidad de agua existente en condiciones naturales en una muestra de suelo en comparación con su peso en seco el mismo que se lo debe realizar en laboratorio obteniendo un resultado de manera porcentual.[6]

El agua se considera como parte integra del suelo y se la puede encontrar como agua retenida en fase líquida y agua retenida en fase de vapor, en este caso solo se considerará el agua en fase líquida la cual está combinada químicamente por el agua adherida o higroscópica y por el agua de capilaridad.[7]

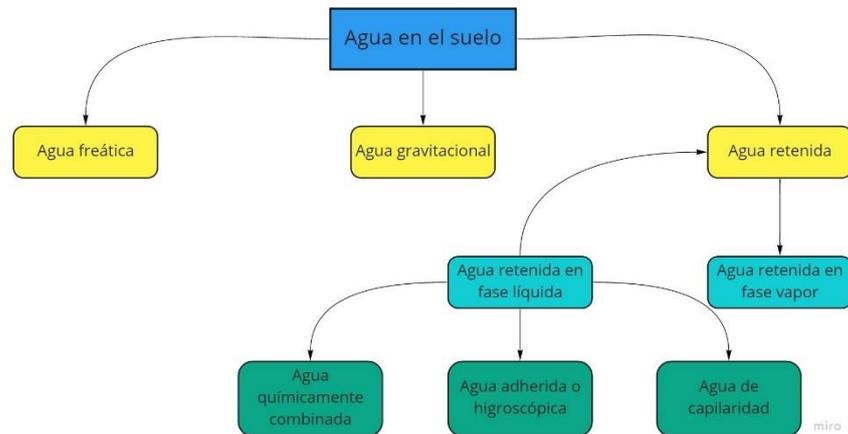
El agua químicamente combinada desde el punto de vista ingenieril, se considera como parte integra del suelo ya que se encuentra en los minerales componentes del suelo y es una cantidad mínima en consideración al volumen del suelo, esta agua no puede ser eliminada del suelo si ésta no se seca a 110 °C.[16]

El agua adherida o higroscópica, es aquella que adquiere el suelo del aire que rodea el suelo, esto sucederá cuando el suelo es secado en un horno y a pesar de esto al dejarlo enfriar, el mismo absorbe la humedad del aire al que esté expuesto, esta cantidad de agua absorbida del entorno también se ve relacionada al área superficial de las partículas del suelo.[16]

El agua de capilaridad es aquella que se adhiere a los poros del suelo debido al efecto de tensión superficial.[16]

Debido a lo mencionado se debe realizar la toma de muestra rápidamente y trasladarla en un recipiente sellado para que de esta manera no pierda su humedad natural hasta llegar al laboratorio.[3]

Figura 5: Agua en el suelo



Fuente: Mecánica de suelos y cimentaciones de Crespo Villalaz.[16]

Granulometría.

Para realizar el ensayo granulométrico se tomará en cuenta la norma AASHTO T 88 2013, dicho ensayo permite determinar la proporción existente de granos de suelo en función de su tamaño, dicha proporción se la conoce como graduación del suelo, para que los datos obtenidos de la muestra sean válidos o confiables debe ser una muestra representativa del sitio en estudio.[17]

Por lo que el ensayo anteriormente descrito es un intento para determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano de la muestra tomada de suelo, sabiendo que es imposible saber el tamaño real de cada partícula este ensayo agrupa las partículas por tamaños[18]. Tamaño nominal máximo (TNM), Es la cantidad de partículas que alcanza el 5% del total de la muestra.

Diámetro efectivo (D10). Este está representado en milímetros (mm) y corresponde al tamaño de las partículas que representa el 10% del material que pasa.

Diámetro equiparable (D30). Este está representado en milímetros (mm) y corresponde al tamaño de las partículas que representa el 30% del material que pasa.

Diámetro dimensional (D60). Este está representado en milímetros (mm) y corresponde al tamaño de las partículas que representa el 60% del material que pasa.

Coefficiente de uniformidad (Cu). Este valor viene dado por el tipo de distribución que tenga las partículas de la muestra de suelo, este valor es la relación que existe entre el diámetro dimensional y el diámetro efectivo, al realizar dicha operación si el valor es superior a 3 se encuentra bien graduado, en caso de ser menor a 3 esto significa que ese tipo de suelo no es bien graduado o resulta ser uniforme.[19] El valor del coeficiente de uniformidad aire se determina mediante la siguiente ecuación.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Ecuación 7: Coeficiente de uniformidad

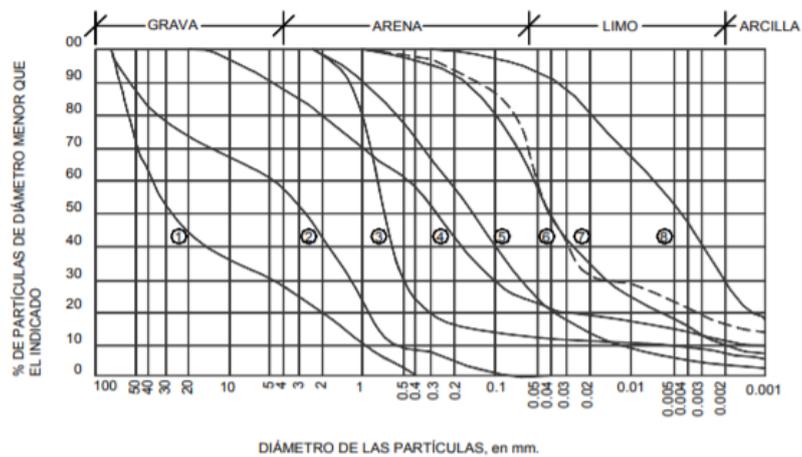
Donde:

Cu = Coeficiente de uniformidad

D₆₀ = Diámetro dimensional

D₁₀ = Diámetro efectivo

Figura 6: Curva granulométrica de los tipos de suelo tipo A



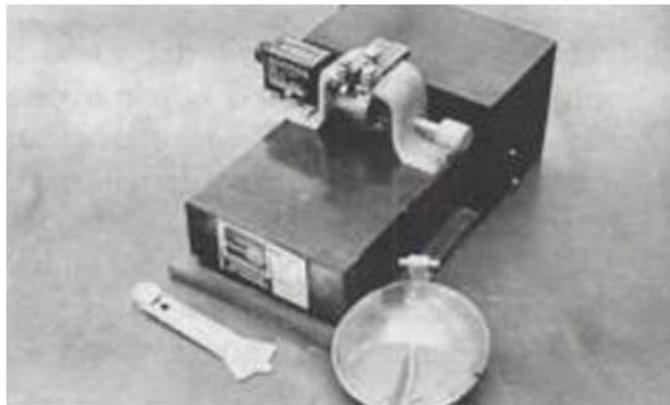
Fuente: Conceptos básicos de la mecánica de suelos de Juan Pérez Valcárcel.[19]

Límites de Atterberg.

Esto indica la delimitación de consistencia del suelo entre los límites líquidos, límites plásticos y de retracción de la muestra de suelo en función del contenido de humedad permitiendo de esta manera la clasificación del suelo.[20]

Límite líquido. Es el contenido de humedad del suelo en relación con el peso de la muestra secada previamente en el horno, la determinación del límite líquido se lo realiza en el laboratorio con el método de copa de Casa Grande, este ensayo determina la cantidad mínima de agua que puede tener la muestra de suelo que pasa el tamiz N°40.

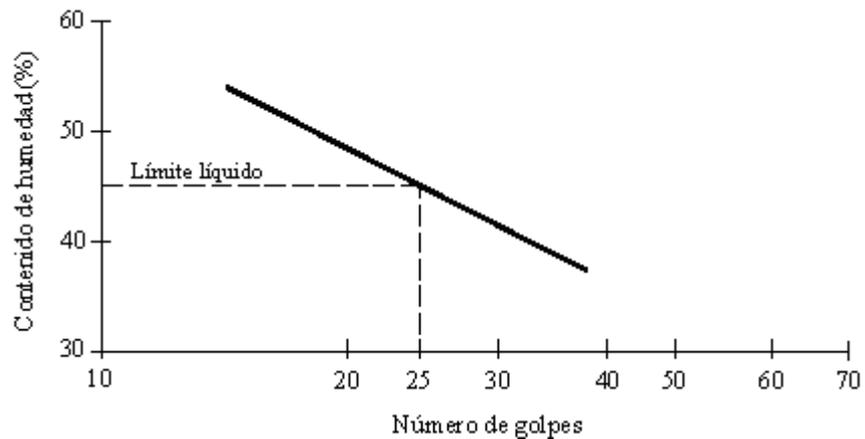
Figura 7: Detalle de la Copa de Casa Grande



Fuente: Mecánica de suelos de Juárez Badillo.[3]

El tipo de suelo se lo clasifica mediante la gráfica de escurrimiento la cual consta de los siguientes valores: en la abscisa indica el número de golpes en escala logarítmica mientras que en la ordenada va el valor del contenido de humedad en escala aritmética. De esta manera se debe realizar el ensayo de laboratorio un mínimo de tres veces y ubicar los resultados en la gráfica, mientras la pendiente sea mayor el suelo tendrá mayor resistencia al corte.[18]

Figura 8: Curva de escurrimiento o de flujo plástico



Fuente: Mecánica de suelos de Juárez Badillo.[3]

Índice de liquidez. Es la relación que existe entre el contenido de humedad de la muestra del suelo y el límite de consistencia, a la cual se denomina consistencia natural. El valor del índice de liquidez se determina mediante la siguiente ecuación.

$$IL = \frac{W_{nat} - LP}{IP}$$

Ecuación 8: Índice de liquidez

Donde:

W_{nat} = Humedad natural

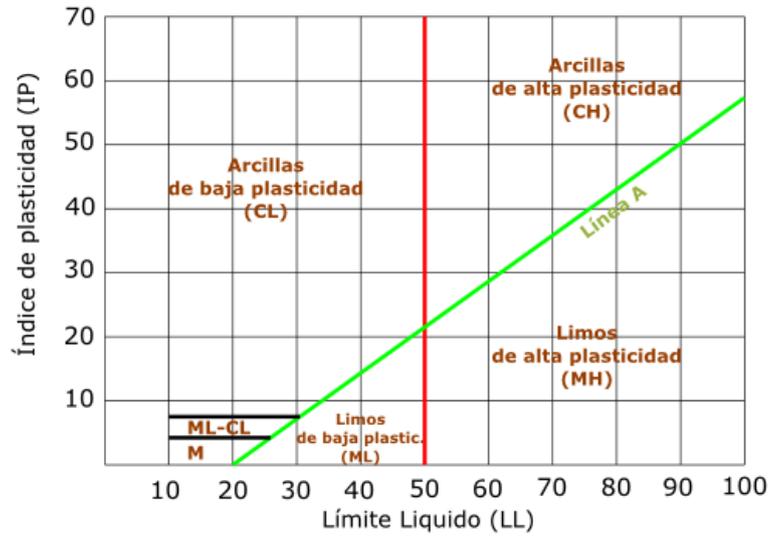
LP = Límite plástico

IP = Índice plástico

Límite plástico. Se define como el contenido de agua al cual se agrieta o rompe la muestra de suelo la misma que se somete a la realización de un cilindro enrollado de forma manual tratando de obtener un diámetro de 3 milímetros (mm).[18] Existe suelos que no se pueden determinar su límite plástico por lo que se les considera suelos no plásticos.

Índice plástico. Es la diferencia existente entre el límite líquido y el límite plástico, su resultado indica la cantidad de contenido de humedad que se puede variar en la muestra de suelo en un rango plástico.[18]

Tabla 7: Tabla de plasticidad del SUCS



Fuente: Mecánica de suelos de Juárez Badillo.[3]

Los suelos que tienen un índice de plasticidad alto son altamente compresibles, por lo que se utiliza al índice plástico como un indicador de cohesión ya que suelos con un despreciable índice plástico como es el caso de las arenas de baja cohesión son suelos no plásticos.[18]

Gravedad específica.

Es la relación existente entre la masa de la muestra de suelo a una temperatura dada y la masa del mismo volumen de agua destilada y libre de gas, expuesta a condiciones ambientales idénticas a la muestra de suelo.[21] Además de permitir clasificar los suelos el valor obtenido en este ensayo será fundamental debido a que la gravedad específica es necesaria para la mayoría de cálculos, por lo que existe valores aproximados a los que se espera del ensayo, los cuales son indicados en la siguiente tabla:

Tabla 8: Rangos de Gs para varios suelos.

Tipo de suelo	Gs
Arena	2,63-2,67
Limos	2,65-2,7
Arcilla y arcilla limosa	2,67-2,9
Suelo orgánico	Menos de 2

Fuente: Tesis de grado-Autor: Favio Portilla.[18]

Densidad seca máxima – Humedad óptima.

El método utilizado para calcular la densificación del suelo por desalojo del aire mediante un proceso manual ayudado por equipos en el laboratorio, el mismo que se ha clasificado mediante su peso unitario seco.[18]

Para este ensayo el tipo de suelo debe tener ciertas características: debe ser un suelo no cohesivo, no cementado, de tamaño máximo nominal de 80 milímetros (mm), que contengan 12 % de masa que pase el tamiz N° 200 y un índice plástico menor o igual a 5.[22]

1.1.3.10 Proctor modificado.

Este ensayo es una variación del ensayo Proctor Estándar para representar de una mejor manera las condiciones en el campo. La diferencia entre estos métodos se presenta en: la altura de caída del martillo, el peso del martillo y número de capas, dichas características aumentan la energía de compactación en cada golpe y por consecuencia el peso unitario seco máximo debido a dicho proceso disminuye la humedad óptima.[18]

Tabla 9: Diferencias de los Ensayos Estándar y Modificado

Ensayo Proctor	Peso de martillo [N]	Altura de caída [mm]	N° de capas	Energía de compactación [KN-m/m3]
Estándar	24,4	304,8	3	591,3
Modificado	44,5	457,2	5	2696

Fuente: Tesis de grado-Autor: Favio Portilla.[18]

Para realizar este ensayo hay tres métodos diferentes las mismas que se diferencian por el diámetro del molde, el número de golpes por capa y el tamaño máximo de las partículas del suelo.

Tabla 10: Tipos de ensayo de Proctor Modificado

Método	Volumen molde (cm3)	N° golpes	Material que pasa el tamiz	Observaciones
A	943,3	25	N° 4	% Ret N°4 ≤ 20%
B	943,3	25	3/8''	% Ret N°4 > 20% % Ret 3/8'' ≤ 20%
C	2124	56	3/4''	% Ret 3/8'' > 20% % Ret 3/4'' < 30%

Fuente: Tesis de grado-Autor: Favio Portilla.[18]

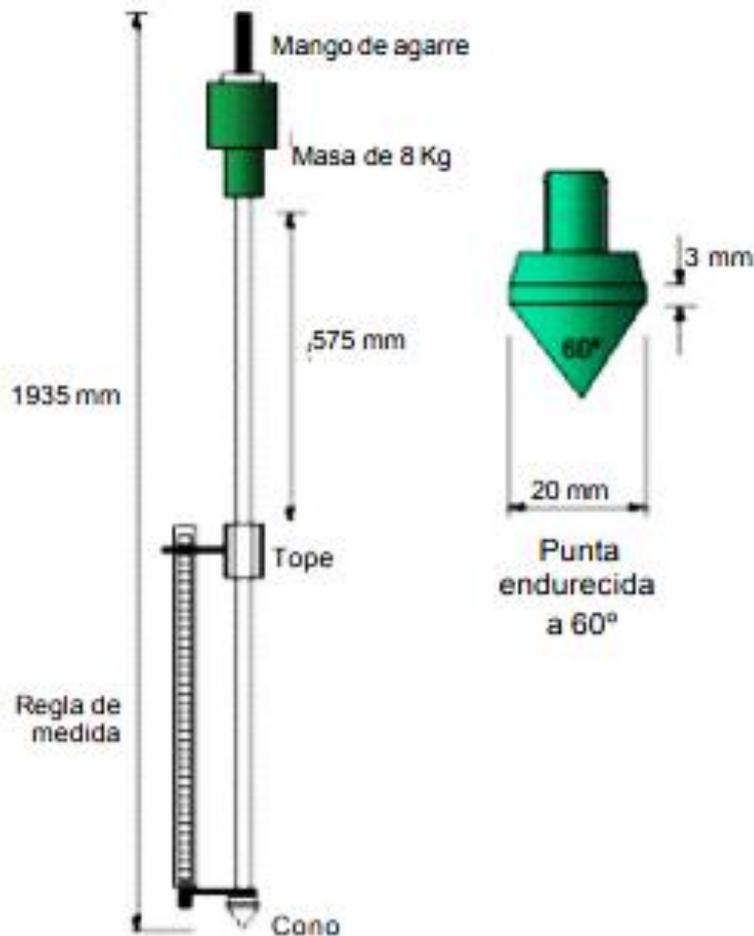
1.1.3.11 Cono dinámico de penetración (DCP).

El ensayo de Penetración Dinámica de Cono (DCP) se desarrolló en Suráfrica la cual sirve como herramienta de monitoreo de un pavimento, ésta se puede emplear tanto en la etapa constructiva como en la etapa de servicio, el ensayo de DCP se utiliza para determinar el grosor de las capas del pavimento y sus respectivas densidades basados en la norma ASTM D6951. Debido a las ventajas comparativas este ensayo ha sido utilizado en diferentes países como Australia, Israel, Reino Unido, entre otros.[2] Este ensayo se considera como semi no-destructivo ya que permite su uso en pavimentos en servicio pues solo basta una pequeña perforación al pavimento para poder realizar el ensayo, éste no requiere de excavaciones siendo una ventaja si se toma en cuenta los ensayos del CBR.

Descripción y uso del aparato.

El equipo consiste en un juego de varillas de acero generalmente de 16 milímetros (mm) de diámetro con una punta de forma cónica de acero endurecido, éste será el que indique la resistencia del suelo pues éste será golpeado con una pesa de 8 kilogramos (kg) el mismo que se deja en caída libre a una altura de 575 milímetros (mm). Para el uso del DCP se necesita la asistencia de dos personas, uno que constate la verticalidad del aparato mientras cae la pesa y otro para anotar la distancia de penetración obtenidos por cada golpe.[2]

Figura 9: Esquema DCP



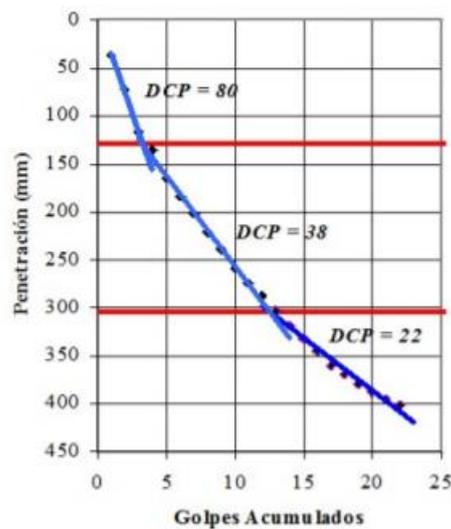
Fuente: Experiencias en la Aplicación de Metodologías al Control de Obra y la Evaluación Estructural de Pavimentos-Ing. Víctor H. Umpierrez.[18]

El ensayo se realiza in situ y el proceso se realiza hasta llegar a la profundidad deseada o hasta que el largo de la barra inferior sea hincado en el suelo. La penetración que se obtenga dependerá netamente de la resistencia a corte de los materiales que se encuentran in situ, los mismos que deben su resistencia al tipo de material, su compacidad y humedad. Este ensayo permite encontrar un índice de penetración (PI), aproximando la curva obtenida mediante tramos rectos teniendo como unidad (mm/golpe).[2]

Para realizar este ensayo no se utiliza matemática ya que este método pretende determinar de manera rápida y sencilla el perfil transversal. Para representar los datos obtenidos del suelo se emplea una gráfica donde en las abscisas irán ubicadas el número de golpes acumulados y en la ordenada irán ubicados la penetración en milímetros (mm).

La gráfica a continuación indica el número de capas existentes representadas por rectas de diferente pendiente en el cual muestra también el espeso de dichas capas.[23]

Figura 10: Golpes acumulados



Fuente: el cono dinámico de penetración y su aplicación en la evaluación de suelos- Fabiana Viscarra Agreda.[23]

1.1.3.12 El ensayo CBR.

El CBR o California Bearing Ratio fue propuesto en el año de 1929 por los ingenieros T.E Stanton y O. J. Porter del Departamento de Carreteras de California. Desde esa fecha este método fue generalizado tanto en Europa como América ya que el CBR es una forma de clasificar el suelo, el mismo que puede ser utilizado para subrasante o la construcción de pavimentos flexibles.[24]

En si el CBR determina la resistencia a corte del suelo en condiciones de humedad y densidad controlada dando así un porcentaje (% CBR) lo cual está definido como la fuerza requerida para que un pistón penetre la misma profundidad a una velocidad constante.[25]

El CBR se obtiene como la relación de la carga unitaria en kg/cm² necesarias para llegar a una determinada profundidad de penetración del pistón el cual tiene un área de 19.4 centímetros cuadrados, el suelo tiene un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón, requerida para obtener la misma profundidad de una muestra estándar.

$$CBR = \frac{Carga\ unitaria\ de\ ensayo}{Carga\ unitaria\ patrón} \times 100$$

Ecuación 9: CBR a partir de la carga unitaria

Nota: La carga unitaria patrón es la muestra triturada cuyo CBR es el 100%.

Relación entre el CBR y el contenido de grava (%G)

Al realizar un gráfico relacionando los datos del CBR y el porcentaje de grava se puede observar que a mayor contenido de grava, mayor será el valor del CBR por lo que se considera una relación lineal y sabiendo que la muestra patrón tiene un CBR de 100% así que al existir mayor cantidad de grava en la muestra de suelo, más se acercará al 100% el valor del CBR.[26]

Relación entre el CBR y el contenido de arena (%S)

Al realizar un gráfico relacionando los datos del CBR y el porcentaje de arena se puede observar que el contenido de arena no es un factor que influya de forma abrupta el resultado, al tener en su mayoría partículas de arena esto indica que

debe haber rastro de grava y finos que influye en el resultado final del CBR. La gráfica puede semejarse a una campana. [26]

Relación entre el CBR y el agregado fino (%F)

Al realizar un gráfico relacionando los datos del CBR y el porcentaje de finos se puede observar que a medida que el agregado fino aumente, el CBR disminuye, pero la reducción de esta relación no se realiza de manera lineal, más bien se la considera una disminución potencial.[26]

Relación del CBR y el límite líquido (LL)

En esta relación la gráfica muestra un mayor CBR en suelos gruesos, en cambio en suelos finos presenta un CBR bajo, teniendo datos en forma exponencial y asintótica. Al tomar el mismo límite líquido en algunos casos el CBR es muy distinto llegando a ser incluso opuestos, por lo que se considera que el límite líquido influye en los resultados de CBR lo importante es el porcentaje existente de grava en el suelo.[26]

Relación entre el CBR y límite plástico (LP)

Al realizar un gráfico relacionando los datos del CBR y el límite plástico se muestra un comportamiento de los resultados una tendencia decreciente exponencial y asintótica, ya que se nota una reducción de CBR a medida que aumenta el límite plástico.[26]

Relación entre el CBR y el índice de plasticidad (IP)

Al comparar la relación entre el CBR y el índice de plasticidad su comportamiento es similar que el límite líquido y el límite plástico por lo que se puede observar una tendencia a disminuir del CBR mientras que el índice plástico aumenta de manera exponencial.[26]

Pavimentos.

Los pavimentos tienen como finalidad proporcionar una capa de rodadura adecuada para el tráfico vehicular existente en la zona, este está compuesto por capas superpuestas que garanticen la vida útil del pavimento por lo que estas capas tienen material adecuado, el mismo que debe estar compactado según normativa ya que transmitirán a los estratos inferiores, de manera que las cargas

que aporta el tránsito vehicular no cause deformaciones permanentes excesivas en el pavimento.[27]

Pavimento rígido.

Se compone de losas de concreto éste puede estar acompañado de acero en el caso que este pavimento soporte esfuerzos grandes transmitidos por los vehículos, dicho pavimento tiene un costo inicial más elevado que el tradicional, debido a eso su vida útil es más amplia ya que varía entre 15 y 20 años con un mantenimiento mínimo.[27]

Pavimento flexible.

Tiene un costo inicial reducido en comparación con el pavimento rígido, debido a esto su vida útil se encuentra reducida a un periodo entre 10 y 15 años, pero para poder lograr su vida útil se debe realizar un mantenimiento constante, estos pavimentos se encuentran compuesto por una carpeta asfáltica, de la base y la subbase, dichas capas varían su grosor debido a las características del suelo en donde será ubicada la vía.[27]

Terracería

Se llama así a la obra que se encuentre realizado por el conjunto de cortes y terraplenes, formados en su mayoría por la subrasante y el cuerpo del terraplén, compuesto en gran porcentaje por materiales de la zona el cual formará parte de la subestructura del pavimento. Por lo que si se tiene un TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual) mayor a 5000 vehículos es necesario dar un refuerzo a la subrasante ubicando por debajo de la misma una subyacente la cual debe tener un grosor mínimo de 50 cm.[27]

Parámetros de diseño de un pavimento flexible

Módulo de elasticidad de la carpeta asfáltica

Este parámetro es uno de los indicadores del espesor de cada capa del pavimento que será incorporado en la vía mediante métodos analíticos, la norma AASHTO recomienda que el módulo de elasticidad de la carpeta asfáltica sea de 210 MPA, pero debido a las características específicas de la mezcla se considera determinar el módulo elástico de la carpeta asfáltica.

Módulo resiliente para la subrasante

Para materiales de la subrasante se considera un CBR entre 7.2 % y 20 % para lo cual la AASTHO 93 recomienda la siguiente fórmula.[9]

Ecuación 10: Módulo de resiliencia para la subrasante.

$$Mr = 3000 \times CBR^{0.65} \rightarrow PSI$$

Módulo de resiliencia para la capa subbase

Para transformar el CBR obtenido al ensayo realizado en campo a un módulo de resiliencia se utiliza los nomogramas proporcionados por la AASHTO y las ecuaciones existentes entre el MR y el CBR para materiales granulares, este proceso evita el uso de ensayos triaxiales, los cuales por ser costosos encarecen la posibilidad de realizarlos.[28]

Para realizar este método se tiene las siguientes ecuaciones:

Ecuación 11: Para CBR <12%

$$MR(MPa) = 17.6 * (CBR)^{0.64}$$

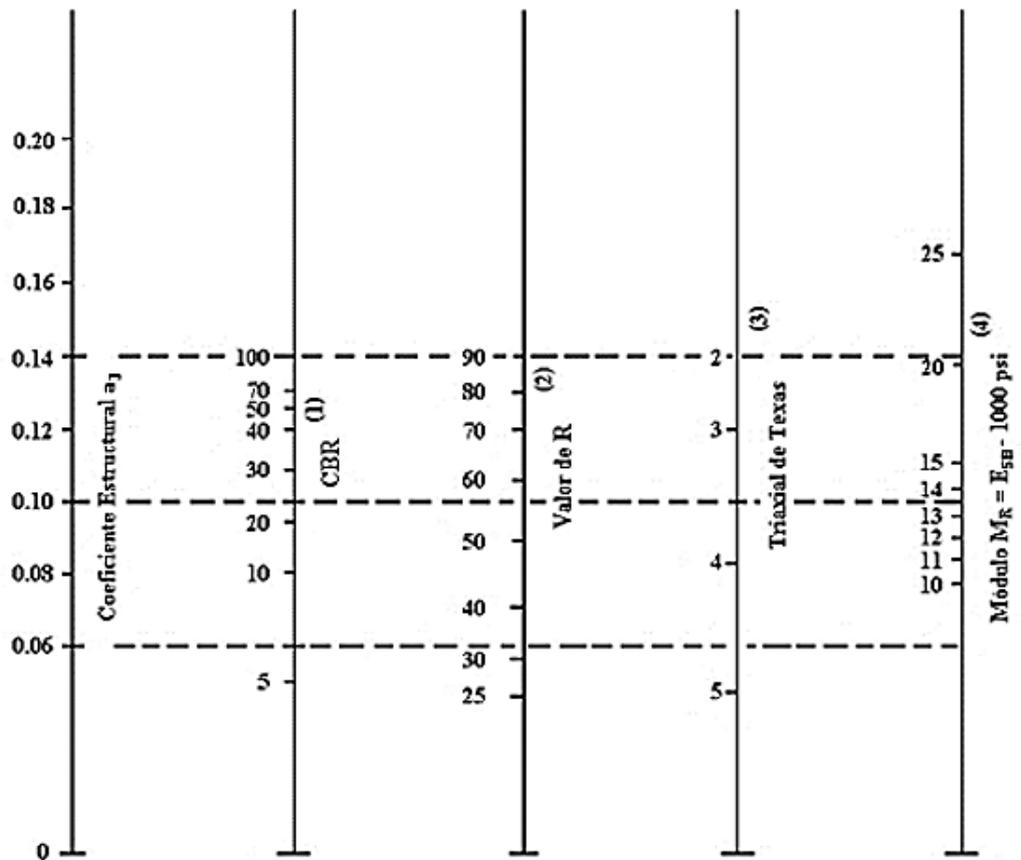
Ecuación 12: Para CBR ≤12% y <80%

$$MR(MPa) = 22.1 * (CBR)^{0.55}$$

Módulo de resiliencia para la capa base

Para determinar este módulo se sigue las indicaciones que da la AASHTO 1993, el cual indica que el valor más bajo encontrado en las muestras tomada en el tramo de prueba a pesar de no cumplir con las estipulaciones de la normativa MOP, el cual indica que éste debe tener al menos el 80% de CBR, pero para simular las condiciones reales se recomienda tomar dicho valor.

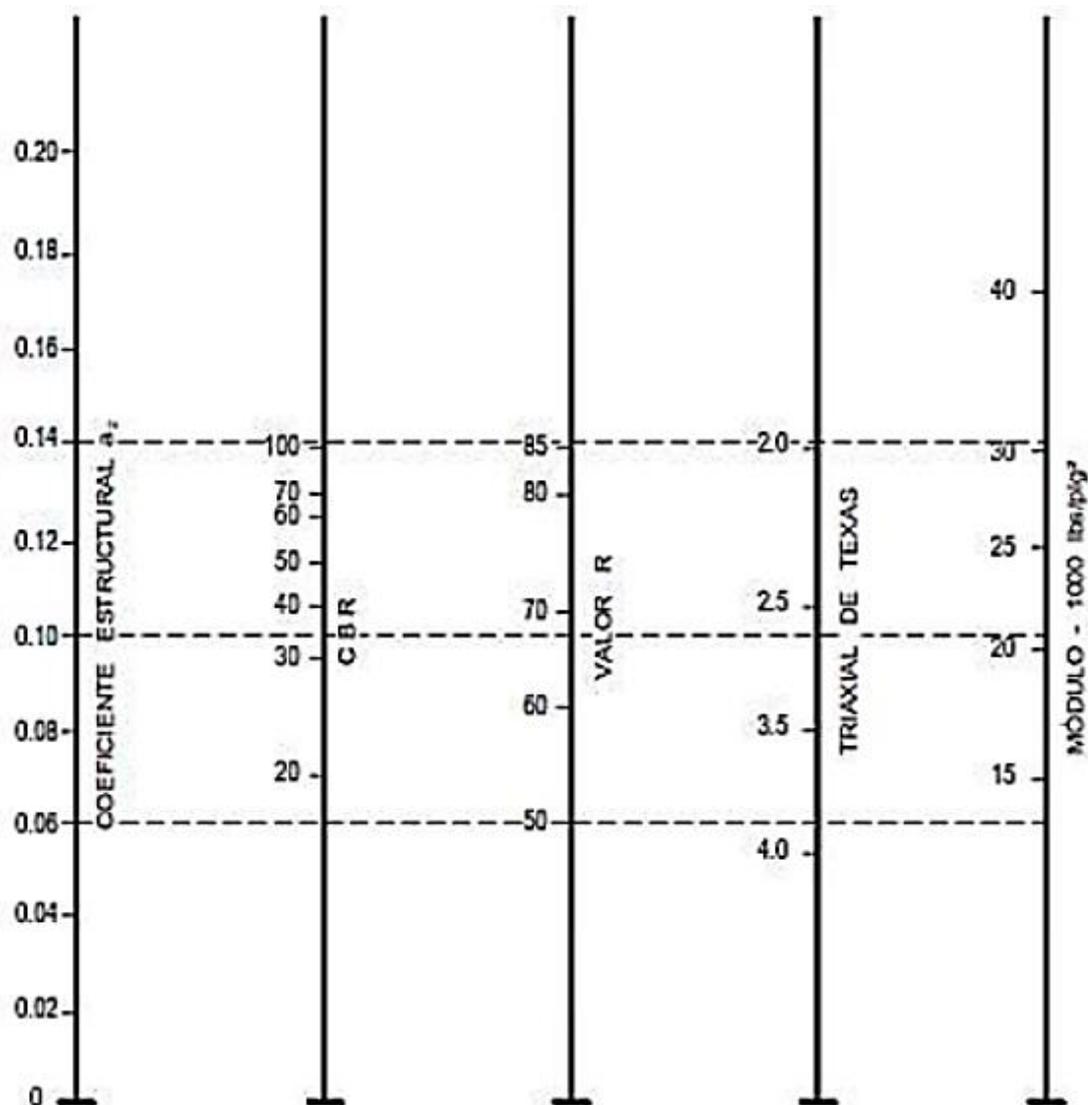
Tabla 11: Ábaco para determinar el número estructural de la subbase granular



- (1) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Illinois.
- (2) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de California, Nuevo Mexico y Wyoming.
- (3) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto NCIRP (3)

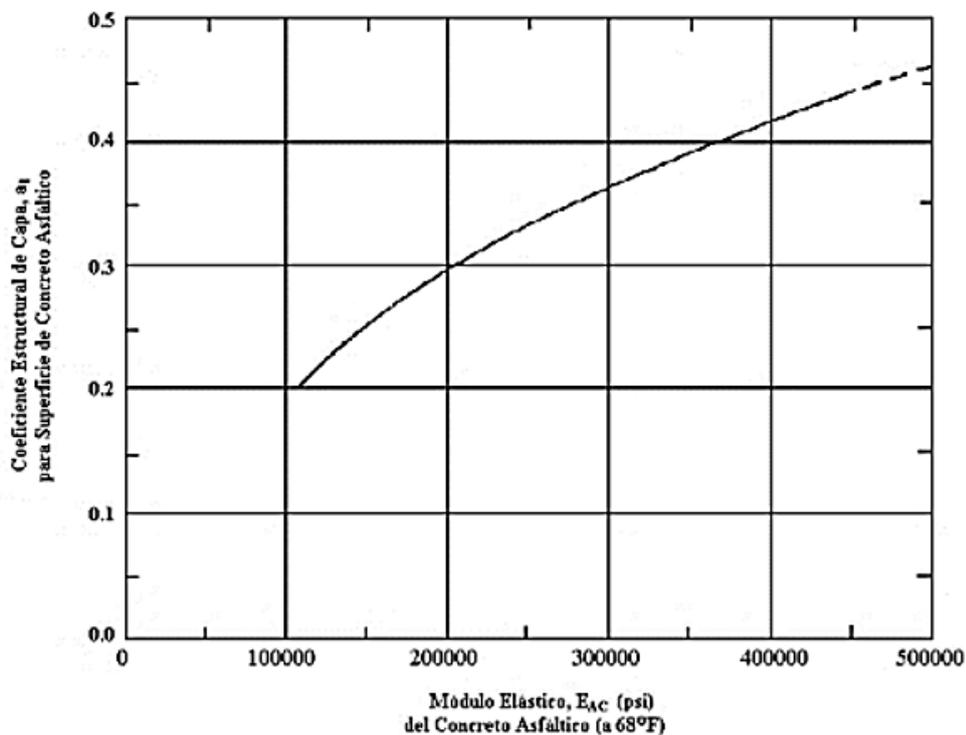
Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials 1993.[11]

Tabla 12: Ábaco para determinar el número estructural de la base granular



Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials 1993.[11]

Tabla 13: Coeficiente estructural a1



Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials 1993.[11]

Para seguir la metodología recomendada por la AASHTO 93 tiene algunas variables de diseño a considerar descritas a continuación:

Confiabilidad

También considerada como desviación estándar normal ya que indica el grado de certeza en el proceso de diseño, por lo que se recomienda el uso del 95% de confiabilidad, pero este factor depende netamente el lugar y condiciones climáticas de la zona, con una desviación estándar normal de -1.645.

Tabla 14: Nivel de confiabilidad

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad, R, recomendada	
	Urbana	Rural
Autopistas	85-99,9	80-99,99
Carreteras de primer orden	80-99	75-95
Carreteras secundarias	80-95	75-95
Caminos vecinales	50-80	50-80

Fuente: AASHTO 93 - Guide for Design of Pavement Structures.[11]

Variación del índice de servicio

Este parámetro relaciona la condición funcional estructural de la vía, en la cual pueda proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. [9]

Coefficiente de drenaje

La calidad de drenaje y el tiempo estimado para el diseño de la vía en el cual las capas granulares estén expuestas a la humedad,[28] la normativa AASHTO presente cinco capacidades de drenaje, las mismas que se encuentran clasificadas por el tiempo que se demora en ser evacuada el agua de un pavimento expuesto a niveles de humedad a un punto de una saturación. [9]

Periodo de diseño

Este periodo se encuentra representado en años y este indica la vida útil del pavimento, es decir expirada dicha fecha necesita de un mantenimiento intenso para rehabilitar la vía a su condición normal. [9]

Tabla 15: Periodo de diseño según el tipo de carretera

Tipo de carretera	Periodo de diseño [años]
Urbana de tránsito elevado	30—50
Interurbana de tránsito elevado	20—50
Pavimento de baja intensidad de tránsito	15—25
De baja intensidad de tránsito	10—20

Fuente: AASHTO 93 - Guide for Design of Pavement Structures.[11]

Factor de crecimiento para un periodo de diseño en años

Para el factor de crecimiento de tráfico se considera el periodo de diseño de la vía y la tasa de crecimiento anual de la zona, para lo cual la normativa AASHTO plante la siguiente fórmula. [9]

$$FC = \frac{(1 + r)^n - 1}{R}$$

Donde:

r = tasa de crecimiento anual en decimales

n = Periodo de diseño en años

Número total de ejes equivalentes

Para determinar este valor se debe calcular el número de repeticiones de ejes equivalentes en función de las cargas de tráfico, el factor de crecimiento y el número de años de diseño de la vía. [9]

Ecuación 13: Número total de ejes equivalentes por carril.

$$w18 = \sum (TPD \times TF \times FC \times 365)$$

Ecuación 14: Número total de ejes equivalentes por dirección.

$$w18 = \sum (TPD \times TF \times FC \times 365) \times Fd \times Fc$$

Donde:

TPD = Tráfico promedio diario

TF = Factor de daño por vehículo

FC = Factor de crecimiento para un periodo de diseño en años

Fd = Factor direccional

Fc = Factor por distribución por carril

Factor de daño

Este factor de daño es calculado mediante la suma de los daños producidos por los ejes del vehículo, este factor depende del tipo de vehículo.

1.1.3.13 Teoría de correlación

Coefficiente de correlación (r).

Este coeficiente varía en un rango de -1 a +1, en el cual el signo indica información sobre la dirección de la relación, mientras que: si el valor se acerca a 0 da por entender que no existe una correlación lineal entre las variables, pero esto no quiere decir que no haya correlación entre dichas variables pues no se descarta una correlación no lineal.[29]

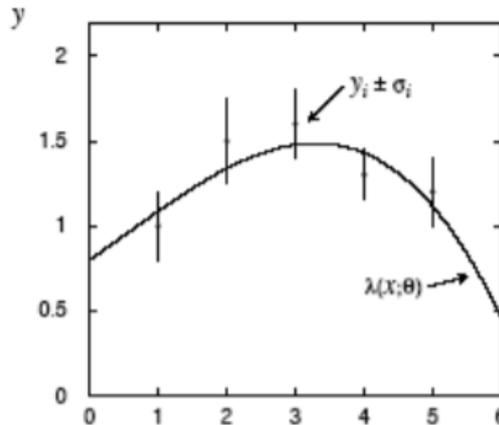
Coefficiente de determinación (r^2)

Este coeficiente indica el grado de ajuste que tenga la ecuación, este valor puede obtener valores entre 0 y 1, mientras el coeficiente de determinación se acerque al valor 0, los datos no tienen relación entre las variables en comparación mientras que si el r^2 tiene el valor de 1 se dice que el ajuste es perfecto por lo que si dicho coeficiente se acerca a 1 se considera que tiene relación entre variables.[29]

Método de mínimos cuadrados.

Este método indica una medida “y”, puede ser considerada como una variable aleatoria, distribuida gaussianamente entorno al valor verdadero “ λ ”, siempre y cuando el error total de la suma de un número grande de contribuciones pequeñas. Si se considera un número de datos “y” (y_1, y_2, \dots, y_n) de variables aleatorias independientes relacionadas con una variable “x”, la cual se denota que no tiene error, por lo que se dice que cada valor “y” tiene un valor “ λ ” el cual es desconocido con una variación “ σ ” conocida.[30]

Figura 11: Curva de mejor ajuste a la dispersión de puntos



Fuente: El método de mínimos cuadrados-Gómez-Cadenas.[30]

A partir de un diagrama de dispersión la probabilidad de tener líneas de tendencia son varias, pero se toma en cuenta la curva que mejor se ajuste al conjunto de puntos. Para lo cual el criterio de mínimos cuadrados trata de minimizar la adición de cuadrados, las ecuaciones que más se ajustan a este método con frecuencia son: la recta, parábola, polinomio a la n, hipérbola equilátera, y las funciones como: Potencial y exponencial.

Tabla 16: Ecuaciones generales del criterio de mínimos cuadrados

Recta	$y = ax + b$
Parábola	$y = a + bx + cx^2$
Polinómica de grado n	$y = a + bx + cx^2 + dx^3, \dots, zx^n$
Hipérbola equilátera	$y = a + b/x$
Función potencial	$y = ab^b$
Función exponencial	$y = a/(1 + be^{cx})$
Curva logística	$y = a + be^{cx}$

Fuente: Estadística de Shawn.[30]

1.1.4 Hipótesis

La correlación de las propiedades entre el CBR y propiedades índice y mecánicas de suelos granulares existente en la Parroquia de San José de Poaló, Cantón Píllaro de la provincia de Tungurahua.

1.1 Objetivos.

1.2.1 Objetivo general

Determinar la correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la Parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, provincia de Tungurahua.

1.2.2 Objetivos específicos

- Extraer muestras representativas del suelo de la Parroquia San José de Poaló ubicado en el cantón Píllaro.
- Determinar las propiedades índice y mecánicas de suelos granulares de la parroquia de San José de Poaló.
- Reforzar los datos existentes de las propiedades índice y mecánicas de la Provincia de Tungurahua, por medio de ensayos en laboratorio y en sitio.
- Realizar la zonificación de los diferentes tipos de suelos de la Parroquia San José de Poaló de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).
- Aplicar los datos de las correlaciones obtenidas para un diseño óptimo de un pavimento flexible.

CAPÍTULO II
METODOLOGÍA

2.1 Materiales y Equipo.

Tabla 17: Materiales y equipos de los ensayos

Ensayo	Materiales	Equipos	Norma
Pozo a cielo abierto	Muestra in situ	Pala Pico Barra Flexómetro	AASHTO T 87-70
Densidad de campo (Método de cono y arena de Ottawa)	Muestra in situ	Cono Cinzel Cuchareta Placa metálica Balanza Clavos Martillo	AASHTO T 191 2014
Dinamic Cone Penetrometer (DCP)	Muestra in situ	Equipo DCP Libreta de anotación	ASTM D 6951-03
Gravedad específica de sólidos	50 gr de suelo que pasa el tamiz # 4	Tamiz # 4 Mortero de porcelana Pistillo de caucho Picnómetro Embudo Termómetro Recipiente metálico Pipeta	AASHTO T 100 2015
Granulometría	Muestra cuarteada	Tamizadora Juego de tamices Brocha Recipientes	AASHTO T 88 2013

Límite Líquido (Copa de Casagrande)	150 gr de suelo que pasa el tamiz # 40	Copa de casa grande Espátula Acanalador Recipiente de aluminio	AASHTO T 89 2013
Límite plástico	150 gr de suelo que pasa el tamiz # 40	Placa de vidrio Fuente de mezclado Calibrador pie de rey	AASHTO 90 2016
Proctor modificado tipo B	24 kg que pasa el tamiz # 4	Bandeja metálica cuadrada Martillo de compactación Molde de D 6" con extensión y base Probeta graduada Palustre Regleta metálica	AASHTO 180 2018
California Bearing Ratio (CBR)	18 kg de suelo que pasa el tamiz # 4	MULTISPEED 34- V1172	AASHTO 193 2013

Fuente: Carlos Borja

Ilustración 1: Pozo a cielo abierto



Fuente: Carlos Borja

Ilustración 2: Proctor modificado tipo B



Fuente: Carlos Borja

Ilustración 3: Granulometría



Fuente: Carlos Borja

Ilustración 4: Gravedad específica



Fuente: Carlos Borja

Ilustración 5: DCP



Fuente: Carlos Borja

Ilustración 6: Ensayo de Cono y Arena



Fuente: Carlos Borja

Ilustración 7: Límite Líquido- Copa de Casa Grande



Fuente: Carlos Borja

Ilustración 8: Límite Líquido



Fuente: Carlos Borja

Ilustración 9: CBR



Fuente: Carlos Borja

Métodos

2.2 Nivel y tipo de investigación

El presente proyecto es experimental y se lo realizó mediante las siguientes normas de investigación:

Investigación exploratoria

Se realizó un recorrido de reconocimiento en el cantón Píllaro y los accesos a la Parroquia de San José de Poaló, una vez reconocido el sector se procedió a la toma de puntos estratégicos ubicados en la parroquia, para luego realizar los ensayos de campo y la extracción de suelo para los ensayos correspondientes en laboratorio.

Nivel descriptivo

Una vez obtenida la información de campo y laboratorio mediante los ensayos basados en las normativas anteriormente mencionadas en la tabla

17, se procede a clasificar los suelos mediante las tablas proporcionadas por la SUCS y la AASHTO.

Investigación correlacional

De los datos obtenidos en campo y en laboratorio se consigue correlaciones que permitan obtener valores de CBR confiables para el diseño de pavimentos flexibles, teniendo así una base de datos generada por las muestras de suelos analizados con anterioridad.

Investigación descriptiva

El ensayo del Cono de Penetración Dinámico (DCP) permite la valoración de manera indirecta de la capacidad de soporte del suelo y materiales de base o subbase mediante la resistencia que ejerce el material a la penetración de la punta de acero.

Investigación explicativa

El proyecto al ser denominado de carácter experimental se realizará ensayos en campo como son: Densidad de campo y Cono de Penetración Dinámico (DCP) y para realizar los ensayos correspondientes en laboratorio se realizará la recolección de muestra para posteriormente ser analizados en laboratorio.

Población

La población es el universo de los suelos granulares de la Zona Andina de las Parroquias Rurales del Cantón Píllaro de la Provincia de Tungurahua.

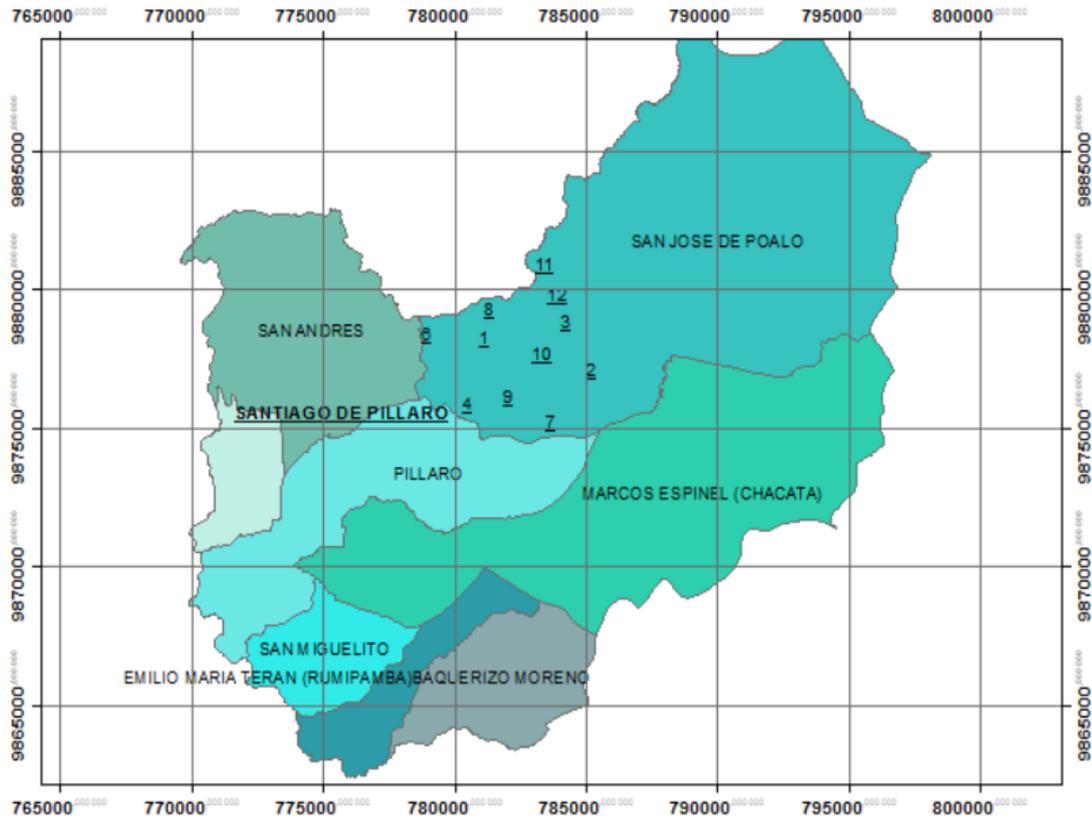
Muestra

Al ser el proyecto de carácter experimental, el suelo extraído de las doce calicatas ubicadas en zonas relevantes de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro serán considerados como muestra de este proyecto, las mismas que serán analizadas sus propiedades mecánicas y sus propiedades índice.

Este proyecto al ser parte de un macroproyecto propuesto por la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, por esta razón a

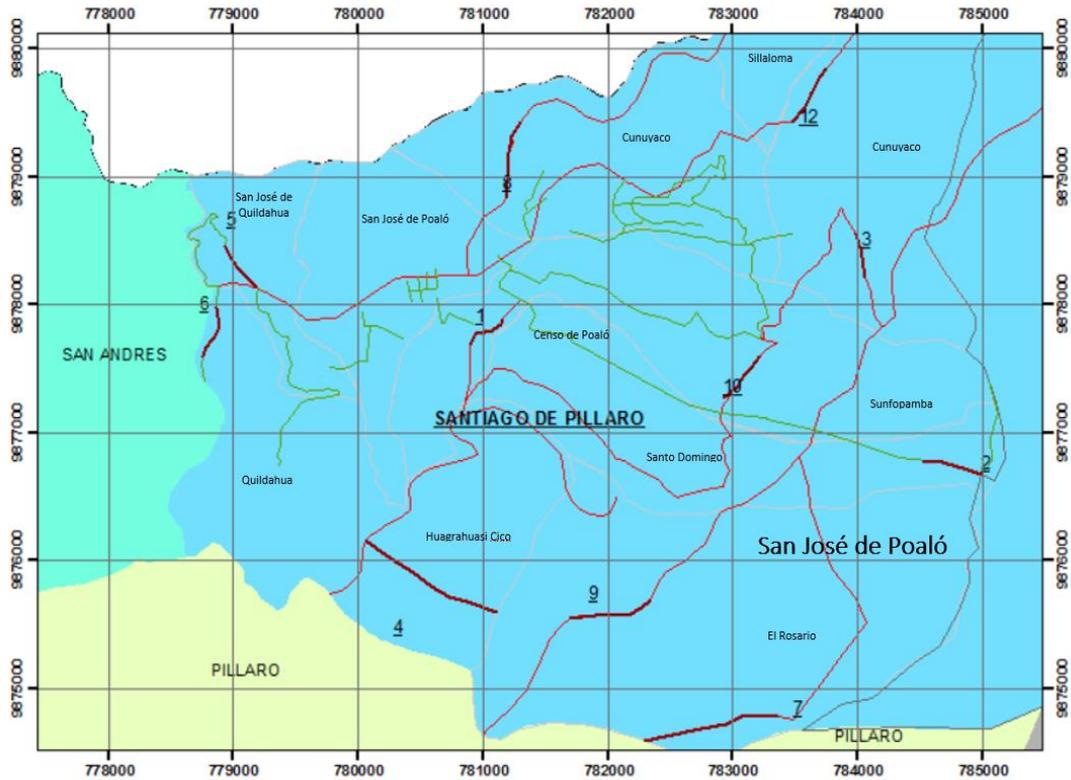
nivel macro la muestra es de setenta y dos diferentes tipos de muestras correspondientes a las 12 Parroquias Rurales del Cantón Píllaro de la Provincia de Tungurahua, de las cuales se extraerán de manera táctica, muestras de cada parroquia de manera que las mismas sean representativas de cada sector.

Figura 12: Localización de calicatas en el cantón Píllaro



Fuente: Carlos Borja

Figura 13: Ubicación de calicatas y detalle vial del sector



Parroquia	Vías	Calicata	Coordenadas	
			Este	Sur
San José de Poaló	Censo de Poaló	1	780933	9877817
	Santo Domingo	2	784987	9876672
	Llanganates	3	784035	9878419
	Huagrahuasi Chico	4	780279	9875399
	San José de Quildahua	5	778934	9878574
	Quildahua	6	778728	9877916
	San José de Poaló Central	7	783483	9874764
	Hidroeléctrica Pucará	8	781154	9878868
	El Rosario	9	781841	9875658
	Vía a Pisayambo	10	782923	9877268
	Sillaloma	11	783126	9880476
	Tungilarca	12	783532	9879382



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



Proyecto Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia san José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia: Tungurahua
Cantón: Pillaro
Parroquia: San José de Poaló

Contiene Mapa de las Calles y Vías del Proyecto de Tesis
Proyección cartográfica utm
Datum WGS-84 Zona 17

Escala: 1:50 000

Legenda:

- Vías colectoras
- Vías en estudio
- Vías de segundo orden
- Calicatas

Fuente: Carlos Borja

2.3 Plan de recolección de Datos

Para realizar la correlación de CBR y las propiedades índice y mecánicas de los suelos granulares de la Parroquia de San José de Poaló se realizará:

Ensayos de campo:

Densidad de campo (Método de cono y arena de Ottawa)

Dinamic Cone Penetrometer (DCP)

Dichos ensayos se realizarán en las calicatas ubicadas en las siguientes coordenadas.

Tabla 18: Ubicación geográfica de las calicatas

Parroquia	Vías	Calicata	Coordenadas	
			Este	Sur
San José de Poaló	Censo de Poaló	1	780933	9877817
	Santo Domingo	2	784987	9876672
	Llanganates	3	784035	9878419
	Huagrahuasi Chico	4	780279	9875399
	San José de Quildahua	5	778934	9878574
	Quildahua	6	778728	9877916
	San José de Poaló	7	783483	9874764
	Central Hidroeléctrica Pucará	8	781154	9878868
	El Rosario	9	781841	9875658
	Vía a Pisayambo	10	782923	9877268
	Sillaloma	11	783126	9880476
	Tungilarca	12	783532	9879382

Fuente: Carlos Borja

De las muestras obtenidas de las calicatas ubicadas en las coordenadas detalladas en la tabla 19 se realizarán ensayos de Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, dichos ensayos son los siguientes:

Gravedad específica de sólidos

Granulometría

Límite líquido

Límite plástico

Proctor modificado tipo B

California Bearing Ratio (CBR)

La recolección de muestras obtenidas en campo empleó las siguientes técnicas:

Retirar la capa vegetal del punto de estudio para poder iniciar el ensayo de DCP bajo la Norma ASTM D 6951 – 03 y el ensayo de Densidad de Campo por el Método de Cono y Arena bajo la norma AASHTO T 191, Dichos ensayos se realizarán en campo con muestra inalterada.

Al tener las dimensiones requeridas de la calicata se procede a extraer 50 kg de suelo, los mismos que serán utilizados en los ensayos de laboratorio, la muestra de suelo es tamizada por el tamiz # 4 y expandida en una bandeja para su respectivo secado.

Para el ensayo de granulometría se debe obtener una muestra representativa del suelo, verificando que la misma se encuentre totalmente seca, para colocarlo en la tamizadora con los tamices de manera descendente indicados por la norma AASHTO T 88 2013.

Los límites de Atterberg en los cuales consta el Límite Líquido, Límite Plástico se lo realiza basado en la norma AASTHO T 89 2013 y AASHTO T 90 2016 respectivamente. Para el ensayo de Gravedad Específica se lo realizará basado en la norma AASHTO T 100 2015.

En la determinación del contenido óptimo de humedad es necesario por lo menos 4 puntos, de los cuales generan un pico he indican las condiciones de humedad del suelo, todo esto mencionado se basa a la norma AASHTO T 180 2018 del ensayo de Proctor Modificado, el contenido de humedad óptimo obtenido por este ensayo será utilizado para realizar el ensayo de Relación de Soporte de California (CBR) dicho procedimiento se basa a la norma AASHTO T 193 2013.

2.4 Plan de procesamiento y análisis de información

Plan de procesamiento.

Reconocimiento del lugar de la Parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro para la selección de los lugares más representativos que forman parte del estudio.

Realización de los ensayos de campo y recolección de muestras para posteriormente ser ensayadas en el laboratorio, de las doce calicatas realizadas en campo.

Tabulación de resultados de los diferentes ensayos realizados a través de programas de cálculo como es Microsoft Excel.

Elaboración de las tablas que presentan las variables a ser correlacionadas.

Presentación de los resultados obtenidos con la ayuda de gráficos y ecuaciones que representen la información esperada por la investigación realizada.

Plan de análisis de la información

Analizar las correlaciones mediante el coeficiente de determinación r^2 , el mismo que identificará el grado de ajuste que se deberá conseguir en los diferentes modelos de ecuaciones obtenidos.

Realizar las correlaciones entre las propiedades índice y mecánicas del suelo con el propósito de conocer la influencia de cada uno de los parámetros en busca de un coeficiente mayor al 50 % el mismo que formará parte del análisis y discusión de resultados.

Evaluar la diferencia obtenida entre los resultados de Relación de Soporte de California (CBR) de laboratorio respecto al obtenido mediante las correlaciones para de esta manera realizar el diseño de pavimento flexible.

Establecer conclusiones y recomendaciones de acuerdo con los resultados obtenidos durante la determinación de las diferentes correlaciones.

CAPÍTULO III

3.1.1 Análisis y discusión de resultados

A continuación, se indica los resultados obtenidos mediante los ensayos realizados en campo y en laboratorio.

Tabla 19: Nomenclatura de las variables utilizadas en los ensayos

Descripción	Siglas	Unidad
Gc	Grado de Compactación	[%]
Gw	Grado de Saturación del Agua	[%]
Ga	Grado de Saturación del Aire	[%]
Gs	Gravedad Específica de Sólidos	[%]
N	Porosidad	[%]
Wnat	Contenido de Humedad Natural	[%]
Wópt	Contenido de Humedad Óptimo	[%]
CBR 0.1''	CBR para 0.1 pulg. de penetración	[%]
CBR 0.2''	CBR para 0.2 pulg. de penetración	[%]
CBR mayor	CBR mayor entre 0.1'' y 0.2''	[%]
DN	Índice de Penetración	[mm/golpe]
γ _d in-situ	Densidad Seca in-situ	[kg/m ³]
γ _h in-situ	Densidad Húmeda in-situ	[kg/m ³]
γ _d máx	Densidad seca máxima	[kg/m ³]
IP	Índice Plástico	[%]
LP	Límite Plástico	[%]
LL	Límite Líquido	[%]

Fuente: Carlos Borja

Tabla 20: Propiedades Índice del Suelo

N° de Muestra	Límite Líquido	Índice Plástico	Límite Plástico	Humedad Natural	Gravedad Específica	Relación de Vacíos	Porosidad	Grado de Saturación del Agua	Grado de Saturación del Aire	Clasificación		Granulometría		
	LL %	IP %	LP %	Wnat %	Gs	e %	n %	Gw %	Ga %	SUCS	AASHTO	Grava G%	Arena S%	Limo M%
1	27,60	3,18	24,42	26,30		2,27	0,94	48,43	83,93	16,07	A-4	SP-SM	0,00	88,68
2	39,25	4,95	34,30	29,27	2,41	1,15	53,55	87,65	12,35	A-4	SW-SM	0,00	89,39	10,61
3	47,00	1,66	45,34	56,42	2,29	3,02	75,09	99,40	0,60	A-2-5	SW-SM	0,00	86,38	13,62
4	40,30	7,40	32,90	38,91	2,35	1,14	53,17	94,75	5,25	A-5	SM	0,00	76,44	23,56
5	29,10	3,67	25,43	13,26	2,28	0,95	48,80	81,10	18,90	A-2-4	SM	0,00	79,83	20,17
6	25,30	1,74	23,56	10,42	2,32	1,95	66,05	54,25	45,75	A-2-4	SM	0,00	71,77	28,23
7	36,20	4,10	32,10	28,32	2,29	0,96	49,03	98,83	1,17	A-2-4	SM	0,00	79,42	20,58
8	24,40	1,50	22,90	31,30	2,39	0,75	42,70	96,78	3,22	A-2-4	SM	0,00	79,65	20,35
9	46,70	4,06	42,64	54,12	2,64	1,81	64,47	97,38	2,62	A-2-5	SM	0,00	70,71	29,29
10	38,60	6,97	31,63	53,47	2,31	1,86	64,98	96,01	3,99	A-4	SM	0,00	82,12	17,88
11	22,60	1,99	20,61	7,26	2,43	0,98	49,44	96,30	3,70	A-2-4	SW-SM	2,00	87,82	10,22
12	32,90	3,64	29,26	33,30	2,28	1,41	58,56	79,20	20,80	A-2-4	SP-SM	0,00	89,52	10,48

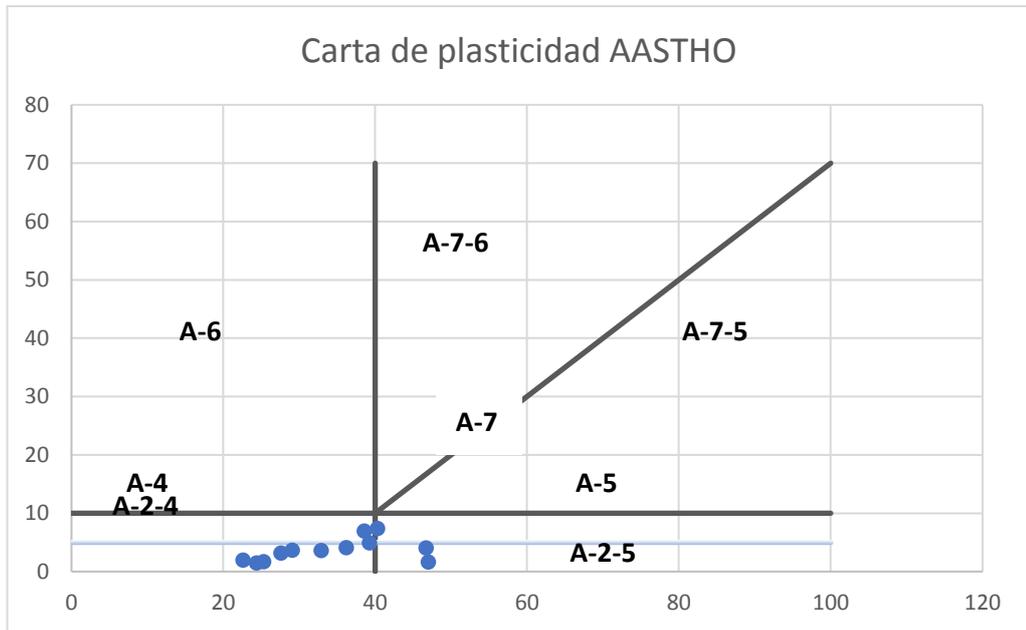
Fuente: Carlos Borja

Tabla 21: Propiedades Mecánicas del Suelo

Ubicación	N° de Muestra	Densidad de campo	Compactación			CBR					DCP
			Densidad seca máxima	Contenido de Humedad Óptima	Grado de Compactación	90% γd máx		95% γd máx			DN
	#	[γd]	[γd máx]	W opt	Gc	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"	Mayor	mm/golpe
		%	%	%	%						
Centro de San José de Poaló vía al Censo de Poaló	1	1,365	1,539	22,70	97,08	7,30	13,50	8,70	16,70	16,70	15,09
Centro de San José de Poaló vía Santo Domingo	2	1,223	1,583	21,65	97,68	4,60	8,50	6,80	13,00	13,00	16,45
Vía a los Llanganates	3	0,655	1,083	36,55	96,67	4,20	8,60	6,70	13,50	13,50	34,58
Vía a Guagrahuasi Chico	4	1,244	1,379	26,30	99,32	6,60	10,00	7,50	11,00	11,00	46,40
Vía a San José de Quildahua	5	1,350	1,388	9,42	92,01	7,00	20,00	15,00	32,50	32,50	18,29
San Miguelpamba vía a San José	6	0,900	1,452	14,85	94,37	5,00	8,00	12,30	23,20	23,20	20,19
Centro de Píllaro vía San Jose de Poaló	7	1,347	1,498	22,95	99,46	6,60	10,30	7,40	11,20	11,20	41,38
Vía a la Central Hidroeléctrica Pucará	8	1,522	1,512	23,51	99,01	17,50	24,50	21,00	28,00	28,00	14,28
El Rosario vía San José	9	0,930	1,201	25,30	99,85	7,00	12,60	7,70	14,00	14,00	35,27
Vía a Pisayambo	10	0,923	1,195	32,75	99,64	6,40	9,00	7,70	11,00	11,00	35,47
Vía a Sillaloma	11	1,351	2,055	9,84	95,02	6,00	8,00	20,50	27,00	27,00	6,86
Vía Tungilarca	12	1,096	1,597	20,40	96,75	8,70	13,20	9,50	14,70	14,70	37,32

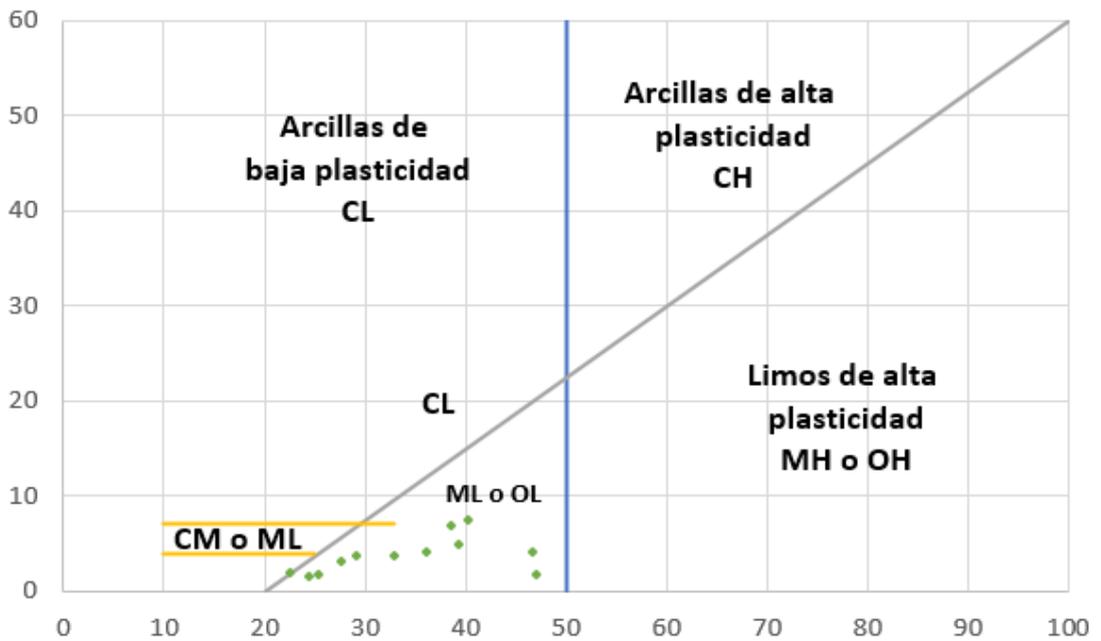
Fuente: Carlos Borja

Tabla 22: Carta de Plasticidad AASHTO



Fuente: Carlos Borja

Tabla 23: Carta de Plasticidad SUCS



Fuente: Carlos Borja

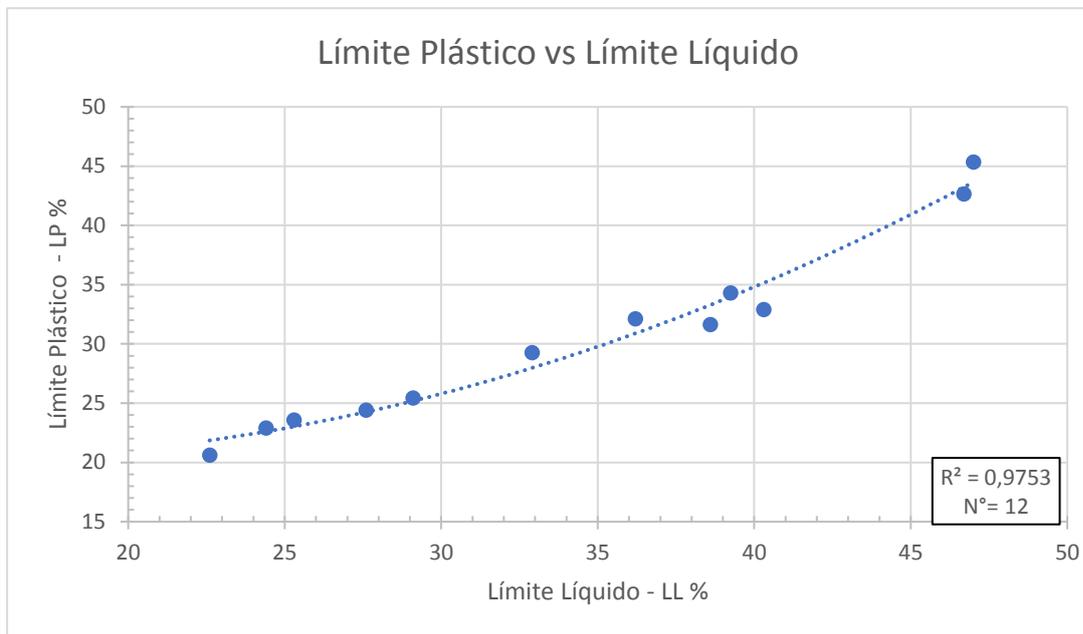
Tabla 24: Correlaciones entre las propiedades del suelo

N°	Ecuación	Coefficiente de Correlación r ² [%]	N° de muestras
1	$LP = 0,0213 LL^2 - 0,5869 LL + 24,258$	97.53	12
2	$Gw = 20,469 \ln (W \text{ nat}) + 17,065$	74	10
3	$Ga = -0,6694 W \text{ nat} + 36,167$	64	10
4	$W \text{ nat} = -36,127 Gs + 107,07$	66.8	11
5	$W \text{ ópt} = -35.17 + 30.96 \text{ Log (LL)} + 0.34 LP$	55.7	12
6	$W \text{ ópt} = 0.4852 LL^{1.0765} \gamma_{dsitu}^{-0.1696}$	54.8	12
7	$W \text{ ópt} = -0,0085 LL^2 + 1,4294 LL - 17,009$	65.8	11
8	$\gamma_{dm\acute{a}x} = 2.9349 - 1.2092 \log (LL) + 0.3117 \gamma_{dsitu}$	58.4	12
9	$\gamma_{dm\acute{a}x} = 1.9698 - 0.00135 \log (LL) - 0.0099 W \text{ nat}$	60	12
10	$\gamma_{dm\acute{a}x} = 3.2512 - 0.9846 \log (LL) - 0.00975 LP$	52.5	12
11	$\gamma_{dsitu} = 0.1343e^2 - 0.8718e + 2.0691$	99	12
12	$\gamma_{dm\acute{a}x} = 2,358 - 0,0192 LL - 0.0131 N^{\circ}200$	63.8	12
Correlaciones DN vs PROPIEDADES ÍNDICE			
13	$DN = -0,7627 IP^2 + 12,07 IP - 5,1762$	63.8	10
14	$DN = 2,9062 W \text{ nat}^{0,6649}$	66.21	10
15	$DN = 0,0346 Gw^2 - 4,8365 Gw + 180,62$	74	10
16	$DN = -1.907 - 3.6018 IP + 0.155 Gw$	62.91	10
17	$\gamma_{dsitu} = 0.3184 - 0.0015 DN + 0.6049 \gamma_{dm\acute{a}x}$	58.7	12
18	$\gamma_{dm\acute{a}x} = 4.369 LL^{-0.1739} DN^{-0.1747}$	52	10
Correlaciones CBR vs PROPIEDADES ÍNDICE			
19	$CBR\% = 158.2388 - 108.431 \text{ Log LL} + 0.8109 LP$	66	12
20	$CBR\% = 0.0632 LL^2 - 4.8082 LL + 102.27$	67.85	12
21	$CBR\% = 70.813 Wnat^{-0.439}$	51.57	12
22	$CBR\% = 95.36 DN^{-0.544}$	51.72	12

Fuente: Carlos Borja

Correlación N°1

Límite Plástico vs Límite Líquido



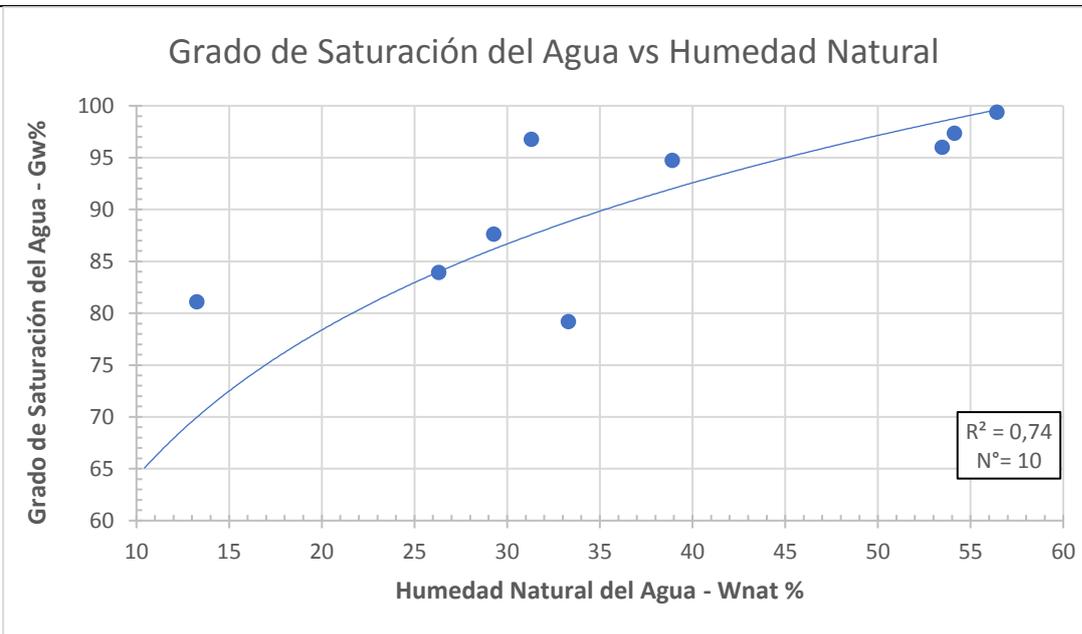
Ecuación: $LP = 0,0213 LL^2 - 0,5869 LL + 24,258$

Coefficiente r^2 : 97.53%

Discusión: La correlación existente entre el límite plástico (LP) y el límite líquido (LL) presenta un coeficiente de determinación de r^2 : 97.53% con un grado de tendencia de una polinómica de segundo grado. El gráfico indica que la correlación existente entre dichas variables es proporcional debido a que, si el suelo aumenta su límite líquido, el límite plástico aumenta de manera gradual.

Correlación N°2

Grado de Saturación del Agua vs Humedad Natural



Ecuación: $Gw = 20,469 \ln (W \text{ nat}) + 17,065$

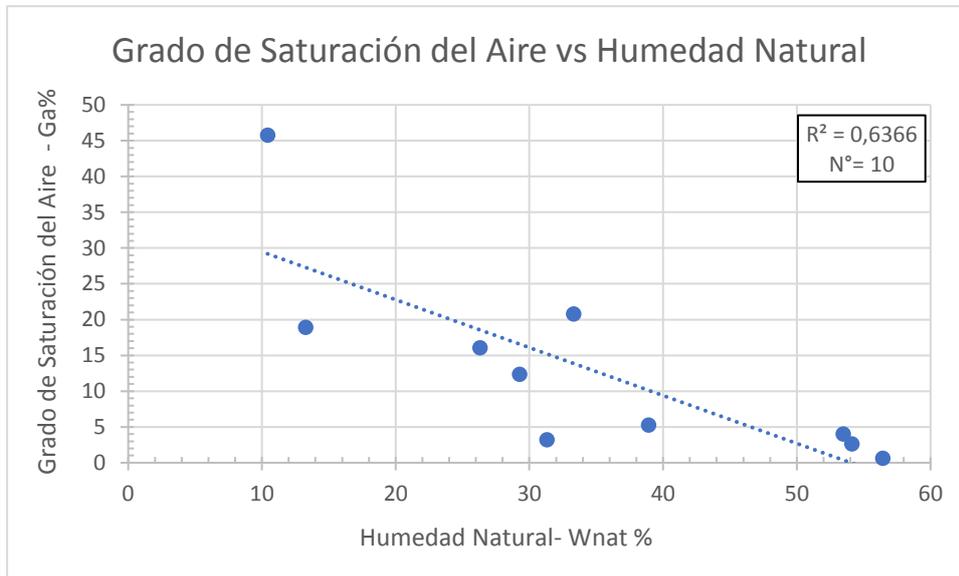
Coefficiente r^2 : 74%

Discusión: La correlación entre los datos obtenidos de la humedad natural (W nat) vs grado de saturación del agua (Gw), presentan un coeficiente de determinación de r^2 : 74%. Con una tendencia logarítmica, dicho coeficiente se lo considera bueno debido que cumple con el porcentaje de correlación.

Mediante la gráfica se determinó que a medida que la humedad natural del agua va aumentando el grado de saturación del agua de igual manera, esto pasa debido a que, si el suelo se hidrata, el porcentaje de saturación de agua aumenta.

Correlación N°3

Grado de Saturación del Aire vs Humedad Natural



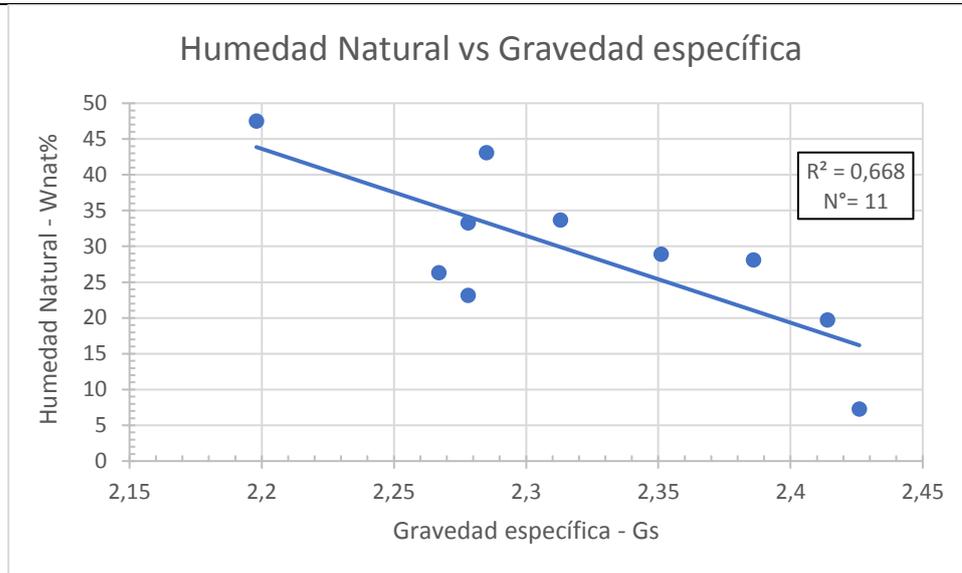
Ecuación: $Ga = -0,6694 W \text{ nat} + 36,167$

Coefficiente r^2 : 63.66

Discusión: La correlación de los datos obtenidos de la humedad natural (W nat) vs grado de saturación del aire (Ga), presenta un coeficiente de determinación r^2 :63.66%. La correlación existente entre estas variables es inversamente proporcional debido a que, si un suelo con partículas finas aumenta su humedad natural, el grado de saturación del aire disminuye debido a que, el espacio ocupado por aire en el suelo pasa a ser ocupado por agua.

Correlación N°4

Humedad Natural vs Gravedad Específica



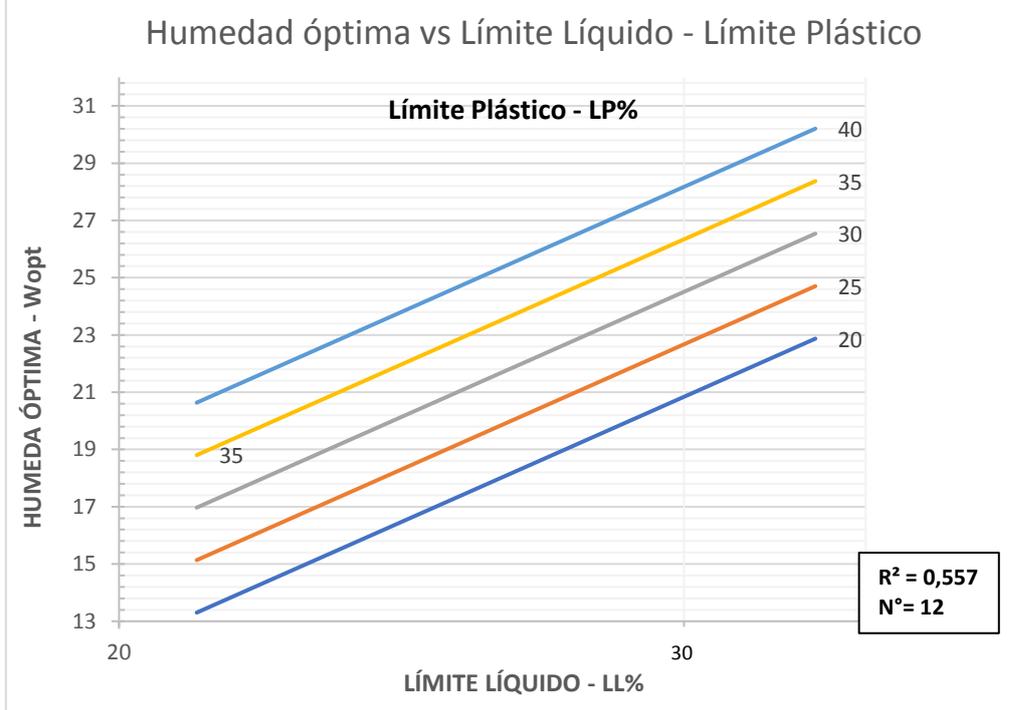
Ecuación: $W_{nat} = -36,127 Gs + 107,07$

Coefficiente r^2 : 66.8%

Discusión: La correlación de los datos obtenidos de la Humedad Natural (W_{nat}) vs Gravedad específica (Gs), presenta un coeficiente de determinación r^2 : 66.8%. La correlación entre estas variables es inversamente proporcional debido a que, el suelo al ser hidratado, la gravedad específica ya que, el suelo presenta más cantidad de agua la cual es de menor densidad que las partículas de suelo.

Correlación N°5

Humedad óptima vs Límite Líquido - Límite Plástico



Ecuación: $W_{\text{ópt}} = -35.17 + 30.96 \text{ Log (LL)} + 0.34 \text{ LP}$

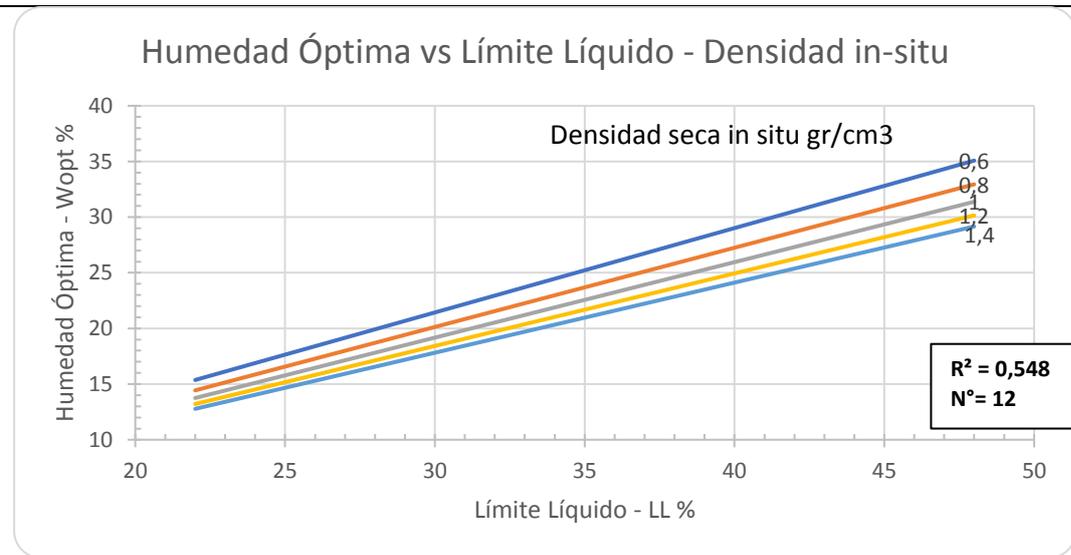
Coefficiente r^2 : 55.7%

Discusión: La relación entre la humedad óptima ($W_{\text{ópt}}$) vs el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP) presenta una tendencia logarítmica múltiple con tres variables buena, donde el coeficiente de correlación r^2 : 55.7%.

En esta gráfica permite obtener un valor aproximado de la humedad óptima de los suelos, mediante la relación entre los límites líquidos y plásticos, a medida que el límite líquido aumenta y el límite plástico disminuye, la humedad óptima disminuye debido a que, al presentar suelos con un porcentaje bajo de plasticidad debido a tener pocos finos presenta un mejor grado de compactación con una humedad óptima menor.

Correlación N°6

Humedad Óptima vs Límite Líquido – Densidad seca in-situ



Ecuación: $W_{\text{opt}} = 0.4852 LL^{1.0765} \gamma_{\text{dsitu}}^{-0.1696}$

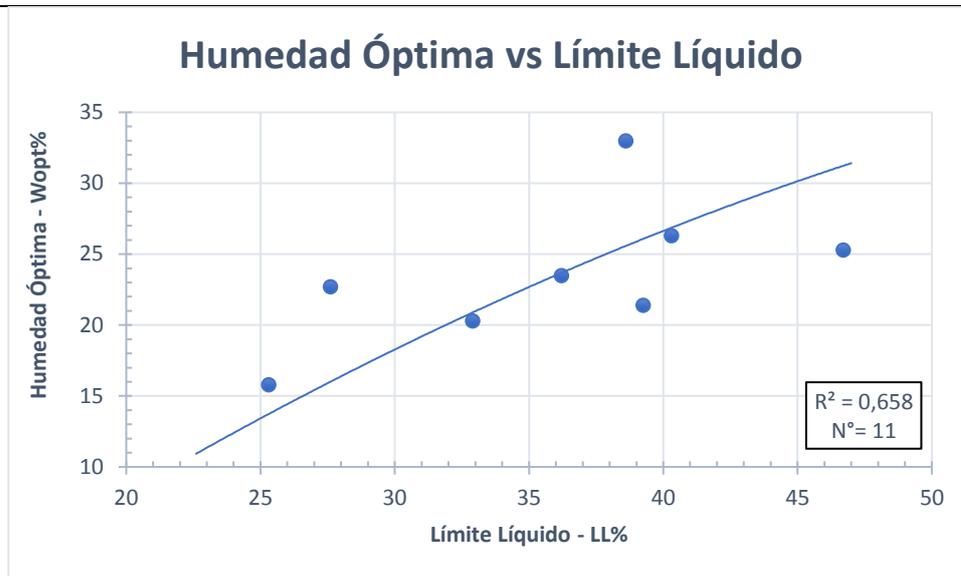
Coefficiente r²: 54.8%

Discusión: La relación entre la humedad óptima (W ópt) vs el límite líquido (LL) y la densidad in situ (γ_{dsitu}) presenta una tendencia exponencial múltiple con tres variables buena donde el coeficiente de correlación r²: 54.8%. Lo que permite la gráfica es que mediante el ensayo del límite líquido y densidad seca in situ, es posible tener valores de humedad óptima aproximados.

Lo cual indica que, al hidratar suelos plásticos aumenta el límite líquido y disminuye la densidad óptima debido a que, las partículas de suelo son desplazadas por partículas de agua las cuales son menos densas que el suelo en estudio así que, para llegar a su mayor resistencia es necesario menor cantidad de agua por ende disminuye la humedad óptima de los suelos.

Correlación N°7

Humedad Óptima vs Límite Líquido



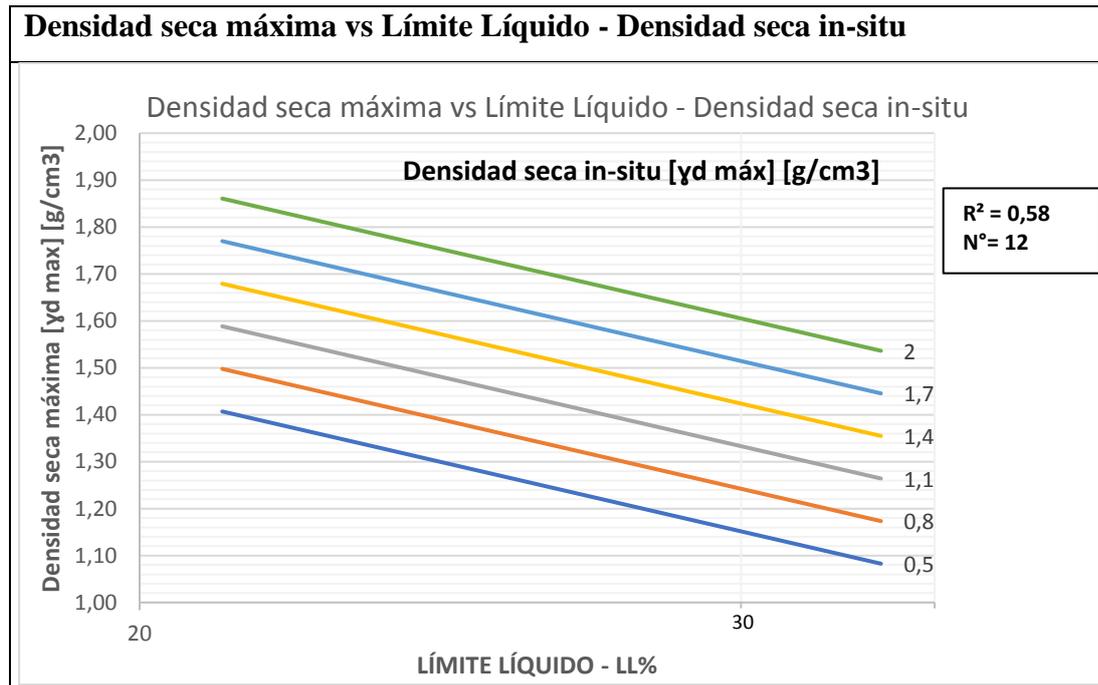
Ecuación: $W_{\text{ópt}} = -0,0085 LL^2 + 1,4294 LL - 17,009$

Coefficiente r^2 : 65.86%

Discusión: La relación entre los datos obtenidos de la humedad óptima ($W_{\text{ópt}}$) vs límite líquido (LL), en la cual al realizar la correlación entre dichas variables se encuentra un coeficiente de determinación r^2 : 65.86%. La correlación existente entre estas variables es polinómica de segundo grado con un coeficiente de determinación bueno.

La gráfica muestra que, al tener suelos plásticos con mayor cantidad de finos el límite líquido va en aumento por lo que, se necesita una mayor hidratación al suelo para que alcance una humedad óptima.

Correlación N°8



Ecuación: $\gamma_{d\text{máx}} = 2.9349 - 1.2092 \log(\text{LL}) + 0.3117 \gamma_{d\text{situ}}$

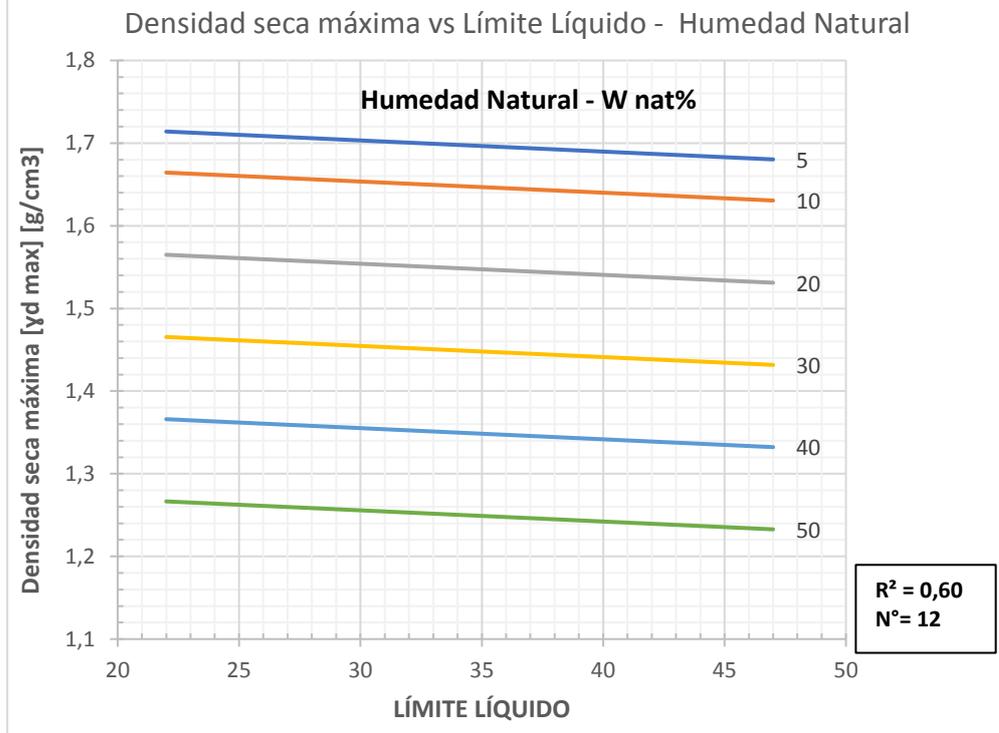
Coefficiente r²: 58.4%

Discusión: La relación entre la densidad seca máxima ($\gamma_{d\text{ máx}}$) vs el límite líquido (LL) y la densidad seca in situ ($\gamma_{d\text{ situ}}$) presenta una tendencia logarítmica múltiple con tres variables aceptable donde el coeficiente de correlación r^2 : 58.4%. Lo que se observa mediante la gráfica es que mediante el ensayo del límite líquido y densidad seca in situ, es posible tener valores de densidad seca máxima aproximados.

Se observa que al tener partículas friccionantes la densidad seca in situ aumenta debido a que el peso del agua es menor que si se tuviera partículas finas, por la misma razón la densidad seca aumenta si los suelos plásticos presentan partículas friccionantes, también indica que debido a la deshidratación de la muestra in situ, la densidad seca in situ y la densidad seca máxima son proporcionales.

Correlación N°9

Densidad seca máxima vs Límite Líquido - Humedad Natural - W nat%



Ecuación: $\gamma_{d\text{máx}} = 1.9698 - 0.00135 \log(\text{LL}) - 0.0099 W \text{ nat}$

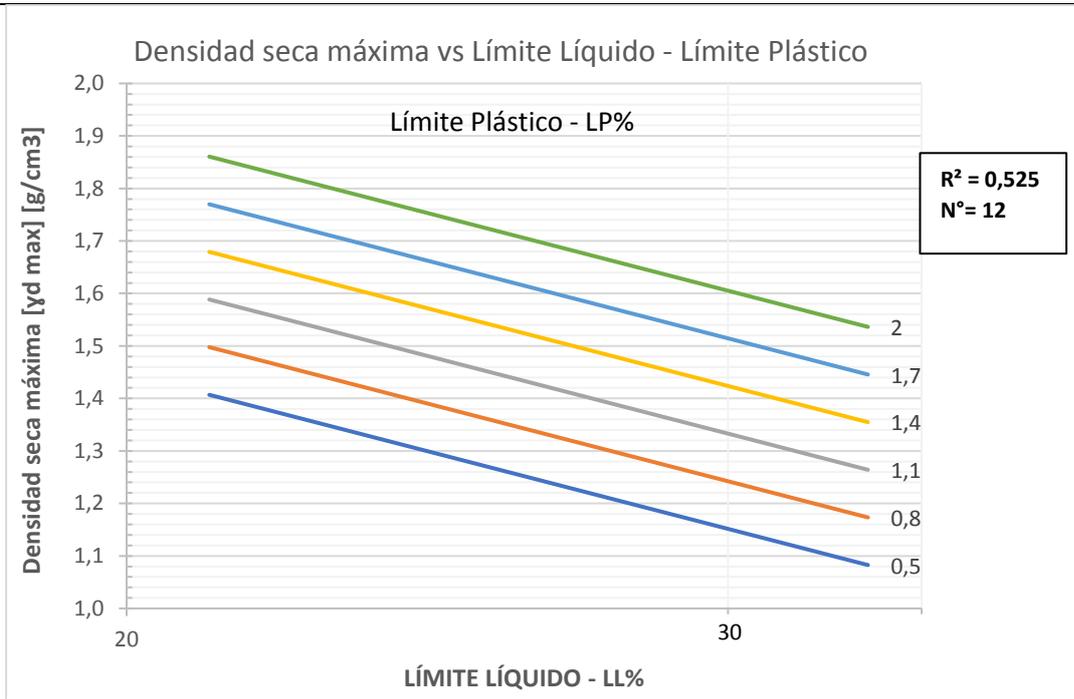
Coefficiente r^2 : 60%

Discusión: La relación entre la densidad seca máxima ($\gamma_d \text{ máx}$) vs el límite líquido (LL) y la humedad natural (W nat) presenta una tendencia logarítmica múltiple con tres variables aceptable donde el coeficiente de correlación r^2 : 60%. Lo que muestra la gráfica es que mediante el ensayo del límite líquido y densidad seca en situ, es posible tener valores de densidad seca máxima aproximados.

Se observa que al tener partículas friccionantes la humedad natural aumenta debido a los poros que se encuentra en dichas partículas haciendo de esta manera que la densidad seca máxima aumente, también indica que a mayor contenido de humedad la densidad seca máxima disminuye debido a que, al tener mayor contenido de humedad al secarse tendrá mayor diferencia a la muestra inicial.

Correlación N°10

Densidad seca máxima vs Límite Líquido - Densidad seca in-situ



Ecuación: $\gamma_{d\text{máx}} = 3.2512 - 0.9846 \log(\text{LL}) - 0.00975 \text{LP}$

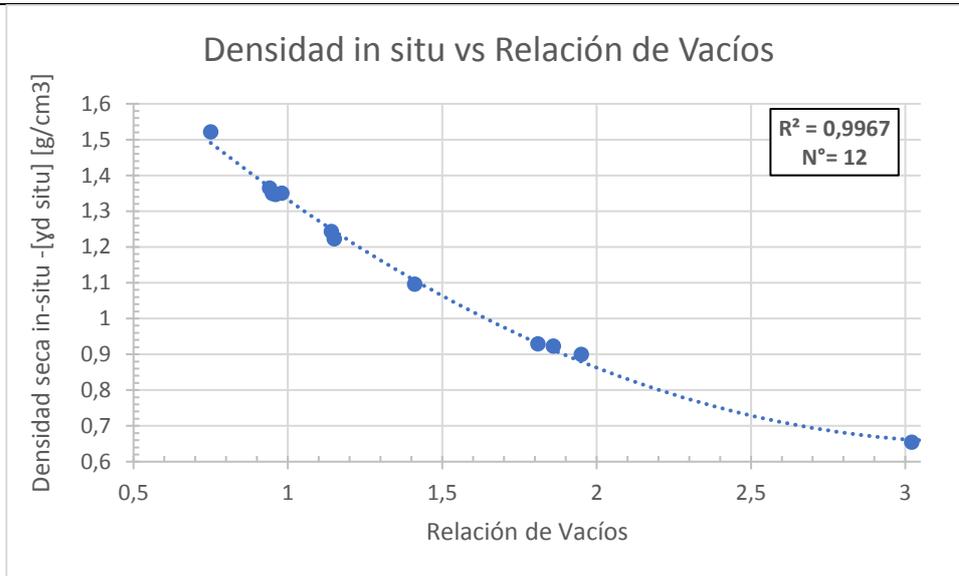
Coefficiente r^2 : 52.5 %

Discusión: La relación entre la densidad seca máxima (γ_d máx) vs el límite líquido (LL) y límite plástico (LP) presenta una tendencia logarítmica múltiple con tres variables aceptable donde el coeficiente de correlación r^2 : 52.5%. Lo que permite la gráfica es que mediante los límites de Atterberg se puede encontrar valores de densidad seca máxima aproximados.

Se observa que al tener partículas friccionantes el límite plástico aumenta ya que, los poros que se encuentra en dichas partículas hacen que la densidad seca máxima aumente, también indica que a mayor límite plástico la densidad seca máxima disminuye debido a que, los suelos plásticos tienen mayor cantidad de finos, menorando así también el límite plástico.

Correlación N°11

Densidad seca in situ vs Relación de vacíos



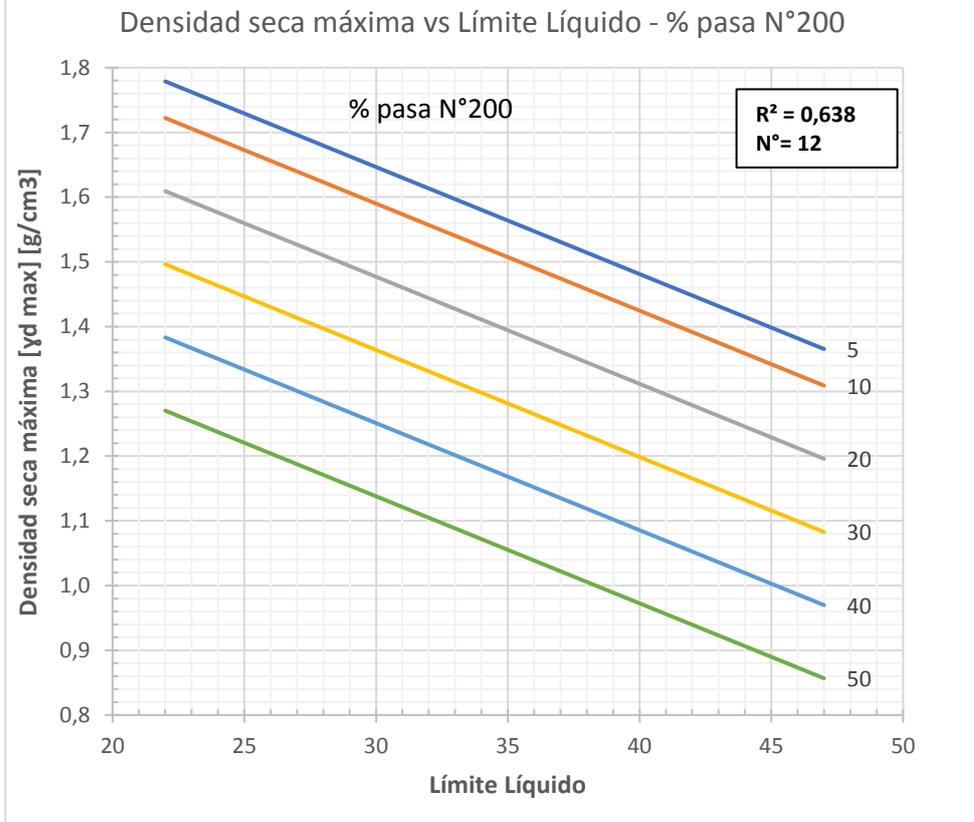
Ecuación: $\gamma_{dsitu} = 0.1343e^2 - 0.8718e + 2.0691$

Coefficiente r^2 : 99.67%

Discusión: La relación presenta los datos obtenidos de la densidad in situ (γ_{dsitu}) vs relación de vacíos (e), en la cual al realizar la correlación entre dichas variables se encuentra un coeficiente de determinación r^2 : 99.67%. La correlación existente entre dichas variables es casi del 100%, dicha relación indica que mientras la relación de vacíos disminuye la densidad in situ aumenta, esto se debe a que la relación de vacíos en los suelos se encuentra determinada por la cantidad de aire y agua retenida por el suelo lo que al deshidratarse hace que pierda el peso del agua en la muestra.

Correlación N°12

Densidad seca máxima vs Límite Líquido - % pasa N° 200



Ecuación: $\gamma_{d\text{máx}} = 2,358 - 0,0192 \text{ LL} - 0,0131 \text{ N}^\circ 200$

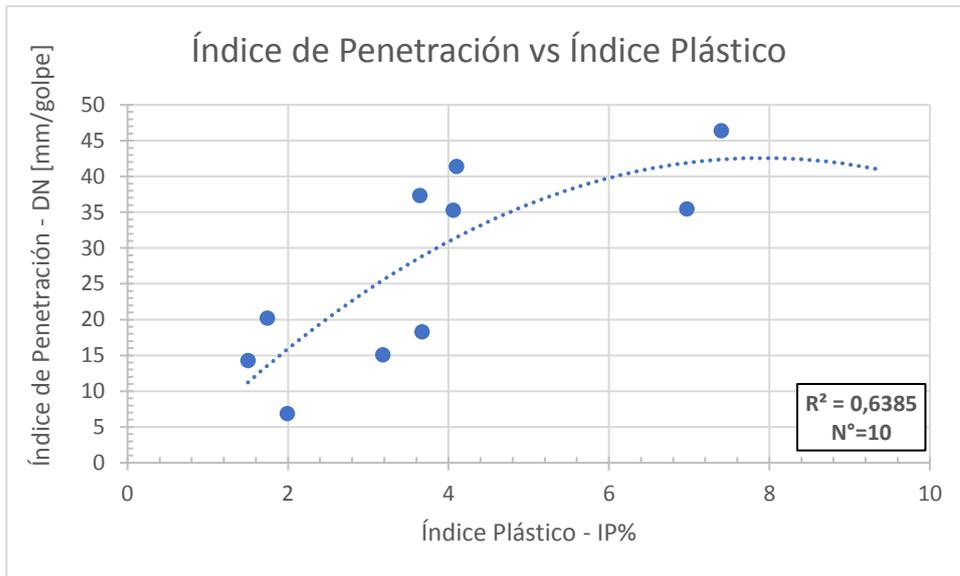
Coefficiente r^2 : 63.8%

Discusión: La relación presenta los datos de la densidad seca máxima ($\gamma_{d\text{máx}}$) vs el límite líquido (LL), en la cual al realizar la correlación entre dichas variables se encuentra un coeficiente de determinación r^2 : 63.8, a lo que se considera buena.

Se observa que al tener menor partículas finas friccionantes el límite líquido aumenta, también indica que a mayor porcentaje que pasa el tamiz N°200 la densidad seca máxima aumenta debido a que los suelos tienen mayor cantidad de partículas friccionantes.

Correlación N°13

Índice de Penetración vs Índice Plástico



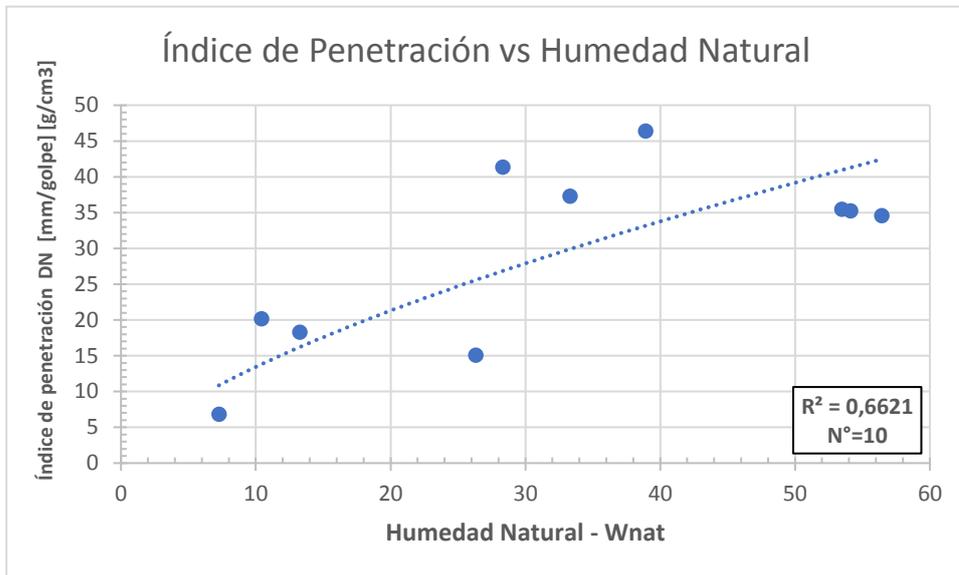
Ecuación: $DN = -0,7627 IP^2 + 12,07 IP - 5,1762$

Coefficiente r^2 : 63.85%

Discusión: La relación presenta los datos obtenidos del índice de penetración (DN) vs índice plástico (IP), en la cual al realizar la correlación entre dichas variables se encuentra un coeficiente de determinación r^2 : 63.85%. La correlación entre estas variables indica que el coeficiente de determinación es bueno.

La gráfica indica una relación proporcional entre las variables debido a que, al tener una buena relación entre el límite líquido y límite plástico el índice de penetración no es alto debido a que el suelo plástico presenta un porcentaje considerable de finos.

Índice de Penetración vs Humedad Natural



Ecuación: $DN = 2,9062 W_{nat}^{0,6649}$

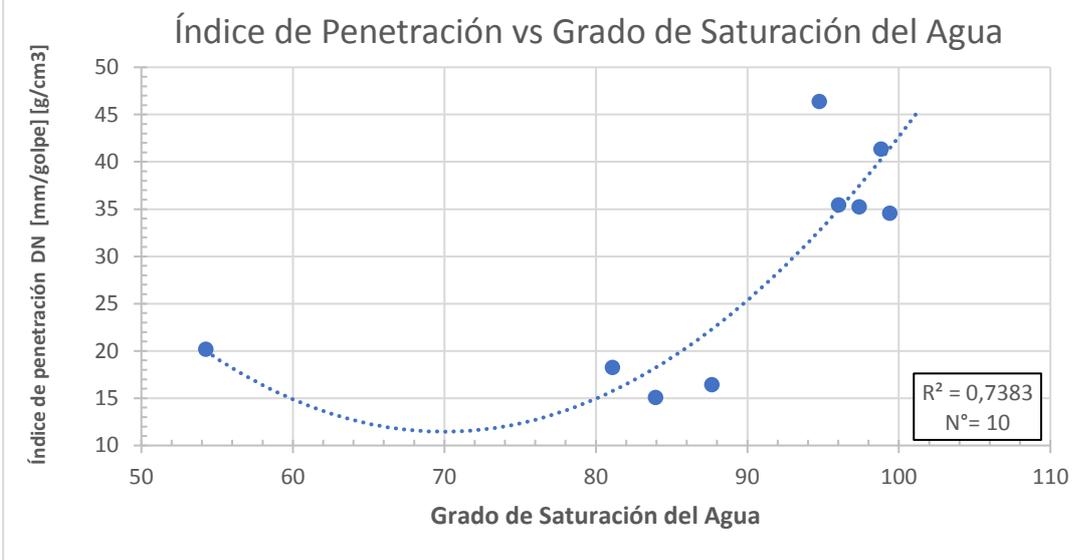
Coefficiente r^2 : 66.21%

Discusión: La relación presenta los datos obtenidos del índice de penetración (DN) vs humedad natural (W nat), en la cual al realizar la correlación entre dichas variables se encuentra un coeficiente de determinación r^2 : 66.21%. La correlación entre estas variables indica que el coeficiente de determinación es bueno y a medida que la humedad natural va en aumento el índice de penetración DN va en aumento.

La gráfica presenta una relación proporcional debido a que si la humedad natural aumenta la densidad hasta un cierto punto aumenta por lo que al estar el suelo más compacto la resistencia de penetración es mayor, esto también se debe a la cantidad de partículas friccionantes y finas que tenga el suelo.

Correlación N°15

Índice de Penetración vs Grado de Saturación del Agua



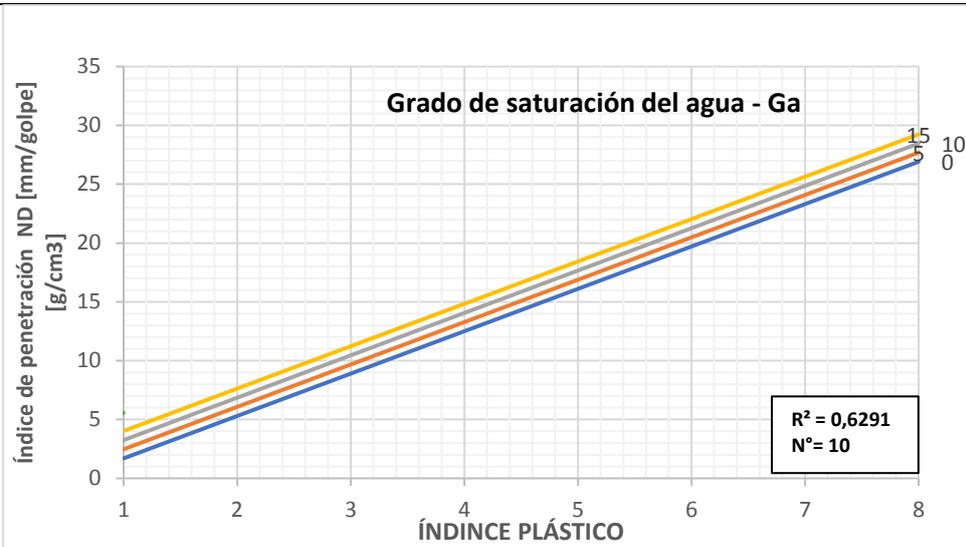
Ecuación: $DN = 0,0346 Gw^2 - 4,8365 Gw + 180,62$

Coefficiente r^2 : 73.83%

Discusión: La relación presenta los datos obtenidos del índice de penetración (DN) vs el grado de saturación del agua (Gw), en la cual al realizar la correlación entre dichas variables se encuentra un coeficiente de determinación r^2 : 73.83%. La correlación entre estas variables indica que el coeficiente de determinación es bueno e indica que tiene una relación inversa hasta llegar al 70% de grado de saturación de agua, en donde se encuentra un punto de inflexión debido a que después hay una relación directa entre dichas variables, esto se debe a que el suelo es hidratado hasta obtener una humedad óptima y el índice de penetración disminuye al presentar más resistencia a la penetración, pasado este punto el suelo presenta menos densidad por lo que facilita la penetración del suelo y aumenta el índice DN.

Correlación N°16

Índice de penetración vs Índice Plástico – Grado de saturación del aire



Ecuación: $DN = -1.907 - 3.6018 IP + 0.155 Gw$

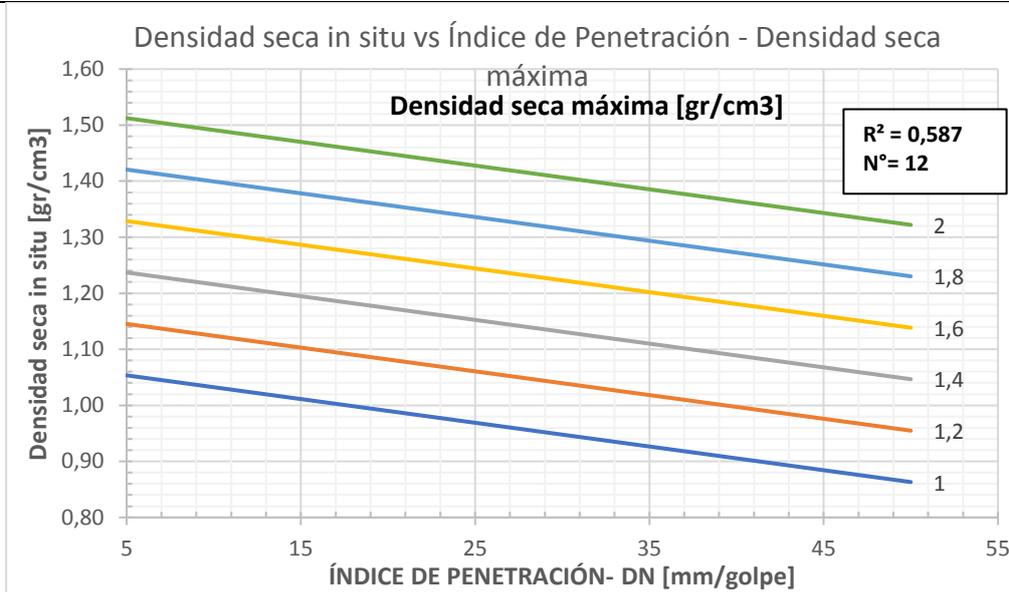
Coefficiente r^2 : 62.91%

Discusión: La relación entre el índice de penetración (DN) vs el índice plástico (IP) y el grado de saturación del agua (Ga) presenta una tendencia exponencial con tres variables aceptable donde el coeficiente de correlación r^2 : 62.91%, dicho coeficiente se encuentra al límite de un rango bueno. Este gráfico indica que, a partir de los datos de los límites de Atterberg y el dato de saturación del aire es posible tener valores del índice de penetración aproximados,

La gráfica indica que el índice plástico disminuirá, dependiendo de la relación existente entre los límites líquido y plástico de manera proporcional al grado de saturación del agua debido a que si el suelo presenta más porcentajes de partículas finas tendrá una mejor cohesión y al tener menor resistencia a la penetración debido a la hidratación del suelo y a la cantidad de suelo friccionante en el suelo plástico, es inversamente proporcional al índice de penetración.

Correlación N°17

Densidad seca máxima vs Límite Líquido - Densidad seca in-situ



Ecuación: $\gamma_{d\text{situ}} = 0.3184 - 0.0015 \text{ DN} + 0.6049 \gamma_{d\text{máx}}$

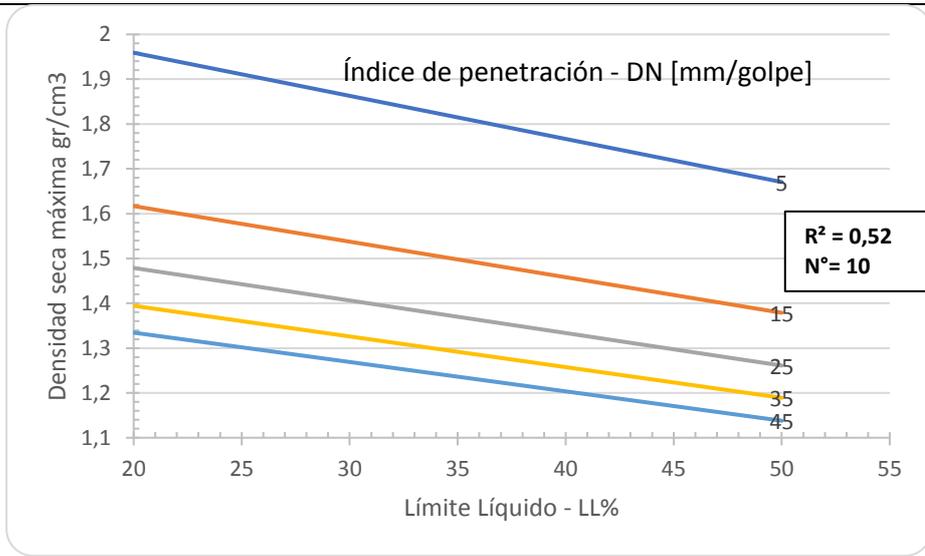
Coefficiente r^2 : 58.7%

Discusión: La relación entre la densidad seca in situ ($\gamma_{d\text{ situ}}$) vs el índice de penetración (DN) y densidad seca máxima ($\gamma_{d\text{ máx}}$) presenta una tendencia exponencial múltiple con tres variables aceptable donde el coeficiente de correlación r^2 : 58.7%. Lo que indica la gráfica es que, mediante el ensayo de penetración DCP y el dato de densidad seca máxima se pueda obtener un valor de densidad seca in situ aproximado.

El gráfico indica que, a medida que el límite de penetración aumenta la densidad seca in situ disminuye debido a que el suelo al estar más hidratado la densidad disminuye puesto que el volumen ocupado por el suelo es cambiado por partículas de agua las cuales tienen menor densidad, también indica que, la densidad seca máxima y la densidad seca in situ son directamente proporcionales.

Correlación N°18

Densidad seca máxima vs Límite Líquido – Índice de Penetración



Ecuación: $\gamma_{d\text{máx}} = 4.369 \text{ LL}^{-0.1739} \text{ DN}^{-0.1747}$

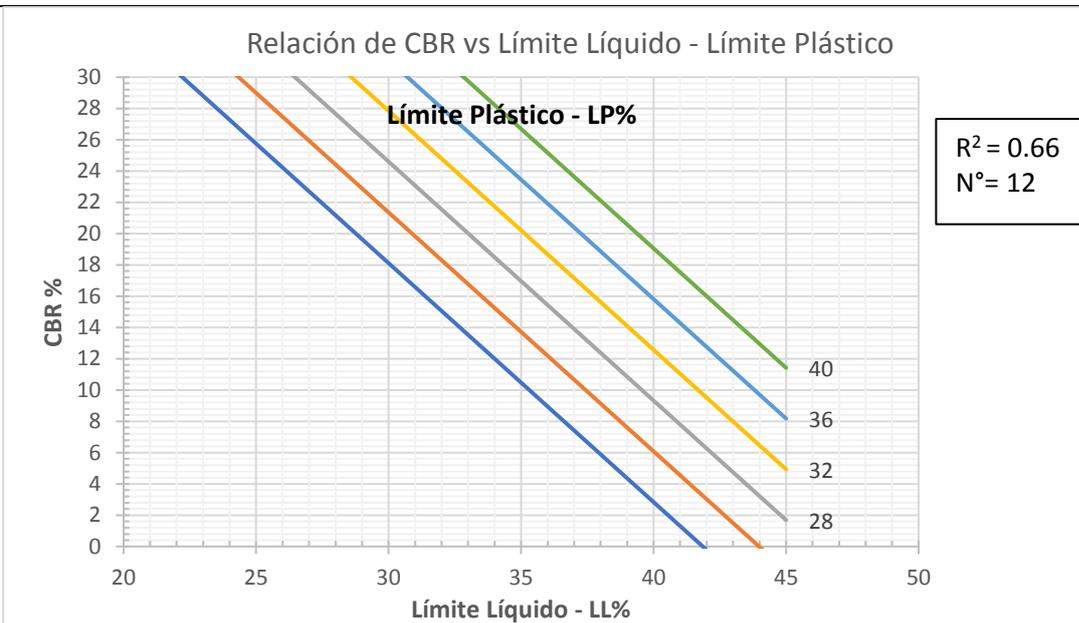
Coefficiente r²: 52%

Discusión: La relación entre la densidad seca máxima ($\gamma_{d\text{máx}}$) vs el límite líquido (LL) y el índice de penetración (DN) presenta una tendencia exponencial múltiple con tres variables aceptable donde el coeficiente de correlación r²: 52%, mediante el ensayo de penetración límite líquido y el ensayo DCP se puede obtener un valor de densidad seca máxima aproximado.

La gráfica indica que, al tener una buena relación entre los límites de Atterberg la densidad seca máxima aumenta y también indica que si los suelos tienen mayor cantidad de partículas friccionantes la densidad máxima será mayor que en suelos con un porcentaje de finos altos.

Correlación N°19

Relación de Soporte California vs Límite Líquido – Límite Plástico



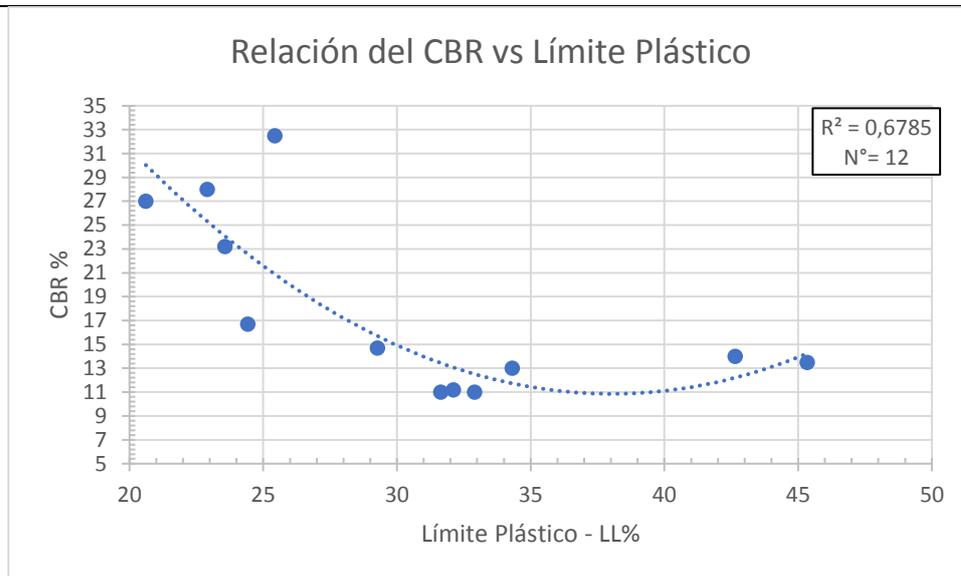
Ecuación: $CBR\% = 158.2388 - 108.431 \text{ Log LL} + 0.8109 \text{ LP}$

Coefficiente r^2 : 66%

Discusión: La relación presenta los datos de CBR vs el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP) presenta una tendencia logarítmica múltiple con tres variables, con un coeficiente de correlación $r^2 = 66\%$ una relación buena, el gráfico indica que a medida que el suelo tenga más partículas finas el CBR será mayor y a medida que el suelo tenga mayor plasticidad el CBR aumenta debido al grado de hidratación del suelo.

Correlación N°20

Relación de Soporte California vs Límite Plástico



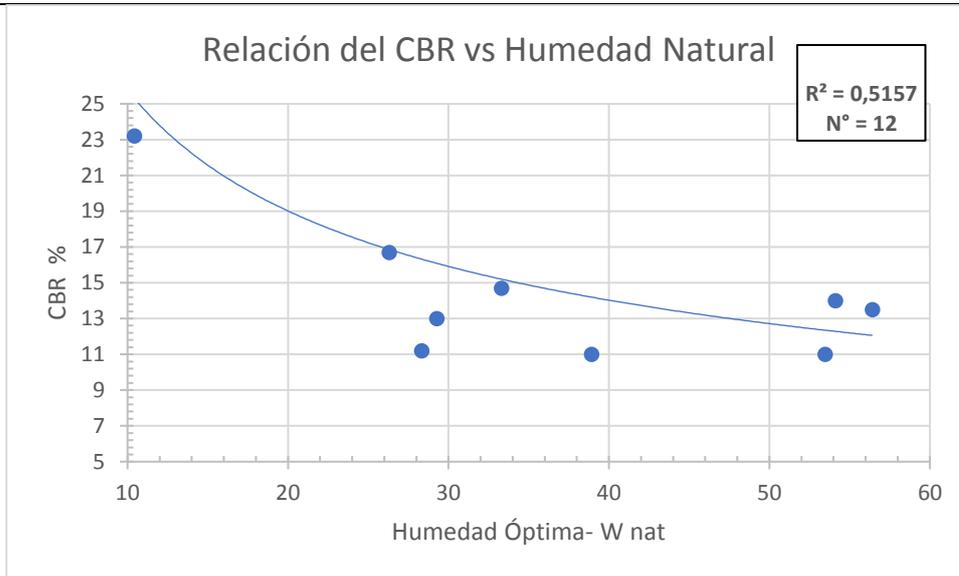
Ecuación: $CBR\% = 0.0632 LL^2 - 4.8082 LL + 102.27$

Coefficiente r^2 : 67.85%

Discusión: La relación presenta los datos de CBR vs el límite plástico (LP) las cuales presenta una tendencia polinómica de grado 2, con un coeficiente de correlación $r^2=67.85\%$, lo que indica una relación es muy buena. El gráfico indica que a medida que el suelo tenga mayor plasticidad el CBR disminuye debido al grado de hidratación del suelo.

Correlación N°21

Relación de Soporte California vs Humedad Natural



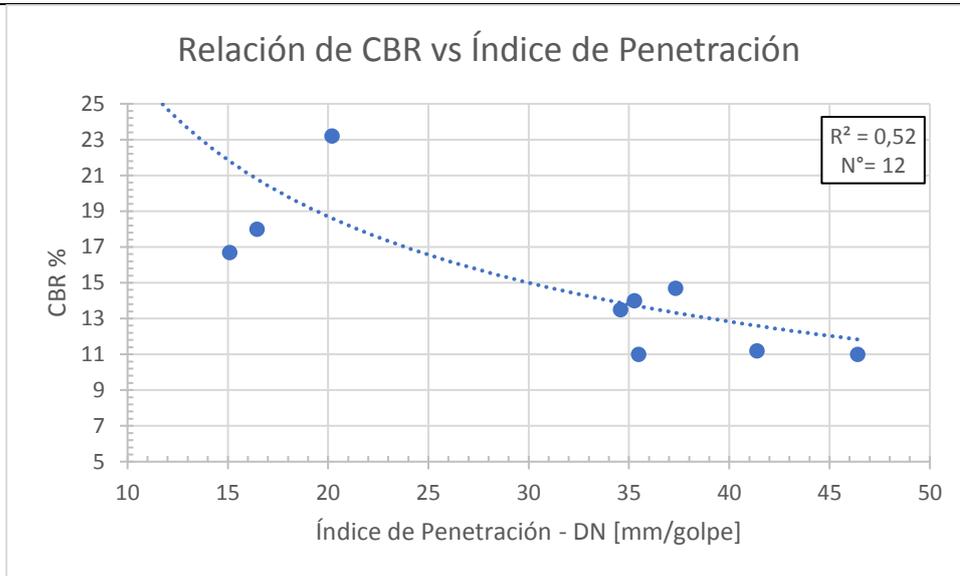
Ecuación: $CBR\% = 70.813W_{nat}^{-0,439}$

Coefficiente r^2 : 51.57%

Discusión: La relación entre el CBR vs la humedad natural (W_{nat}) presentan una tendencia logarítmica, con un coeficiente de correlación $r^2=51.57\%$, lo que indica una relación muy buena, el gráfico indica que a medida que el suelo tenga menor humedad natural el CBR aumenta debido a que al tener más partículas de suelo y desplazar el agua, el suelo aumenta su resistencia a la presión. Dando como resultado una relación inversa entre dichas variables.

Correlación N°22

Relación de Soporte California vs Índice de Penetración

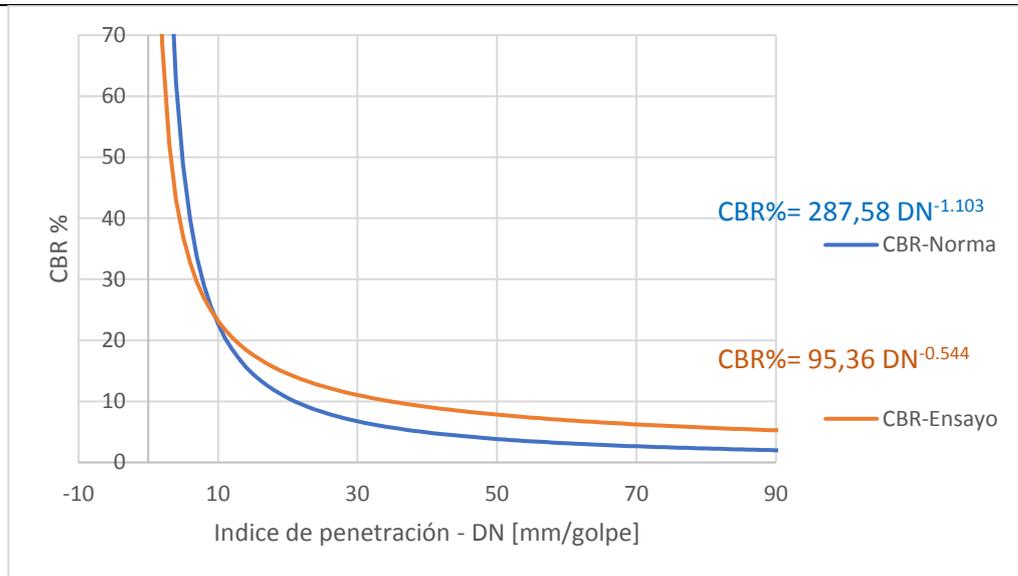


Ecuación: $CBR\% = 95.36 DN^{-0.544}$

Coefficiente r^2 : 52%

Discusión: La relación de los datos de CBR vs el índice de penetración (DN) presenta una tendencia lineal, con un coeficiente de correlación $r^2=52\%$, lo que muestra una relación buena, el gráfico indica que a medida que el suelo tenga menor índice de penetración el CBR aumenta debido a que al tener un DN alto el suelo muestra una menor resistencia a la penetración lo cual se debe al porcentaje de finos y la hidratación del suelo, los mismos que influyen de manera directa para que la resistencia a la presión disminuya haciendo así que el suelo presente un CBR bajo.

Comparación entre ecuaciones que relacionan el CBR y DCP mediante las muestras tomadas en campo y la ecuación planteada por la norma ASTM



Por medio de los ensayos de CBR de las 10 muestras realizados en el laboratorio y los ensayos DCP realizados en situ, se plantea la ecuación $CBR\% = 95,36 DN^{-0.538}$ la misma que presenta una un coeficiente de correlación de $r^2 = 52\%$, lo que dicha relación se considera buena.

En el momento de comparar la ecuación planteada por la norma, la misma que se expresa de la siguiente manera $CBR\% = 287,58 DN^{-1.103}$, resulta ser similar el comportamiento obtenido por la investigación realizada.

3.2 Diseño de pavimento flexibles MÉTODO AASHTO 93

Para tener una comparación entre el CBR de laboratorio y el obtenido mediante la gráfica realizada en la correlación N°22, se obtuvo los siguientes datos:

El CBR propuesto para analizar se ha tomado de la muestra número 1.

CBR Laboratorio = 16.7%

Mediante la investigación realizada el valor de CBR de la muestra número 3 con la relación del índice de penetración se obtiene:

CBR Correlación N°22 = 21.78%

Por lo que se ha desarrollado el diseño de pavimentos para los dos valores obtenidos.

Diseño de pavimento con el CBR de laboratorio

CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES	
Módulo de elasticidad de la mezcla asfáltica [ksi]	375
Módulo de resiliencia de la capa granular [ksi]	28.7
Módulo de resiliencia de la subbase [ksi]	17
DATOS DE TRÁFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE	
Número de ejes equivalentes totales [w18]	548,346
Factor de confiabilidad [r]	80%
Desviación estándar normal [Zr]	-0.841
Desviación estándar global [So]	0.45
Módulo de resiliencia de la subrasante [Mr, ksi]	18.7
Serviciabilidad inicial [pi]	4.2
Serviciabilidad final [pt]	2
Periodo de diseño [años]	20

El módulo de resiliencia para la subrasante es obtenido mediante la ecuación:

$$Mr = 3000 CBR^{0.65}$$

El módulo de elasticidad propuesto para la mezcla asfáltica es de 375 Ksi.

El módulo de resiliencia de base y subbase son obtenidos mediante los ábacos de la norma AASHTO -93.

Tabla 25: Datos de los módulos de elasticidad y resiliencia de materiales.

Observación	Mr [Ksi]	Fuente
Módulo de elasticidad del asfalto.	375	Norma
Módulo de resiliencia de la base granular.	28.7	Ábacos
Módulo de resiliencia de la subbase.	17	Ábacos
Módulo de resiliencia de la subrasante	18.7	Fórmula

Fuente: Carlos Borja

TRÁNSITO DE EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS PARA EL PERIODO EL PERIODO DE DISEÑO DE 20 AÑOS.

Para el cálculo de ejes equivalentes [W18], se debe obtener el factor de daño mediante los datos obtenidos de la norma AASHTO-93, el mismo que dependerá del modelo del vehículo.

Tabla 26: Índices de factor de daño

Tipo	Simple		Simple Doble		Tándem		Trídem		Factor de daño
	Ton	(P/6,6) ⁴	Ton	(P/8,2) ⁴	Ton	(P/15) ⁴	Ton	(P/23) ⁴	
Liviano	3	0,04							0,04
Bus	4	0,13	8	0,91					1,04
C-2P	2,5	0,02							1,29
	7	1,27							
C-2G	6	0,68	11	3,24					3,92
C-3	6	0,68			18	2,07			2,75
C-4	6	0,68					25	1,4	2,08
C-5	6	0,68			18	2,07			2,75
C-6	6	0,68			18	2,07	25	1,4	4,15

Fuente: Carlos Borja

Hora pico

Tabla 27: Hora máxima de conteo vehicular.

Horas			Livianos			Buses			Camiones	Total
			Automóviles	Camionetas	Motos	Livianos	Medianos	Pesados		
7	0	15	6	2	2	1	0	0	2	13
7	15	30	7	3	1	0	0	0	1	12
7	30	45	5	3	0	1	2	0	0	11
7	45	59	5	2	0	0	0	0	0	7

Tabla 28: Resumen de conteo de la hora pico.

hora pico	livianos	buses	camiones	TOTAL
7	36	4	3	43

Factor de la hora pico

$$FPH = \frac{\text{Total de vehículos}}{4 * \text{Mayor volumen registrado durante la hora pico}}$$

$$FPH = \frac{43}{4 * 13}$$

$$FPH = 0.83$$

Nota: debido a que el factor de hora pico es menor a la unidad y para obtener un tráfico uniforme se toma como valor un FPH=1.

Tráfico actual

Tráfico de vehículos livianos

$$TPDA = \frac{\text{Total de vehículos} * FPH}{15\%}$$

$$TPDA = \frac{36 * 1}{0.15}$$

$$TPDA = 198 \text{ Vehículos}$$

Tráfico de vehículos buses

$$TPDA = \frac{4 * 1}{0.15}$$

$$TPDA = 22 Vehículos$$

Tráfico de vehículos camiones

$$TPDA = \frac{3 * 1}{0.15}$$

$$TPDA = 17 Vehículos$$

Tráfico actual

$$TPDA = 198 + 22 + 17$$

$$TPDA = 237 Vehículos$$

Tráfico actual en un año.

$$TA = TPDA * (1 + i)^n$$

Tabla 29: Coeficientes de crecimiento vehicular

MOP 2003	livianos	buses	camiones
2010-2015	0,0447	0,0222	0,0218
2015-2020	0,0397	0,0197	0,0194
2020-2025	0,0357	0,0178	0,0174
2025-2030	0,0325	0,0162	0,0158

Fuente: AASHTO 93 – Guide Design of Pavement Structures

Tráfico de vehículos livianos

$$TA = 198 * (1 + 0.0397)^1$$

$$TA = 284 \text{ Vehículos}$$

Tráfico de vehículos buses

$$TA = 22 * (1 + 0.0197)^1$$

$$TA = 29 \text{ Vehículos}$$

Tráfico de vehículos pesados

$$TA = 17 * (1 + 0.0194)^1$$

$$TA = 23 \text{ Vehículos}$$

Tráfico actual en un año

$$TA = 284 + 29 + 23$$

$$TA = 336 \text{ Vehículos}$$

Tráfico generado

Tráfico generado livianos

$$Tg = 20 \% * TA$$

$$Tg = 20 \% * 284$$

$$Tg = 40 \text{ Vehículos}$$

Tráfico generado buses

$$Tg = 20 \% * 29$$

$$Tg = 4 \text{ Vehículos}$$

Tráfico generado pesados

$$Tg = 20 \% * 23$$

$$Tg = 3 \text{ Vehículos}$$

Tráfico generado

$$TA = 47 \text{ Vehículos}$$

Tráfico atraído

Tráfico atraído livianos

$$T_{at} = 10 \% * TA$$

$$T_{at} = 10 \% * 284$$

$$T_{at} = 20 Vehículos$$

Tráfico atraído buses

$$T_{at} = 10 \% * 29$$

$$T_{at} = 2 Vehículos$$

Tráfico atraído pesados

$$T_{at} = 10 \% * 23$$

$$T_{at} = 2 Vehículos$$

Tráfico atraído

$$T_{at} = 24 Vehículos$$

Tráfico desarrollado

Tráfico desarrollado livianos

$$T_d = 5 \% * TA$$

$$T_d = 10 \% * 284$$

$$T_d = 10 Vehículos$$

Tráfico desarrollado buses

$$T_d = 5 \% * 29$$

$$T_d = 1 Vehículos$$

Tráfico desarrollado pesados

$$T_d = 5 \% * 23$$

$$T_d = 1 Vehículos$$

Tráfico desarrollado

$$T_d = 12 Vehículos$$

Tabla 30: Cálculo del diseño de ejes equivalentes

Año	% Crecimiento			Tránsito promedio diario anual				W 18 diseño por año	W 18 diseño acumulado
	Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones	Total		
2021	0,0357	0,0178	0,0174	284	29	23	336	2,60E+04	2,60E+04
2022	0,0357	0,0178	0,0174	294	29	23	346	2,61E+04	5,21E+04
2023	0,0357	0,0178	0,0174	294	29	23	346	2,61E+04	7,82E+04
2024	0,0357	0,0178	0,0174	294	29	23	346	2,61E+04	1,04E+05
2025	0,0325	0,0162	0,0158	293	29	23	345	2,61E+04	1,30E+05
2026	0,0325	0,0162	0,0158	293	29	23	345	2,61E+04	1,57E+05
2027	0,0325	0,0162	0,0158	293	29	23	345	2,61E+04	1,83E+05
2028	0,0325	0,0162	0,0158	293	29	23	345	2,61E+04	2,09E+05
2029	0,0325	0,0162	0,0158	293	29	23	345	2,61E+04	2,35E+05
2030	0,0325	0,0162	0,0158	293	29	23	345	2,61E+04	2,61E+05
2031	0,0325	0,0162	0,0158	293	29	23	345	2,61E+04	2,87E+05
2032	0,0325	0,0162	0,0158	293	29	23	345	2,61E+04	3,13E+05
2033	0,0325	0,0162	0,0158	293	29	23	345	2,61E+04	3,39E+05
2034	0,0325	0,0162	0,0158	293	29	23	345	2,61E+04	3,66E+05
2035	0,0325	0,0162	0,0158	293	29	23	345	2,61E+04	3,92E+05
2036	0,0325	0,0162	0,0158	293	29	23	345	2,61E+04	4,18E+05
2037	0,0325	0,0162	0,0158	293	29	23	345	2,61E+04	4,44E+05
2038	0,0325	0,0162	0,0158	293	29	23	345	2,61E+04	4,70E+05

2039	0,0325	0,0162	0,0158	293	29	23	345	2,61E+04	4,96E+05
2040	0,0325	0,0162	0,0158	293	29	23	345	2,61E+04	5,22E+05
2041	0,0325	0,0162	0,0158	293	29	23	345	2,61E+04	5,48E+05

Fuente: Carlos Borja

Para obtener el número estructural necesario para el uso de los ábacos de la norma AASHTO -93, los datos que se necesitan para el programa “AASHTO 93” están especificados en la siguiente tabla.

Tabla 31: Datos necesarios para el uso del programa AASHTO 93

DATOS	
Número de ejes equivalentes total	548346
Factor de confiabilidad	80
Desviación estándar normal	-0,841
Desviación estándar global	0,45
Módulo de resiliencia de la subrasante	17817
Serviciabilidad inicial	4,2
Serviciabilidad final	2

Fuente: Carlos Borja

Figura 14: Captura del Programa AASHTO 93 con los datos obtenidos

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. It is divided into several sections:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' (selected) and 'Pavimento rígido'.
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu set to '80 % Zr=-0.841' and a text box for 'So' with the value '0.45'.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (4.2) and 'PSI final' (2).
- Módulo resiliente de la subrasante:** A text box for 'Mr' with the value '17817 psi'.
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Four empty text boxes for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'.
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular SN' (selected) and 'Calcular W18'. A text box shows 'W18 = 548346'.
- Número Estructural:** A text box shows 'SN = 2.07'.

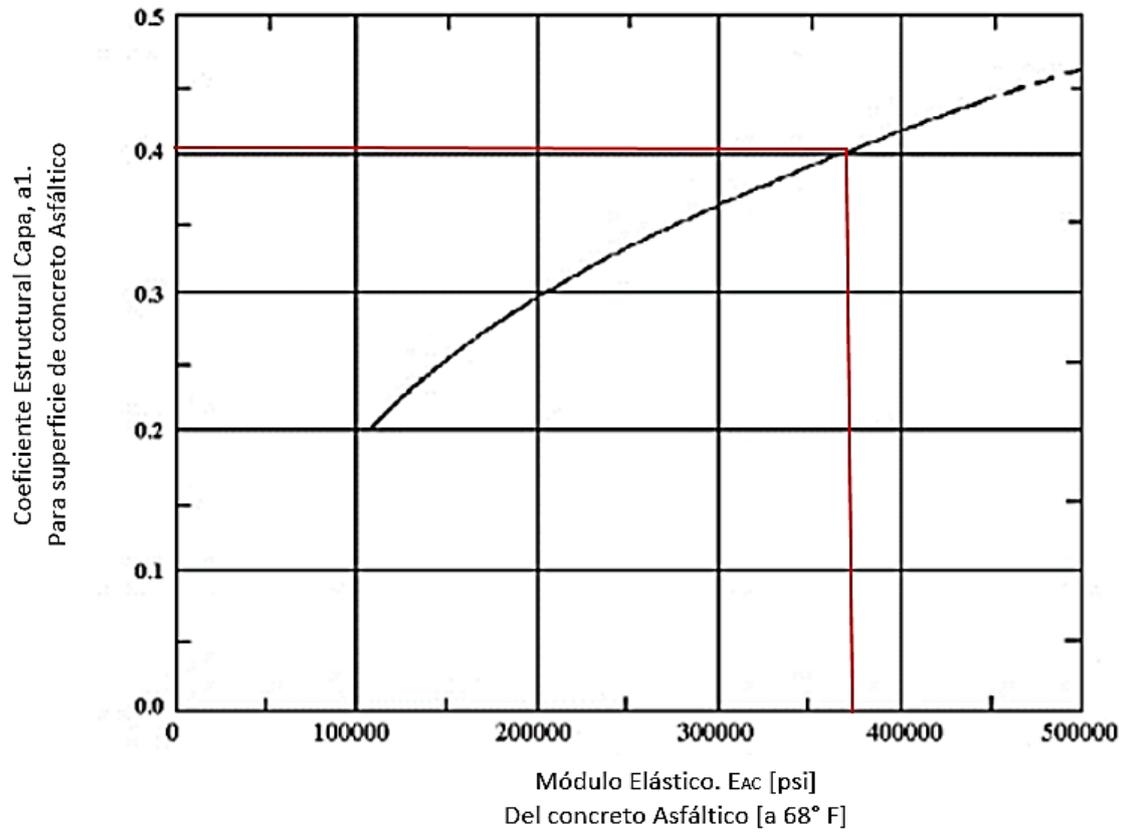
At the bottom, there are two buttons: 'Calcular' and 'Salir'.

Fuente: Interfaz AASHTO 93

Coeficientes de espesores por capa

Coeficiente estructural a1. El coeficiente se determina mediante los nomogramas de la AASHTO, pero para lo cual se debe determinar el módulo de elasticidad en psi.

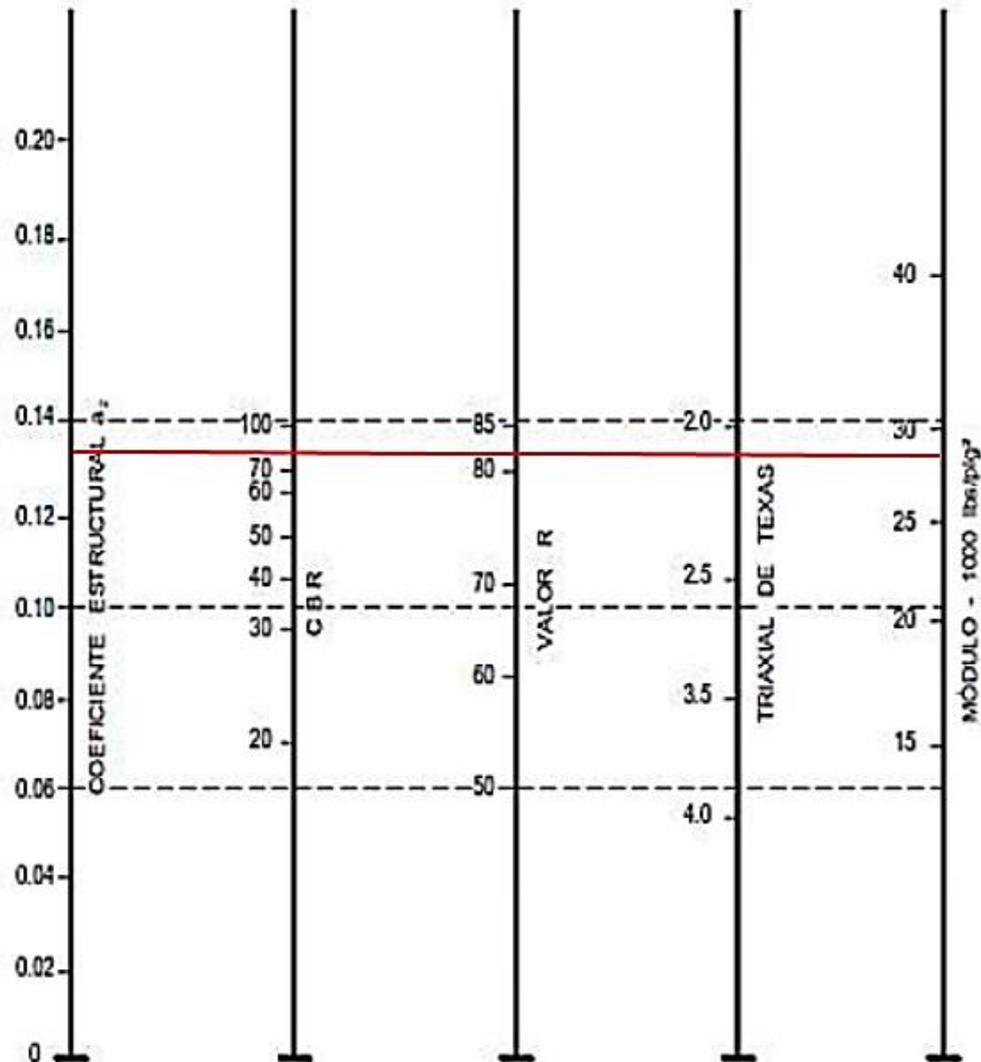
Figura 15: Ábaco de relación entre el coeficiente estructural vs el módulo elástico del asfalto



Fuente: AASHTO 93 – Guide Design of Pavement Structures

Coefficiente estructural a₂. El coeficiente se determina mediante los nomogramas de la AASHTO, pero para lo cual se debe determinar el módulo de resiliencia o Triaxial Texas, teniendo en cuenta que el CBR mínimo para la capa base es un CBR del 80%.

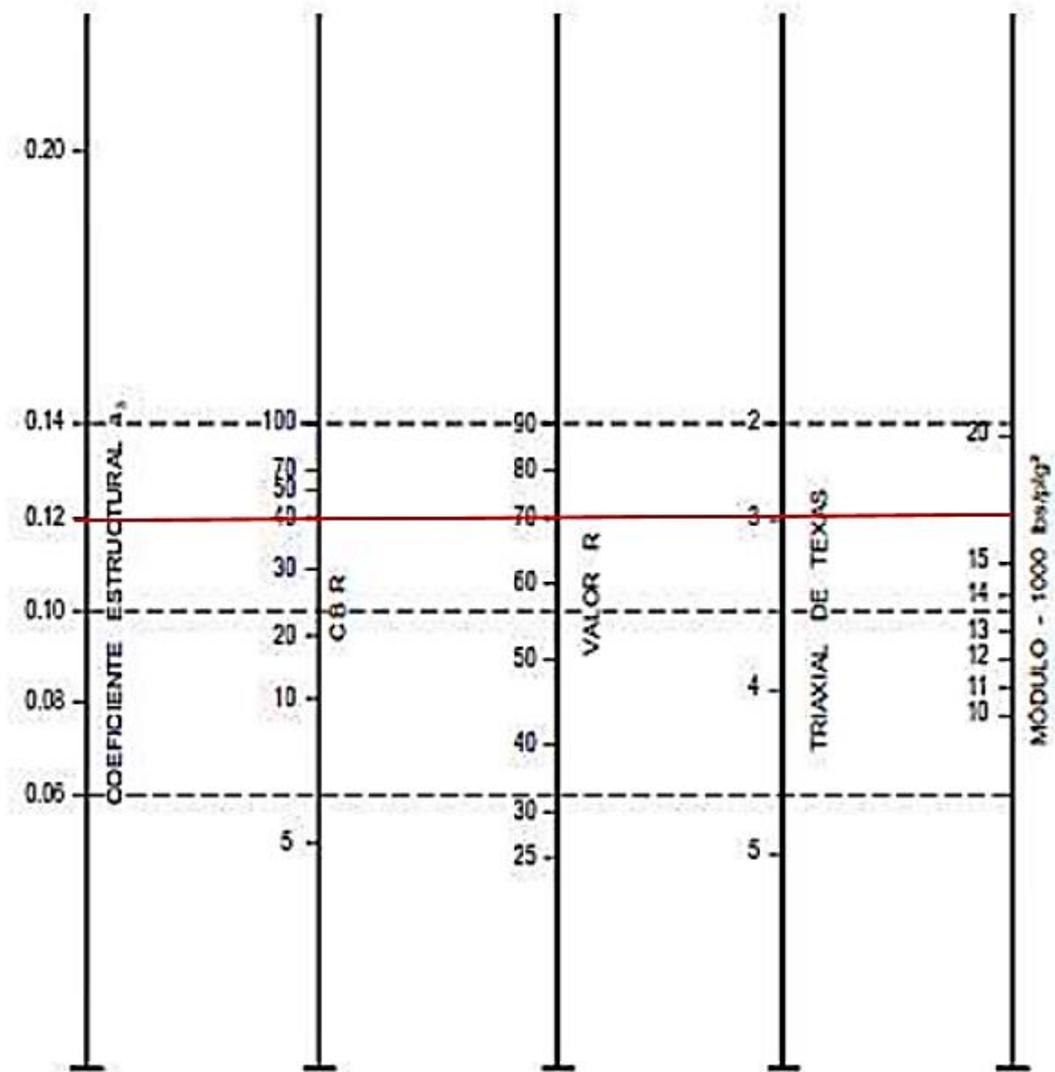
Figura 16: Ábaco para la obtención del coeficiente estructural a₂.



Fuente: AASHTO 93 – Guide Design of Pavement Structures

Coefficiente estructural a3. El coeficiente se determina mediante los nomogramas de la AASHTO, pero para lo cual se debe determinar el módulo de resiliencia o Triaxial Texas, entonces se debe tener en cuenta que el CBR mínimo para la capa subbase es de 40%.

Figura 17: Ábaco para determinar el coeficiente estructural a3 mediante el módulo de resiliencia



Fuente: AASHTO 93 – Guide Design of Pavement Structures

Coefficiente de drenaje de capa

Coefficientes m2 y m3. Representa el coeficiente de drenaje de la base granular y la subbase respectivamente, la misma que presenta la tabla mediante la cual se clasifica estos factores:

Tabla 32: Coeficiente de drenaje a niveles próximos a la saturación

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

Fuente: AASHTO 93 – Guide Design of Pavement Structures

Tabla 33: Diseño de Pavimento flexible mediante el método AASHTO-93

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993				
PROYECTO	: Análisis Huagrahuasi Chico vía San Jospe de Poaló		TRAMO	: Final de la vía
SECCION	: km 3+000	a km 3+260	FECHA	: 05/02/2021
DATOS DE ENTRADA :				
1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES			DATOS	
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)			375,00	
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)			28,70	
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)			16,50	
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE				
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			548 346	
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)			80%	
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)			-0,841	
DESVIACION ESTANDAR GLOBAL (So)			0,45	
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)			18,70	
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4,2	
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2,0	
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			20	
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO				
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA				
Concreto Asfáltico Convencional (a ₁)			0,410	
Base granular (a ₂)			0,120	
Subbase (a ₃)			0,110	
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA				
Base granular (m ₂)			1,150	
Subbase (m ₃)			1,150	
DATOS DE SALIDA :				
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})		2,02		
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})		1,73		
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})		0,38		
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})		-0,08		
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO				
	TEORICO	PROPUESTA		
		ESPESOR	SN*	
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	10,7 cm	5,0 cm	0,81	
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	6,9 cm	10,0 cm	0,54	
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	-1,6 cm	15,0 cm	0,75	
ESPESOR TOTAL (cm)		30,0 cm	2,10	

Fuente: Carlos Borja

Número estructural SN. Este valor está indicado mediante la proporción del tránsito y la confiabilidad de la vía, además es un indicador del espesor de las diferentes capas requeridas por el pavimento.

Tabla 34: Propuesta de espesores de las diferentes capas del pavimento

PROPUESTA		
Observación	ESPESOR	SN*
Espesor de carpeta asfáltica [cm]	5,0 cm	0.81
Espesor de base granular [cm]	10,0 cm	0,54
Espesor subbase granular [cm]	15,0 cm	0,75
Total	35,0 cm	2.10

Fuente: Carlos Borja

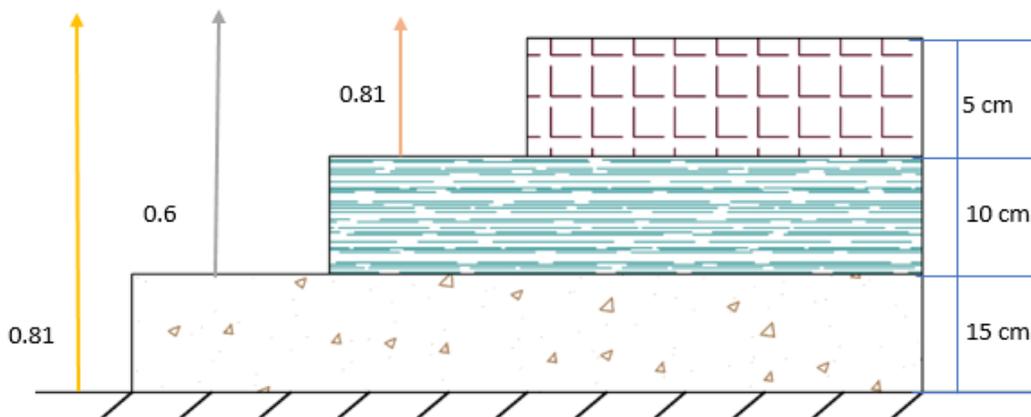
$$SN1 + SN2 + SN3 \geq SN$$

$$2.10 \geq 2.07$$

Al obtener la relación estructural de la capa de pavimento y verificar que el resultado es mayor al número estructural SN, indica un buen diseño preliminar de la vía.

Se obtiene estas dimensiones para un pavimento cuya subrasante mediante el ensayo de laboratorio se determinó en un CBR de 15.3, el cual corresponde a la muestra número 1.

Figura 18: Espesor de las capas del pavimento

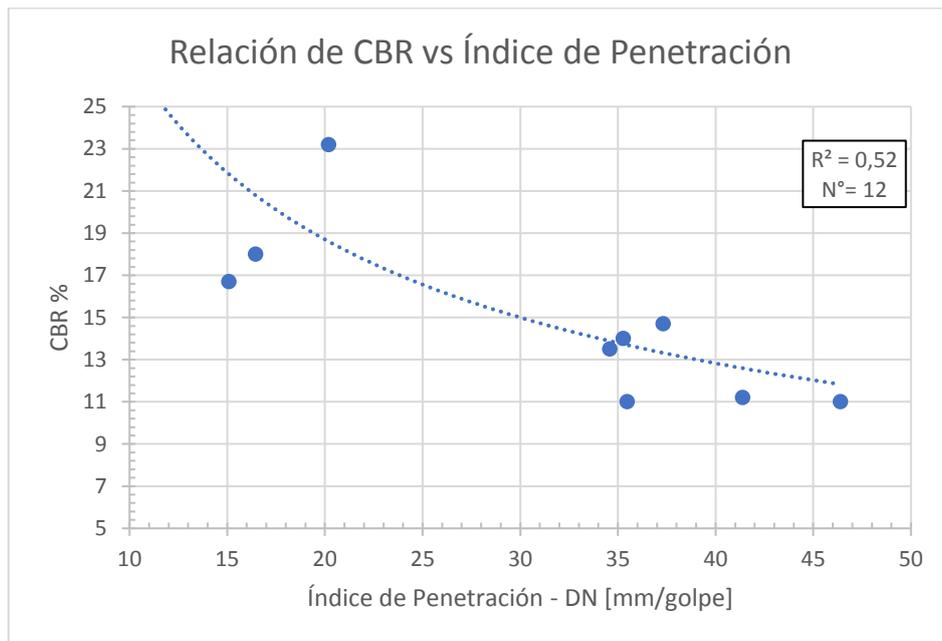


Fuente: Carlos Borja

Diseño de pavimento con un CBR obtenido mediante la correlación obtenida en la investigación.

Obtención del CBR mediante la correlación N° 22

Figura 19: Relación de CBR vs Índice de penetración



Fuente: Carlos Borja

$$\text{CBR}\% = 95.36 \text{ DN}^{-0.544}$$

$$\text{CBR}\% = 95.36 \times 15.09^{-0.544}$$

$$\text{CBR}\% = 21.78$$

CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES	
Módulo de elasticidad de la mezcla asfáltica [ksi]	375
Módulo de resiliencia de la capa granular [ksi]	28.7
Módulo de resiliencia de la subbase [ksi]	17
DATOS DE TRÁFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE	
Número de ejes equivalentes totales [w18]	548,346
Factor de confiabilidad [r]	80%
Desviación estándar normal [Zr]	-0.841
Desviación estándar global [So]	0.45
Módulo de resiliencia de la subrasante [Mr, ksi]	22.22
Serviciabilidad inicial [pi]	4.2
Serviciabilidad final [pt]	2
Periodo de diseño [años]	20

Mediante la relación del CBR vs índice de penetración obtenidas de la muestra número 1 con índice de penetración de 15.09 [mm/golpe] se determina un CBR de un 21.78%.

Mediante los nuevos datos obtenidos se procede a determinar un nuevo módulo de resiliencia de la subrasante es de 17817 PSI mientras que, con los datos obtenidos de laboratorio es de 18920 PSI. Al ser los mismos datos del diseño de pavimento anteriormente indicado se presenta los siguientes datos en el programa “AASHTO 93”.

Figura 20: Cálculo del número estructural SN mediante el programa AASHTO 93

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. It is divided into several sections for input and output:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' (selected) and 'Pavimento rígido'.
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu set to '80 % Zr=-0.841' and a text box for 'So' with the value '0.45'.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (4.2) and 'PSI final' (2).
- Módulo resiliente de la subrasante:** A text box for 'Mr' with the value '18920' and the unit 'psi'.
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Four empty text boxes for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'.
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular SN' (selected) and 'Calcular W18'. A text box shows 'W18 = 548346'.
- Número Estructural:** A text box shows 'SN = 2.07'.
- Buttons:** 'Calcular' and 'Salir' buttons at the bottom.

Fuente: Interfaz AASHTO 93

Tabla 35: Diseño de Pavimento flexible mediante el método AASHTO-93

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993			
PROYECTO	: Análisis Huagrahuasi Chico vía San Jospe de Poaló	TRAMO	: Final de la vía
SECCION	: km 3+000 a km 3+260	FECHA	: 05/02/2021
DATOS DE ENTRADA :			
1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES			DATOS
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)			375,00
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)			28,70
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)			16,50
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			548 346
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)			80%
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)			-0,841
DESVIACION ESTANDAR GLOBAL (So)			0,45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)			22,22
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4,2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2,0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			20
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO			
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA			
Concreto Asfáltico Convencional (a ₁)			0,410
Base granular (a ₂)			0,120
Subbase (a ₃)			0,110
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Base granular (m ₂)			1,150
Subbase (m ₃)			1,150
DATOS DE SALIDA :			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})		1,89	
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})		1,73	
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})		0,38	
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})		-0,21	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
	TEORICO	PROPUESTA	
		ESPESOR	SN*
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	10,7 cm	5,0 cm	0,81
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	6,9 cm	10,0 cm	0,54
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	-4,2 cm	15,0 cm	0,75
ESPESOR TOTAL (cm)		30,0 cm	2,10

Fuente: Carlos Borja

Tabla 36: Propuesta de espesores de las diferentes capas del pavimento

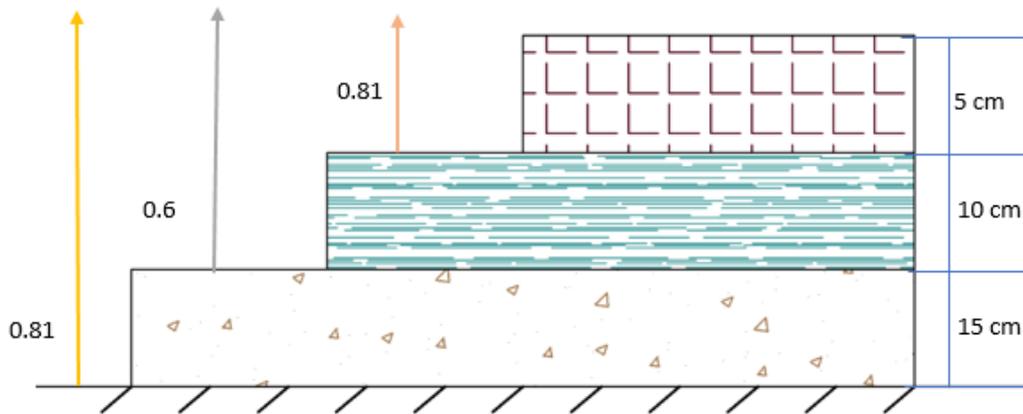
PROPUESTA		
Observación	ESPESOR	SN*
Espesor de carpeta asfáltica [cm]	5,0 cm	0.81
Espesor de base granular [cm]	10,0 cm	0,54
Espesor subbase granular [cm]	15,0 cm	0,75
Total	35,0 cm	2.10

Fuente: Carlos Borja

$$SN1 + SN2 + SN3 \geq SN$$

$$2.10 \geq 2.07$$

Figura 21: Espesores del pavimento con el CBR de correlaciones



Fuente: Carlos Borja

3.3 Verificación de hipótesis.

Basados en la tabla 24, la correlación número 19 la cual implica la relación entre el CBR y los límites líquido y plástico tienen un porcentaje de relación del 83%, dicho porcentaje se considera muy bueno.

Basados en la tabla 24, la correlación número 20, el límite líquido y el CBR indican un porcentaje de relación del 61.6%, lo cual se considera bueno.

Basados en la tabla 24, la correlación 21 la cual implica la relación entre el CBR y la humedad natural tienen un porcentaje de relación del 50.25, este valor se encuentra al límite del rango aceptable.

Basados en la tabla 24, la correlación 22 la cual implica la relación entre el CBR y el índice de penetración tienen un porcentaje de relación de 62.7%, dicho porcentaje es considerado bueno.

Hipótesis nula

La correlación de las propiedades entre el CBR y propiedades índice y mecánicas de suelos granulares es inexistente en la Parroquia de San José de Poaló, Cantón Píllaro de la provincia de Tungurahua.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La correlación que existe entre el CBR de laboratorio y DCP in situ, se considera buena debido a que tiene un valor de (51.72%) lo cual indica que es posible determinar un valor de CBR estimado, partiendo de un índice de penetración conocido con la aplicación de la gráfica obtenida, se debe tener en cuenta que dicha correlación no reemplaza el ensayo CBR.
- Se estableció mediante la clasificación de las muestras de suelo obtenidas de las calicatas en la parroquia de San José de Poaló, que evidentemente los suelos son en su mayoría granulares.
- Se determinó las propiedades índice y mecánicas de los suelos granulares de la parroquia de San José de Poaló, lo cual permite clasificar los suelos según la SUCS: SM-SW-SP y en la clasificación AASHTO: A-4, A-5, A-2-4, A-2-5.
- La investigación aporta a la base de datos del macroproyecto de la clasificación de suelos de la provincia de Tungurahua, esta investigación fue realizada en la parroquia de San José de Poaló en el cantón Píllaro.
- La información proporcionada por la investigación es útil debido a que agiliza el proceso de diseño ya que permite conocer el tipo de suelo que se encuentra en la vía, lo cual permite optimizar tiempo y recursos, al tener en cuenta que en campo no se cuenta con equipos de laboratorio necesarios para realizar los ensayos.
- El diseño de pavimento flexible tanto del CBR de laboratorio y el obtenido mediante la correlación propuesta en la investigación se realizó con los espesores mínimos propuestos por la AASHTO – 93, siendo éstos los necesarios debido a que la vía no cuenta con un TPDA alto.
- El índice de penetración es uno de los parámetros que permite conocer el grado de compactación del suelo y a su vez de manera indirecta el cambio de estrato.

- El uso de las gráficas proporcionadas en esta investigación facilitará el trabajo in situ, por lo que menorará el tiempo y el costo de un diseño preliminar de pavimento en el sector.
- Al comparar la ecuación planteada por la ASTM D 6951 indica un coeficiente de determinación del 52% en el valor obtenido del CBR exceptuando en suelos clasificados como CL con un $CBR < 10$ y suelos tipo CH, por lo que se considera que la ecuación al abarcar distintos tipos de suelos se vuelve general y poco confiable, debido a que la ecuación presentada en esta investigación da un error estimado del 48% en el valor obtenido del CBR.
- Se propone la utilización de la ecuación planteada en esta investigación para la relación existente entre el índice de penetración y el CBR, para los suelos granulares de la zona centro ecuatoriana debido a que el grado de confiabilidad es mayor que la ecuación propuesta por la ASTM.
- Se observó que las capas del pavimento flexible al calcularlas con datos de CBR de laboratorio y obtenidos mediante la relación con el índice de penetración no varían en el espesor teórico.
- Mediante el conteo de tráfico se determinó que la vía Huagrahuasi Chico vía al Censo de Poaló al tener un TPDA para un periodo de 20 años de 327 vehículos al día, es considerada una Vía Colectora Tipo III.
- Mediante el uso de las correlaciones obtenidas en la investigación se puede interactuar entre las diferentes tablas para obtener una diferente relación, esto es factible debido a que las muestras de suelo tienen las mismas propiedades.
- Para el diseño de pavimentos se consideró un tráfico vehicular bajo y los espesores de las capas que componen la subbase base y carpeta asfáltica es de 5 cm, 10 cm y 15 cm, respectivamente. Tanto en el caso del CBR obtenido mediante laboratorio y el CBR obtenido por la correlación número 22.
- Mediante las especificaciones dadas por la MTOP – 2012 se considera un CBR del 80% mínimo para la base y del mismo modo un CBR del 40% para la subbase, lo que influye de manera directa para la obtención de los coeficientes estructurales de las capas de los pavimentos.

4.2 Recomendaciones

- Para tener resultados que sean verídicos, los ensayos se deben realizar con muestras en condiciones similares por lo que se debe tener en cuenta el lugar de acopio de las muestras, dicho lugar no debe alterar las condiciones naturales del suelo.
- Las relaciones obtenidas en esta investigación no remplazan a los ensayos de laboratorio o de campo, para el estudio de suelos del sector debido a que, al tener un rango de error los datos no serían los adecuados, por lo tanto, la presente investigación sirve para que de manera complementaria mediante las relaciones obtenidas se pueda realizar un diseño preliminar de la vía.
- Para tener una correlación que entre en el rango permitido, es factible descartar las muestras que sean desproporcionales en relación a los valores comunes de la zona, teniendo en cuenta de no eliminar demasiados, puesto que esto haría que los datos no representen la realidad de la zona.
- Tener una base de datos en la cual conste los tipos de suelos de la provincia de Tungurahua para posteriormente anexarlos a la información existente de los tipos de suelo de la zona centro del Ecuador.
- Se recomienda ampliar el estudio de suelos existentes en la provincia de Tungurahua, para que de esa manera la clasificación del suelo por sectores sea más detallada y permita el ahorro de tiempo en la realización de proyectos viales.
- Para el diseño de pavimentos tener en cuenta que los ábacos proporcionados por la “Guía de diseño de pavimentos AASHTO-93” al ser netamente visuales, tener el mayor cuidado para evitar error en los datos que luego irán en el programa.
- El macroproyecto realizado en los suelos de la provincia de Tungurahua se recomienda replicar en los suelos arcillosos de la Costa y Oriente ecuatoriano, de esa manera aumentar la base de datos ya existente.
- Se recomienda el uso de las tablas obtenidas en la investigación en suelos con iguales o parecidas características para realizar un diseño preliminar de pavimento.

- Con ensayos relativamente sencillos como densidad de campo, límites de Atterberg y mediante el uso de los gráficos y ecuaciones de correlación es posible optimizar la obtención de datos como humedad óptima, densidad seca máxima, CBR de ensayos algo más complejos.
- El ensayo DCP es un ensayo de sondeo de suelos de subrasante que puede ser utilizado en el prediseño de pavimentos

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Lipson, S. . Lipson, and H. Lipson, “DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DE CORRELACIÓN ENTRE LOS ENSAYOS QUE PROPORCIONAN LOS VALORES DE RESISTENCIA DE LA SUBRASANTE EN EL TRAMO DE LA CARRERA 45 CON CALLE 86 HASTA EL PARQUE DE ARANJUEZ DEL SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO METROPLÚS,” Cambridge Univ. Press, no. 9, p. 39, 2019, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [2] Víctor H. Umpiérrez, “Experiencias en la Aplicación de Metodologías al Control de Obra y la Evaluación Estructural de Pavimentos.,” J. Chem. Inf. Model., vol. 11300, no. 9, p. 13, 2019, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [3] E. Juárez Badillo and A. Rico Rodríguez, “Mecánica de suelos, Tomo I: Fundamentos de la Mecánica de Suelos,” Mecánica de Suelos. p. 644, 2005.
- [4] M. Barrera-Bucio and P. Garnica-Anguas, “Introducción a la mecánica de suelos no saturados en vías terrestres,” Publicación técnica, no. 198, p. 143, 2002, [Online]. Available: <http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt198.pdf>.
- [5] Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, “Volumen No. 2 - Libro A Norma para estudios y diseños viales,” Minist. Transp. y Obras Públicas del Ecuador, vol. Volumen 2A, pp. 1–382, 2012.
- [6] E. Juarez Badillo and A. Rico Rodriguez, MECÁNICA DE SUELOS, Fundamentos de la mecánica de suelos. México D.C.: LIMUSA. SA, 2005.
- [7] Crespo_Villalaz, MECÁNICA_DE_SUELOS_Y_CIMENTACIONES.pdf. .

- [8] Garza M., “Los sistemas de clasificación,” SUCS y AASHTO. Mecánica de Suelos II., pp. 85–163, 1988.
- [9] M. M. T. JURADO, “CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS CUNCHIBAMBA Y UNAMUNCHO, CANTÓN AMBATO. PROVINCIA DE TUNGURAHUA,” 2019.
- [10] G. Duque Escobar, . “Granulometría Depende de WL y el IP.” pp. 78–88, 2003, [Online]. Available: <http://bdigital.unal.edu.co/53252/97/clasificaciondesuelos.pdf>.
- [11] Diseño de Pavimentos – AASHTO 93, Tercera Ed. La Paz, 2006.
- [12] K. Bauer, “GUIA DE LABORATORIO N° 1 ensayo granulométrico, práctica de laboratorio” vol. 21, no. July, p. 11, 2019.
- [13] K. Bauer, “GUIA DE LABORATORIO N° 4 COMPACTACION Y CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO),” vol. 21, no. July, p. 11, 2019.
- [14] C. Irigaray, R. El Hamdouni, and F. Lamas, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS Prácticas y Ensayos Departamento de Ingeniería Civil Universidad de Granada, no. June 2014. 2004.
- [15] M. Soledad, G. Lorenzini, and S. V. Arcos, “Correlación entre Densímetro Nuclear y Cono de Arena para Suelos Finos de Baja Plasticidad y no Cohesivos Correlation between Nuclear Densimeter and Sand Cone Method por Low,” Esc. Construcción Civ. Pontif. Univ. Católica Chile, vol. 5, pp. 23–32, 2006.
- [16] C. Crespo Villalaz, MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES, 5ta Edició. México, 2004.
- [17] Duque Escobar, “Geotecnia,” pp. 48–71, 2016, [Online]. Available: <http://bdigital.unal.edu.co/53252/17/estructuradelsueloygranulometria.pdf>.
- [18] F. PORTILLA, “Pontificia Universidad Católica del Ecuador,” M.Suelos, pp. 1–41, 2013.
- [19] J. P. Valcárcel, “Conceptos Generales de la Mecánica del Suelo,” Master En

- Rehabil. Arquít., p. 29, 2008, [Online]. Available: <https://www.udc.es/dep/dtcon/estructuras/ETSAC/Profesores/valcarcel/MaterMRHE-0809/1a-Mecanica Suelo.pdf>.
- [20] K. Terzaghi, “THEORETICAL SOIL MECHANICS,” *Géotechnique*, vol. 13, no. 4, pp. 267–268, 1963, doi: 10.1680/geot.1963.13.4.267.
- [21] L. Cruz, “Determinación de la gravedad específica los suelos,” 2013, [Online]. Available: <http://goo.gl/yj12NC>.
- [22] K. Terzaghi, “Determinacion de las Densidades Máxima ” 1980.
- [23] F. V. Agreda, “El cono dinámico de penetración y su aplicación en la evaluación de suelos,” *Univ. Priv. Boliv.*, p. 16, 2006.
- [24] J. F. Osorio Martinez and A. N. Casas Gerena, “Correlación P.D.C. con C.B.R. para Suelos en la Localidad de Suba,” p. 80, 2011, [Online]. Available: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/3653/OsorioMartinezJoseFernando2011.pdf?sequence=2>.
- [25] A. Angamarca, “DETERMINACIÓN DEL CBR DE LABORATORIO Y NATURAL EN SUELOS FINOS Y SU CORRELACIÓN CON EL DCP PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB-RASANTE.” 2013.
- [26] W. Araujo, “Ecuaciones de Correlación del CBR con Propiedades Índice de Suelos para la Ciudad de Piura,” p. 69, 2014.
- [27] Argos, “Esfuerzos Térmicos en Pavimentos de Concreto,” *Blog 360° en concreto*, pp. 1–5, 2013, [Online]. Available: <http://blog.360gradosenconcreto.com/esfuerzos-termicos-en-pavimentos-de-concreto/>.
- [28] G. M. S. Cueva, *Estabilización de capas granulares para construcción y mantenimiento vial con organosilanos en la vía colectora E182 (Carchi)*, vol. 182. 2019.
- [29] R Murray, *Estadística de Schawn*, 4°. 2009.
- [30] J. Cardenas, “El Método de Mínimos Cuadrados,” *El método mínimos*

cuadrados, pp. 1–39, 2005.

ANEXOS

ANEXO A FOTOGRAFÍAS

<p style="text-align: center;">Fotografía N° 1</p> 	<p style="text-align: center;">Fotografía N° 2</p> 
<p>Descripción: Ubicación de los lugares a estudiar.</p>	<p>Descripción: Excavación de calicata para la toma de muestras.</p>
<p style="text-align: center;">Fotografía N° 3</p> 	<p style="text-align: center;">Fotografía N° 4</p> 
<p>Descripción: Ensayo de DCP, cono dinámico de penetración.</p>	<p>Descripción: Proctor modificado</p>

<p style="text-align: center;">Fotografía N° 5</p> 	<p style="text-align: center;">Fotografía N° 6</p> 
<p>Descripción: Peso retenido en tamices, ensayo de granulometría</p>	<p>Descripción: Cono y arena de Ottawa</p>
<p style="text-align: center;">Fotografía N° 7</p>	<p style="text-align: center;">Fotografía N° 8</p>
	
<p>Descripción: Copa de Casagrande, límite plástico</p>	<p>Descripción: Preparación de la muestra para los límites de Atterberg</p>

ANEXO

B

TABLAS DE

RESULTADOS

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

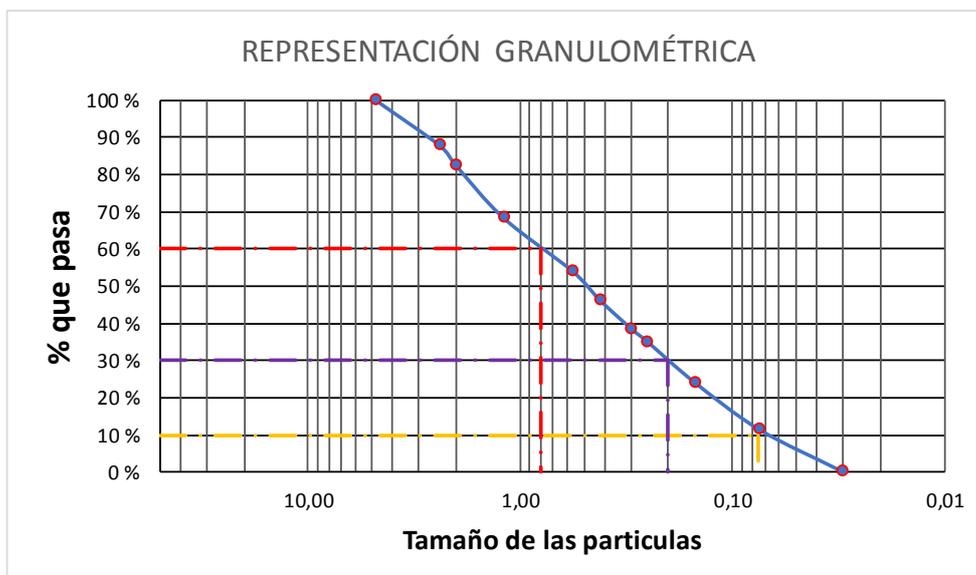
Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	1
Cantón:	Pillaro	Coordenadas:	E:780933 S-9877817
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	Censo de Poaló	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

Humedad Natural- AASHTO T 265 2015

W cáps. (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% W nat	% W nat Promedio
47,4	475,00	376,30	26,23	26,30
49,2	373,60	296,00	26,22	
48,2	451,70	357,20	26,46	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AASHTO T 265 2015

W muestra seca (gr)		871,30			
Muestra 1					
Tamiz	Tamaño [mm]	Pesos Retenidos (gr)	Pesos retenidos Acumulados (gr)	% Retenido	% que pasa
# 4	4,760	0	0	0	100
# 8	2,380	106,30	106,30	12,20	87,80
# 10	2,000	46,10	152,40	17,49	82,51
# 16	1,190	123,70	276,10	31,69	68,31
# 30	0,565	124,30	400,40	45,95	54,05
# 40	0,420	67,70	468,10	53,72	46,28
# 50	0,297	68,30	536,40	61,56	38,44
# 60	0,250	29,90	566,30	64,99	35,01
# 100	0,149	96,30	662,60	76,05	23,95
# 200	0,074	110,10	772,70	88,68	11,32
fuelle	0,030	98,60	871,30	100,00	0,00

**COEFICIENTES DEL SUELO**

D10 en mm	0,075	$Cu = D60/D10$	10,667
D30 en mm	0,2	$Cc = D30^2/(D60*D10)$	0,667
D60 en mm	0,8	Tamaño Nominal Máximo (TNM) [mm]	2,380

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:

Tungurahua

Muestra #:

1

Cantón

Píllaro

Coordenadas:

E:780933 S-9877817

Parroquia:

San José de Poaló

Ensayado por:

Carlos Alberto Borja Ortiz

Sector:

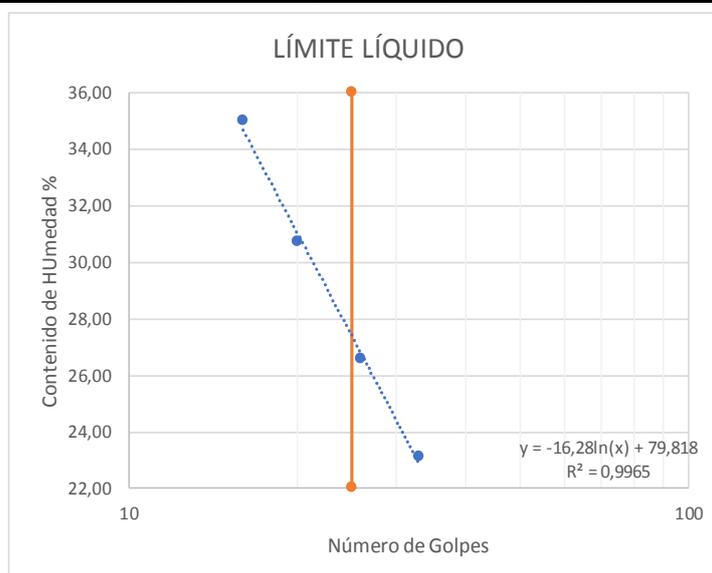
Censo de Poaló

Revisado por:

Ing. Favio Portilla

LÍMITE LÍQUIDO

Recipiente N°	Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Rec.	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
23	33	61,20	59,40	47,40	1,80	12,00	15,00	23,13
8		65,80	62,30	51,10	3,50	11,20	31,25	
36	26	75,00	69,40	48,20	5,60	21,20	26,42	26,59
15		66,30	62,90	50,20	3,40	12,70	26,77	
25	20	78,10	71,10	49,20	7,00	21,90	31,96	30,73
13		69,40	64,80	49,20	4,60	15,60	29,49	
34	16	73,50	67,30	50,20	6,20	17,10	36,26	34,97
14		65,00	61,80	52,30	3,20	9,50	33,68	

**LÍMITE PLÁSTICO**

N° Recipiente	Peso Muestra Húm. + Rec.	Peso Muestra Seca + Rec.	Peso Agua	Peso Recipiente	Peso Muestra Seca	W%	Promedio W%
60	28,70	28,40	0,30	26,50	1,90	15,79	24,42
61	27,60	27,20	0,40	26,50	0,70	57,14	
62	28,90	28,50	0,40	26,50	2,00	20,00	
63	28,30	28,10	0,20	26,50	1,60	12,50	
64	28,60	28,30	0,30	26,50	1,80	16,67	

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite líquido	27,6
Límite plástico	24,42
Índice plástico	3,18

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

SISTEMA	AASHTO	A-4
	SUCS	SP-SM



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

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	1
Cantón:	Píllaro	Coordenadas:	E:780933 S-9877817
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	Censo de Poaló	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

Densidad de campo cono y arena AASHTO T 191 2014**Determinación del peso del suelo extraído (Wn)**

Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec	1620
Peso de la funda gr	Rec	6,1
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec	1613,9

Volumen de la perforación del suelo (Vm)

Peso inicial frasco + cono + arena	7190,00	
Peso final frasco + cono + arena	5540,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	209,97	
Peso arena en la perforación	1440,03	
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)	1,582	
Volumen de la perforación	Vm	910,26

Determinación del contenido de humedad

Recipiente #		13	34
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	221	255
Peso seco + recipiente	Ws + rec	181	208
Peso del recipiente	rec	48	50
Peso del agua	Ww	40	47
Peso de los solidos	Ws	133	158
Contenido de humedad	w%	30,08	29,75
contenido de humedad promedio	w% prom	29,91	

Determinación de las fases del suelo

		Volumen	Peso
Vv		56,00	-
Va		9,00	0
Vw		47	47
Vs		59,62	158
Vm		115,62	205
		Wa	
		Ww	
		Ws	
		Wm	

Determinación de las propiedades índice del suelo

Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(ym)	1,773	gr/cm3
Densidad seca	(yd)	1,365	gr/cm3
Contenido de humedad	w%	29,91	%
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	0,94	Natural
Porosidad	n%= Vv/Vm *100	48,43	%
Grado de saturación de agua	Gw%= Vw/Vv *100	83,93	%
Grado de saturación de aire	Ga%	16,07	%

Gravedad específica de sólidos AASHTO T 100 2015

Peso del picnometro + agua Wbw	669,10	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido Wbws	697,07	gr
Desplazamiento del agua Ws + Wbw - Wbws	22,03	gr
Temperatura de agua y suelo °C	17,00	°C
Factor por corrección por temperatura K	0,99878	
Recipiente + Peso de suelo seco	576,00	gr
Peso de recipiente	47,50	gr
Peso del suelo seco Ws	49,30	gr
Gravedad específica Gs	2,27	gr

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

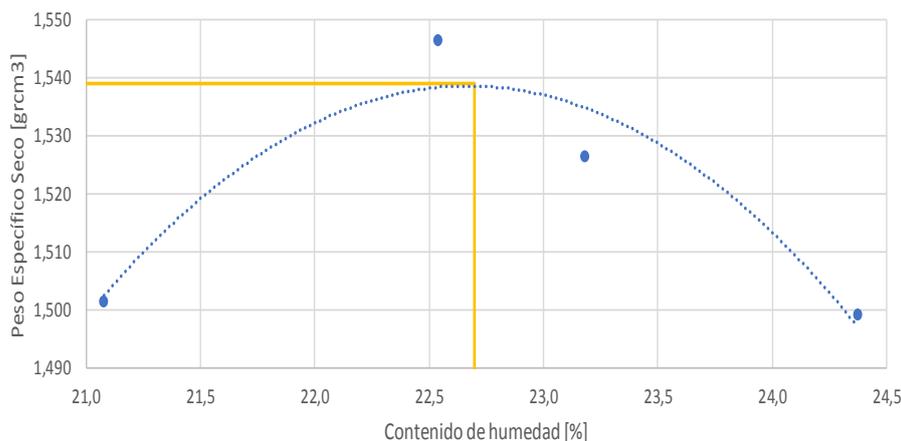
Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	1
Cantón:	Píllaro	Coordenadas:	E:780933 S-9877817
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	Censo de Poaló	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

PROCTOR MODIFICADO - AASHTO 180 2018

Tipo de prueba	Próctor modificado tipo B	Masa del martillo	10 Lb
Datos del molde		Altura de caída	18 plgd
Volumen:	2124	Número de capas	5
Masa:	16864 gr	Golpes por capas	56

PRUEBA N°	1		2		3		4	
% Rango en aumento	0		2		4		6	
Suelo húmedo+molde (gr)	19480		19680		19660		19650	
Masa molde (gr)	15440		15440		15440		15440	
Masa suelo húmedo (gr)	4040		4240		4220		4210	
Peso unitario húm. (gr/cm³)	1,902		1,996		1,987		1,982	
Masa del tarro (gr)	48,2	47,4	50,2	51,3	49,2	47,4	48,2	49,2
Masa suelo húm.+tarro (gr)	179,3	152,6	252,1	219,5	288,4	276,2	280,3	279,9
Masa suelo seco+tarro (gr)	151,2	130,8	207,3	181	232,7	223,4	223,8	223,6
Masa del agua (gr)	28,1	21,8	44,8	38,5	55,7	52,8	56,5	56,3
Masa suelo seco (gr)	131,1	105,2	201,9	168,2	239,2	228,8	232,1	230,7
Contenido de agua (%)	21,434	20,722	22,189	22,889	23,286	23,077	24,343	24,404
w (%) Promedio	21,078		22,539		23,181		24,373	
Peso unitario seco (gr/cm³)	1,501		1,546		1,526		1,499	
Densidad Seca Máxima (y máx)	1,539							
Humedad Óptima:	22,70							
Grado de compactación	97,54							

Curva de compactación



W% ópt	22,70
y máx gr/cm³	1,539

Descripción del ensayo

La máxima densidad alcanzada según la gráfica de Peso específico vs Contenido de Humedad es de 1,539 gr/cm³ la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 22,7 %



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

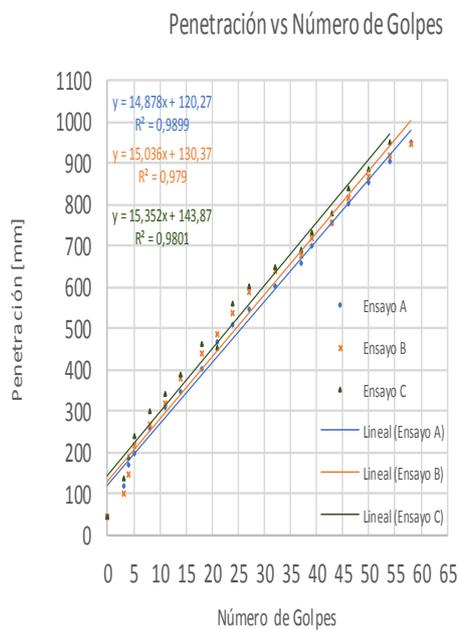


Proyecto

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia: Tungurahua **Muestra #:** 1
Cantón: Pillaro **Coordenadas:** E:780933 S-9877817
Parroquia: San José de Poaló **Ensayado por:** Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector: Censo de Poaló **Revisado por:** Ing. Favio Portilla

#	Ensayo A	Ensayo B	Ensayo C
Número de golpes	Penetración acumulada	Penetración acumulada	Penetración acumulada
#	[mm]	[mm]	[mm]
0	45	45	45
3	120	100	140
4	170	150	190
5	200	220	240
8	260	270	300
11	310	320	345
14	350	380	390
18	405	440	465
21	470	490	455
24	510	540	564
27	550	590	605
32	605	640	650
37	660	680	695
39	700	720	734
43	760	760	780
46	805	820	840
50	855	870	890
54	905	920	955
58	955	950	



	DN (mm/golpe)	DN (prom)
A	14,878	15,089
B	15,036	
C	15,352	



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



Proyecto

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia: Tungurahua **Muestra #:** 1
Cantón: Pillaro **Coordenadas:** E:780933 S-9877817
Parroquia: San José de Poaló **Ensayado por:** Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector: Censo de Poaló **Revisado por:** Ing. Favio Portilla

CBR de laboratorio - AASHTO T 193-2013

Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		27		11	
Muestra húmeda + Molde [gr]	16400,4		11636		10255	
Masa del molde [gr]	9611		7773		6362	
Masa muestra húmeda [gr]	6789,6		3863,4		3893,44	
Volúmen muestra [cm ³]	2343,37		2340,42		2347,17	
Peso unitario húmedo [gr/cm ³]	2,897		1,651		1,659	
Contenido de humedad	Base	Molde	Base	Molde	Base	Molde
Masa suelo húmedo + recip [gr]	84	83,4	79,712	77,268	133,952	110,584
Masa suelo seco + recip [gr]	74,76	74,76	71,816	69,654	113,436	94,3
Masa de agua [gr]	9,24	8,64	7,896	7,614	20,516	16,284
Masa del recip [gr]	30,2	33,2	32,8	32,5	31,9	33,6
Masa suelo seco [gr]	44,56	41,56	39,016	37,154	81,536	60,7
Contenido de humedad W%	20,74	20,79	20,24	20,49	25,16	26,83
W % promedio	20,76		20,37		25,99	
Peso unitario seco [gr/cm ³]	2,399		1,371		1,318	

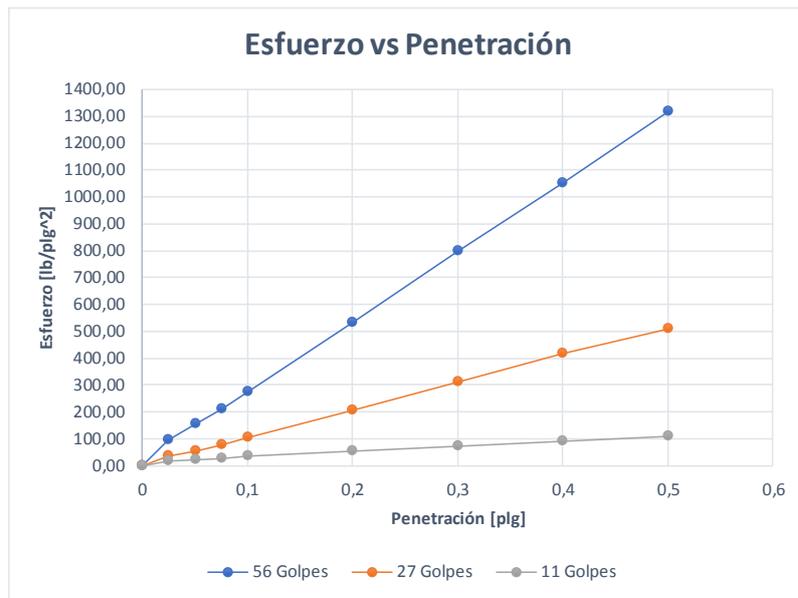
Datos despues de la saturación

Muestra húmeda + molde [gr]	16532		11811		10542	
Masa del molde [gr]	9611		7773		6362	
Masa muestra húmeda [gr]	6920,8032		4037,9439		4180,58672	
Masa de agua absorbida [gr]	131,2032		174,5439		287,14672	
% de agua absorbida	1,8958		4,3226		6,8686	
Contenido de humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa de suelo húmedo + tarro [gr]	239,666	280,602	173,7125	182,8125	150,558	151,524
Masa de suelo seco + tarro [gr]	198,016	230,384	144,95	150,475	134,136	121,992
Masa del agua [gr]	41,65	50,218	28,7625	32,3375	16,422	29,532
Masa del tarro [gr]	32,6	30,7	31,1	32,5	31,8	33,1
Masa suelo seco	165,416	199,684	113,85	117,975	102,336	88,892
Contenido de agua %	25,18	25,15	25,26	27,41	16,05	33,22
W % promedio	25,16		26,34		24,63	

Ensayo

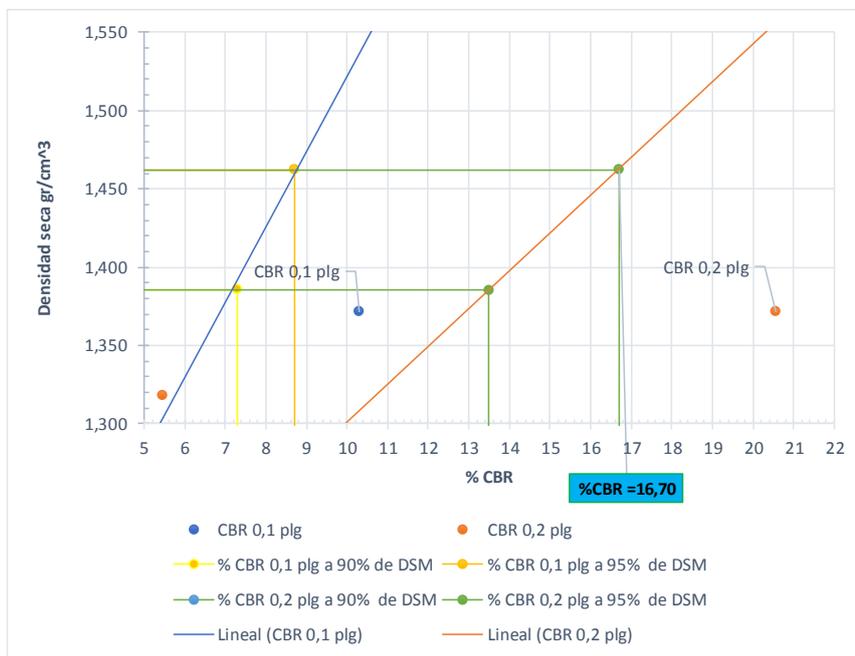
Molde N°	1		2		3	
	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]
Penetración [plg]						
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	285,60	95,20	110,99	37,00	49,13	16,38
0,05	460,77	153,59	163,31	54,44	67,07	22,36
0,075	625,94	208,65	232,38	77,46	84,04	28,01
0,1	817,77	272,59	308,75	102,92	100,33	33,44
0,2	1591,74	530,58	617,18	205,73	163,39	54,46
0,3	2389,04	796,35	931,13	310,38	219,83	73,28
0,4	3148,74	1049,58	1250,60	416,87	268,69	89,56
0,5	3958,65	1319,55	1528,48	509,49	328,16	109,39

Gráfica esfuerzo vs Penetración



Porcentaje CBR (corregidos)

Molde N°	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,2 plg	Densidad seca
1	272,59	27%	2,399	530,58	53%	2,399
2	102,92	10%	1,371	205,73	21%	1,371
3	33,44	3%	1,318	54,46	5%	1,318
Densidad seca máxima gr/cm ³ ---->			1,539			
DSM		% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg		% CBR mayor	
90%		1,385	7,3		13,5	
95%		1,462	8,7		16,7	



Nota: El CBR para el diseño de pavimento es el 16,7 %



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



Proyecto

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:

Tungurahua

Muestra #:

2

Cantón

Píllaro

Coordenadas:

E:784987

S:9876672

Parroquia:

San José de Poaló

Ensayado por:

Carlos Alberto Borja Ortiz

Sector:

Santo Domingo

Revisado por:

Ing. Favio Portilla

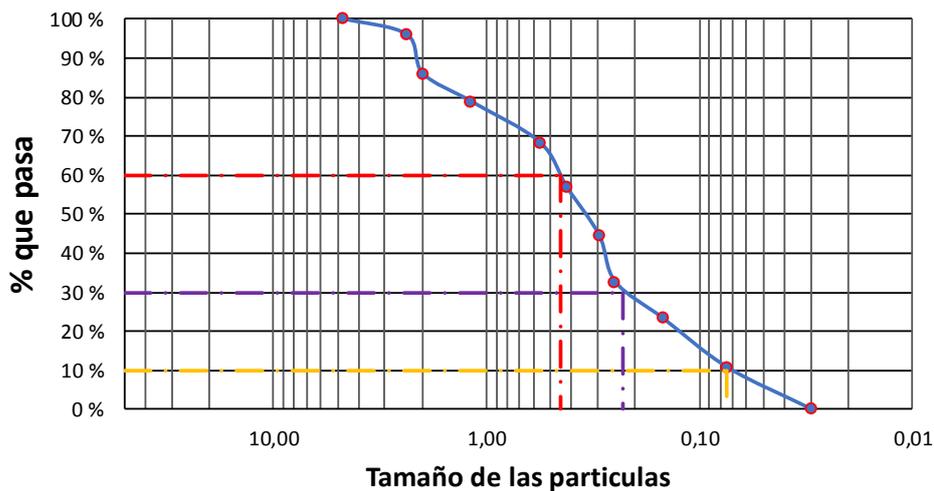
Humedad Natural- AASHTO T 265 2015

W cáps. (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% W nat	% W nat Promedio
48,20	575,00	443,30	29,71	29,27
48,20	566,40	438,00	29,32	
48,20	563,00	437,20	28,77	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AASHTO T 265 2015

W muestra seca (gr)		2			
1600,00					
Tamiz	Tamaño [mm]	Pesos Retenidos (gr)	Pesos retenidos Acumulados (gr)	% Retenido	% que pasa
# 4	4,760	0	0	0	100
# 8	2,380	65,00	65,00	4,06	95,94
# 10	2,000	159,50	224,50	14,03	85,97
# 16	1,190	114,20	338,70	21,17	78,83
# 30	0,565	167,20	505,90	31,62	68,38
# 40	0,420	185,90	691,80	43,24	56,76
# 50	0,297	195,40	887,20	55,45	44,55
# 60	0,250	190,00	1077,20	67,33	32,68
# 100	0,149	150,30	1227,50	76,72	23,28
# 200	0,074	201,80	1429,30	89,33	10,67
fuelle	0,030	169,70	1599,00	99,94	0,06

REPRESENTACIÓN GRANULOMÉTRICA



COEFICIENTES DEL SUELO

D10 en mm	0,075	$Cu = D60/D10$	6,000
D30 en mm	0,23	$Cc = D30^2/(D60 * D10)$	1,567
D60 en mm	0,45	Tamaño Nominal Máximo (TNM) [mm]	2,380

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:

Tungurahua

Muestra #:

2

Cantón

Píllaro

Coordenadas:

E:784987 S:9876672

Parroquia:

San José de Poaló

Ensayado por:

Carlos Alberto Borja Ortiz

Sector:

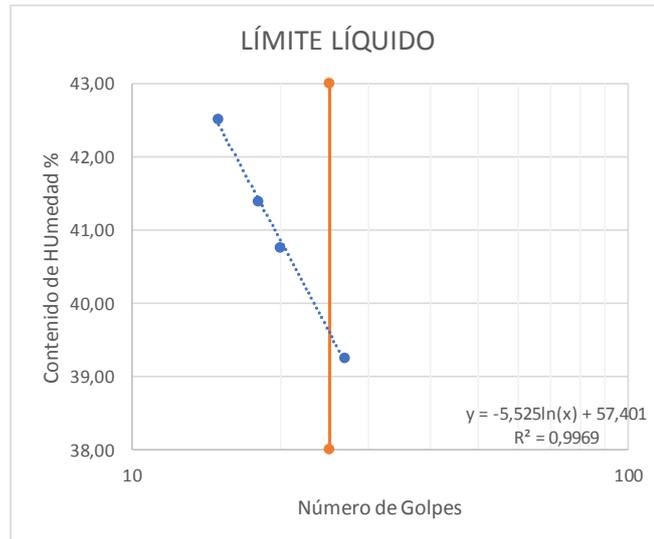
Santo Domingo

Revisado por:

Ing. Favio Portilla

LÍMITE LÍQUIDO

Recipiente N°	Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Rec.	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
13	27	72,20	65,60	48,20	6,60	17,40	37,93	39,25
2		84,20	74,10	49,20	10,10	24,90	40,56	
34	15	76,30	68,00	50,20	8,30	17,80	46,63	42,51
3		77,40	69,30	48,20	8,10	21,10	38,39	
12	20	76,10	67,40	48,20	8,70	19,20	45,31	40,76
28		71,10	64,80	47,40	6,30	17,40	36,21	
30	18	71,80	65,20	49,20	6,60	16,00	41,25	41,40
6		79,50	70,90	50,20	8,60	20,70	41,55	

**LÍMITE PLÁSTICO**

N° Recipiente	Peso Muestra Húm. + Rec.	Peso Muestra Seca + Rec.	Peso Agua	Peso Recipiente	Peso Muestra Seca	W%	Promedio W%
1	12,10	11,70	0,40	10,50	1,20	33,33	34,30
2	12,40	11,90	0,50	10,50	1,40	35,71	
3	12,00	11,60	0,40	10,50	1,10	36,36	
4	11,60	11,30	0,30	10,50	0,80	37,50	
5	11,40	11,20	0,20	10,50	0,70	28,57	

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite líquido	39,25
Límite plástico	34,30
Índice plástico	4,95

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

SISTEMA	AASHTO	A-4
	SUCS	SW-SM



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

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	2
Cantón:	Píllaro	Coordenadas:	E:784987 S:9876672
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	Santo Domingo	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

Densidad de campo cono y arena AASHTO T 191 2014**Determinación del peso del suelo extraído (Wn)**

Peso de la masa del suelo + funda gr	$W_m + Rec$	1414
Peso de la funda gr	Rec	6,1
Peso de la masa de suelo gr	$W_m = W_m + Rec - Rec$	1407,9

Volumen de la perforación del suelo (Vm)

Peso inicial frasco + cono + arena	7180,00	
Peso final frasco + cono + arena	5660,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	209,97	
Peso arena en la perforación	1310,03	
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)	1,582	
Volumen de la perforación	V_m	828,09

Determinación del contenido de humedad

Recipiente #	15	25	
Peso húmedo + recipiente	$W_m + rec$	204	212
Peso seco + recipiente	$W_s + rec$	160	167
Peso del recipiente	rec	50	49
Peso del agua	W_w	44	45
Peso de los solidos	W_s	110	118
Contenido de humedad	w%	40,00	38,14
contenido de humedad promedio	w% prom	39,07	

Determinación de las fases del suelo

Vv		Wa	Volumen	Peso
Va			51,34	-
Vw			6,34	0
Vs			45	45
Vm			44,53	118
		W_m	95,87	163

Determinación de las propiedades índice del suelo

Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1,700	gr/cm3
Densidad seca	(γ_d)	1,223	gr/cm3
Contenido de humedad	w%	39,07	%
Relación de vacíos	$e = V_v/V_s$	1,15	Natural
Porosidad	$n\% = V_v/V_m * 100$	53,55	%
Grado de saturación de agua	$G_w\% = V_w/V_v * 100$	87,65	%
Grado de saturación de aire	$G_a\%$	12,35	%

Gravedad específica de sólidos AASHTO T 100 2015

Peso del picnometro + agua W_{bw}	668,17	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido W_{bws}	697,50	gr
Desplazamiento del agua $W_s + W_{bw} - W_{bws}$	20,67	gr
Temperatura de agua y suelo °C	22,10	°C
Factor por corrección por temperatura K	0,99775	
Recipiente + Peso de suelo seco	783,20	gr
Peso de recipiente	257,10	gr
Peso del suelo seco W_s	49,90	gr
Gravedad específica G_s	2,41	gr

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:

Tungurahua

Muestra #:

2

Cantón

Pillaro

Coordenadas:

E:784987 S:9876672

Parroquia:

San José de Poaló

Ensayado por:Carlos Alberto Borja
Ortiz**Sector:**

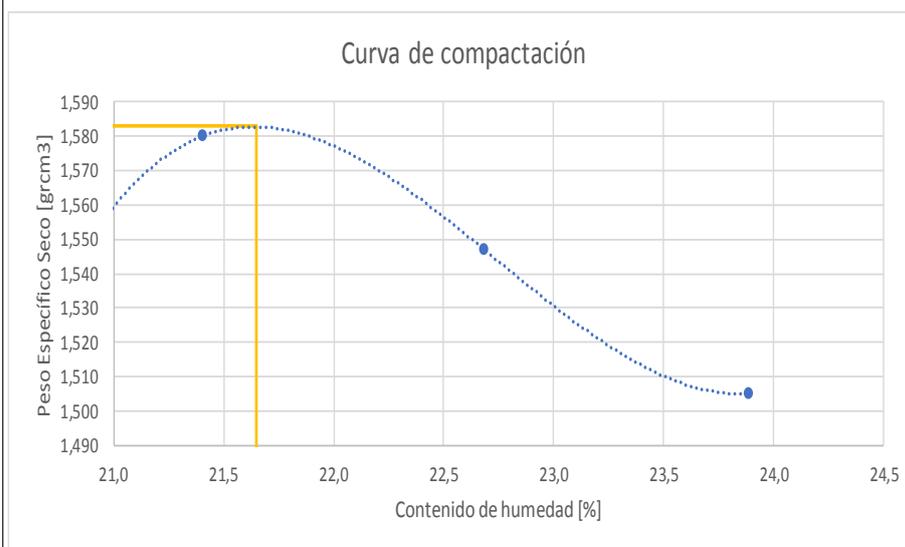
Santo Domingo

Revisado por:

Ing. Favio Portilla

PROCTOR MODIFICADO - AASHTO 180 2018**Tipo de prueba** Próctor modificado tipo B**Masa del martillo** 10 Lb**Datos del molde****Altura de caída** 18 plgd**Volumen:** 2124**Número de capas** 5**Masa:** 16864 gr**Golpes por capas** 56

PRUEBA N°	1		2		3		4	
% Rango en aumento	0		2		4		6	
Suelo húmedo+molde (gr)	19580		19710		19690		19640	
Masa molde (gr)	15440		15440		15440		15440	
Masa suelo húmedo (gr)	4140		4270		4250		4200	
Peso unitario húm. (gr/cm³)	1,949		2,010		2,001		1,977	
Masa del tarro (gr)	48,2	48,2	48,2	47,4	48,2	52,3	49,2	50,2
Masa suelo húm.+tarro (gr)	242,3	201,5	227,1	231,8	303,4	320,7	259,3	286,2
Masa suelo seco+tarro (gr)	201,6	169,8	189,7	191,4	246,2	259,1	208,6	230,4
Masa del agua (gr)	40,7	31,7	37,4	40,4	57,2	61,6	50,7	55,8
Masa suelo seco (gr)	194,1	153,3	178,9	184,4	255,2	268,4	210,1	236
Contenido de agua (%)	20,969	20,678	20,906	21,909	22,414	22,951	24,131	23,644
w (%) Promedio	20,823		21,407		22,682		23,888	
Peso unitario seco (gr/cm³)	1,543		1,580		1,547		1,505	
Densidad Seca Máxima (γ máx)	1,583							
Humedad Óptima:	21,650							
Grado de compactación	97,49							



W% ópt	21,65
γ máx gr/cm³=	1,583

Descripción del ensayo

La máxima densidad alcanzada según la gráfica de Peso específico vs Contenido de Humedad es de 1,583 gr/cm³ la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 21,65 %



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

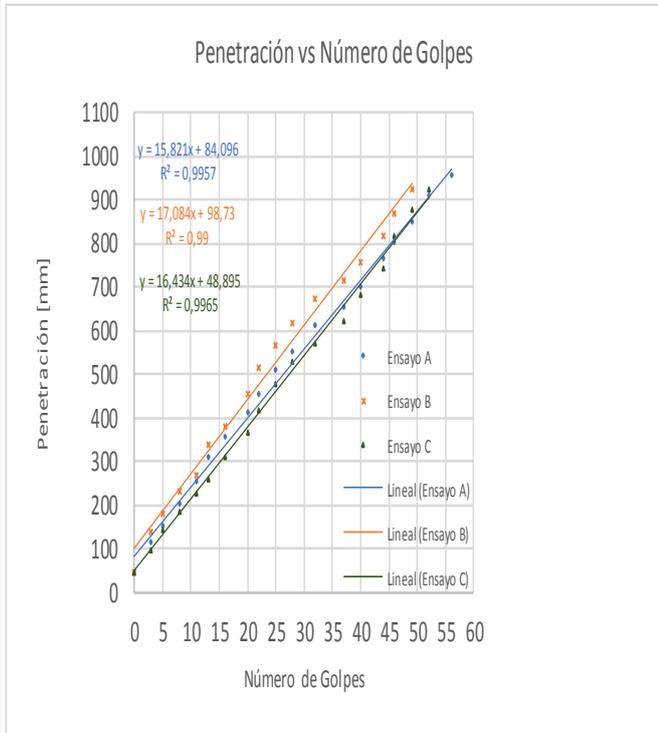


Proyecto

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	2
Cantón	Píllaro	Coordenadas:	E:784987 S:9876672
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	Santo Domingo	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

#	Ensayo A	Ensayo B	Ensayo C
Número de golpes	Penetración acumulada	Penetración acumulada	Penetración acumulada
#	[mm]	[mm]	[mm]
0	45	45	45
3	115	140	95
5	154	180	145
8	205	230	185
11	253	270	227
13	310	340	257
16	355	380	311
20	413	455	368
22	455	517	415
25	508	565	478
28	550	617	530
32	612	672	570
37	655	715	624
40	702	758	682
44	765	817	745
46	805	869	815
49	850	925	877
52	912	955	923
56	955		



	DN (mm/golpe)	DN (prom)
A	15,821	16,446
B	17,084	
C	16,434	



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



Proyecto

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:

Tungurahua

Muestra #:

2

Cantón:

Píllaro

Coordenadas:

E:784987 S:9876672

Parroquia:

San José de Poaló

Ensayado por:

Carlos Alberto Borja Ortiz

Sector:

Santo Domingo

Revisado por:

Ing. Favio Portilla

CBR de laboratorio - AASHTO T 193-2013

Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	11		27		56	
Muestra húmeda + Molde [gr]	13667		12379		11147	
Masa del molde [gr]	8009		8269		6915	
Masa muestra húmeda [gr]	5658		4110		4232	
Volúmen muestra [cm ³]	2301,44		2353,33		2347,17	
Peso unitario húmedo [gr/cm ³]	2,458		1,746		1,803	
Contenido de humedad	Base	Molde	Base	Molde	Base	Molde
Masa suelo húmedo + recip [gr]	70	69,5	84,8	82,2	145,6	120,2
Masa suelo seco + recip [gr]	62,3	62,3	76,4	74,1	123,3	102,5
Masa de agua [gr]	7,7	7,2	8,4	8,1	22,3	17,7
Masa del recip [gr]	30,2	33,2	32,8	32,5	31,9	33,6
Masa suelo seco [gr]	32,1	29,1	43,6	41,6	91,4	68,9
Contenido de humedad W%	23,99	24,74	19,27	19,47	24,40	25,69
W % promedio	24,36		19,37		25,04	
Peso unitario seco [gr/cm ³]	1,875		1,453		1,414	

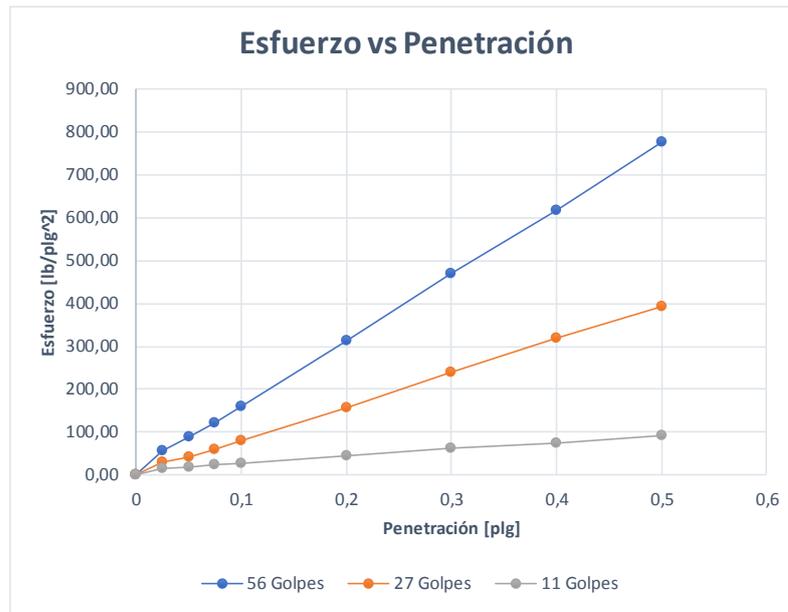
Datos después de la saturación

Muestra húmeda + molde [gr]	15034		13369		11370	
Masa del molde [gr]	8009		8269		6915	
Masa muestra húmeda [gr]	7024,7		5100,32		4454,94	
Masa de agua absorbida [gr]	1366,7		990,32		222,94	
% de agua absorbida	19,4556		19,4168		5,0043	
Contenido de humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa de suelo húmedo + tarro [gr]	140,98	165,06	133,625	140,625	125,465	126,27
Masa de suelo seco + tarro [gr]	116,48	135,52	111,5	115,75	111,78	101,66
Masa del agua [gr]	24,5	29,54	22,125	24,875	13,685	24,61
Masa del tarro [gr]	32,6	30,7	31,1	32,5	31,8	33,1
Masa suelo seco	83,88	104,82	80,4	83,25	79,98	68,56
Contenido de agua %	29,21	28,18	27,52	29,88	17,11	35,90
W % promedio	28,70		28,70		26,50	

Ensayo

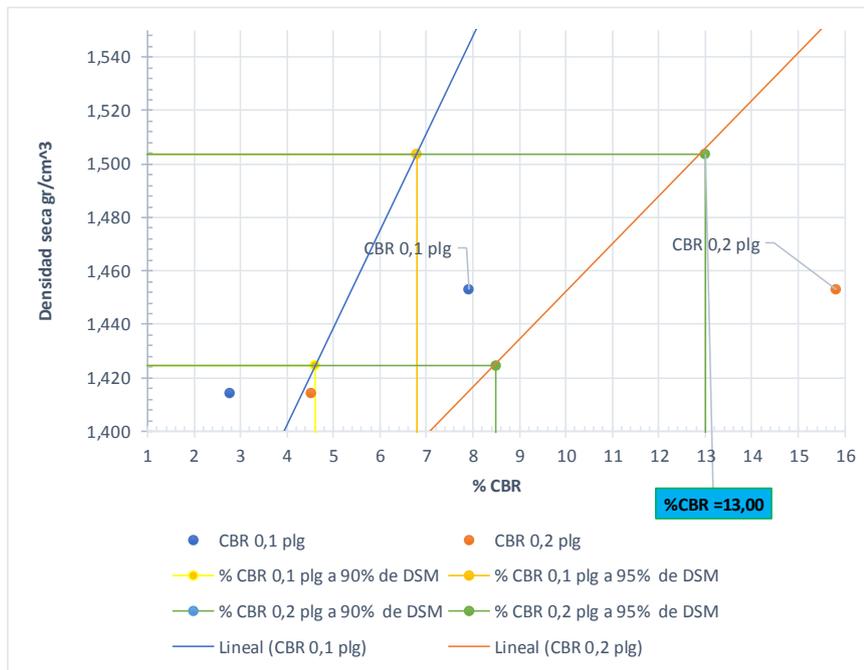
Molde N°	1		2		3	
Penetración [plg]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	168,00	56,00	85,38	28,46	40,94	13,65
0,05	271,04	90,35	125,63	41,88	55,89	18,63
0,075	368,20	122,73	178,75	59,58	70,04	23,35
0,1	481,04	160,35	237,50	79,17	83,61	27,87
0,2	936,32	312,11	474,75	158,25	136,16	45,39
0,3	1405,32	468,44	716,25	238,75	183,20	61,07
0,4	1852,20	617,40	962,00	320,67	223,91	74,64
0,5	2328,62	776,21	1175,75	391,92	273,47	91,16

Gráfica esfuerzo vs Penetración



Porcentaje CBR (corregidos)

Molde N°	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,2 plg	Densidad seca
1	160,35	16%	1,875	312,11	31%	1,875
2	79,17	8%	1,453	158,25	16%	1,453
3	27,87	3%	1,414	45,39	5%	1,414
Densidad seca máxima gr/cm ³ ---->			1,583			
DSM		% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg		% CBR mayor	
90%		4,6	8,5		8,5	
95%		6,8	13		13	



Nota: El CBR para el diseño de pavimento es el 13 %



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



Proyecto

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia: Tungurahua **Muestra #:** 3
Cantón: Píllaro **Coordenadas:** E:784035 S:9878419
Parroquia: San José de Poaló **Ensayado por:** Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector: Llanganates **Revisado por:** Ing. Favio Portilla

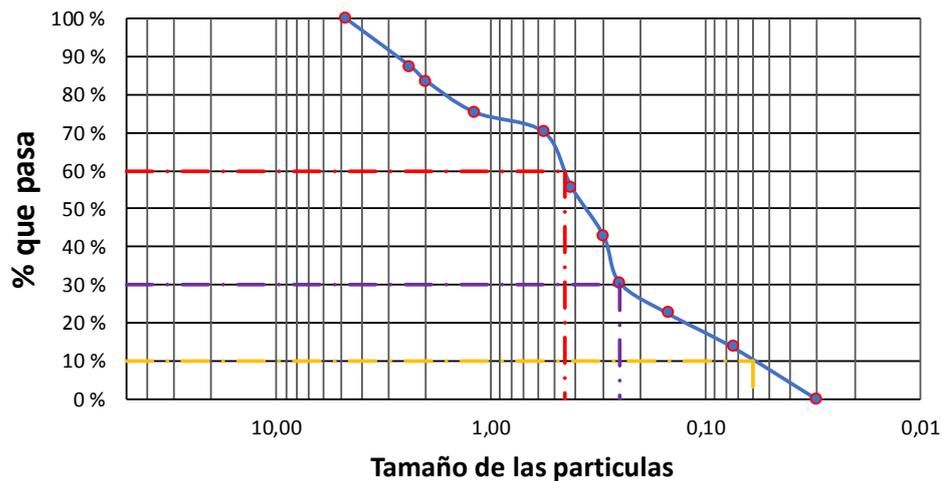
Humedad Natural- AASHTO T 265 2015

W cáps. (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% W nat	% W nat Promedio
51,20	575,00	443,30	29,71	29,27
48,20	566,40	438,00	29,32	
50,20	563,00	437,20	28,77	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AASHTO T 265 2015

W muestra seca (gr)		1730,00			
3					
Tamiz	Tamaño [mm]	Pesos Retenidos (gr)	Pesos retenidos Acumulados (gr)	% Retenido	% que pasa
# 4	4,760	0	0	0	100
# 8	2,380	216,50	216,50	12,51	87,49
# 10	2,000	67,30	283,80	16,40	83,60
# 16	1,190	142,10	425,90	24,62	75,38
# 30	0,565	90,10	516,00	29,83	70,17
# 40	0,420	249,20	765,20	44,23	55,77
# 50	0,297	221,90	987,10	57,06	42,94
# 60	0,250	212,90	1200,00	69,36	30,64
# 100	0,149	139,90	1339,90	77,45	22,55
# 200	0,074	154,20	1494,10	86,36	13,64
fuelle	0,030	235,50	1729,60	99,98	0,02

REPRESENTACIÓN GRANULOMÉTRICA



COEFICIENTES DEL SUELO

D10 en mm	0,06	$Cu = D60/D10$	7,500
D30 en mm	0,25	$Cc = D30^2/(D60*D10)$	2,315
D60 en mm	0,45	Tamaño Nominal Máximo (TNM) [mm]	2,380

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:

Tungurahua

Muestra #:

3

Cantón

Píllaro

Coordenadas:

E:784035 S:9878419

Parroquia:

San José de Poaló

Ensayado por:

Carlos Alberto Borja Ortiz

Sector:

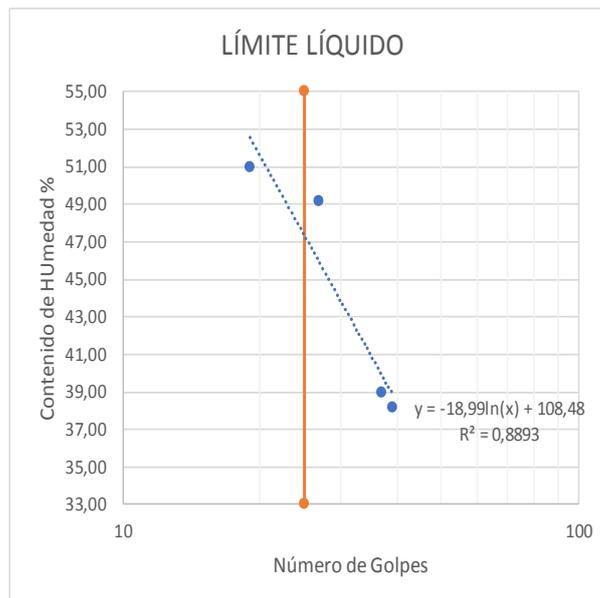
Llanganates

Revisado por:

Ing. Favio Portilla

LÍMITE LÍQUIDO

Recipiente N°	Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Rec.	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
23	37	63,10	57,40	47,40	5,70	10,00	57,00	38,96
8		82,00	76,50	50,20	5,50	26,30	20,91	
24	19	70,40	62,30	47,40	8,10	14,90	54,36	50,95
36		66,20	60,40	48,20	5,80	12,20	47,54	
15	39	74,90	66,80	50,20	8,10	16,60	48,80	38,18
5		90,00	81,40	50,20	8,60	31,20	27,56	
25	27	70,10	61,90	49,20	8,20	12,70	64,57	49,18
13		87,40	77,50	48,20	9,90	29,30	33,79	

**LÍMITE PLÁSTICO**

N° Recipiente	Peso Muestra Húm. + Rec.	Peso Muestra Seca + Rec.	Peso Agua	Peso Recipiente	Peso Muestra Seca	W%	Promedio W%
48	4,40	4,00	0,40	3,40	0,60	66,67	45,34
49	5,30	5,00	0,30	3,40	1,60	18,75	
50	5,20	4,80	0,40	3,40	1,40	28,57	
51	4,50	4,10	0,40	3,40	0,70	57,14	
52	4,80	4,30	0,50	3,40	0,90	55,56	

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite líquido	47
Límite plástico	45,34
Índice plástico	1,66

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

SISTEMA	CLASIFICACIÓN
AASHTO	A-2-5
SUCS	SW-SM



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

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	3
Cantón:	Píllaro	Coordenadas:	E:784035 S:9878419
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	Llanganates	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

Densidad de campo cono y arena AASHTO T 191 2014**Determinación del peso del suelo extraído (Wn)**

Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec	1250
Peso de la funda gr	Rec	5,3
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec	1244,7

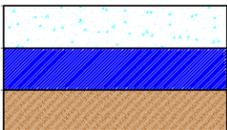
Volumen de la perforación del suelo (Vm)

Peso inicial frasco + cono + arena	7190,00	
Peso final frasco + cono + arena	5580,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	209,97	
Peso arena en la perforación	1400,03	
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)	1,582	
Volumen de la perforación	Vm	884,98

Determinación del contenido de humedad

Recipiente #	5	22	
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	229	193
Peso seco + recipiente	Ws + rec	134	115
Peso del recipiente	rec	50	48
Peso del agua	Ww	95	78
Peso de los sólidos	Ws	84	67
Contenido de humedad	w%	113,10	116,42
contenido de humedad promedio	w% prom	114,76	

Determinación de las fases del suelo

		Volumen	Peso
Vv		95,57	-
Va	Wa	0,57	0
Vw	Ww	95	95
Vs	Ws	31,70	84
Vm	Wm	127,27	179

Determinación de las propiedades índice del suelo

Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1,406	gr/cm ³
Densidad seca	(γ_d)	0,655	gr/cm ³
Contenido de humedad	w%	114,76	%
Relación de vacíos	$e = Vv/Vs$	3,02	Natural
Porosidad	$n\% = Vv/Vm * 100$	75,09	%
Grado de saturación de agua	$Gw\% = Vw/Vv * 100$	99,40	%
Grado de saturación de aire	Ga%	0,60	%

Gravedad específica de sólidos AASHTO T 100 2015

Peso del picnometro + agua Wbw	667,93	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido Wbws	696,10	gr
Desplazamiento del agua Ws + Wbw - Wbws	21,83	gr
Temperatura de agua y suelo °C	22,10	°C
Factor por corrección por temperatura K	0,99775	
Recipiente + Peso de suelo seco	779,90	gr
Peso de recipiente	255,90	gr
Peso del suelo seco Ws	49,60	gr
Gravedad específica Gs	2,28	gr

**Proyecto**

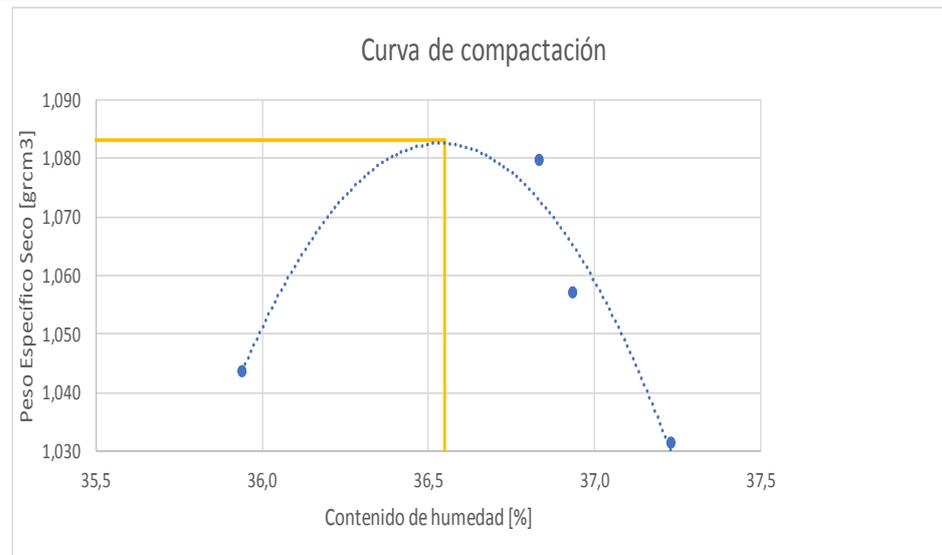
Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	3
Cantón:	Pillaro	Coordenadas:	E:784035 S:9878419
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	Llanganates	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

PROCTOR MODIFICADO - AASHTO 180 2018

Tipo de prueba	Próctor modificado tipo B	Masa del martillo	10 Lb
Datos del molde		Altura de caída	18 plgd
Volumen:	2124	Número de capas	5
Masa:	16864 gr	Golpes por capas	56

PRUEBA N°	1		2		3		4	
% Rango en aumento	0		1		2		3	
Suelo húmedo+molde (gr)	18900		19070		19000		18930	
Masa molde (gr)	15440		15440		15440		15440	
Masa suelo húmedo (gr)	3460		3630		3560		3490	
Peso unitario húm. (gr/cm³)	1,629		1,709		1,676		1,643	
Masa del tarro (gr)	48,2	47,4	49,2	52,3	47,4	47,4	48,2	47,4
Masa suelo húm.+tarro (gr)	227,3	205,2	287,4	235,3	216,4	223,8	225,4	256,5
Masa suelo seco+tarro (gr)	162,8	148,6	200,3	167,4	154,5	158,1	159,3	178,8
Masa del agua (gr)	64,5	56,6	87,1	67,9	61,9	65,7	66,1	77,7
Masa suelo seco (gr)	179,1	157,8	238,2	183	169	176,4	177,2	209,1
Contenido de agua (%)	36,013	35,868	36,566	37,104	36,627	37,245	37,302	37,159
w (%) Promedio	35,941		36,835		36,936		37,231	
Peso unitario seco (gr/cm³)	1,044		1,080		1,057		1,031	
Densidad Seca Máxima (y máx)	1,083							
Humedad Óptima:	36,55							
Grado de compactación	96,36							



W% ópt	36,55
y máx gr/cm³=	1,083

Descripción del ensayo

La máxima densidad alcanzada según la gráfica de Peso específico vs Contenido de Humedad es de 1,083 gr/cm³ la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 36,55 %



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

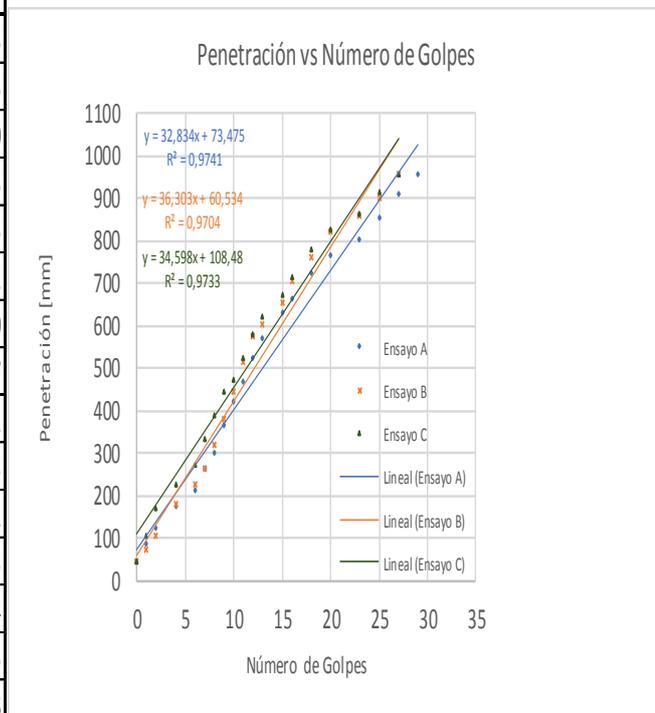


Proyecto

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	3
Cantón	Píllaro	Coordenadas:	E:784035 S:9878419
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	Llanganates	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

#	Ensayo A	Ensayo B	Ensayo C
Número de golpes	Penetración acumulada	Penetración acumulada	Penetración acumulada
#	[mm]	[mm]	[mm]
0	45	45	45
1	88	74	105
2	124	105	170
4	175	180	225
6	213	228	275
7	265	262	332
8	302	321	390
9	365	380	447
10	424	445	471
11	466	515	523
12	525	575	581
13	570	605	623
15	632	655	674
16	665	704	715
18	726	760	778
20	765	824	826
23	805	857	865
25	855	901	915
27	910	955	955
29	955		



	DN (mm/golpe)	DN (prom)
A	32,834	34,578
B	36,303	
C	34,598	



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

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:

Tungurahua

Muestra #:

3

Cantón

Pillaro

Coordenadas

E:784035 S:9878419

Parroquia:

San José de Poaló

Ensayado por:

Carlos Alberto Borja Ortiz

Sector:

Llanganates

Revisado por:

Ing. Favio Portilla

CBR de laboratorio - AASHTO T 193-2013

Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		27		11	
Muestra húmeda + Molde [gr]	10855,65		9533		8196	
Masa del molde [gr]	6626		5646		5201	
Masa muestra húmeda [gr]	4229,4		3887,1		2994,85	
Volúmen muestra [cm ³]	2343,37		2340,42		2347,17	
Peso unitario húmedo [gr/cm ³]	1,805		1,661		1,276	
Contenido de humedad	Base	Molde	Base	Molde	Base	Molde
Masa suelo húmedo + recip [gr]	96,235	94,335	80,1	69,57	64,347	54,29
Masa suelo seco + recip [gr]	86,26	83,22	71,64	61,47	59,096	50,107
Masa de agua [gr]	9,975	11,115	8,46	8,1	5,251	4,183
Masa del recip [gr]	30,2	33,2	32,8	32,5	31,9	33,6
Masa suelo seco [gr]	56,06	50,02	38,84	28,97	27,196	16,507
Contenido de humedad W%	17,79	22,22	21,78	27,96	19,31	25,34
W % promedio	20,01		24,87		22,32	
Peso unitario seco [gr/cm ³]	1,210		1,050		0,950	

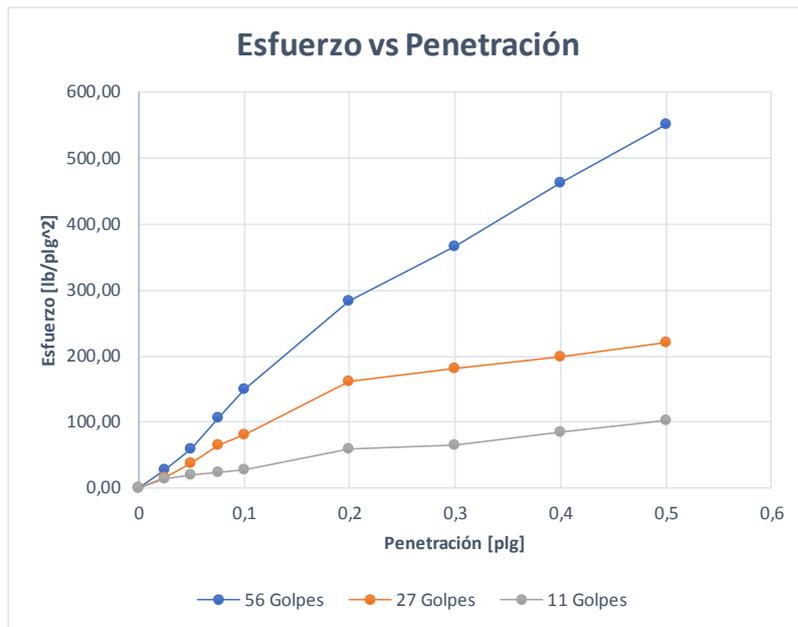
Datos después de la saturación

Muestra húmeda + molde [gr]	10942		9676		8425	
Masa del molde [gr]	6626		5646		5201	
Masa muestra húmeda [gr]	4316,2452		4030,092		3224,33828	
Masa de agua absorbida [gr]	86,8452		142,992		229,48828	
% de agua absorbida	2,0121		3,5481		7,1174	
Contenido de humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa de suelo húmedo + tarro [gr]	110,968	111,065	117,135	113,145	115,46	106,352
Masa de suelo seco + tarro [gr]	95,836	95,836	100,795	97,28	94,116	89,7
Masa del agua [gr]	15,132	15,229	16,34	15,865	21,344	16,652
Masa del tarro [gr]	32,6	30,7	31,1	32,5	31,8	33,1
Masa suelo seco	63,236	65,136	69,695	64,78	62,316	56,6
Contenido de agua %	23,93	23,38	23,45	24,49	34,25	29,42
W % promedio	23,65		23,97		31,84	

Ensayo

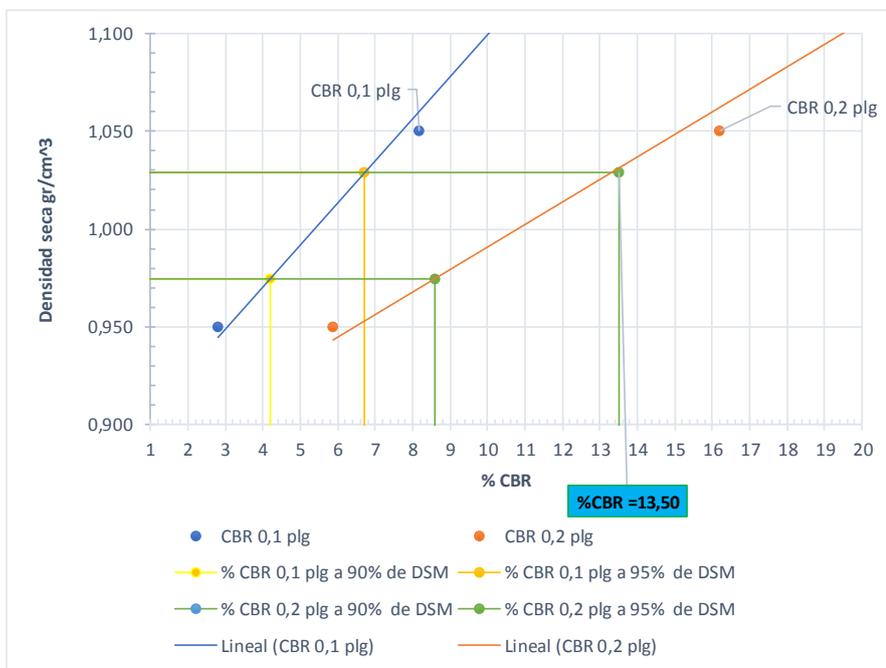
Molde N°	1		2		3	
Penetración [plg]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	85,00	28,33	45,00	15,00	41,40	13,80
0,05	180,00	60,00	115,00	38,33	57,78	19,26
0,075	320,00	106,67	198,00	66,00	70,84	23,61
0,1	447,00	149,00	245,00	81,67	84,36	28,12
0,2	854,00	284,67	485,50	161,83	175,80	58,60
0,3	1098,62	366,21	545,50	181,83	197,89	65,96
0,4	1385,94	461,98	595,80	198,60	253,00	84,33
0,5	1655,31	551,77	662,44	220,81	308,20	102,73

Gráfica esfuerzo vs Penetración



Porcentaje CBR (corregidos)

Molde N°	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,2 plg	Densidad seca
1	149,00	15%	1,210	284,67	28%	1,210
2	81,67	8%	1,050	161,83	16%	1,050
3	28,12	3%	0,950	58,60	6%	0,950
Densidad seca máxima gr/cm ³ ---->			1,083			
DSM		% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg		% CBR mayor	
90%		4,2	8,6		8,6	
95%		6,7	13,5		13,5	



Nota: El CBR para el diseño de pavimento es el 13,5 %



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



Proyecto

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia: Tungurahua **Muestra #:** 4
Cantón: Píllaro **Coordenadas:** E:780279 S:9875399
Parroquia: San José de Poaló **Ensayado por:** Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector: Huagrahuasi Chico **Revisado por:** Ing. Favio Portilla

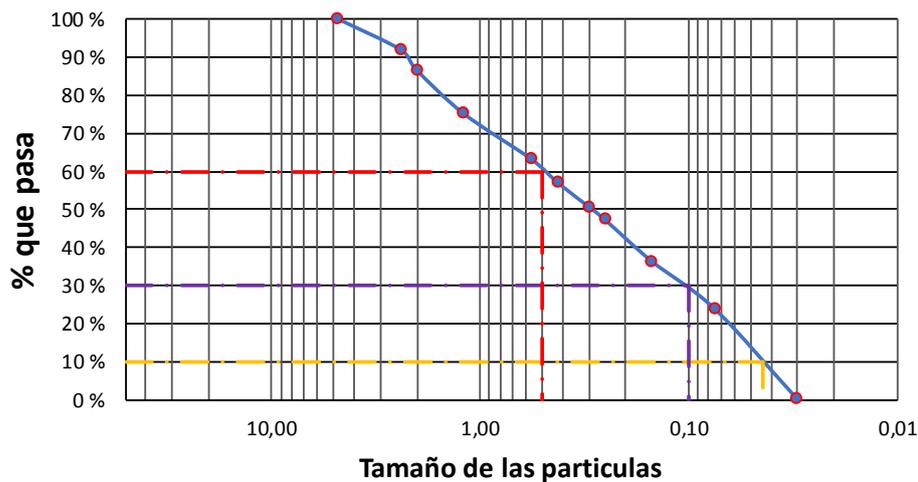
Humedad Natural- AASHTO T 265 2015

W cáps. (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% W nat	% W nat Promedio
50,20	446,20	319,50	39,66	38,91
47,40	433,00	312,40	38,60	
47,40	417,80	301,70	38,48	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AASHTO T 265 2015

W muestra seca (gr)		805,00			
4					
Tamiz	Tamaño [mm]	Pesos Retenidos (gr)	Pesos retenidos Acumulados (gr)	% Retenido	% que pasa
# 4	4,760	0	0	0	100
# 8	2,380	65,20	65,20	8,10	91,90
# 10	2,000	42,20	107,40	13,34	86,66
# 16	1,190	92,30	199,70	24,81	75,19
# 30	0,565	96,00	295,70	36,73	63,27
# 40	0,420	50,30	346,00	42,98	57,02
# 50	0,297	51,40	397,40	49,37	50,63
# 60	0,250	26,40	423,80	52,65	47,35
# 100	0,149	88,00	511,80	63,58	36,42
# 200	0,074	101,50	613,30	76,19	23,81
fuelle	0,030	189,00	802,30	99,66	0,34

REPRESENTACIÓN GRANULOMÉTRICA



COEFICIENTES DEL SUELO

D10 en mm	0,044	$Cu = D_{60}/D_{10}$	11,364
D30 en mm	0,1	$Cc = D_{30}^2/(D_{60}*D_{10})$	0,455
D60 en mm	0,5	Tamaño Nominal Máximo (TNM) [mm]	2,380

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:

Tungurahua

Muestra #:

4

Cantón

Píllaro

Coordenadas:

E:780279 S:9875399

Parroquia:

San José de Poaló

Ensayado por:

Carlos Alberto Borja Ortiz

Sector:

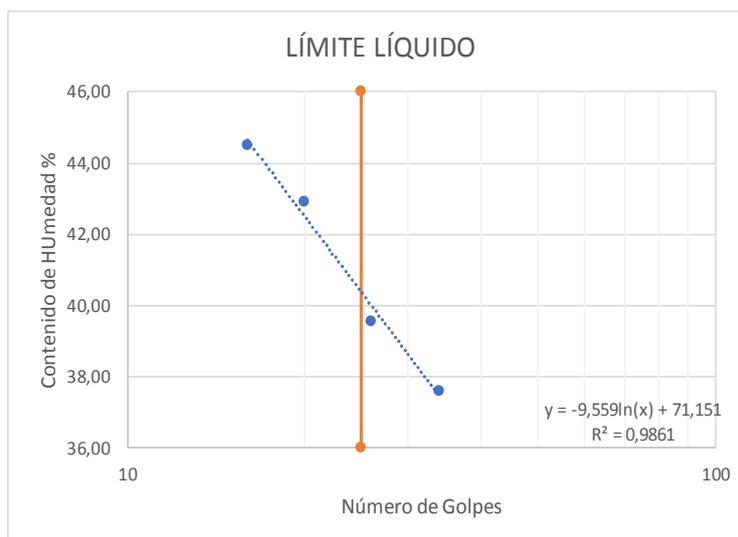
Huagrahuasi Chico

Revisado por:

Ing. Favio Portilla

LÍMITE LÍQUIDO

Recipiente N°	Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Rec.	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
40	20	41,20	35,60	22,30	5,60	13,30	42,11	42,93
41		40,70	35,10	22,30	5,60	12,80	43,75	
42	34	58,20	48,30	23,10	9,90	25,20	39,29	37,60
46		42,30	38,60	28,30	3,70	10,30	35,92	
43	26	51,80	43,00	23,10	8,80	19,90	44,22	39,56
44		42,60	38,90	28,30	3,70	10,60	34,91	
10	16	69,90	63,20	47,40	6,70	15,80	42,41	44,51
14		74,00	67,10	52,30	6,90	14,80	46,62	

**LÍMITE PLÁSTICO**

N° Recipiente	Peso Muestra Húm. + Rec.	Peso Muestra Seca + Rec.	Peso Agua	Peso Recipiente	Peso Muestra Seca	W%	Promedio W%
42	28,60	28,30	0,30	27,60	0,70	42,86	32,90
43	29,00	28,90	0,10	28,30	0,60	16,67	
44	29,40	29,10	0,30	28,30	0,80	37,50	
47	28,70	28,40	0,30	27,60	0,80	37,50	
40	28,90	28,60	0,30	27,60	1,00	30,00	

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite líquido	40,3
Límite plástico	32,90
Índice plástico	7,40

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

SISTEMA	CLASIFICACIÓN
AASHTO	A-5
SUCS	SM



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

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	4
Cantón:	Píllaro	Coordenadas:	E:780279 S:9875399
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	Huagrahuasi Chico	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

Densidad de campo cono y arena AASHTO T 191 2014**Determinación del peso del suelo extraído (Wn)**

Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec	1506
Peso de la funda gr	Rec	6,1
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec	1499,9

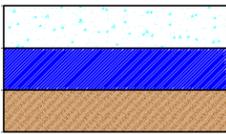
Volumen de la perforación del suelo (Vm)

Peso inicial frasco + cono + arena	7190,00	
Peso final frasco + cono + arena	5620,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	209,97	
Peso arena en la perforación	1360,03	
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)	1,582	
Volumen de la perforación	Vm	859,69

Determinación del contenido de humedad

Recipiente #	35	30	
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	222	237
Peso seco + recipiente	Ws + rec	173	183
Peso del recipiente	rec	50	50
Peso del agua	Ww	49	54
Peso de los sólidos	Ws	123	133
Contenido de humedad	w%	39,84	40,60
contenido de humedad promedio	w% prom	40,22	

Determinación de las fases del suelo

		Volumen	Peso
Vv		56,99	-
Va		2,99	0
Vw		54	54
Vs		50,19	133
Vm		107,18	187
		Wa	
		Ww	
		Ws	
		Wm	

Determinación de las propiedades índice del suelo

Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γm)	1,745	gr/cm3
Densidad seca	(γd)	1,244	gr/cm3
Contenido de humedad	w%	40,22	%
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	1,14	Natural
Porosidad	n%= Vv/Vm *100	53,17	%
Grado de saturación de agua	Gw%= Vw/Vv *100	94,75	%
Grado de saturación de aire	Ga%	5,25	%

Gravedad específica de sólidos AASHTO T 100 2015

Peso del picnometro + agua Wbw	669,10	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido Wbws	697,83	gr
Desplazamiento del agua Ws + Wbw - Wbws	21,27	gr
Temperatura de agua y suelo °C	17,00	°C
Factor por corrección por temperatura K	0,99878	
Recipiente + Peso de suelo seco	783,20	gr
Peso de recipiente	257,10	gr
Peso del suelo seco Ws	49,90	gr
Gravedad específica Gs	2,35	gr

**Proyecto**

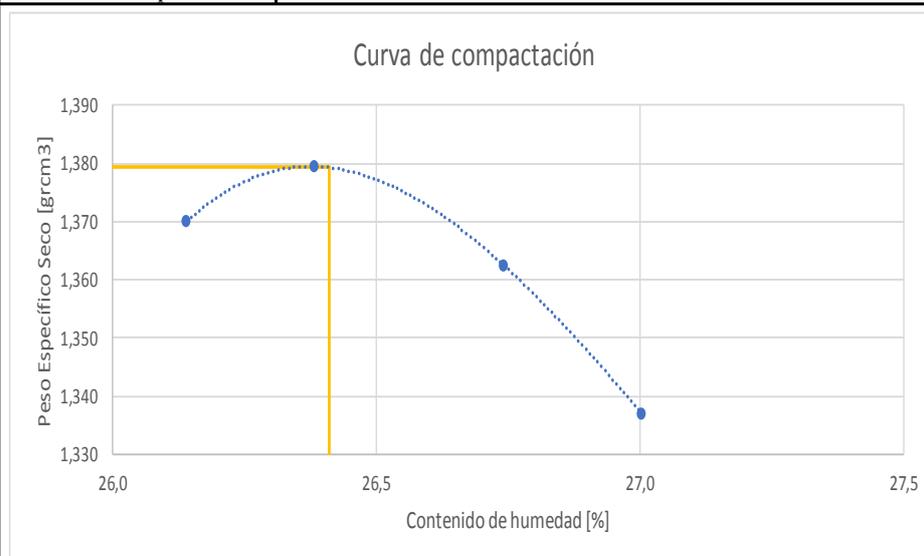
Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	4
Cantón:	Píllaro	Coordenadas:	E:780279 S:9875399
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	Huagrahuasi Chico	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

PROCTOR MODIFICADO - AASHTO 180 2018

Tipo de prueba	Próctor modificado tipo B	Masa del martillo	10 Lb
Datos del molde		Altura de caída	18 plgd
Volumen:	2124	Número de capas	5
Masa:	16864 gr	Golpes por capas	56

PRUEBA N°	1		2		3		4	
% Rango en aumento	0		1		2		3	
Suelo húmedo+molde (gr)	19380		19420		19390		19330	
Masa molde (gr)	15440		15440		15440		15440	
Masa suelo húmedo (gr)	3940		3980		3950		3890	
Peso unitario húm. (gr/cm³)	1,855		1,874		1,860		1,831	
Masa del tarro (gr)	48,2	50,2	49,2	49,2	47,4	47,4	50,2	50,2
Masa suelo húm.+tarro (gr)	208,2	240,6	281,9	286,6	281,7	264,5	317,3	315,2
Masa suelo seco+tarro (gr)	166,9	190,2	219,1	225,4	219,3	206,2	244,7	244,1
Masa del agua (gr)	41,3	50,4	62,8	61,2	62,4	58,3	72,6	71,1
Masa suelo seco (gr)	160	190,4	232,7	237,4	234,3	217,1	267,1	265
Contenido de agua (%)	25,813	26,471	26,988	25,779	26,633	26,854	27,181	26,830
w (%) Promedio	26,142		26,383		26,743		27,006	
Peso unitario seco (gr/cm³)	1,370		1,379		1,362		1,337	
Densidad Seca Máxima (γ máx)	1,379							
Humedad Óptima:	26,41							
Grado de compactación	99,32							

**Descripción del ensayo**

La máxima densidad alcanzada según la gráfica de Peso específico vs Contenido de Humedad es de 1,379 gr/cm³ la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 26,41 %



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



Proyecto

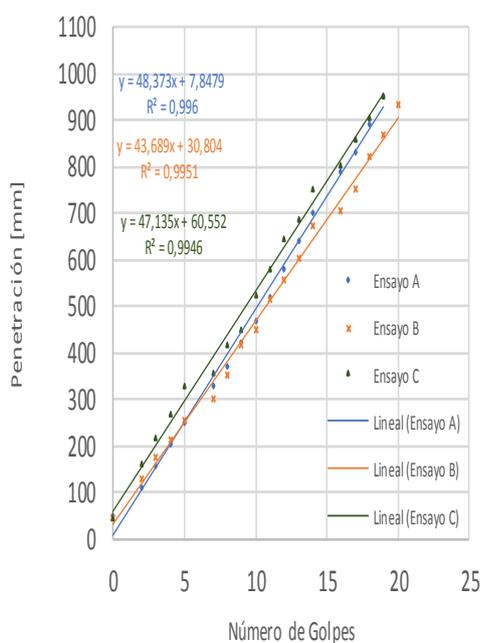
Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia: Tungurahua
Cantón: Pillaro
Parroquia: San José de Poaló
Sector: Huagrahuasi Chico

Muestra #: 4
Coordenadas: E:780279 S:9875399
Ensayado por: Carlos Alberto Borja Ortiz
Revisado por: Ing. Favio Portilla

#	Ensayo A	Ensayo B	Ensayo C
Número de golpes	Penetración acumulada	Penetración acumulada	Penetración acumulada
#	[mm]	[mm]	[mm]
0	50	45	45
2	110	130	160
3	155	175	215
4	205	214	268
5	250	255	328
7	330	301	355
8	370	354	415
9	420	415	450
10	470	451	523
11	520	514	582
12	580	557	647
13	640	605	688
14	700	672	751
16	790	704	805
17	830	751	860
18	890	820	904
19	950	870	952
20		935	

Penetración vs Número de Golpes



	DN (mm/golpe)	DN (prom)
A	48,373	46,399
B	43,689	
C	47,135	



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

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia: Tungurahua **Muestra #:** 4
Cantón: Pillaro **Coordenadas:** E:780279 S:9875399
Parroquia: San José de Poaló **Ensayado por:** Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector: Huagrahuasi Chico **Revisado por:** Ing. Favio Portilla

CBR de laboratorio - AASHTO T 193-2013

Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	11		27		56	
Muestra húmeda + Molde [gr]	13667		12379		11147	
Masa del molde [gr]	8009		8269		6915	
Masa muestra húmeda [gr]	5658		4110		4232	
Volúmen muestra [cm ³]	2301,44		2353,33		2347,17	
Peso unitario húmedo [gr/cm ³]	2,458		1,746		1,803	
Contenido de humedad	Base	Molde	Base	Molde	Base	Molde
Masa suelo húmedo + recip [gr]	154,755	171,76	99,27	129,24	141,688	122,642
Masa suelo seco + recip [gr]	132,43	149,53	87,75	110,88	111,695	101,727
Masa de agua [gr]	22,325	22,23	11,52	18,36	29,993	20,915
Masa del recip [gr]	30,2	33,2	32,8	32,5	31,9	33,6
Masa suelo seco [gr]	102,23	116,33	54,95	78,38	79,795	68,127
Contenido de humedad W%	21,84	19,11	20,96	23,42	37,59	30,70
W % promedio	20,47		22,19		34,14	
Peso unitario seco [gr/cm ³]	2,042		1,427		1,209	

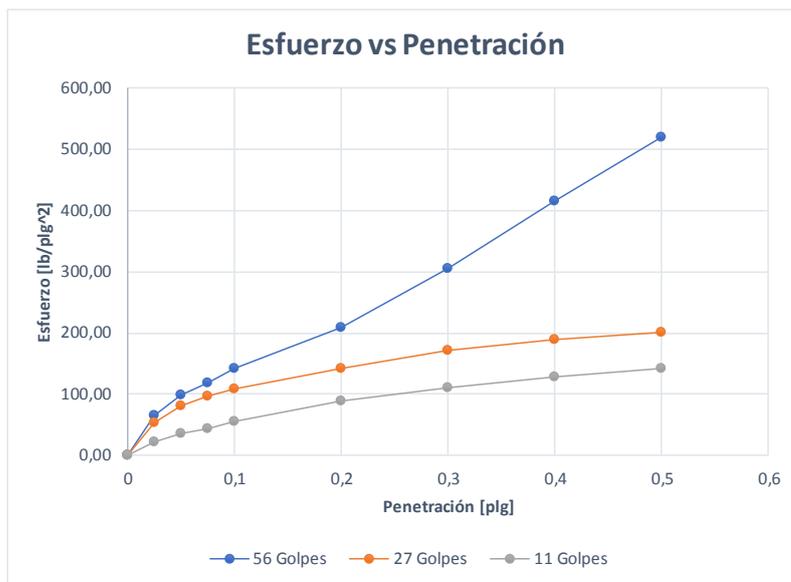
Datos después de la saturación

Muestra húmeda + molde [gr]	13776		12565		9921	
Masa del molde [gr]	8009		8269		6915	
Masa muestra húmeda [gr]	5767,336		4295,685		3005,83	
Masa de agua absorbida [gr]	109,336		185,685		-1226,17	
% de agua absorbida	1,8958		4,3226		-40,7931	
Contenido de humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa de suelo húmedo + tarro [gr]	110,968	111,065	125,1495	120,8865	129,014	118,8368
Masa de suelo seco + tarro [gr]	98,8	98,8	106,1	102,4	102,3	97,5
Masa del agua [gr]	12,168	12,265	19,0495	18,4865	26,714	21,3368
Masa del tarro [gr]	32,6	30,7	31,1	32,5	31,8	33,1
Masa suelo seco	66,2	68,1	75	69,9	70,5	64,4
Contenido de agua %	18,38	18,01	25,40	26,45	37,89	33,13
W % promedio	18,20		25,92		35,51	

Ensayo

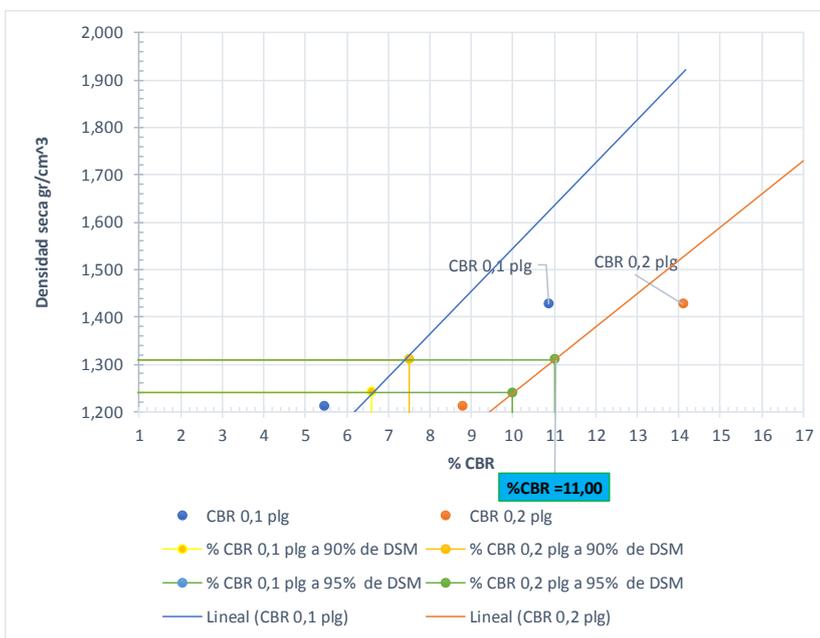
Molde N°	1		2		3	
	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	195,00	65,00	159,89	53,30	64,58	21,53
0,05	295,00	98,33	240,54	80,18	106,72	35,57
0,075	355,00	118,33	288,61	96,20	129,44	43,15
0,1	425,00	141,67	325,85	108,62	164,04	54,68
0,2	625,00	208,33	423,70	141,23	263,95	87,98
0,3	914,71	304,90	513,95	171,32	332,86	110,95
0,4	1244,51	414,84	566,01	188,67	383,64	127,88
0,5	1562,48	520,83	606,01	202,00	426,60	142,20

Gráfica esfuerzo vs Penetración



Porcentaje CBR (corregidos)

Molde N°	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,2 plg	Densidad seca
1	141,67	14%	2,042	208,33	21%	2,042
2	108,62	11%	1,427	141,23	14%	1,427
3	54,68	5%	1,209	87,98	9%	1,209
Densidad seca máxima gr/cm ³ ---->			1,379			
DSM		% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg		% CBR mayor	
90%		6,6	10		10	
95%		7,5	11		11	



Nota:

El CBR para el diseño de pavimento es el

11

%



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

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

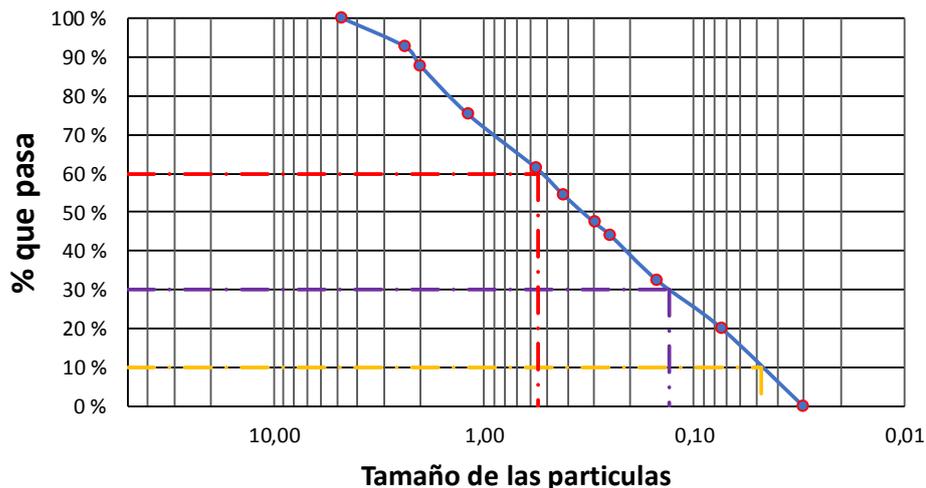
Provincia: Tungurahua **Muestra #:** 5
Cantón: Pillaro **Coordenadas:** E:778934 S:9878574
Parroquia: San José de Poaló **Ensayado por:** Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector: San José de Quildahua **Revisado por:** Ing. Favio Portilla

Humedad Natural- AASHTO T 265 2015

W cáps. (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% W nat	% W nat Promedio
50,20	388,50	352,40	10,24	10,42
49,20	390,40	354,90	10,00	
48,20	386,50	348,20	11,00	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AASHTO T 265 2015

W muestra seca (gr)		745,00			
2					
Tamiz	Tamaño [mm]	Pesos Retenidos (gr)	Pesos retenidos Acumulados (gr)	% Retenido	% que pasa
# 4	4,760	0	0	0	100
# 8	2,380	54,90	54,90	7,37	92,63
# 10	2,000	37,50	92,40	12,40	87,60
# 16	1,190	92,40	184,80	24,81	75,19
# 30	0,565	102,80	287,60	38,60	61,40
# 40	0,420	51,00	338,60	45,45	54,55
# 50	0,297	54,00	392,60	52,70	47,30
# 60	0,250	24,00	416,60	55,92	44,08
# 100	0,149	87,00	503,60	67,60	32,40
# 200	0,074	91,00	594,60	79,81	20,19
fuelle	0,030	150,20	744,80	99,97	0,03

REPRESENTACIÓN GRANULOMÉTRICA**COEFICIENTES DEL SUELO**

D10 en mm	0,048	$C_u = D_{60}/D_{10}$	11,458
D30 en mm	0,13	$C_c = D_{30}^2/(D_{60}*D_{10})$	0,640
D60 en mm	0,55	Tamaño Nominal Máximo (TNM) [mm]	2,380

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:

Tungurahua

Muestra #:

5

Cantón

Píllaro

Coordenadas:

E:778934 S:9878574

Parroquia:

San José de Poaló

Ensayado por:

Carlos Alberto Borja Ortiz

Sector:

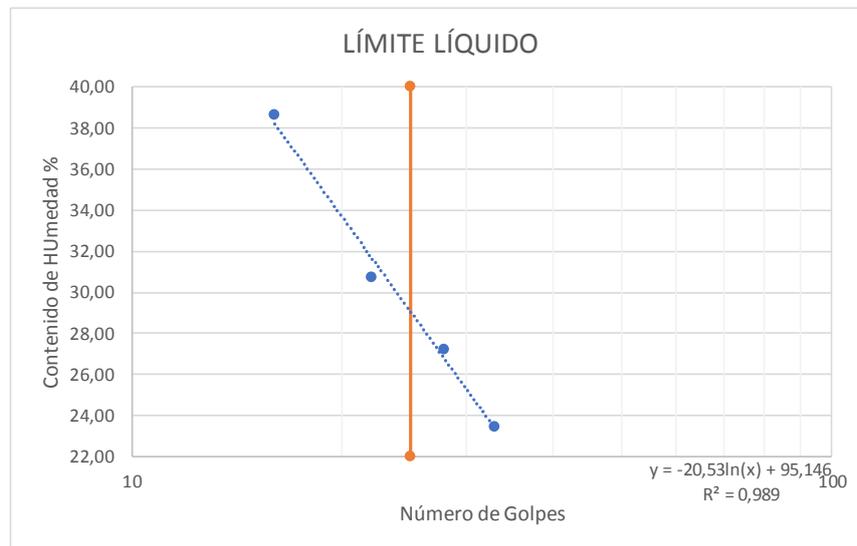
San José de Quildahua

Revisado por:

Ing. Favio Portilla

LÍMITE LÍQUIDO

Recipiente N°	Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Rec.	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
28	33	66,20	62,60	48,20	3,60	14,40	25,00	23,42
8		64,70	62,10	50,20	2,60	11,90	21,85	
12	22	60,20	57,10	48,20	3,10	8,90	34,83	30,71
23		69,30	64,70	47,40	4,60	17,30	26,59	
36	28	79,80	71,90	48,20	7,90	23,70	33,33	27,22
15		61,10	59,20	50,20	1,90	9,00	21,11	
2	16	82,40	72,30	50,20	10,10	22,10	45,70	38,67
19		63,10	60,00	50,20	3,10	9,80	31,63	

**LÍMITE PLÁSTICO**

N° Recipiente	Peso Muestra Húm. + Rec.	Peso Muestra Seca + Rec.	Peso Agua	Peso Recipiente	Peso Muestra Seca	W%	Promedio W%
62	28,10	27,70	0,40	26,50	1,20	33,33	25,43
63	28,80	28,50	0,30	26,50	2,00	15,00	
64	28,70	28,40	0,30	26,50	1,90	15,79	
65	28,00	27,80	0,20	26,50	1,30	15,38	
66	29,60	28,60	1,00	26,50	2,10	47,62	

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite líquido	29,1
Límite plástico	25,43
Índice plástico	3,67

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

SISTEMA	AASHTO	A-2-4
	SUCS	SM



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

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	5
Cantón:	Píllaro	Coordenadas:	E:778934 S:9878574
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	San José de Quildahua	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

Densidad de campo cono y arena AASHTO T 191 2014**Determinación del peso del suelo extraído (Wn)**

Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec	1402
Peso de la funda gr	Rec	6,1
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec	1395,9

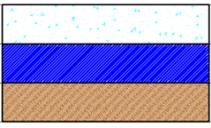
Volumen de la perforación del suelo (Vm)

Peso inicial frasco + cono + arena	7170,00	
Peso final frasco + cono + arena	5700,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	209,97	
Peso arena en la perforación	1260,03	
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)	1,582	
Volumen de la perforación	Vm	796,48

Determinación del contenido de humedad

Recipiente #	33	1	
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	266	242
Peso seco + recipiente	Ws + rec	217	197
Peso del recipiente	rec	49	49
Peso del agua	Ww	49	45
Peso de los sólidos	Ws	168	148
Contenido de humedad	w%	29,17	30,41
contenido de humedad promedio	w% prom	29,79	

Determinación de las fases del suelo

		Volumen	Peso
Vv		60,42	-
Va	Wa	11,42	0
Vw	Ww	49	49
Vs	Ws	63,40	168
Vm	Wm	123,82	217

Determinación de las propiedades índice del suelo

Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1,753	gr/cm ³
Densidad seca	(γ_d)	1,350	gr/cm ³
Contenido de humedad	w%	29,79	%
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	0,95	Natural
Porosidad	n%= Vv/Vm *100	48,80	%
Grado de saturación de agua	Gw%= Vw/Vv *100	81,10	%
Grado de saturación de aire	Ga%	18,90	%

Gravedad específica de sólidos AASHTO T 100 2015

Peso del picnómetro + agua Wbw	669,10	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido Wbws	697,17	gr
Desplazamiento del agua Ws + Wbw - Wbws	21,93	gr
Temperatura de agua y suelo °C	16,00	°C
Factor por corrección por temperatura K	0,99895	
Recipiente + Peso de suelo seco	576,00	gr
Peso de recipiente	51,00	gr
Peso del suelo seco Ws	50,00	gr
Gravedad específica Gs	2,28	gr

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:

Tungurahua

Muestra #:

5

Cantón

Píllaro

Coordenadas:

E:778934 S:9878574

Parroquia:

San José de Poaló

Ensayado por:

Carlos Alberto Borja Ortiz

Sector:

San José de Quildahua

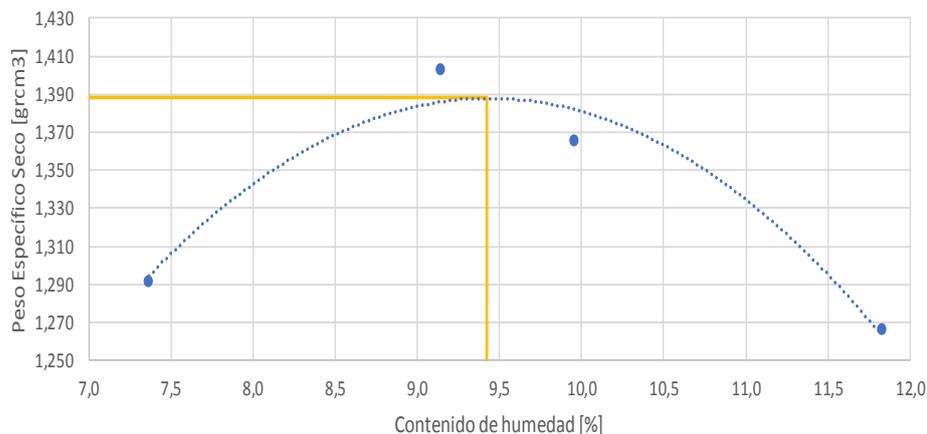
Revisado por:

Ing. Favio Portilla

PROCTOR MODIFICADO - AASHTO 180 2018**Tipo de prueba** Próctor modificado tipo B**Masa del martillo** 10 Lb**Datos del molde****Altura de caída** 18 plgd**Volumen:** 2124**Número de capas** 5**Masa:** 16864 gr**Golpes por capas** 56

PRUEBA N°	1		2		3		4	
% Rango en aumento	0		2		4		6	
Suelo húmedo+molde (gr)	18400		18720		18660		18490	
Masa molde (gr)	15440		15440		15440		15440	
Masa suelo húmedo (gr)	2960		3280		3220		3050	
Peso unitario húm. (gr/cm³)	1,394		1,544		1,516		1,436	
Masa del tarro (gr)	48,2	50,2	47,4	48,2	47,4	50,2	52,3	50,2
Masa suelo húm.+tarro (gr)	120,4	133,9	165,3	159,8	171,2	122,5	174,2	191,9
Masa suelo seco+tarro (gr)	115,2	127,6	156,1	148,1	158,7	115,4	160,5	174,3
Masa del agua (gr)	5,2	6,3	9,2	11,7	12,5	7,1	13,7	17,6
Masa suelo seco (gr)	72,2	83,7	117,9	111,6	123,8	72,3	121,9	141,7
Contenido de agua (%)	7,202	7,527	7,803	10,484	10,097	9,820	11,239	12,421
w (%) Promedio	7,365		9,144		9,959		11,830	
Peso unitario seco (gr/cm³)	1,291		1,403		1,365		1,266	
Densidad Seca Máxima (γ máx)	1,388							
Humedad Óptima:	9,42							
Grado de compactación	93,01							

Curva de compactación



W% ópt	9,42
γ máx gr/cm³=	1,388

Descripción del ensayo

La máxima densidad alcanzada según la gráfica de Peso específico vs Contenido de Humedad es de 1,388 gr/cm³ la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 9,42 %



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

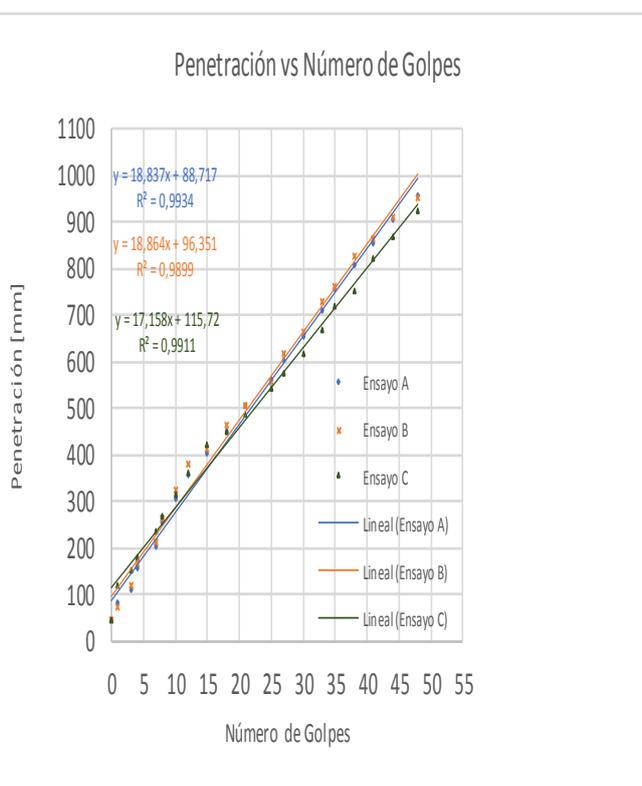


Proyecto

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	5
Cantón	Pillaro	Coordenadas:	E:778934 S:9878574
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	San José de Quildahua	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

#	Ensayo A	Ensayo B	Ensayo C
Número de golpes	Penetración acumulada	Penetración acumulada	Penetración acumulada
#	[mm]	[mm]	[mm]
0	45	45	45
1	84	74	120
3	110	120	152
4	158	167	178
7	205	212	234
8	253	263	270
10	305	325	314
12	355	381	360
15	405	412	420
18	450	465	450
21	506	505	488
25	562	555	545
27	605	617	574
30	655	665	615
33	710	730	667
35	758	760	720
38	806	827	754
41	855	864	824
44	904	910	867
48	955	953	924



DN (mm/golpe)		DN (prom)
A	18,837	18,286
B	18,864	
C	17,158	



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



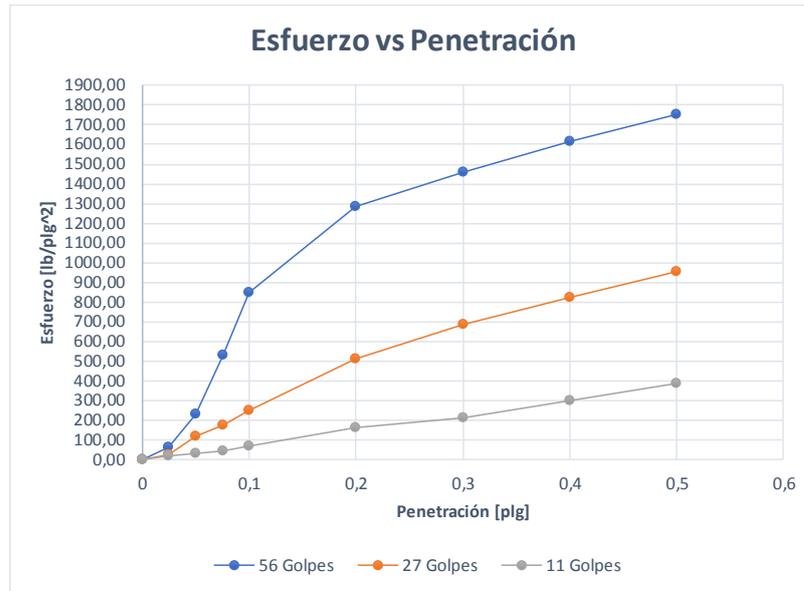
Proyecto

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia: Tungurahua **Muestra #:** 5
Cantón: Píllaro **Coordenadas:** E:778934 S:9878574
Parroquia: San José de Poaló **Ensayado por:** Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector: San José de Quildahua **Revisado por:** Ing. Favio Portilla

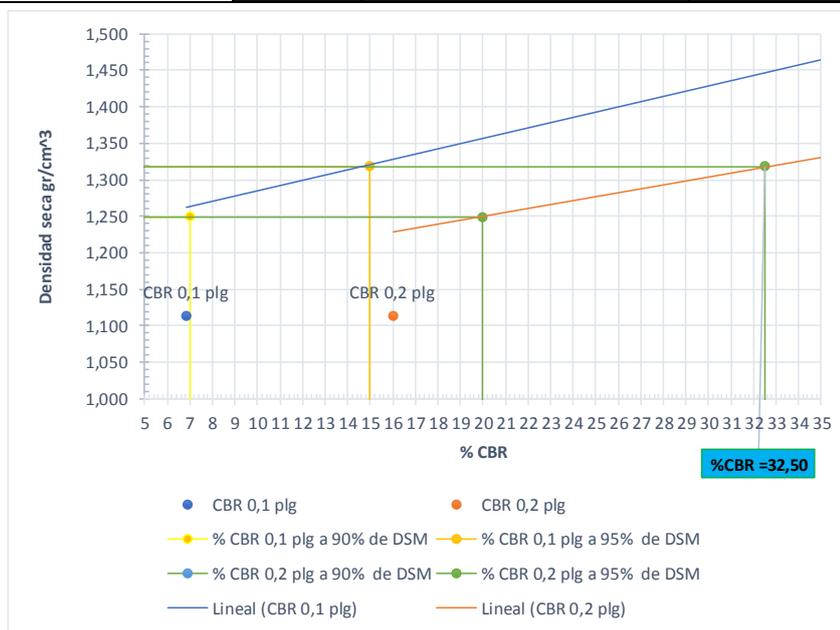
CBR de laboratorio - AASHTO T 193-2013						
Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		27		11	
Muestra húmeda + Molde [gr]	11788		12672		10871	
Masa del molde [gr]	8319		9219		8067	
Masa muestra húmeda [gr]	3469		3453		2804	
Volúmen muestra [cm ³]	2307,55		2312,98		2111,56	
Peso unitario húmedo [gr/cm ³]	1,503		1,493		1,328	
Contenido de humedad	Base	Molde	Base	Molde	Base	Molde
Masa suelo húmedo + recip [gr]	137,8	164,7	138,7	126,5	119,1	60,6
Masa suelo seco + recip [gr]	118,4	136,8	116,1	107	98,5	53,8
Masa de agua [gr]	19,4	27,9	22,6	19,5	20,6	6,8
Masa del recip [gr]	30,7	30,7	31,8	31,5	30,2	30,6
Masa suelo seco [gr]	87,7	106,1	84,3	75,5	68,3	23,2
Contenido de humedad W%	22,12	26,30	26,81	25,83	30,16	29,31
W % promedio	24,21		26,32		29,74	
Peso unitario seco [gr/cm ³]	1,780		1,587		1,112	
Datos después de la saturación						
Muestra húmeda + molde [gr]	11884		12855		11171	
Masa del molde [gr]	8319		9219		8067	
Masa muestra húmeda [gr]	3565		3636		3104	
Masa de agua absorbida [gr]	96		183		300	
% de agua absorbida	2,6928		5,0330		9,6649	
Contenido de humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa de suelo húmedo + tarro [gr]	100,7	117,9	106,9	112,5	109,1	109,8
Masa de suelo seco + tarro [gr]	83,2	96,8	89,2	92,6	97,2	88,4
Masa del agua [gr]	17,5	21,1	17,7	19,9	11,9	21,4
Masa del tarro [gr]	32,2	31,6	32,8	32	34,4	31,7
Masa suelo seco	51	65,2	56,4	60,6	62,8	56,7
Contenido de agua %	34,31	32,36	31,38	32,84	18,95	37,74
W % promedio	33,34		32,11		28,35	
Ensayo						
Molde N°	1		2		3	
Penetración [plg]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	189,00	63,00	82,30	27,43	64,50	21,50
0,05	687,40	229,13	363,50	121,17	103,50	34,50
0,075	1593,00	531,00	523,10	174,37	129,20	43,07
0,1	2553,30	851,10	745,30	248,43	205,50	68,50
0,2	3853,60	1284,53	1528,00	509,33	480,00	160,00
0,3	4378,20	1459,40	2056,60	685,53	644,60	214,87
0,4	4843,20	1614,40	2466,60	822,20	908,80	302,93
0,5	5254,10	1751,37	2868,60	956,20	1166,80	388,93

Gráfica esfuerzo vs Penetración



Porcentaje CBR (corregidos)

Molde N°	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,2 plg	Densidad seca
1	851,10	85%	1,780	1284,53	128%	1,780
2	248,43	25%	1,587	509,33	51%	1,587
3	68,50	7%	1,112	160,00	16%	1,112
Densidad seca máxima gr/cm ³ ---->			1,388			
DSM		% CBR 0,1 plg		% CBR 0,2 plg		% CBR mayor
90%		7		20		20
95%		15		32,5		32,5



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



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



Proyecto

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	6
Cantón	Píllaro	Coordenadas:	E:778728 S:9877916
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	San Miguelpamba	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

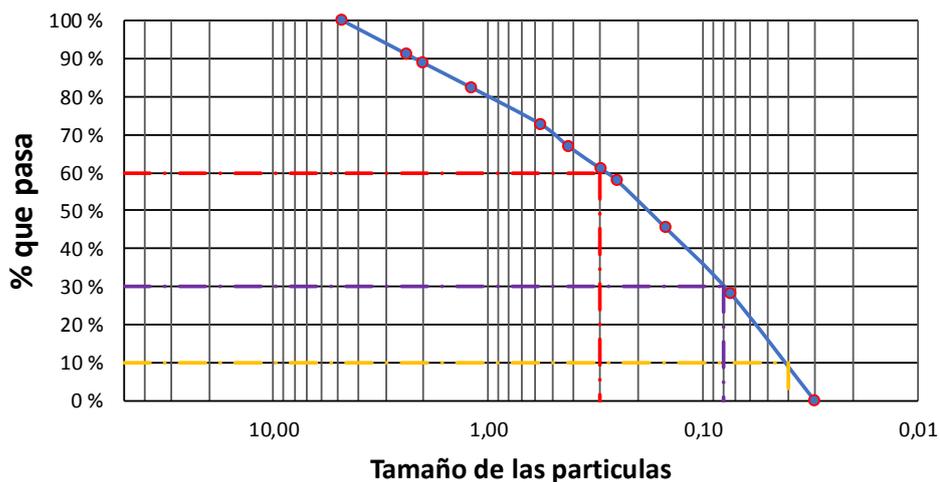
Humedad Natural- AASHTO T 265 2015

W cáps. (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% W nat	% W nat Promedio
50,200	388,500	352,400	10,244	10,415
49,200	390,400	354,900	10,003	
48,200	386,500	348,200	10,999	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AASHTO T 265 2015

W muestra seca (gr)		6			
Tamiz	Tamaño [mm]	Pesos Retenidos (gr)	Pesos retenidos Acumulados (gr)	% Retenido	% que pasa
# 4	4,760	0	0	0	100
# 8	2,380	76,40	76,40	8,86	91,14
# 10	2,000	19,50	95,90	11,13	88,87
# 16	1,190	56,20	152,10	17,65	82,35
# 30	0,565	83,50	235,60	27,33	72,67
# 40	0,420	50,10	285,70	33,14	66,86
# 50	0,297	50,40	336,10	38,99	61,01
# 60	0,250	26,50	362,60	42,06	57,94
# 100	0,149	106,50	469,10	54,42	45,58
# 200	0,074	149,30	618,40	71,74	28,26
fuelle	0,030	243,30	861,70	99,97	0,03

REPRESENTACIÓN GRANULOMÉTRICA



COEFICIENTES DEL SUELO

D10 en mm	0,04	$Cu = D60/D10$	7,500
D30 en mm	0,08	$Cc = D30^2/(D60*D10)$	0,533
D60 en mm	0,3	Tamaño Nominal Máximo (TNM) [mm]	2,380

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:

Tungurahua

Muestra #:

6

Cantón

Píllaro

Coordenadas:

E:778728 S:9877916

Parroquia:

San José de Poaló

Ensayado por:

Carlos Alberto Borja Ortiz

Sector:

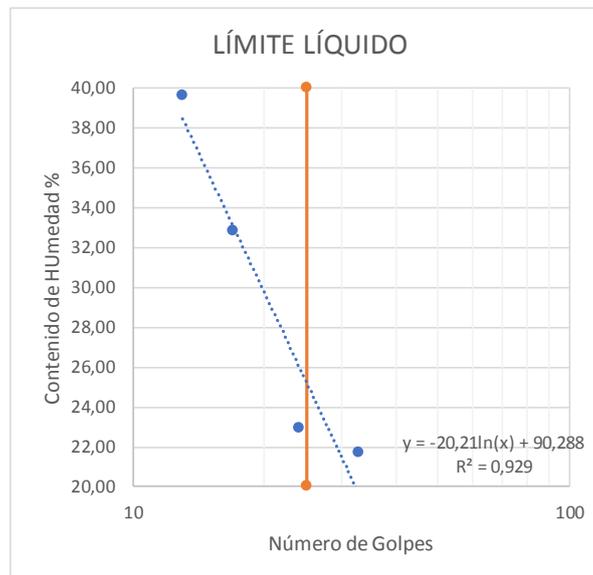
San Miguelpamba

Revisado por:

Ing. Favio Portilla

LÍMITE LÍQUIDO

Recipiente N°	Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Rec.	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
21	13	70,50	64,20	47,40	6,30	16,80	37,50	39,65
31		67,20	61,60	48,20	5,60	13,40	41,79	
27	17	73,10	67,70	49,20	5,40	18,50	29,19	32,85
35		76,00	69,10	50,20	6,90	18,90	36,51	
14	33	65,20	63,00	52,30	2,20	10,70	20,56	21,72
24		61,90	59,20	47,40	2,70	11,80	22,88	
9	24	60,80	58,30	48,20	2,50	10,10	24,75	22,97
29		60,80	58,30	46,50	2,50	11,80	21,19	

**LÍMITE PLÁSTICO**

N° Recipiente	Peso Muestra Húm. + Rec.	Peso Muestra Seca + Rec.	Peso Agua	Peso Recipiente	Peso Muestra Seca	W%	Promedio W%
46	30,20	29,60	0,60	28,30	1,30	46,15	23,56
38	32,40	31,80	0,60	28,30	3,50	17,14	
48	7,10	6,80	0,30	3,20	3,60	8,33	
49	5,60	5,00	0,60	2,40	2,60	23,08	
68	8,10	7,50	0,60	4,90	2,60	23,08	

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite líquido	25,3
Límite plástico	23,56
Índice plástico	1,74

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

SISTEMA	AASHTO	A-2-4
	SUCS	SM



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

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:

Tungurahua

Muestra #:

6

Cantón

Píllaro

Coordenadas:

E:778728 S:9877916

Parroquia:

San José de Poaló

Ensayado por:

Carlos Alberto Borja Ortiz

Sector:

San Miguelpamba

Revisado por:

Ing. Favio Portilla

Densidad de campo cono y arena AASHTO T 191 2014**Determinación del peso del suelo extraído (Wn)**

Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec	1383
Peso de la funda gr	Rec	7,2
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec	1375,8

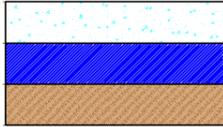
Volumen de la perforación del suelo (Vm)

Peso inicial frasco + cono + arena	7170,00	
Peso final frasco + cono + arena	5230,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	209,97	
Peso arena en la perforación	1730,03	
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)	1,582	
Volumen de la perforación	Vm	1093,57

Determinación del contenido de humedad

Recipiente #	11	32	
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	206	202
Peso seco + recipiente	Ws + rec	161	158
Peso del recipiente	rec	48	47
Peso del agua	Ww	45	44
Peso de los sólidos	Ws	113	111
Contenido de humedad	w%	39,82	39,64
contenido de humedad promedio	w% prom	39,73	

Determinación de las fases del suelo

		Volumen	Peso
Vv		82,95	-
Va	Wa	37,95	0
Vw	Ww	45	45
Vs	Ws	42,64	113
Vm	Wm	125,59	158

Determinación de las propiedades índice del suelo

Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1,258	gr/cm ³
Densidad seca	(γ_d)	0,900	gr/cm ³
Contenido de humedad	w%	39,73	%
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	1,95	Natural
Porosidad	n%= Vv/Vm *100	66,05	%
Grado de saturación de agua	Gw%= Vw/Vv *100	54,25	%
Grado de saturación de aire	Ga%	45,75	%

Gravedad específica de sólidos AASHTO T 100 2015

Peso del picnometro + agua Wbw	669,10	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido Wbws	694,17	gr
Desplazamiento del agua Ws + Wbw - Wbws	24,93	gr
Temperatura de agua y suelo °C	17,00	°C
Factor por corrección por temperatura K	0,99878	
Recipiente + Peso de suelo seco	571,00	gr
Peso de recipiente	48,00	gr
Peso del suelo seco Ws	50,00	gr
Gravedad específica Gs	2,32	gr

**Proyecto**

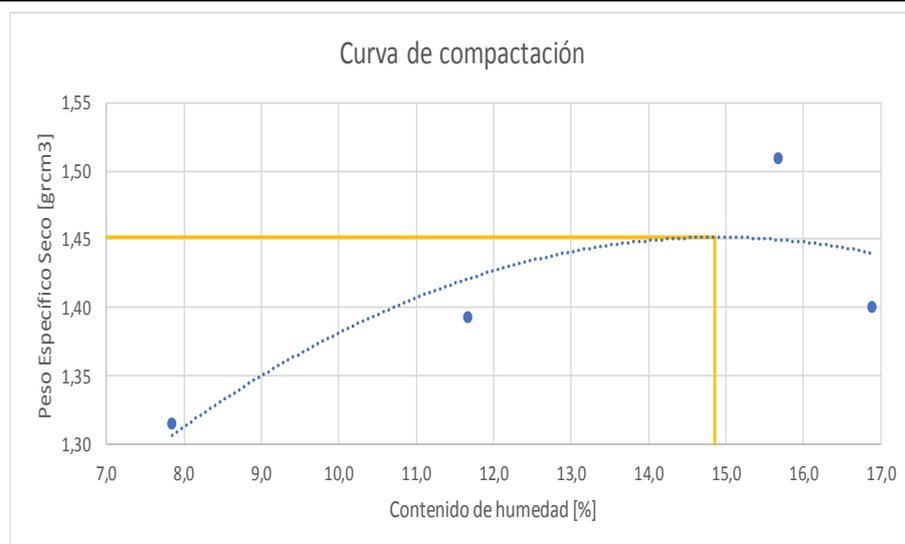
Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	6
Cantón:	Pillaro	Coordenadas:	E:778728 S:9877916
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	San Miguelpamba	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

PROCTOR MODIFICADO - AASHTO 180 2018

Tipo de prueba	Próctor modificado tipo B	Masa del martillo	10 Lb
Datos del molde		Altura de caída	18 plgd
Volumen:	2124	Número de capas	5
Masa:	16864 gr	Golpes por capas	56

PRUEBA N°	1		2		3		4	
% Rango en aumento	0		5		9		13	
Suelo húmedo+molde (gr)	18470		18790		19240		19020	
Masa molde (gr)	15440		15440		15440		15440	
Masa suelo húmedo (gr)	3030		3350		3800		3580	
Peso unitario húm. (gr/cm³)	1,427		1,577		1,789		1,685	
Masa del tarro (gr)	50,2	52,3	47,4	46,5	28,7	28,7	28,7	28,7
Masa suelo húm.+tarro (gr)	182,4	209,1	171,7	175,3	151,6	137,8	170,8	157,4
Masa suelo seco+tarro (gr)	171,2	197,8	156,1	161,4	132,9	120,2	150,2	132,6
Masa del agua (gr)	11,2	11,3	15,6	13,9	18,7	17,6	20,6	24,8
Masa suelo seco (gr)	132,2	156,8	124,3	128,8	122,9	109,1	142,1	128,7
Contenido de agua (%)	8,472	7,207	12,550	10,792	15,216	16,132	14,497	19,270
w (%) Promedio	7,839		11,671		15,674		16,883	
Peso unitario seco (gr/cm³)	1,315		1,393		1,509		1,401	
Densidad Seca Máxima (γ máx)	1,452							
Humedad Óptima:	14,85							
Grado de compactación	90,55							



W% ópt	14,85
γ máx gr/cm³=	1,452

Descripción del ensayo

La máxima densidad alcanzada según la gráfica de Peso específico vs Contenido de Humedad es de 1,452 gr/cm³ la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 14,85 %



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

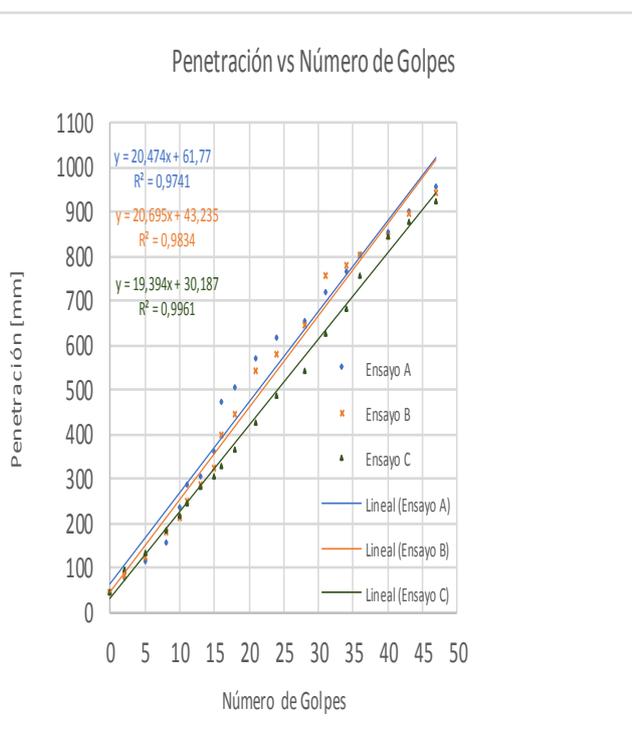
**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia: Tungurahua
Cantón: Píllaro
Parroquia: San José de Poaló
Sector: San Miguelpamba

Muestra #: 6
Coordenadas: E:778728 S:9877916
Ensayado por: Carlos Alberto Borja Ortiz
Revisado por: Ing. Favio Portilla

#	Ensayo A	Ensayo B	Ensayo C
Número de golpes	Penetración acumulada	Penetración acumulada	Penetración acumulada
#	[mm]	[mm]	[mm]
0	45	45	45
2	78	82	95
5	113	125	135
8	158	182	185
10	235	212	215
11	286	248	245
13	305	285	282
15	363	325	305
16	473	398	328
18	506	445	368
21	572	545	425
24	615	580	485
28	655	645	545
31	720	755	625
34	764	781	684
36	804	804	755
40	855	845	845
43	902	894	878
47	955	945	925



	DN (mm/golpe)	DN (prom)
A	20,474	20,188
B	20,695	
C	19,394	



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

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia: Tungurahua **Muestra #:** 6
Cantón: Pillaro **Coordenadas:** E:778728 S:9877916
Parroquia: San José de Poaló **Ensayado por:** Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector: San Miguelpamba **Revisado por:** Ing. Favio Portilla

CBR de laboratorio - AASHTO T 193-2013

Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		27		11	
Muestra húmeda + Molde [gr]	11955		13171		11971	
Masa del molde [gr]	8291		9540		8731	
Masa muestra húmeda [gr]	3664		3631		3240	
Volúmen muestra [cm ³]	2343,37		2340,42		2143,87	
Peso unitario húmedo [gr/cm ³]	1,564		1,551		1,511	
Contenido de humedad	Base	Molde	Base	Molde	Base	Molde
Masa suelo húmedo + recip [gr]	106,9	100,4	85,8	74,9	102,1	97,9
Masa suelo seco + recip [gr]	95,5	88,4	68,5	63,9	77,8	75
Masa de agua [gr]	11,4	12	17,3	11	24,3	22,9
Masa del recip [gr]	25,2	25,5	24,8	26,1	24,5	30,8
Masa suelo seco [gr]	70,3	62,9	43,7	37,8	53,3	44,2
Contenido de humedad W%	16,22	19,08	39,59	29,10	45,59	51,81
W % promedio	17,65		34,34		48,70	
Peso unitario seco [gr/cm ³]	1,633		1,512		1,254	

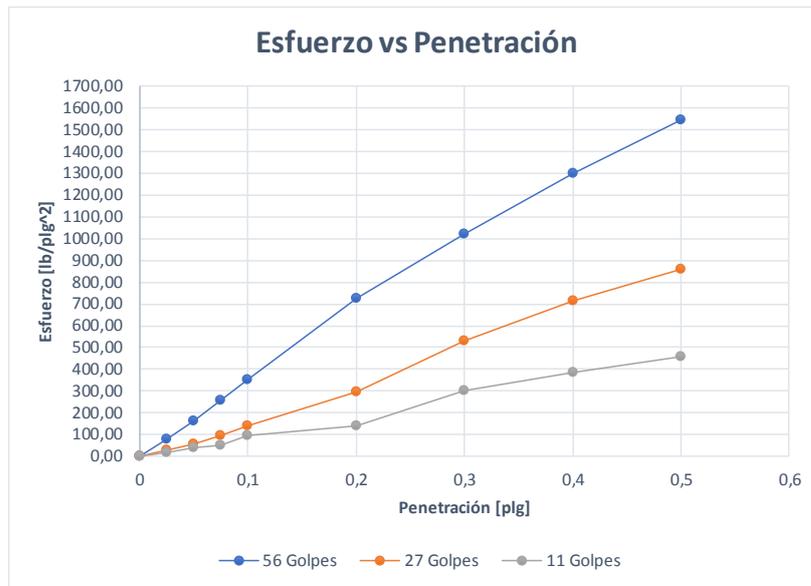
Datos después de la saturación

Muestra húmeda + molde [gr]	11958		13266		12007	
Masa del molde [gr]	8291		9540		8731	
Masa muestra húmeda [gr]	3667		3726		3276	
Masa de agua absorbida [gr]	3		95		36	
% de agua absorbida	0,0818		2,5497		1,0989	
Contenido de humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa de suelo húmedo + tarro [gr]	127,8	131,3	92,4	100,1	105,8	106,8
Masa de suelo seco + tarro [gr]	102,3	105,1	76,8	83,4	86,6	87,9
Masa del agua [gr]	25,5	26,2	15,6	16,7	19,2	18,9
Masa del tarro [gr]	32,6	30,7	31,1	32,5	31,8	33,1
Masa suelo seco	69,7	74,4	45,7	50,9	54,8	54,8
Contenido de agua %	36,59	35,22	34,14	32,81	35,04	34,49
W % promedio	35,90		33,47		34,76	

Ensayo

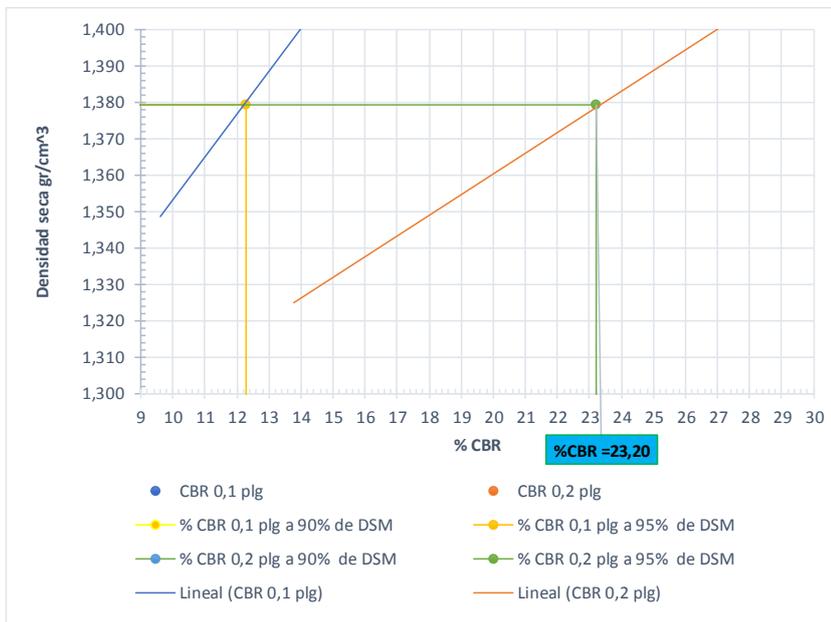
Molde N°	1		2		3	
	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	241,47	80,49	88,06	29,35	55,73	18,58
0,05	493,74	164,58	164,73	54,91	115,91	38,64
0,075	772,92	257,64	278,80	92,93	144,34	48,11
0,1	1060,65	353,55	416,50	138,83	288,52	96,17
0,2	2177,64	725,88	887,40	295,80	412,85	137,62
0,3	3059,91	1019,97	1598,77	532,92	909,87	303,29
0,4	3893,40	1297,80	2149,65	716,55	1153,28	384,43
0,5	4630,68	1543,56	2574,31	858,10	1382,27	460,76

Gráfica esfuerzo vs Penetración



Porcentaje CBR (corregidos)

Molde N°	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,2 plg	Densidad seca
1	353,55	35%	1,633	725,88	73%	1,633
2	138,83	14%	1,512	295,80	30%	1,512
3	96,17	10%	1,254	137,62	14%	1,254
Densidad seca máxima gr/cm ³ ---->			1,452			
DSM		% CBR 0,1 plg		% CBR 0,2 plg		% CBR mayor
90%		5		8		8
95%		12,3		23,2		23,2



Nota: El CBR para el diseño de pavimento es el 23,2 %



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



Proyecto

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia: Tungurahua **Muestra #:** 7
Cantón: Píllaro **Coordenadas:** E:783483 S:9874764
Parroquia: San José de Poaló **Ensayado por:** Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector: San José de Poaló **Revisado por:** Ing. Favio Portilla

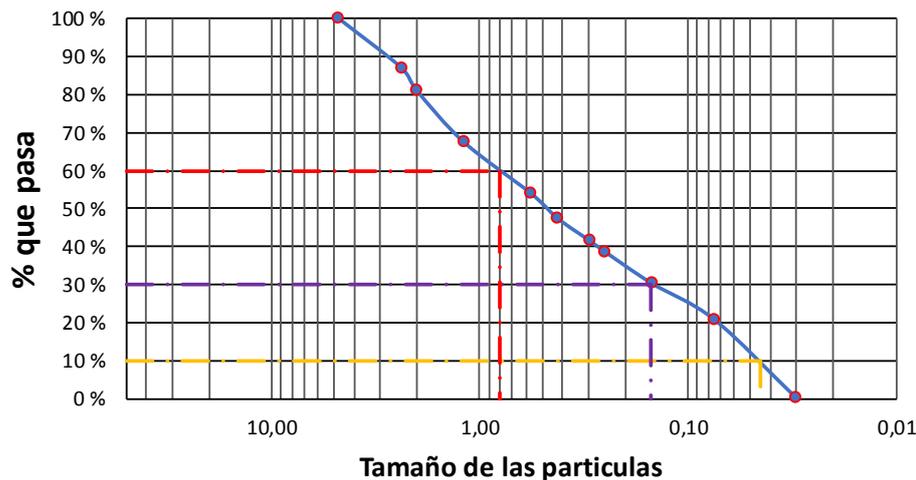
Humedad Natural- AASHTO T 265 2015

W cáps. (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% W nat	% W nat Promedio
47,40	415,80	330,40	25,85	28,32
47,40	426,40	326,70	30,52	
48,20	389,60	303,00	28,58	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AASHTO T 265 2015

W muestra seca (gr)		7			
7		795,00			
Tamiz	Tamaño [mm]	Pesos Retenidos (gr)	Pesos retenidos Acumulados (gr)	% Retenido	% que pasa
# 4	4,760	0	0	0	100
# 8	2,380	102,80	102,80	12,93	87,07
# 10	2,000	48,00	150,80	18,97	81,03
# 16	1,190	107,60	258,40	32,50	67,50
# 30	0,565	107,50	365,90	46,03	53,97
# 40	0,420	52,30	418,20	52,60	47,40
# 50	0,297	45,70	463,90	58,35	41,65
# 60	0,250	23,40	487,30	61,30	38,70
# 100	0,149	66,10	553,40	69,61	30,39
# 200	0,074	76,50	629,90	79,23	20,77
fuelle	0,030	163,20	793,10	99,76	0,24

REPRESENTACIÓN GRANULOMÉTRICA



COEFICIENTES DEL SUELO

D10 en mm	0,045	$C_u = D_{60}/D_{10}$	17,778
D30 en mm	0,15	$C_c = D_{30}^2/(D_{60} \cdot D_{10})$	0,625
D60 en mm	0,8	Tamaño Nominal Máximo (TNM) [mm]	2,380

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:

Tungurahua

Muestra #:

7

Cantón

Píllaro

Coordenadas:

E:783483 S:9874764

Parroquia:

San José de Poaló

Ensayado por:

Carlos Alberto Borja Ortiz

Sector:

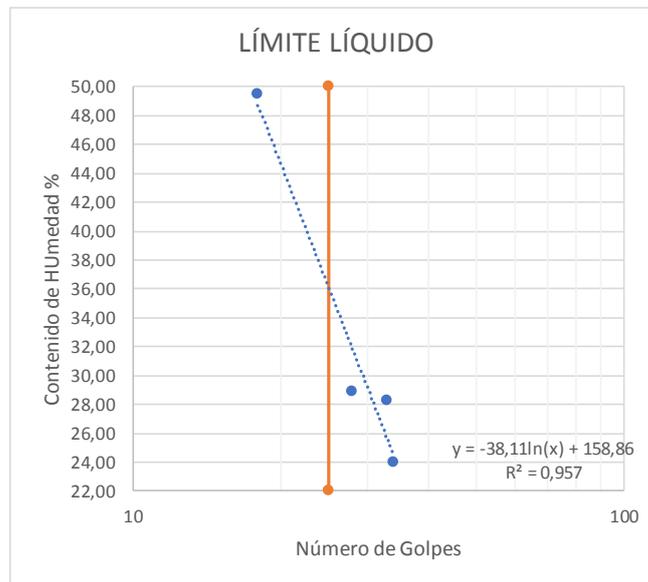
San José de Poaló

Revisado por:

Ing. Favio Portilla

LÍMITE LÍQUIDO

Recipiente N°	Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Rec.	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
23	33	83,40	74,60	47,40	8,80	27,20	32,35	28,31
8		68,00	64,70	51,10	3,30	13,60	24,26	
36	18	93,10	87,90	48,20	5,20	39,70	13,10	49,50
15		64,70	58,00	50,20	6,70	7,80	85,90	
25	34	84,30	76,40	49,20	7,90	27,20	29,04	23,98
13		61,40	59,30	48,20	2,10	11,10	18,92	
34	28	81,80	74,20	50,20	7,60	24,00	31,67	28,92
3		67,00	63,10	48,20	3,90	14,90	26,17	

**LÍMITE PLÁSTICO**

N° Recipiente	Peso Muestra Húm. + Rec.	Peso Muestra Seca + Rec.	Peso Agua	Peso Recipiente	Peso Muestra Seca	W%	Promedio W%
78	13,80	13,60	0,20	10,50	3,10	6,45	32,10
79	12,40	12,00	0,40	10,50	1,50	26,67	
80	13,00	12,60	0,40	10,50	2,10	19,05	
81	12,60	11,90	0,70	10,50	1,40	50,00	
82	12,40	11,70	0,70	10,50	1,20	58,33	

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite líquido	36,2
Límite plástico	32,10
Índice plástico	4,10

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

SISTEMA	CLASIFICACIÓN
AASHTO	A-2-4
SUCS	SM



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

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	7
Cantón:	Píllaro	Coordenadas:	E:783483 S:9874764
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	San José de Poaló	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

Densidad de campo cono y arena AASHTO T 191 2014**Determinación del peso del suelo extraído (Wn)**

Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec	1607
Peso de la funda gr	Rec	6,1
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec	1600,9

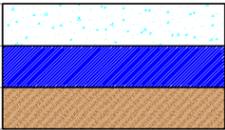
Volumen de la perforación del suelo (Vm)

Peso inicial frasco + cono + arena	7190,00	
Peso final frasco + cono + arena	5600,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	209,97	
Peso arena en la perforación	1380,03	
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)	1,582	
Volumen de la perforación	Vm	872,33

Determinación del contenido de humedad

Recipiente #		29	17
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	225	196
Peso seco + recipiente	Ws + rec	178	156
Peso del recipiente	rec	47	47
Peso del agua	Ww	47	40
Peso de los solidos	Ws	131	109
Contenido de humedad	w%	35,88	36,70
contenido de humedad promedio	w% prom	36,29	

Determinación de las fases del suelo

		Volumen	Peso
Vv		47,56	-
Va	Wa	0,56	0
Vw	Ww	47	47
Vs	Ws	49,43	131
Vm	Wm	96,99	178

Determinación de las propiedades índice del suelo

Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1,835	gr/cm ³
Densidad seca	(γ_d)	1,347	gr/cm ³
Contenido de humedad	w%	36,29	%
Relación de vacíos	$e = V_v/V_s$	0,96	Natural
Porosidad	$n\% = V_v/V_m * 100$	49,03	%
Grado de saturación de agua	$G_w\% = V_w/V_v * 100$	98,83	%
Grado de saturación de aire	Ga%	1,17	%

Gravedad específica de sólidos AASHTO T 100 2015

Peso del picnometro + agua Wbw	669,10	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido Wbws	696,37	gr
Desplazamiento del agua Ws + Wbw - Wbws	22,73	gr
Temperatura de agua y suelo °C	16,00	°C
Factor por corrección por temperatura K	0,99895	
Recipiente + Peso de suelo seco	579,00	gr
Peso de recipiente	49,00	gr
Peso del suelo seco Ws	50,00	gr
Gravedad específica Gs	2,29	gr

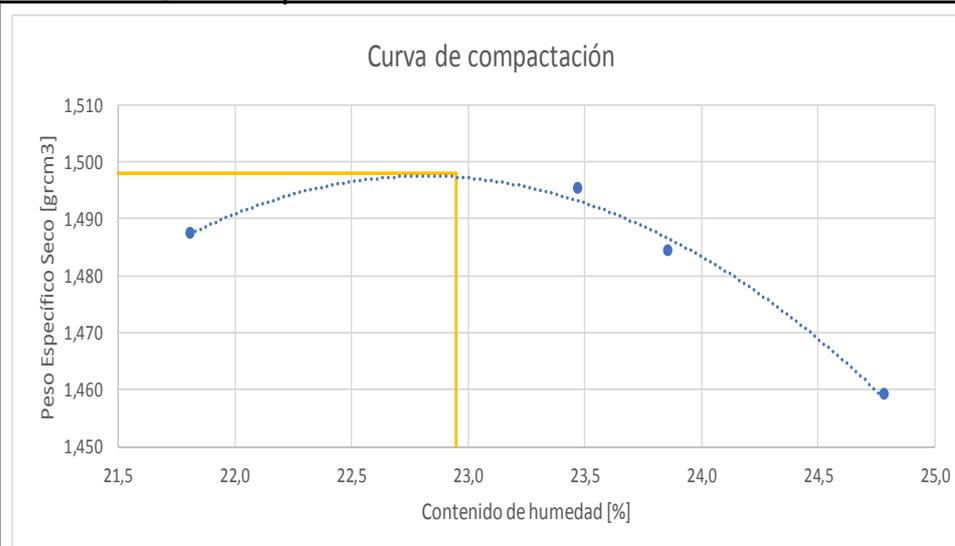
**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia: Tungurahua **Muestra #:** 7
Cantón: Pillaro **Coordenadas:** E:783483 S:9874764
Parroquia: San José de Poaló **Ensayado por:** Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector: San José de Poaló **Revisado por:** Ing. Favio Portilla

PROCTOR MODIFICADO - AASHTO 180 2018

Tipo de prueba	Próctor modificado tipo B		Masa del martillo	10 Lb				
Datos del molde			Altura de caída	18 plgd				
Volumen:	2124		Número de capas	5				
Masa:	16864 gr		Golpes por capas	56				
PRUEBA N°	1	2	3	4				
% Rango en aumento	0	1	2	3				
Suelo húmedo+molde (gr)	19480	19590	19580	19560				
Masa molde (gr)	15440	15440	15440	15440				
Masa suelo húmedo (gr)	4040	4150	4140	4120				
Peso unitario húm. (gr/cm³)	1,902	1,954	1,949	1,940				
Masa del tarro (gr)	49,2	51,1	47,4	47,4	51,1	48,2	49,2	48,2
Masa suelo húm.+tarro (gr)	278,2	289,5	247,3	279,1	318	330,8	265,7	269,5
Masa suelo seco+tarro (gr)	229,6	236,1	199,8	225,4	254,6	263,1	212,4	214,3
Masa del agua (gr)	48,6	53,4	47,5	53,7	63,4	67,7	53,3	55,2
Masa suelo seco (gr)	229	238,4	199,9	231,7	266,9	282,6	216,5	221,3
Contenido de agua (%)	21,223	22,399	23,762	23,177	23,754	23,956	24,619	24,944
w (%) Promedio	21,811		23,469		23,855		24,781	
Peso unitario seco (gr/cm³)	1,487		1,495		1,484		1,459	
Densidad Seca Máxima (γ máx)	1,498							
Humedad Óptima:	22,95							
Grado de compactación	99,28							

**Descripción del ensayo**

La máxima densidad alcanzada según la gráfica de Peso específico vs Contenido de Humedad es de 1,498 gr/cm³ la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 22,95 %



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



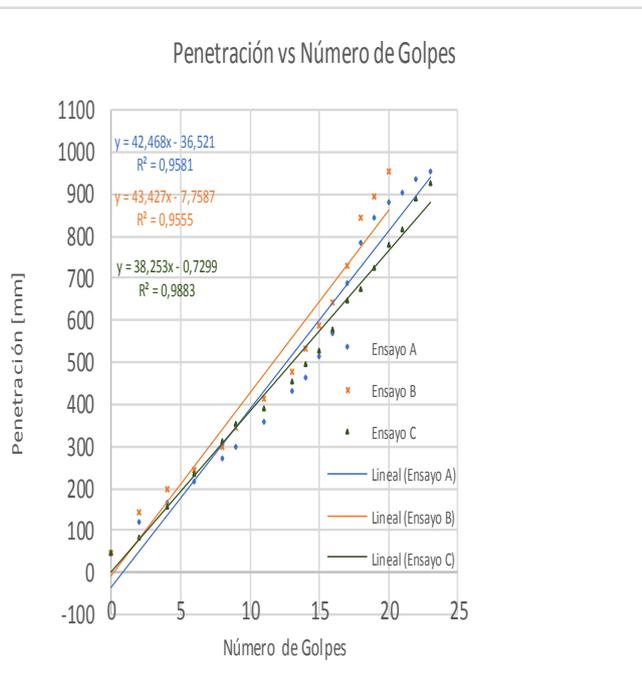
Proyecto

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia: Tungurahua
Cantón: Píllaro
Parroquia: San José de Poaló
Sector: San José de Poaló

Muestra #: 7
Coordenadas: E:783483 S:9874764
Ensayado por: Carlos Alberto Borja Ortiz
Revisado por: Ing. Favio Portilla

#	Ensayo A	Ensayo B	Ensayo C
Número de golpes	Penetración acumulada	Penetración acumulada	Penetración acumulada
#	[mm]	[mm]	[mm]
0	45	45	45
2	120	145	85
4	165	196	158
6	215	245	234
8	270	298	311
9	300	345	355
11	360	415	390
13	430	478	455
14	465	534	495
15	515	587	528
16	570	642	580
17	690	728	645
18	785	845	675
19	845	895	725
20	880	955	780
21	905		815
22	935		890
23	955		925



	DN (mm/golpe)	DN (prom)
A	42,468	41,383
B	43,427	
C	38,253	



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



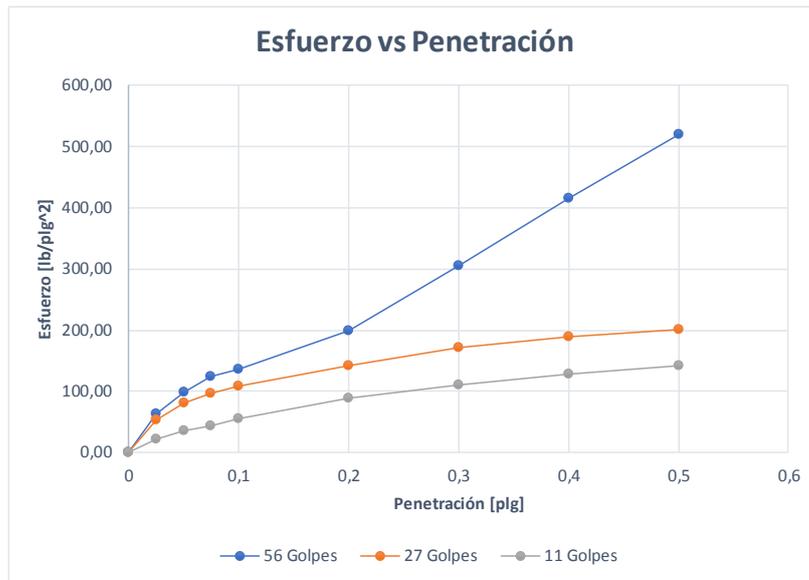
Proyecto

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia: Tungurahua **Muestra #:** 7
Cantón: Pillaro **Coordenadas:** E:783483 S:9874764
Parroquia: San José de Poaló **Ensayado por:** Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector: San José de Poaló **Revisado por:** Ing. Favio Portilla

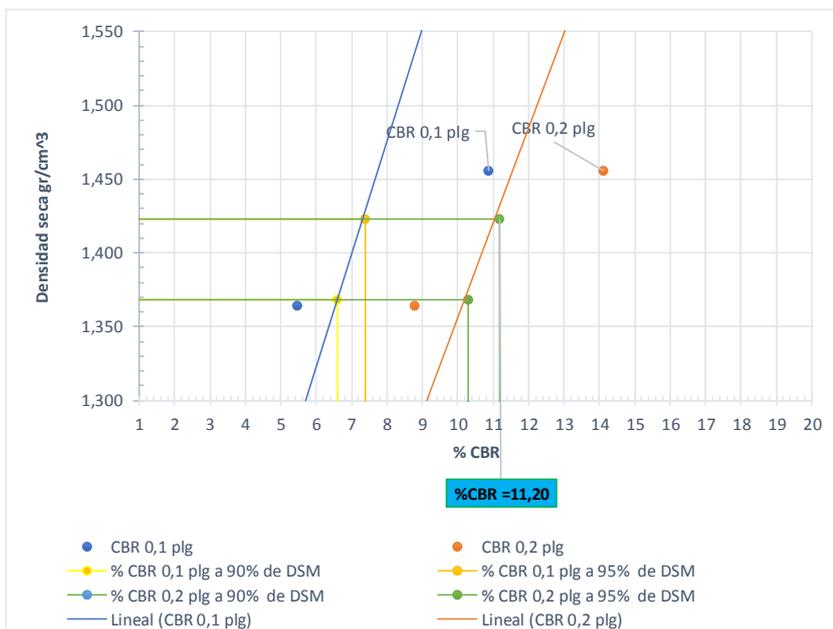
CBR de laboratorio - AASHTO T 193-2013						
Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	11		27		56	
Muestra húmeda + Molde [gr]	13667		12379		11147	
Masa del molde [gr]	8009		8269		6915	
Masa muestra húmeda [gr]	5658		4110		4232	
Volúmen muestra [cm ³]	2301,44		2353,33		2347,17	
Peso unitario húmedo [gr/cm ³]	2,458		1,746		1,803	
Contenido de humedad	Base	Molde	Base	Molde	Base	Molde
Masa suelo húmedo + recip [gr]	211,77	235,04	132,36	172,32	171,936	148,824
Masa suelo seco + recip [gr]	181,22	204,62	117	147,84	135,54	123,444
Masa de agua [gr]	30,55	30,42	15,36	24,48	36,396	25,38
Masa del recip [gr]	30,2	33,2	32,8	32,5	31,9	33,6
Masa suelo seco [gr]	151,02	171,42	84,2	115,34	103,64	89,844
Contenido de humedad W%	20,23	17,75	18,24	21,22	35,12	28,25
W % promedio	18,99		19,73		31,68	
Peso unitario seco [gr/cm ³]	2,068		1,456		1,364	
Datos después de la saturación						
Muestra húmeda + molde [gr]	13776		12565		11459	
Masa del molde [gr]	8009		8269		6915	
Masa muestra húmeda [gr]	5767,336		4295,685		4544,116	
Masa de agua absorbida [gr]	109,336		185,685		312,116	
% de agua absorbida	1,8958		4,3226		6,8686	
Contenido de humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa de suelo húmedo + tarro [gr]	110,968	111,065	117,135	113,145	115,46	106,352
Masa de suelo seco + tarro [gr]	95,836	95,836	100,795	97,28	94,116	89,7
Masa del agua [gr]	15,132	15,229	16,34	15,865	21,344	16,652
Masa del tarro [gr]	32,6	30,7	31,1	32,5	31,8	33,1
Masa suelo seco	63,236	65,136	69,695	64,78	62,316	56,6
Contenido de agua %	23,93	23,38	23,45	24,49	34,25	29,42
W % promedio	23,65		23,97		31,84	
Ensayo						
Molde N°	1		2		3	
Penetración [plg]	dial	Presión	dial	Presión	dial	Presión
		[lb/plg ²]		[lb/plg ²]		[lb/plg ²]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	189,00	63,00	159,89	53,30	64,58	21,53
0,05	295,00	98,33	240,54	80,18	106,72	35,57
0,075	370,00	123,33	288,61	96,20	129,44	43,15
0,1	410,00	136,67	325,85	108,62	164,04	54,68
0,2	595,00	198,33	423,70	141,23	263,95	87,98
0,3	914,71	304,90	513,95	171,32	332,86	110,95
0,4	1244,51	414,84	566,01	188,67	383,64	127,88
0,5	1562,48	520,83	606,01	202,00	426,60	142,20

Gráfica esfuerzo vs Penetración



Porcentaje CBR (corregidos)

Molde N°	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,2 plg	Densidad seca
1	136,67	14%	2,068	198,33	20%	2,068
2	108,62	11%	1,456	141,23	14%	1,456
3	54,68	5%	1,364	87,98	9%	1,364
Densidad seca máxima gr/cm ³ ---->			1,498			
DSM		% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg		% CBR mayor	
90%	1,368	6,6	10,3		10,3	
95%	1,423	7,4	11,2		11,2	



Nota:

El CBR para el diseño de pavimento es el 11,2 %



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



Proyecto

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	8
Cantón:	Píllaro	Coordenadas:	E:781154 S:9878868
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	Central Hidroeléctrica Pucará	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

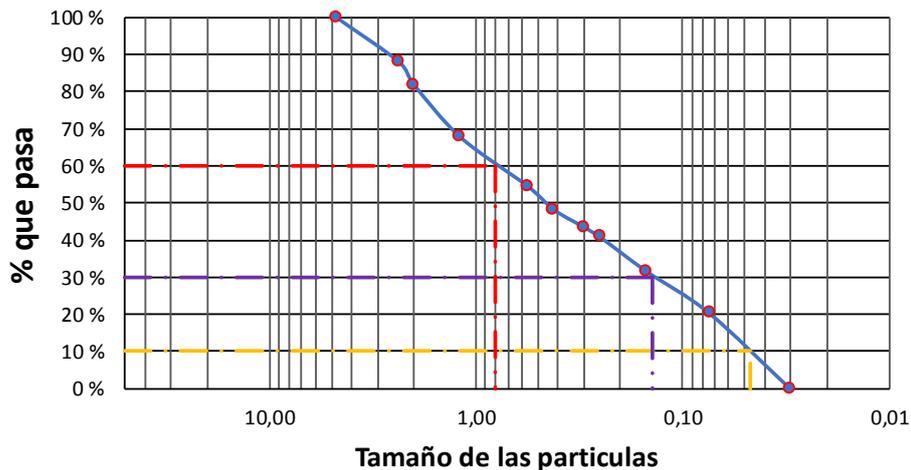
Humedad Natural- AASHTO T 265 2015

W cáps. (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% W nat	% W nat Promedio
48,20	422,10	323,60	30,44	31,30
50,10	356,70	271,20	31,53	
50,10	390,10	295,70	31,92	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AASHTO T 265 2015

W muestra seca (gr)		8			
W muestra seca (gr)		735,00			
Tamiz	Tamaño [mm]	Pesos Retenidos (gr)	Pesos retenidos Acumulados (gr)	% Retenido	% que pasa
# 4	4,760	0	0	0	100
# 8	2,380	87,20	87,20	11,86	88,14
# 10	2,000	46,30	133,50	18,16	81,84
# 16	1,190	103,60	237,10	32,26	67,74
# 30	0,565	96,10	333,20	45,33	54,67
# 40	0,420	47,00	380,20	51,73	48,27
# 50	0,297	35,60	415,80	56,57	43,43
# 60	0,250	19,00	434,80	59,16	40,84
# 100	0,149	67,70	502,50	68,37	31,63
# 200	0,074	82,70	585,20	79,62	20,38
fuelle	0,030	149,50	734,70	99,96	0,04

REPRESENTACIÓN GRANULOMÉTRICA



COEFICIENTES DEL SUELO

D10 en mm	0,047	$Cu = D60/D10$	17,021
D30 en mm	0,14	$Cc = D30^2/(D60 * D10)$	0,521
D60 en mm	0,8	Tamaño Nominal Máximo (TNM) [mm]	2,380

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:

Tungurahua

Muestra #:

8

Cantón

Píllaro

Coordenadas:

E:781154

S:9878868

Parroquia:

San José de Poaló

Ensayado por:

Carlos Alberto Borja Ortiz

Sector:

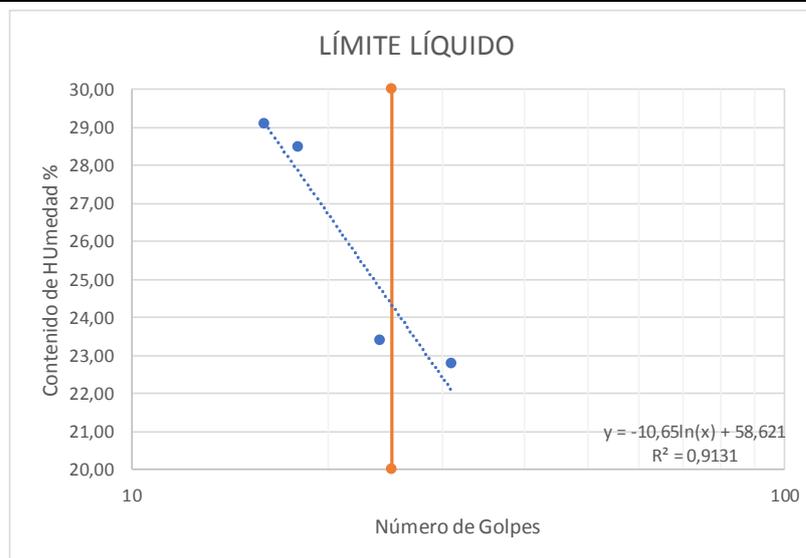
Central Hidroeléctrica Pucará

Revisado por:

Ing. Favio Portilla

LÍMITE LÍQUIDO

Recipiente N°	Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Rec.	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
44	16	65,30	57,40	28,30	7,90	29,10	27,15	29,11
43		41,80	38,60	28,30	3,20	10,30	31,07	
41	18	64,00	56,10	28,30	7,90	27,80	28,42	28,49
42		32,20	30,00	22,30	2,20	7,70	28,57	
40	24	46,40	42,40	23,10	4,00	19,30	20,73	23,41
45		36,80	33,80	22,30	3,00	11,50	26,09	
7	31	85,10	78,60	51,10	6,50	27,50	23,64	22,79
3		58,20	56,40	48,20	1,80	8,20	21,95	

**LÍMITE PLÁSTICO**

N° Recipiente	Peso Muestra Húm. + Rec.	Peso Muestra Seca + Rec.	Peso Agua	Peso Recipiente	Peso Muestra Seca	W%	Promedio W%
48	5,10	4,80	0,30	3,40	1,40	21,43	22,90
49	5,20	5,00	0,20	3,40	1,60	12,50	
50	4,90	4,60	0,30	3,40	1,20	25,00	
51	4,60	4,30	0,30	3,40	0,90	33,33	
52	4,50	4,30	0,20	3,40	0,90	22,22	

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite líquido	24,4
Límite plástico	22,90
Índice plástico	1,50

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

SISTEMA	AASHTO	A-2-4
	SUCS	SM



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

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	8
Cantón:	Píllaro	Coordenadas:	E:781154 S:9878868
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	Central Hidroeléctrica Pucará	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

Densidad de campo cono y arena AASHTO T 191 2014**Determinación del peso del suelo extraído (Wn)**

Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec	1508
Peso de la funda gr	Rec	6,1
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec	1501,9

Volumen de la perforación del suelo (Vm)

Peso inicial frasco + cono + arena	7160,00	
Peso final frasco + cono + arena	5720,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	209,97	
Peso arena en la perforación	1230,03	
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)	1,582	
Volumen de la perforación	Vm	777,52

Determinación del contenido de humedad

Recipiente #		16	17
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	251	225
Peso seco + recipiente	Ws + rec	208	188
Peso del recipiente	rec	50	49
Peso del agua	Ww	43	37
Peso de los solidos	Ws	158	139
Contenido de humedad	w%	27,22	26,62
contenido de humedad promedio	w% prom	26,92	

Determinación de las fases del suelo

		Volumen	Peso
Vv		44,43	-
Va	Wa	1,43	0
Vw	Ww	43	43
Vs	Ws	59,62	158
Vm	Wm	104,06	201

Determinación de las propiedades índice del suelo

Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1,932	gr/cm3
Densidad seca	(γ_d)	1,522	gr/cm3
Contenido de humedad	w%	26,92	%
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	0,75	Natural
Porosidad	n%= Vv/Vm *100	42,70	%
Grado de saturación de agua	Gw%= Vw/Vv *100	96,78	%
Grado de saturación de aire	Ga%	3,22	%

Gravedad específica de sólidos AASHTO T 100 2015

Peso del picnometro + agua Wbw	669,10	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido Wbws	698,17	gr
Desplazamiento del agua Ws + Wbw - Wbws	20,93	gr
Temperatura de agua y suelo °C	17,00	°C
Factor por corrección por temperatura K	0,99878	
Recipiente + Peso de suelo seco	570,00	gr
Peso de recipiente	48,50	gr
Peso del suelo seco Ws	49,50	gr
Gravedad específica Gs	2,39	gr

**Proyecto**

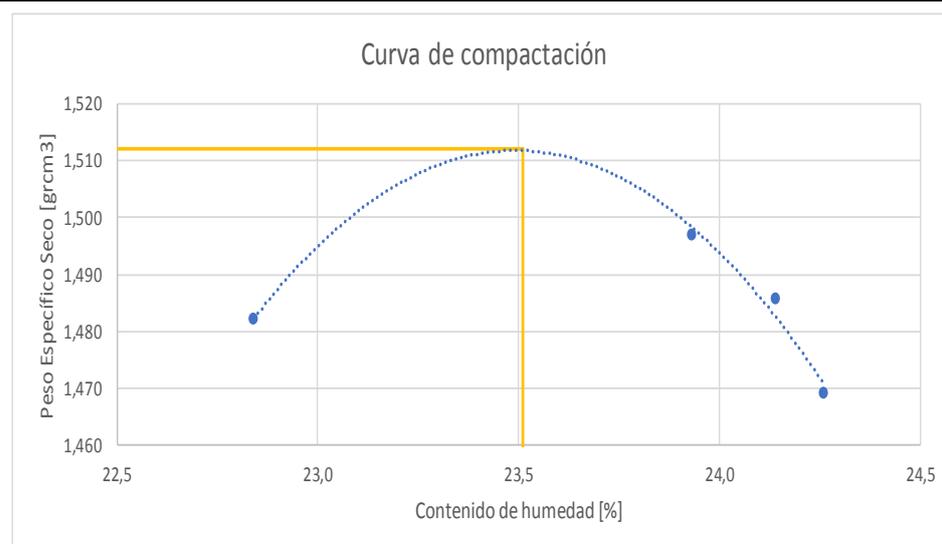
Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	8
Cantón:	Pillaro	Coordenadas:	E:781154 S:9878868
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	Central Hidroeléctrica Pucará	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

PROCTOR MODIFICADO - AASHTO 180 2018

Tipo de prueba	Próctor modificado tipo B	Masa del martillo	10 Lb
Datos del molde		Altura de caída	18 plgd
Volumen:	2124	Número de capas	5
Masa:	16864 gr	Golpes por capas	56

PRUEBA N°	1		2		3		4	
% Rango en aumento	0		1		2		3	
Suelo húmedo+molde (gr)	19520		19620		19600		19560	
Masa molde (gr)	15440		15440		15440		15440	
Masa suelo húmedo (gr)	4080		4180		4160		4120	
Peso unitario húm. (gr/cm³)	1,921		1,968		1,959		1,940	
Masa del tarro (gr)	48,2	50,2	48,2	51,1	52,3	47,4	49,2	47,4
Masa suelo húm.+tarro (gr)	343,4	343,9	321,5	337,3	302,8	359,8	359,7	360,2
Masa suelo seco+tarro (gr)	275,6	277,2	254,1	270,9	242,4	284,3	284,1	284,6
Masa del agua (gr)	67,8	66,7	67,4	66,4	60,4	75,5	75,6	75,6
Masa suelo seco (gr)	295,2	293,7	273,3	286,2	250,5	312,4	310,5	312,8
Contenido de agua (%)	22,967	22,710	24,662	23,201	24,112	24,168	24,348	24,169
w (%) Promedio	22,839		23,931		24,140		24,258	
Peso unitario seco (gr/cm³)	1,482		1,497		1,486		1,469	
Densidad Seca Máxima (γ máx)	1,512							
Humedad Óptima:	23,51							
Grado de compactación	98,03							

**Descripción del ensayo**

La máxima densidad alcanzada según la gráfica de Peso específico vs Contenido de Humedad es de 1,512 gr/cm³ la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 23,51 %



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

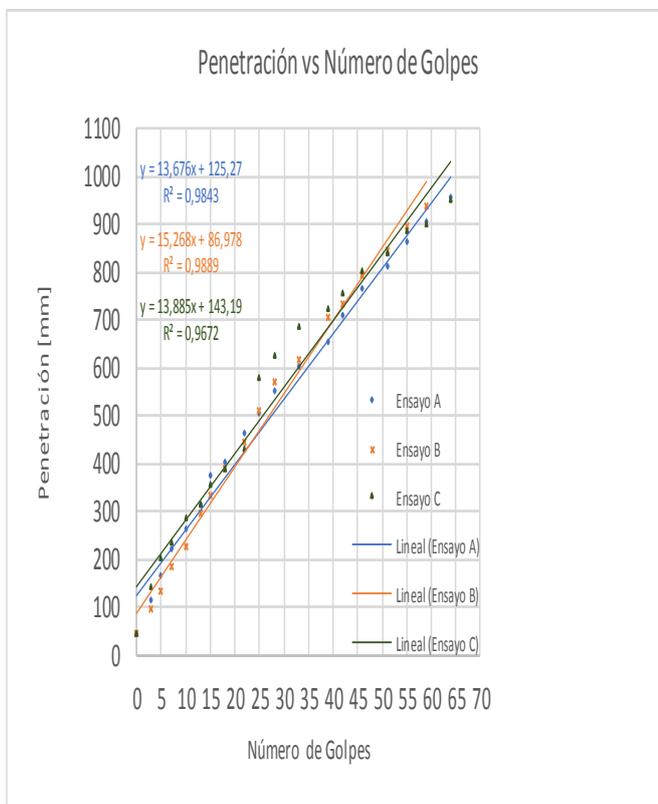


Proyecto

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	8
Cantón	Píllaro	Coordenadas:	E:781154 S:9878868
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	Central Hidroeléctrica Pucará	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

#	Ensayo A	Ensayo B	Ensayo C
Número de golpes	Penetración acumulada	Penetración acumulada	Penetración acumulada
#	[mm]	[mm]	[mm]
0	45	45	45
3	115	95	145
5	164	135	205
7	223	186	235
10	265	225	285
13	315	294	314
15	375	335	355
18	405	387	387
22	463	445	430
25	505	512	578
28	552	570	625
33	605	615	685
39	655	705	725
42	710	735	755
46	765	795	801
51	813	845	840
55	862	895	885
59	905	938	902
64	955		952



	DN (mm/golpe)	DN (prom)
A	13,676	14,276
B	15,268	
C	13,885	



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



Proyecto

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia: Tungurahua **Muestra #:** 8
Cantón: Píllaro **Coordenadas:** E:781154 S:9878868
Parroquia: San José de Poaló **Ensayado por:** Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector: Central Hidroeléctrica Pucará **Revisado por:** Ing. Favio Portilla

CBR de laboratorio - AASHTO T 193-2013

Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		27		11	
Muestra húmeda + Molde [gr]	11715,9		12776		11133	
Masa del molde [gr]	8125		9254		8120	
Masa muestra húmeda [gr]	3590,72		3522,07		3013,2	
Volúmen muestra [cm ³]	2343,37		2340,42		2347,17	
Peso unitario húmedo [gr/cm ³]	1,532		1,505		1,284	
Contenido de humedad	Base	Molde	Base	Molde	Base	Molde
Masa suelo húmedo + recip [gr]	104,762	98,392	83,226	72,653	94,953	91,047
Masa suelo seco + recip [gr]	93,59	86,632	66,445	61,983	72,354	69,75
Masa de agua [gr]	11,172	11,76	16,781	10,67	22,599	21,297
Masa del recip [gr]	30,2	33,2	32,8	32,5	31,9	33,6
Masa suelo seco [gr]	63,39	53,432	33,645	29,483	40,454	36,15
Contenido de humedad W%	17,62	22,01	49,88	36,19	55,86	58,91
W % promedio	19,82		43,03		57,39	
Peso unitario seco [gr/cm ³]	1,680		1,542		0,950	

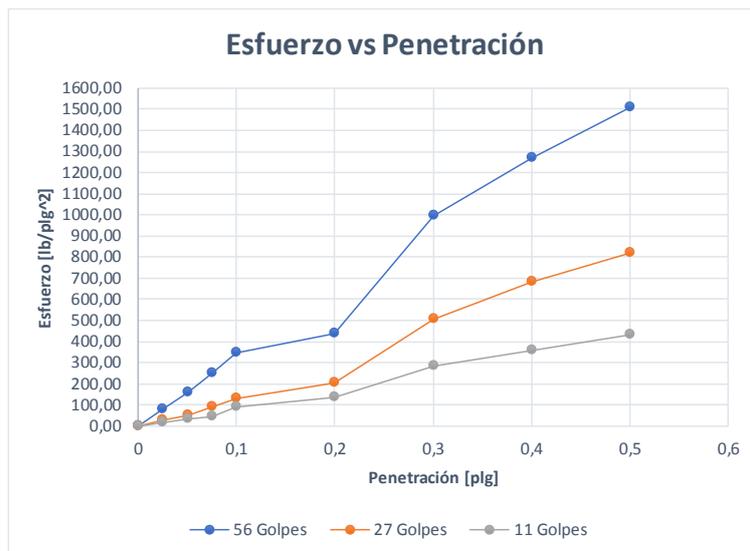
Datos después de la saturación

Muestra húmeda + molde [gr]	11719		12868		11167	
Masa del molde [gr]	8125		9254		8120	
Masa muestra húmeda [gr]	3593,66		3614,22		3046,68	
Masa de agua absorbida [gr]	2,94		92,15		33,48	
% de agua absorbida	0,0818		2,5497		1,0989	
Contenido de humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa de suelo húmedo + tarro [gr]	124,7328	128,1488	88,1496	95,4954	98,6056	99,5376
Masa de suelo seco + tarro [gr]	99,8448	102,5776	73,2672	79,5636	80,7112	81,9228
Masa del agua [gr]	24,888	25,5712	14,8824	15,9318	17,8944	17,6148
Masa del tarro [gr]	32,6	30,7	31,1	32,5	31,8	33,1
Masa suelo seco	67,2448	71,8776	42,1672	47,0636	48,9112	48,8228
Contenido de agua %	37,01	35,58	35,29	33,85	36,59	36,08
W % promedio	36,29		34,57		36,33	

Ensayo

Molde N°	1		2		3	
Penetración [plg]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	235,67	78,56	84,01	28,00	51,94	17,31
0,05	481,89	160,63	157,15	52,38	108,03	36,01
0,075	754,37	251,46	265,98	88,66	134,53	44,84
0,1	1035,19	345,06	397,34	132,45	268,90	89,63
0,2	2125,38	708,46	846,58	282,19	384,78	128,26
0,3	2986,47	995,49	1525,22	508,41	848,00	282,67
0,4	3799,96	1266,65	2050,77	683,59	1074,86	358,29
0,5	4519,54	1506,51	2455,89	818,63	1288,27	429,42

Gráfica esfuerzo vs Penetración



Porcentaje CBR (corregidos)

Molde N°	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,2 plg	Densidad seca
1	345,06	35%	1,680	438,57	44%	1,680
2	132,45	13%	1,542	205,17	21%	1,542
3	89,63	9%	0,950	138,60	14%	0,950
Densidad seca máxima gr/cm ³ ---->			1,512			
DSM		% CBR 0,1 plg		% CBR 0,2 plg		% CBR mayor
90%		17,5		24,5		24,5
95%		21		28		28



Nota: El CBR para el diseño de pavimento es el 28 %



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



Proyecto

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia: Tungurahua **Muestra #:** 9
Cantón: Píllaro **Coordenadas:** E:781841 S:9875658
Parroquia: San José de Poaló **Ensayado por:** Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector: El Rosario **Revisado por:** Ing. Favio Portilla

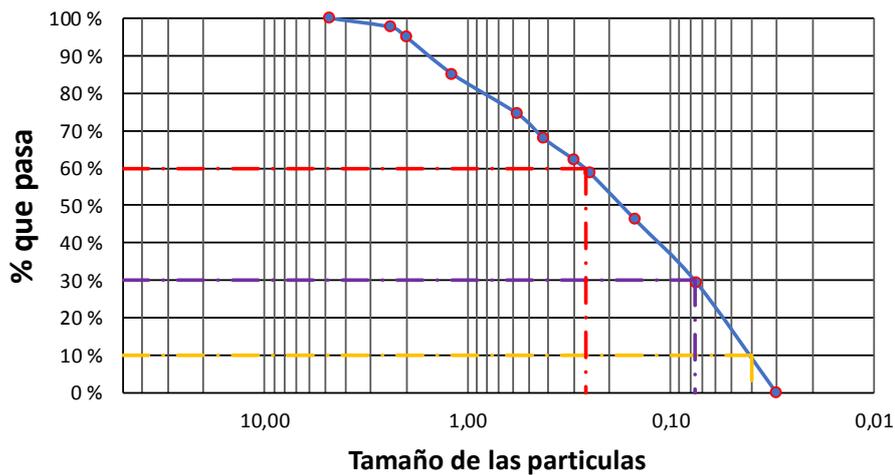
Humedad Natural- AASHTO T 265 2015

W cáps. (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% W nat	% W nat Promedio
50,10	314,10	204,00	53,97	54,12
49,20	287,00	187,60	52,99	
48,20	343,60	221,10	55,40	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AASHTO T 265 2015

W muestra seca (gr)		482,00			
9					
Tamiz	Tamaño [mm]	Pesos Retenidos (gr)	Pesos retenidos Acumulados (gr)	% Retenido	% que pasa
# 4	4,760	0	0	0	100
# 8	2,380	11,50	11,50	2,39	97,61
# 10	2,000	12,70	24,20	5,02	94,98
# 16	1,190	47,20	71,40	14,81	85,19
# 30	0,565	51,70	123,10	25,54	74,46
# 40	0,420	31,50	154,60	32,07	67,93
# 50	0,297	27,60	182,20	37,80	62,20
# 60	0,250	16,10	198,30	41,14	58,86
# 100	0,149	60,80	259,10	53,76	46,24
# 200	0,074	81,60	340,70	70,68	29,32
fuelle	0,030	141,10	481,80	99,96	0,04

REPRESENTACIÓN GRANULOMÉTRICA



COEFICIENTES DEL SUELO

D10 en mm	0,04	$Cu = D_{60}/D_{10}$	6,500
D30 en mm	0,075	$Cc = D_{30}^2/(D_{60} \cdot D_{10})$	0,541
D60 en mm	0,26	Tamaño Nominal Máximo (TNM) [mm]	1,190

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:

Tungurahua

Muestra #:

9

Cantón

Píllaro

Coordenadas:

E:781841 S:9875658

Parroquia:

San José de Poaló

Ensayado por:

Carlos Alberto Borja Ortiz

Sector:

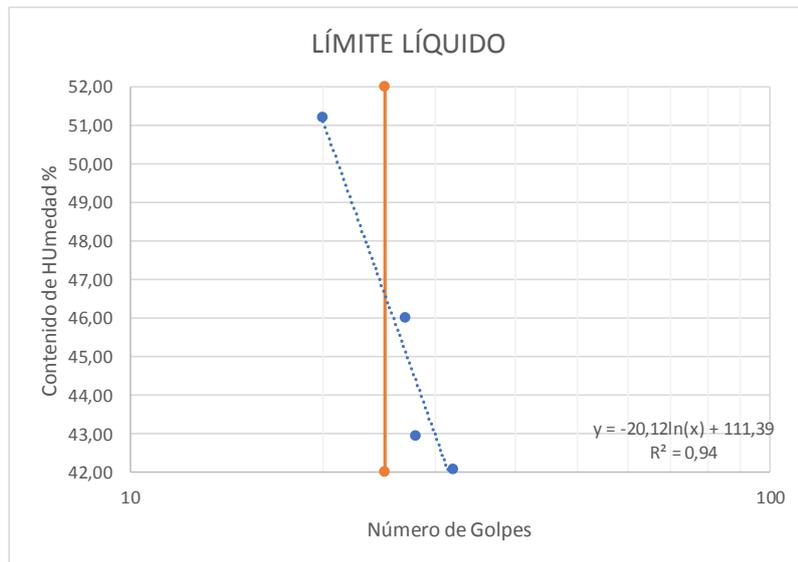
El Rosario

Revisado por:

Ing. Favio Portilla

LÍMITE LÍQUIDO

Recipiente N°	Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Rec.	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
8	28	63,60	59,70	51,10	3,90	8,60	45,35	42,93
23		64,50	59,80	48,20	4,70	11,60	40,52	
20	32	69,10	62,20	48,20	6,90	14,00	49,29	42,10
25		78,70	70,60	47,40	8,10	23,20	34,91	
24	20	70,10	61,80	47,40	8,30	14,40	57,64	51,20
36		74,40	66,30	48,20	8,10	18,10	44,75	
15	27	64,20	60,10	50,20	4,10	9,90	41,41	46,00
5		75,80	67,20	50,20	8,60	17,00	50,59	

**LÍMITE PLÁSTICO**

N° Recipiente	Peso Muestra Húm. + Rec.	Peso Muestra Seca + Rec.	Peso Agua	Peso Recipiente	Peso Muestra Seca	W%	Promedio W%
41	29,00	28,80	0,20	28,30	0,50	40,00	42,64
40	29,30	29,00	0,30	28,30	0,70	42,86	
39	29,40	29,10	0,30	28,30	0,80	37,50	
46	28,90	28,70	0,20	28,30	0,40	50,00	
37	28,60	28,30	0,30	27,60	0,70	42,86	

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite líquido	46,7
Límite plástico	42,64
Índice plástico	4,06

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

SISTEMA	CLASIFICACIÓN
AASHTO	A-2-5
SUCS	SM



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

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	9
Cantón:	Píllaro	Coordenadas:	E:781841 S:9875658
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	El Rosario	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

Densidad de campo cono y arena AASHTO T 191 2014**Determinación del peso del suelo extraído (Wn)**

Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec	1255
Peso de la funda gr	Rec	5
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec	1250

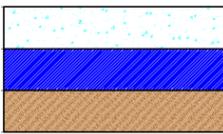
Volumen de la perforación del suelo (Vm)

Peso inicial frasco + cono + arena	7160,00	
Peso final frasco + cono + arena	5690,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	209,97	
Peso arena en la perforación	1260,03	
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)	1,582	
Volumen de la perforación	Vm	796,48

Determinación del contenido de humedad

Recipiente #	14	9	
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	192	204
Peso seco + recipiente	Ws + rec	134	142
Peso del recipiente	rec	52	49
Peso del agua	Ww	58	62
Peso de los solidos	Ws	82	93
Contenido de humedad	w%	70,73	66,67
contenido de humedad promedio	w% prom	68,70	

Determinación de las fases del suelo

			Volumen	Peso
Vv			63,67	-
Va		Wa	1,67	0
Vw		Ww	62	62
Vs		Ws	35,09	93
Vm		Wm	98,76	155

Determinación de las propiedades índice del suelo

Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1,569	gr/cm ³
Densidad seca	(γ_d)	0,930	gr/cm ³
Contenido de humedad	w%	68,70	%
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	1,81	Natural
Porosidad	n%= Vv/Vm *100	64,47	%
Grado de saturación de agua	Gw%= Vw/Vv *100	97,38	%
Grado de saturación de aire	Ga%	2,62	%

Gravedad específica de sólidos AASHTO T 100 2015

Peso del picnometro + agua Wbw	669,10	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido Wbws	700,17	gr
Desplazamiento del agua Ws + Wbw - Wbws	18,93	gr
Temperatura de agua y suelo °C	16,00	°C
Factor por corrección por temperatura K	0,99895	
Recipiente + Peso de suelo seco	577,00	gr
Peso de recipiente	48,20	gr
Peso del suelo seco Ws	49,80	gr
Gravedad específica Gs	2,64	gr

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:

Tungurahua

Muestra #:

9

Cantón

Pillaro

Coordenadas:

E:781841 S:9875658

Parroquia:

San José de Poaló

Ensayado por:

Carlos Alberto Borja Ortiz

Sector:

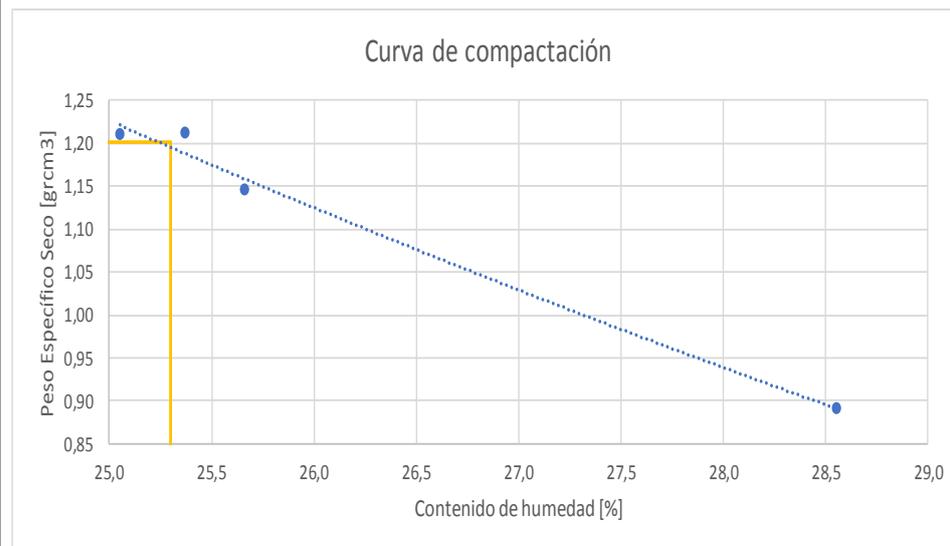
El Rosario

Revisado por:

Ing. Favio Portilla

PROCTOR MODIFICADO - AASHTO 180 2018

Tipo de prueba	Próctor modificado tipo B				Masa del martillo	10 Lb			
Datos del molde					Altura de caída	18 plgd			
Volumen:	2124				Número de capas	5			
Masa:	16864 gr				Golpes por capas	56			
PRUEBA N°	1		2		3		4		
% Rango en aumento	0		2		4		6		
Suelo húmedo+molde (gr)	18870		18890		18710		18090		
Masa molde (gr)	15440		15440		15440		15440		
Masa suelo húmedo (gr)	3430		3450		3270		2650		
Peso unitario húm. (gr/cm ³)	1,615		1,624		1,540		1,248		
Masa del tarro (gr)	50,2	50,2	46,5	48,2	51,1	49,2	52,3	51,1	
Masa suelo húm.+tarro (gr)	274	205,3	209,1	206,7	271,8	310,6	245,7	270,4	
Masa suelo seco+tarro (gr)	214,4	168,9	166,5	167,8	214,6	244,2	190,2	208,1	
Masa del agua (gr)	59,6	36,4	42,6	38,9	57,2	66,4	55,5	62,3	
Masa suelo seco (gr)	223,8	155,1	162,6	158,5	220,7	261,4	193,4	219,3	
Contenido de agua (%)	26,631	23,469	26,199	24,543	25,918	25,402	28,697	28,409	
w (%) Promedio	25,050		25,371		25,660		28,553		
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1,210		1,212		1,145		0,891		
Densidad Seca Máxima (γ máx)	1,201								
Humedad Óptima:	25,30								
Grado de compactación	100,78								

**Descripción del ensayo**

La máxima densidad alcanzada según la gráfica de Peso específico vs Contenido de Humedad es de 1,201 gr/cm³ la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 25,3 %



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

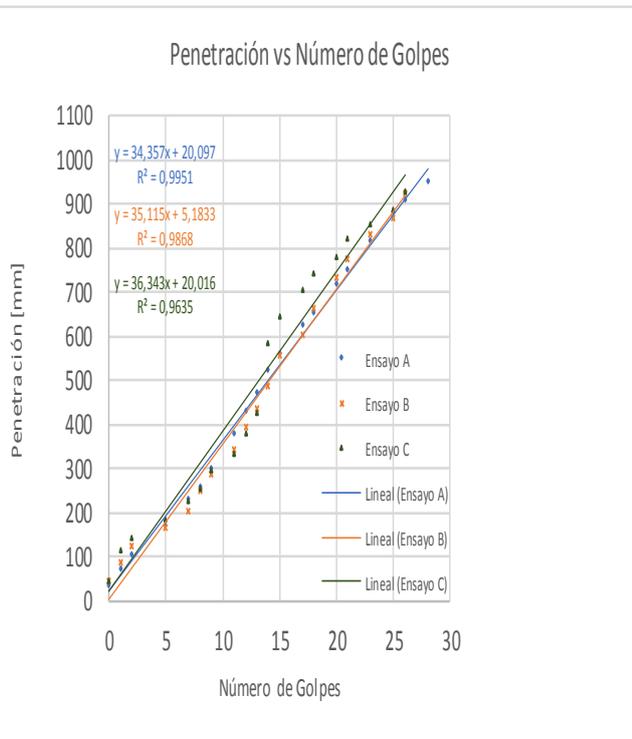


Proyecto

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	9
Cantón:	Píllaro	Coordenadas:	E:781841 S:9875658
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	El Rosario	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

#	Ensayo A	Ensayo B	Ensayo C
Número de golpes	Penetración acumulada	Penetración acumulada	Penetración acumulada
#	[mm]	[mm]	[mm]
0	35	45	45
1	75	85	115
2	105	125	145
5	170	165	185
7	230	204	225
8	260	248	253
9	300	285	295
11	380	345	335
12	430	392	380
13	475	435	425
14	525	485	585
15	560	555	643
17	625	604	705
18	655	665	745
20	720	734	780
21	750	775	824
23	815	830	855
25	880	870	887
26	910	925	930
28	950		



DN (mm/golpe)		DN (prom)
A	34,357	35,272
B	35,115	
C	36,343	



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



Proyecto

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia: Tungurahua **Muestra #:** 9
Cantón: Píllaro **Coordenadas:** E:781841 S:9875658
Parroquia: San José de Poaló **Ensayado por:** Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector: El Rosario **Revisado por:** Ing. Favio Portilla

CBR de laboratorio - AASHTO T 193-2013

Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		27		11	
Muestra húmeda + Molde [gr]	14855		11651		9117	
Masa del molde [gr]	10412		9096		6846	
Masa muestra húmeda [gr]	4443,4		2555,3		2271,06	
Volúmen muestra [cm ³]	2343,37		2340,42		2347,17	
Peso unitario húmedo [gr/cm ³]	1,896		1,092		0,968	
Contenido de humedad	Base	Molde	Base	Molde	Base	Molde
Masa suelo húmedo + recip [gr]	131,69	129,09	97,9	85,03	71,577	60,39
Masa suelo seco + recip [gr]	118,04	113,88	87,56	75,13	65,736	55,737
Masa de agua [gr]	13,65	15,21	10,34	9,9	5,841	4,653
Masa del recip [gr]	30,2	33,2	32,8	32,5	31,9	33,6
Masa suelo seco [gr]	87,84	80,68	54,76	42,63	33,836	22,137
Contenido de humedad W%	15,54	18,85	18,88	23,22	17,26	21,02
W % promedio	17,20		21,05		19,14	
Peso unitario seco [gr/cm ³]	1,619		0,904		0,815	

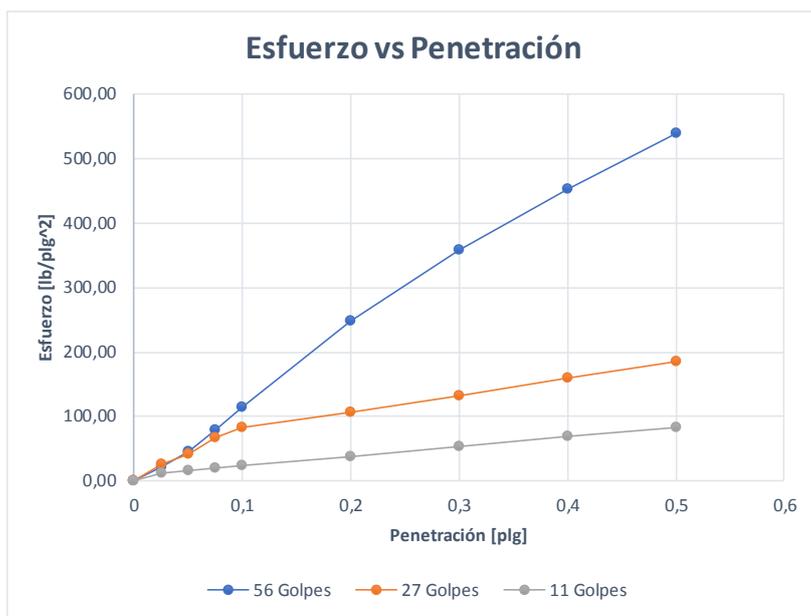
Datos después de la saturación

Muestra húmeda + molde [gr]	15004		11826		9372	
Masa del molde [gr]	10412		9096		6846	
Masa muestra húmeda [gr]	4591,951		2730,068		2526,33348	
Masa de agua absorbida [gr]	148,551		174,768		255,27348	
% de agua absorbida	3,2350		6,4016		10,1045	
Contenido de humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa de suelo húmedo + tarro [gr]	108,68	108,775	98,64	95,28	94,125	86,7
Masa de suelo seco + tarro [gr]	93,86	93,86	84,88	81,92	76,725	73,125
Masa del agua [gr]	14,82	14,915	13,76	13,36	17,4	13,575
Masa del tarro [gr]	32,6	30,7	31,1	32,5	31,8	33,1
Masa suelo seco	61,26	63,16	53,78	49,42	44,925	40,025
Contenido de agua %	24,19	23,61	25,59	27,03	38,73	33,92
W % promedio	23,90		26,31		36,32	

Ensayo

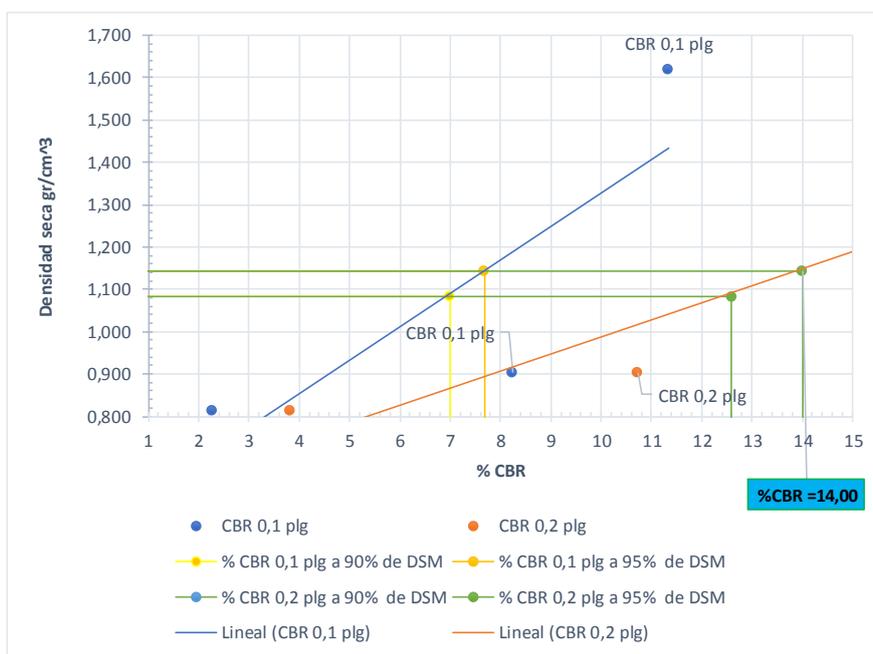
Molde N°	1		2		3	
Penetración [plg]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	65,36	21,79	75,00	25,00	33,75	11,25
0,05	133,57	44,52	125,00	41,67	47,10	15,70
0,075	233,99	78,00	200,00	66,67	57,75	19,25
0,1	340,39	113,46	247,20	82,40	68,78	22,93
0,2	743,09	247,70	322,08	107,36	114,98	38,33
0,3	1075,97	358,66	398,24	132,75	161,33	53,78
0,4	1357,36	452,45	481,44	160,48	206,25	68,75
0,5	1621,18	540,39	557,84	185,95	251,25	83,75

Gráfica esfuerzo vs Penetración



Porcentaje CBR (corregidos)

Molde N°	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,2 plg	Densidad seca
1	113,46	11%	1,619	247,70	25%	1,619
2	82,40	8%	0,904	107,36	11%	0,904
3	22,93	2%	0,815	38,33	4%	0,815
Densidad seca máxima gr/cm ³ ---->			1,202			
DSM		% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg		% CBR mayor	
90%		1,082	7		12,6	
95%		1,142	7,7		14	



Nota:

El CBR para el diseño de pavimento es el 14 %



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



Proyecto

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	10	
Cantón	Píllaro	Coordenadas:	E:782923	S:9877268
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz	
Sector:	Vía a Pisayambo	Revisado por:	Ing. Favio Portilla	

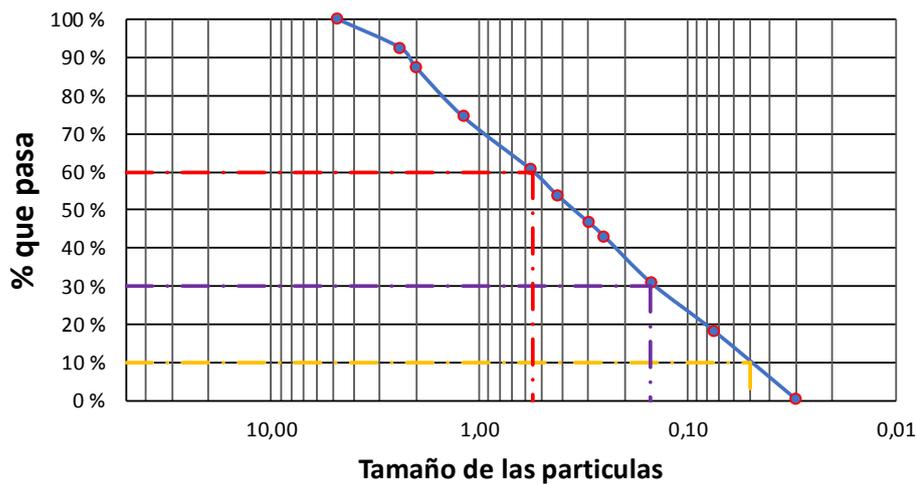
Humedad Natural- AASHTO T 265 2015

W cáps. (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% W nat	% W nat Promedio
50,20	416,20	271,00	53,58	53,47
48,20	386,60	252,40	53,17	
50,10	437,00	284,40	53,66	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AASHTO T 265 2015

W muestra seca (gr)		729,00			
10					
Tamiz	Tamaño [mm]	Pesos Retenidos (gr)	Pesos retenidos Acumulados (gr)	% Retenido	% que pasa
# 4	4,760	0	0	0	100
# 8	2,380	54,90	54,90	7,53	92,47
# 10	2,000	37,50	92,40	12,67	87,33
# 16	1,190	94,30	186,70	25,61	74,39
# 30	0,565	100,60	287,30	39,41	60,59
# 40	0,420	49,90	337,20	46,26	53,74
# 50	0,297	51,90	389,10	53,37	46,63
# 60	0,250	26,70	415,80	57,04	42,96
# 100	0,149	89,00	504,80	69,25	30,75
# 200	0,074	93,00	597,80	82,00	18,00
fuelle	0,030	130,20	728,00	99,86	0,14

REPRESENTACIÓN GRANULOMÉTRICA



COEFICIENTES DEL SUELO

D10 en mm	0,05	$C_u = D_{60}/D_{10}$	11,000
D30 en mm	0,15	$C_c = D_{30}^2/(D_{60} \cdot D_{10})$	0,818
D60 en mm	0,55	Tamaño Nominal Máximo (TNM) [mm]	2,000



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

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:

Tungurahua

Muestra #:

10

Cantón

Píllaro

Coordenadas:

E:782923 S:9877268

Parroquia:

San José de Poaló

Ensayado por:

Carlos Alberto Borja Ortiz

Sector:

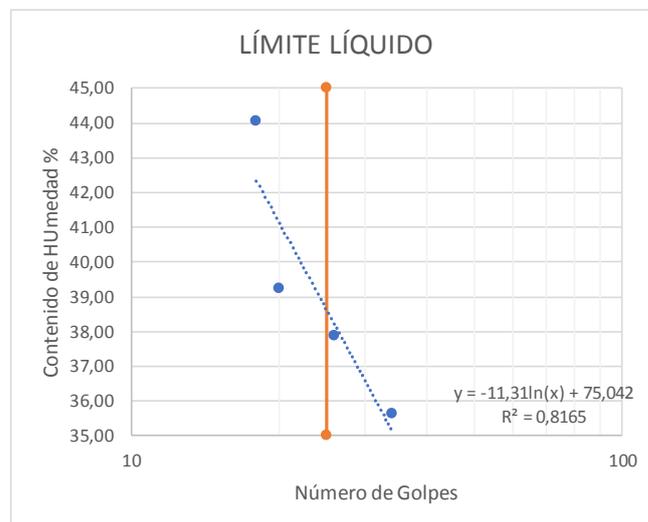
Vía a Pisayambo

Revisado por:

Ing. Favio Portilla

LÍMITE LÍQUIDO

Recipiente N°	Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Rec.	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
30	26	75,40	69,10	50,20	6,30	18,90	33,33	37,86
11		60,50	56,60	47,40	3,90	9,20	42,39	
32	18	64,20	59,50	47,40	4,70	12,10	38,84	44,07
33		59,80	56,30	49,20	3,50	7,10	49,30	
1	34	81,70	76,80	49,20	4,90	27,60	17,75	35,64
16		65,40	60,10	50,20	5,30	9,90	53,54	
17	20	70,30	64,70	48,20	5,60	16,50	33,94	39,24
18		70,80	65,10	52,30	5,70	12,80	44,53	

**LÍMITE PLÁSTICO**

N° Recipiente	Peso Muestra Húm. + Rec.	Peso Muestra Seca + Rec.	Peso Agua	Peso Recipiente	Peso Muestra Seca	W%	Promedio W%
51	23,90	23,40	0,50	22,30	1,10	45,45	31,63
52	24,30	24,00	0,30	23,10	0,90	33,33	
50	22,60	22,20	0,40	20,80	1,40	28,57	
48	5,00	4,70	0,30	3,20	1,50	20,00	
44	4,10	3,70	0,40	2,40	1,30	30,77	

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite líquido	38,6
Límite plástico	31,63
Índice plástico	6,97

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

SISTEMA	AASHTO	SUCS
	A-4	SM



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

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	10
Cantón:	Píllaro	Coordenadas:	E:782923 S:9877268
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	Vía a Pisayambo	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

Densidad de campo cono y arena AASHTO T 191 2014**Determinación del peso del suelo extraído (Wn)**

Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec	1095
Peso de la funda gr	Rec	6,1
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec	1088,9

Volumen de la perforación del suelo (Vm)

Peso inicial frasco + cono + arena	7180,00
Peso final frasco + cono + arena	5860,00
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	209,97
Peso arena en la perforación	1110,03
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)	1,582
Volumen de la perforación Vm	701,66

Determinación del contenido de humedad

Recipiente #	8	36
Peso húmedo + recipiente Wm + rec	250	217
Peso seco + recipiente Ws + rec	170	148
Peso del recipiente rec	51	48
Peso del agua Ww	80	69
Peso de los sólidos Ws	119	100
Contenido de humedad w%	67,23	69,00
contenido de humedad promedio w% prom	68,11	

Determinación de las fases del suelo

		Volumen	Peso
Vv		83,33	-
Va		3,33	0
Vw		80	80
Vs		44,91	119
Vm		128,23	199
		Wa	
	Ww		
	Ws		
	Wm		

Determinación de las propiedades índice del suelo

Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda) (ym)	1,552	gr/cm3
Densidad seca (yd)	0,923	gr/cm3
Contenido de humedad w%	68,11	%
Relación de vacíos e= Vv/Vs	1,86	Natural
Porosidad n%= Vv/Vm *100	64,98	%
Grado de saturación de agua Gw%= Vw/Vv *100	96,01	%
Grado de saturación de aire Ga%	3,99	%

Gravedad específica de sólidos AASHTO T 100 2015

Peso del picnómetro + agua Wbw	669,10	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido Wbws	697,50	gr
Desplazamiento del agua Ws + Wbw - Wbws	21,60	gr
Temperatura de agua y suelo °C	15,00	°C
Factor por corrección por temperatura K	0,9991	
Recipiente + Peso de suelo seco	572,00	gr
Peso de recipiente	47,00	gr
Peso del suelo seco Ws	48,50	gr
Gravedad específica Gs	2,31	gr

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:

Tungurahua

Muestra #:

10

Cantón

Pillaro

Coordenadas:

E:782923 S:9877268

Parroquia:

San José de Poaló

Ensayado por:

Carlos Alberto Borja Ortiz

Sector:

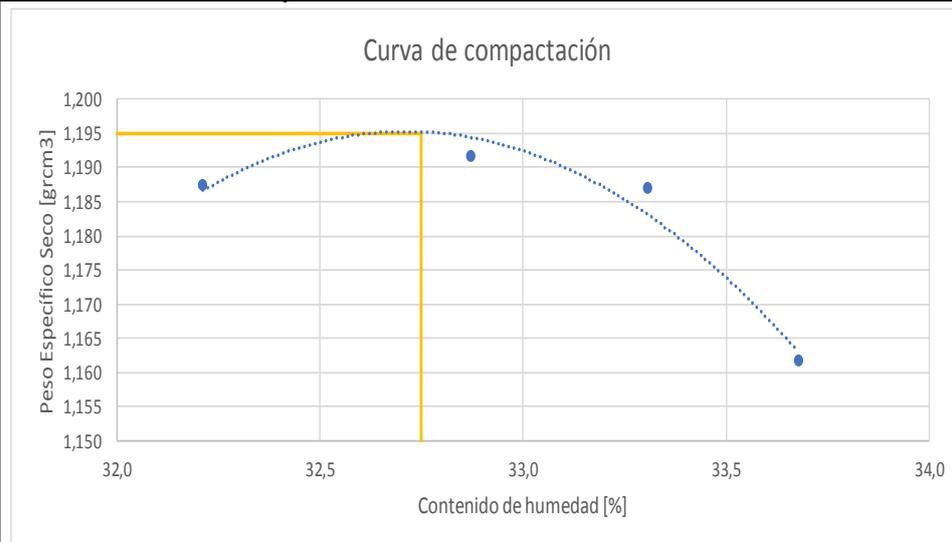
Vía a Pisayambo

Revisado por:

Ing. Favio Portilla

PROCTOR MODIFICADO - AASHTO 180 2018**Tipo de prueba** Próctor modificado tipo B**Masa del martillo** 10 Lb**Datos del molde****Altura de caída** 18 plgd**Volumen:** 2124**Número de capas** 5**Masa:** 16864 gr**Golpes por capas** 56

PRUEBA N°	1		2		3		4	
% Rango en aumento	0		1		2		3	
Suelo húmedo+molde (gr)	19160		19210		19220		19160	
Masa molde (gr)	15440		15440		15440		15440	
Masa suelo húmedo (gr)	3720		3770		3780		3720	
Peso unitario húm. (gr/cm³)	1,751		1,775		1,780		1,751	
Masa del tarro (gr)	49,2	51,1	47,4	47,4	47,4	51,1	48,2	47,4
Masa suelo húm.+tarro (gr)	206,3	191,8	223,2	241,7	268,1	267,6	233,2	257,7
Masa suelo seco+tarro (gr)	156,9	145,4	165,8	177,4	195,6	194,5	171,4	186,3
Masa del agua (gr)	49,4	46,4	57,4	64,3	72,5	73,1	61,8	71,4
Masa suelo seco (gr)	157,1	140,7	175,8	194,3	220,7	216,5	185	210,3
Contenido de agua (%)	31,445	32,978	32,651	33,093	32,850	33,764	33,405	33,951
w (%) Promedio	32,211		32,872		33,307		33,678	
Peso unitario seco (gr/cm³)	1,187		1,191		1,187		1,162	
Densidad Seca Máxima (γ máx)	1,195							
Humedad Óptima:	32,75							
Grado de compactación	99,35							

**Descripción del ensayo**

La máxima densidad alcanzada según la gráfica de Peso específico vs Contenido de Humedad es de 1,195 gr/cm³ la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 32,75 %



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

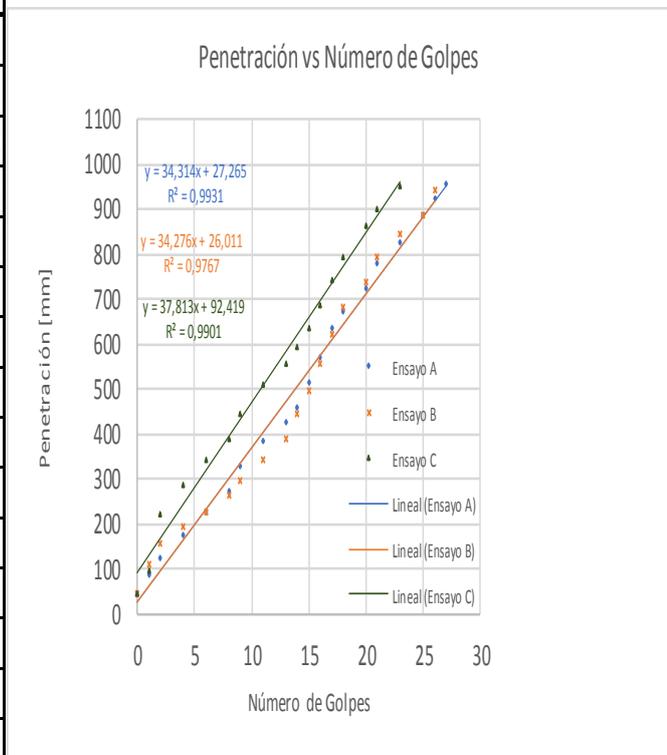


Proyecto

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	10
Cantón:	Píllaro	Coordenadas:	E:782923 S:9877268
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	Vía a Pisayambo	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

#	Ensayo A	Ensayo B	Ensayo C
Número de golpes	Penetración acumulada	Penetración acumulada	Penetración acumulada
#	[mm]	[mm]	[mm]
0	45	45	45
1	85	110	95
2	123	155	220
4	175	195	285
6	225	225	345
8	272	265	388
9	330	297	447
11	385	345	512
13	425	387	555
14	460	445	595
15	515	495	635
16	570	555	687
17	638	620	741
18	675	680	795
20	725	740	862
21	778	795	901
23	825	845	950
25	885	885	
26	925	945	
27	955		



	DN (mm/golpe)	DN (prom)
A	34,314	35,468
B	34,276	
C	37,813	



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

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia: Tungurahua **Muestra #:** 10
Cantón: Pillaro **Coordenadas:** E:782923 S:9877268
Parroquia: San José de Poaló **Ensayado por:** Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector: Vía a Pisayambo **Revisado por:** Ing. Favio Portilla

CBR de laboratorio - AASHTO T 193-2013

Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		27		11	
Muestra húmeda + Molde [gr]	12983,65		11265		9921	
Masa del molde [gr]	7609		7525		6154	
Masa muestra húmeda [gr]	5375,1		3740,1		3766,48	
Volúmen muestra [cm ³]	2343,37		2340,42		2347,17	
Peso unitario húmedo [gr/cm ³]	2,294		1,598		1,605	
Contenido de humedad	Base	Molde	Base	Molde	Base	Molde
Masa suelo húmedo + recip [gr]	147,01725	163,172	90,3357	117,6084	126,10232	109,15138
Masa suelo seco + recip [gr]	125,8085	142,0535	79,8525	100,9008	99,40855	90,53703
Masa de agua [gr]	21,20875	21,1185	10,4832	16,7076	26,69377	18,61435
Masa del recip [gr]	30,2	33,2	32,8	32,5	31,9	33,6
Masa suelo seco [gr]	95,6085	108,8535	47,0525	68,4008	67,50855	56,93703
Contenido de humedad W%	22,18	19,40	22,28	24,43	39,54	32,69
W % promedio	20,79		23,35		36,12	
Peso unitario seco [gr/cm ³]	1,389		1,287		1,013	

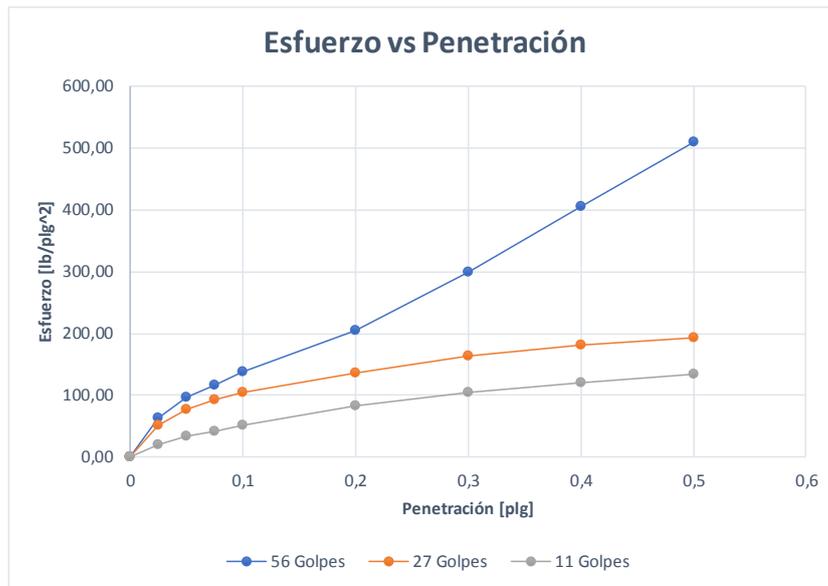
Datos despues de la saturación

Muestra húmeda + molde [gr]	13088		11434		10199	
Masa del molde [gr]	7609		7525		6154	
Masa muestra húmeda [gr]	5478,9692		3909,07335		4044,26324	
Masa de agua absorbida [gr]	103,8692		168,97335		277,78324	
% de agua absorbida	1,8958		4,3226		6,8686	
Contenido de humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa de suelo húmedo + tarro [gr]	108,74864	108,8437	120,14352	116,05104	121,27316	111,706592
Masa de suelo seco + tarro [gr]	96,824	96,824	101,856	98,304	96,162	91,65
Masa del agua [gr]	11,92464	12,0197	18,28752	17,74704	25,11116	20,056592
Masa del tarro [gr]	32,6	30,7	31,1	32,5	31,8	33,1
Masa suelo seco	64,224	66,124	70,756	65,804	64,362	58,55
Contenido de agua %	18,57	18,18	25,85	26,97	39,02	34,26
W % promedio	18,37		26,41		36,64	

Ensayo

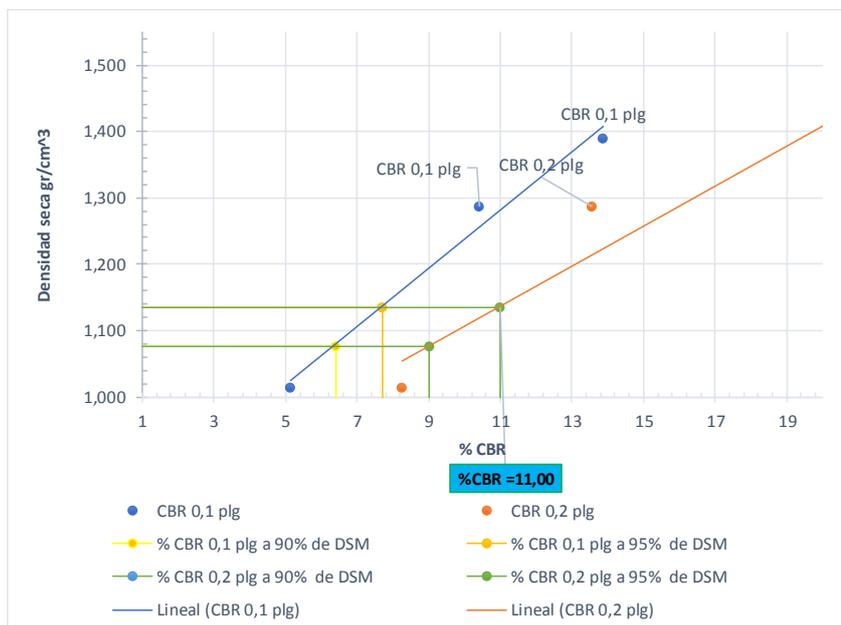
Molde N°	1		2		3	
Penetración [plg]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	191,10	63,70	153,49	51,16	60,71	20,24
0,05	289,10	96,37	230,92	76,97	100,32	33,44
0,075	347,90	115,97	277,07	92,36	121,68	40,56
0,1	416,50	138,83	312,82	104,27	154,19	51,40
0,2	612,50	204,17	406,75	135,58	248,11	82,70
0,3	896,42	298,81	493,39	164,46	312,88	104,29
0,4	1219,62	406,54	543,37	181,12	360,62	120,21
0,5	1531,23	510,41	581,76	193,92	401,01	133,67

Gráfica esfuerzo vs Penetración



Porcentaje CBR (corregidos)

Molde N°	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,2 plg	Densidad seca
1	138,83	14%	1,389	204,17	20%	1,389
2	104,27	10%	1,287	135,58	14%	1,287
3	51,40	5%	1,013	82,70	8%	1,013
Densidad seca máxima gr/cm ³ ---->			1,195			
DSM		% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg		% CBR mayor	
90%	1,076	6,4	9		9	
95%	1,135	7,7	11		11	



Nota:

El CBR para el diseño de pavimento es el

11

%



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



Proyecto

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia: Tungurahua **Muestra #:** 11
Cantón: Píllaro **Coordenadas:** E:783126 S:9880476
Parroquia: San José de Poaló **Ensayado por:** Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector: Sillaloma **Revisado por:** Ing. Favio Portilla

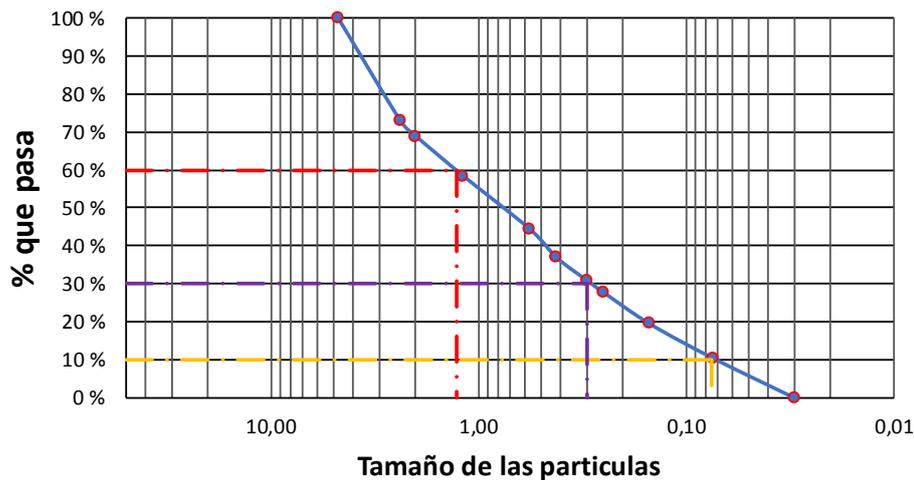
Humedad Natural- AASHTO T 265 2015

W cáps. (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% W nat	% W nat Promedio
50,20	912,70	855,90	6,64	7,26
50,20	602,30	558,90	7,77	
48,20	610,10	568,25	7,36	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AASHTO T 265 2015

W muestra seca (gr)		11			
		999,00			
Tamiz	Tamaño [mm]	Pesos Retenidos (gr)	Pesos retenidos Acumulados (gr)	% Retenido	% que pasa
# 4	4,760	0	0	0	100
# 8	2,380	270,70	270,70	27,10	72,90
# 10	2,000	40,60	311,30	31,16	68,84
# 16	1,190	103,40	414,70	41,51	58,49
# 30	0,565	141,00	555,70	55,63	44,37
# 40	0,420	74,60	630,30	63,09	36,91
# 50	0,297	61,70	692,00	69,27	30,73
# 60	0,250	29,50	721,50	72,22	27,78
# 100	0,149	83,30	804,80	80,56	19,44
# 200	0,074	89,90	894,70	89,56	10,44
fuelle	0,030	104,10	998,80	99,98	0,02

REPRESENTACIÓN GRANULOMÉTRICA



COEFICIENTES DEL SUELO

D10 en mm	0,075	$C_u = D_{60}/D_{10}$	17,067
D30 en mm	0,3	$C_c = D_{30}^2/(D_{60}*D_{10})$	0,9375
D60 en mm	1,28	Tamaño Nominal Máximo (TNM) [mm]	2,380

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:

Tungurahua

Muestra #:

11

Cantón

Pillaro

Coordenadas:

E:783126 S:9880476

Parroquia:

San José de Poaló

Ensayado por:

Carlos Alberto Borja Ortiz

Sector:

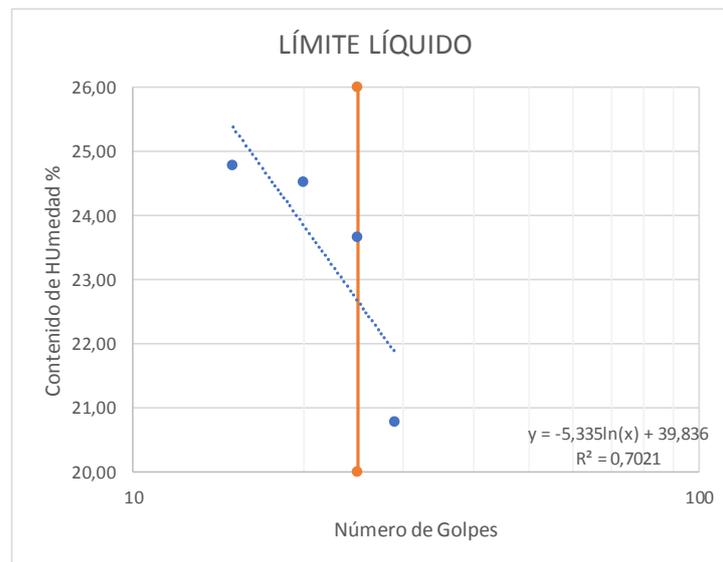
Sillaloma

Revisado por:

Ing. Favio Portilla

LÍMITE LÍQUIDO

Recipiente N°	Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Rec.	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
48	15	59,80	52,30	26,50	7,50	25,80	29,07	24,78
47		47,00	43,70	27,60	3,30	16,10	20,50	
45	29	62,40	55,60	25,10	6,80	30,50	22,30	20,80
42		41,20	39,00	27,60	2,20	11,40	19,30	
40	20	65,90	57,40	28,30	8,50	29,10	29,21	24,52
43		41,00	38,60	26,50	2,40	12,10	19,83	
44	25	51,30	47,40	28,30	3,90	19,10	20,42	23,67
46		44,80	41,30	28,30	3,50	13,00	26,92	

**LÍMITE PLÁSTICO**

N° Recipiente	Peso Muestra Húm. + Rec.	Peso Muestra Seca + Rec.	Peso Agua	Peso Recipiente	Peso Muestra Seca	W%	Promedio W%
6	8,2	7,70	0,50	6,10	1,60	31,25	20,61
7	8,50	8,10	0,40	6,10	2,00	20,00	
8	8,30	8,00	0,30	6,10	1,90	15,79	
9	8,90	8,50	0,40	6,10	2,40	16,67	
10	9,80	9,20	0,60	6,10	3,10	19,35	

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite líquido	22,6
Límite plástico	20,61
Índice plástico	1,99

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

SISTEMA	CLASIFICACIÓN
AASHTO	A-2-4
SUCS	SW-SM



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



Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Proyecto

Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	11
Cantón:	Pillaro	Coordenadas:	E:783126 S:9880476
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	Sillaloma	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

Densidad de campo cono y arena AASHTO T 191 2014

Determinación del peso del suelo extraído (Wn)

Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec	1682
Peso de la funda gr	Rec	6,1
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec	1675,9

Volumen de la perforación del suelo (Vm)

Peso inicial frasco + cono + arena	7190,00
Peso final frasco + cono + arena	5520,00
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	209,97
Peso arena en la perforación	1460,03
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)	1,582
Volumen de la perforación Vm	922,90

Determinación del contenido de humedad

Recipiente #	18	23
Peso húmedo + recipiente Wm + rec	216	207
Peso seco + recipiente Ws + rec	173	167
Peso del recipiente rec	52	47
Peso del agua Ww	43	40
Peso de los solidos Ws	121	120
Contenido de humedad w%	35,54	33,33
contenido de humedad promedio w% prom	34,44	

Determinación de las fases del suelo

		Volumen	Peso
Vv		44,65	-
Va	Wa	1,65	0
Vw	Ww	43	43
Vs	Ws	45,66	121
Vm	Wm	90,31	164

Determinación de las propiedades índice del suelo

Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda) (ym)	1,816	gr/cm3
Densidad seca (yd)	1,351	gr/cm3
Contenido de humedad w%	34,44	%
Relación de vacíos e= Vv/Vs	0,98	Natural
Porosidad n%= Vv/Vm *100	49,44	%
Grado de saturación de agua Gw%= Vw/Vv *100	96,30	%
Grado de saturación de aire Ga%	3,70	%

Gravedad específica de sólidos AASHTO T 100 2015

Peso del picnometro + agua Wbw	668,27	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido Wbws	697,70	gr
Desplazamiento del agua Ws + Wbw - Wbws	20,57	gr
Temperatura de agua y suelo °C	22,10	°C
Factor por corrección por temperatura K	0,99775	
Recipiente + Peso de suelo seco	778,70	gr
Peso de recipiente	252,20	gr
Peso del suelo seco Ws	49,80	gr
Gravedad específica Gs	2,43	gr

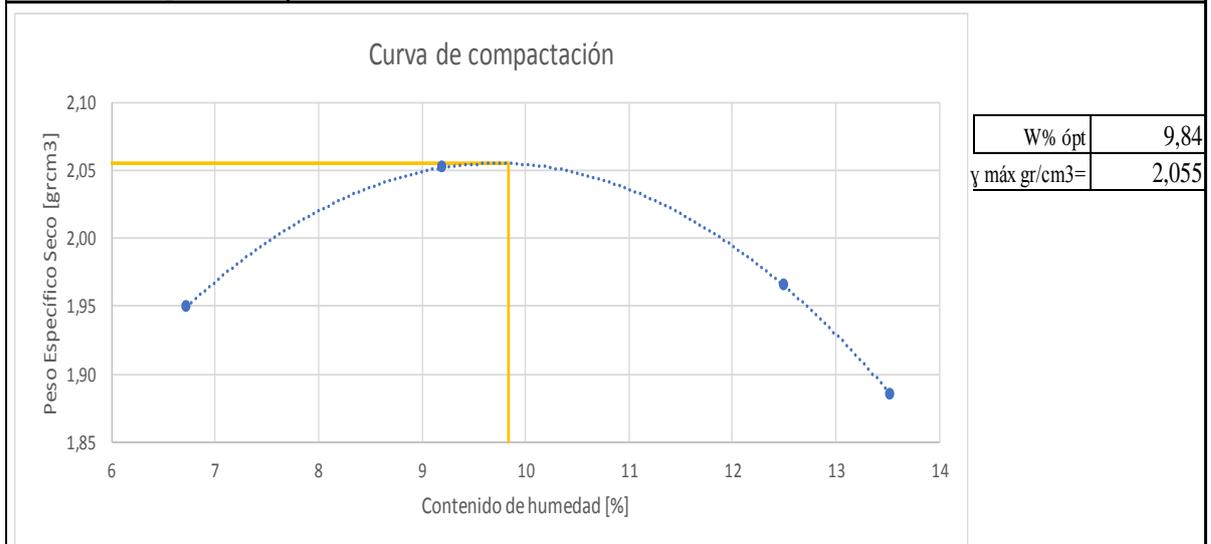
**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	11
Cantón	Pillaro	Coordenadas:	E:783126 S:9880476
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	Sillaloma	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

PROCTOR MODIFICADO - AASHTO 180 2018

Tipo de prueba	Próctor modificado tipo B		Masa del martillo	10 Lb				
Datos del molde			Altura de caída	18 plgd				
Volumen:	2124		Número de capas	5				
Masa:	16864 gr		Golpes por capas	56				
PRUEBA N°	1	2	3	4				
% Rango en aumento	0	4	8	12				
Suelo húmedo+molde (gr)	19880	20240	20210	20070				
Masa molde (gr)	15440	15440	15440	15440				
Masa suelo húmedo (gr)	4440	4800	4770	4630				
Peso unitario húm. (gr/cm³)	2,090	2,260	2,246	2,180				
Masa del tarro (gr)	47,4	49,2	47,4	47,4	48,2	50,2	50,2	48,2
Masa suelo húm.+tarro (gr)	224,1	252,5	218,4	221,3	225,2	245,4	298	284,3
Masa suelo seco+tarro (gr)	211,8	239,3	201,1	206,9	202,8	221,3	266,4	250,5
Masa del agua (gr)	12,3	13,2	17,3	14,4	22,4	24,1	31,6	33,8
Masa suelo seco (gr)	176,7	203,3	171	173,9	177	195,2	247,8	236,1
Contenido de agua (%)	6,961	6,493	10,117	8,281	12,655	12,346	12,752	14,316
w (%) Promedio	6,727		9,199		12,501		13,534	
Peso unitario seco (gr/cm³)	1,950		2,052		1,965		1,885	
Densidad Seca Máxima (γ máx)	2,055							
Humedad Óptima:	9,84							
Grado de compactación	94,88							

**Descripción del ensayo**

La máxima densidad alcanzada según la gráfica de Peso específico vs Contenido de Humedad es de 2,055 gr/cm³ la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 9,84 %



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

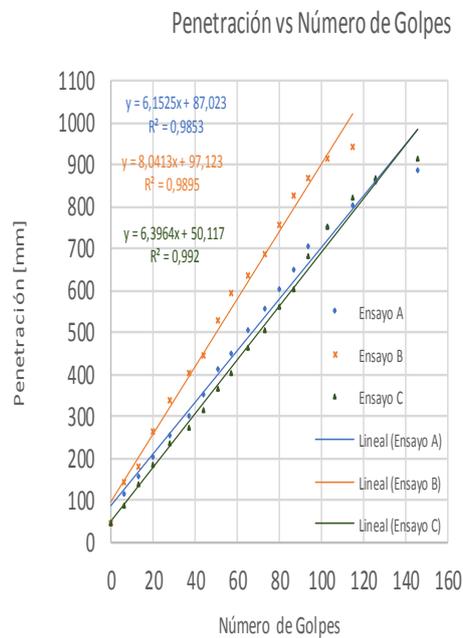


Proyecto

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	11
Cantón	Pillaro	Coordenadas:	E:783126 S:9880476
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	Sillaloma	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

#	Ensayo A	Ensayo B	Ensayo C
Número de golpes	Penetración acumulada	Penetración acumulada	Penetración acumulada
#	[mm]	[mm]	[mm]
0	45	45	45
6	115	145	85
13	158	180	140
20	205	265	185
28	253	336	235
37	300	405	275
44	352	445	315
51	412	528	365
57	450	595	405
65	505	635	463
73	557	685	505
80	605	758	562
87	652	825	604
94	705	867	684
103	752	915	752
115	802	945	824
126	858		867
146	885		915



	DN (mm/golpe)	DN (prom)
A	6,1525	6,863
B	8,0413	
C	6,3964	



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



Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Proyecto

Provincia:

Tungurahua

Muestra #:

11

Cantón

Píllaro

Coordenadas:

E:783126 S:9880476

Parroquia:

San José de Poaló

Ensayado por:

Carlos Alberto Borja Ortiz

Sector:

Sillaloma

Revisado por:

Ing. Favio Portilla

CBR de laboratorio - AASHTO T 193-2013

Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		27		11	
Muestra húmeda + Molde [gr]	11670,12		12038		9893	
Masa del molde [gr]	8236		8758		7341	
Masa muestra húmeda [gr]	3434,31		3280,35		2551,64	
Volúmen muestra [cm ³]	2343,37		2340,42		2347,17	
Peso unitario húmedo [gr/cm ³]	1,466		1,402		1,087	
Contenido de humedad	Base	Molde	Base	Molde	Base	Molde
Masa suelo húmedo + recip [gr]	136,422	163,053	131,765	120,175	108,381	55,146
Masa suelo seco + recip [gr]	117,216	135,432	110,295	101,65	89,635	48,958
Masa de agua [gr]	19,206	27,621	21,47	18,525	18,746	6,188
Masa del recip [gr]	30,2	33,2	32,8	32,5	31,9	33,6
Masa suelo seco [gr]	87,016	102,232	77,495	69,15	57,735	15,358
Contenido de humedad W%	22,07	27,02	27,71	26,79	32,47	40,29
W % promedio	24,54		27,25		36,38	
Peso unitario seco [gr/cm ³]	2,387		2,210		1,657	

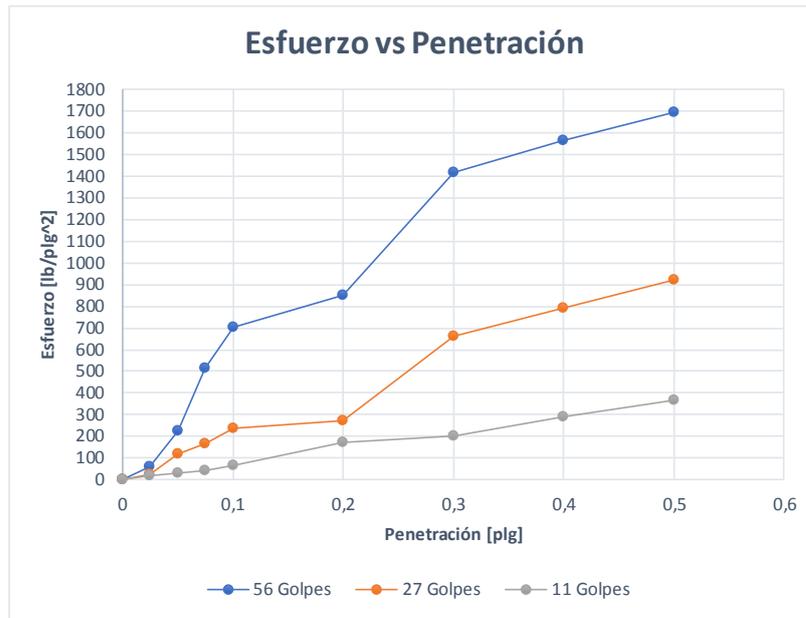
Datos despues de la saturación

Muestra húmeda + molde [gr]	11787		12279		10199	
Masa del molde [gr]	8318		8933		7569	
Masa muestra húmeda [gr]	3468,6531		3345,957		2630,74084	
Masa de agua absorbida [gr]	116,7012		240,768		306,67091	
% de agua absorbida	3,3645		7,1958		11,6572	
Contenido de humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa de suelo húmedo + tarro [gr]	97,679	114,363	103,1585	108,5625	103,4268	104,0904
Masa de suelo seco + tarro [gr]	80,704	93,896	86,078	89,359	92,1456	83,8032
Masa del agua [gr]	16,975	20,467	17,0805	19,2035	11,2812	20,2872
Masa del tarro [gr]	32,6	30,7	31,1	32,5	31,8	33,1
Masa suelo seco	48,104	63,196	54,978	56,859	60,3456	50,7032
Contenido de agua %	35,29	32,39	31,07	33,77	18,69	40,01
W % promedio	33,84		32,42		29,35	

Ensayo

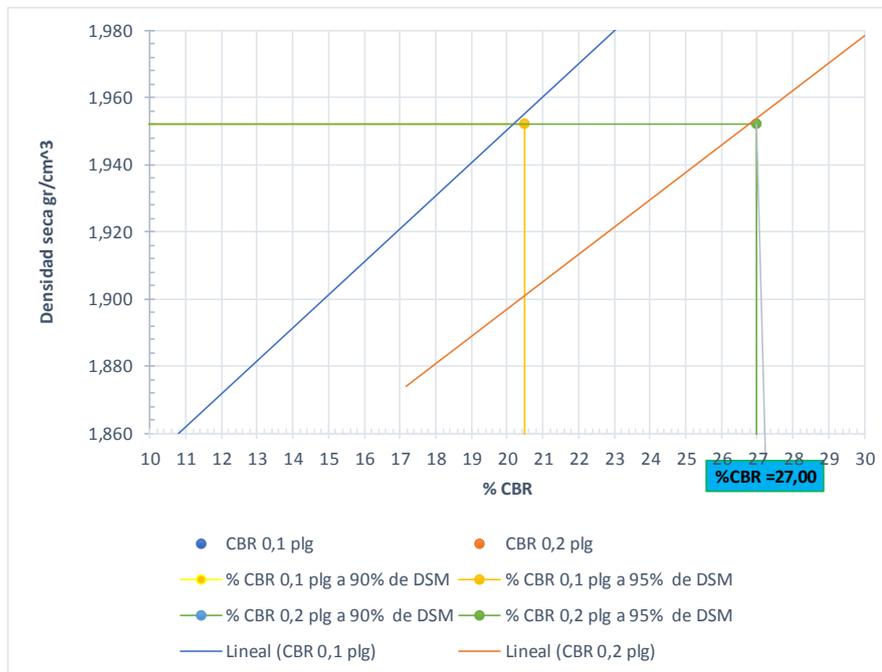
Molde N°	1		2		3	
	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	183,33	61,11	79,42	26,47	61,15	20,38
0,05	666,78	222,26	350,78	116,93	98,12	32,71
0,075	1545,21	515,07	504,79	168,26	122,48	40,83
0,1	2476,70	825,57	719,21	239,74	194,81	64,94
0,2	3737,99	1246,00	815,40	271,80	455,04	151,68
0,3	4246,85	1415,62	1984,62	661,54	611,08	203,69
0,4	4697,90	1565,97	2380,27	793,42	861,54	287,18
0,5	5096,48	1698,83	2768,20	922,73	1106,13	368,71

Gráfica esfuerzo vs Penetración



Porcentaje CBR (corregidos)

Molde N°	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,2 plg	Densidad seca
1	705,17	71%	2,387	848,50	85%	2,387
2	239,74	24%	2,210	271,80	27%	2,210
3	64,94	6%	1,657	171,60	17%	1,657
Densidad seca máxima gr/cm ³ ---->			2,055			
DSM		% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg		% CBR mayor	
90%	1,850	6	8		8	
95%	1,952	20,5	27		27	



Nota: El CBR para el diseño de pavimento es el 27 %



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

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

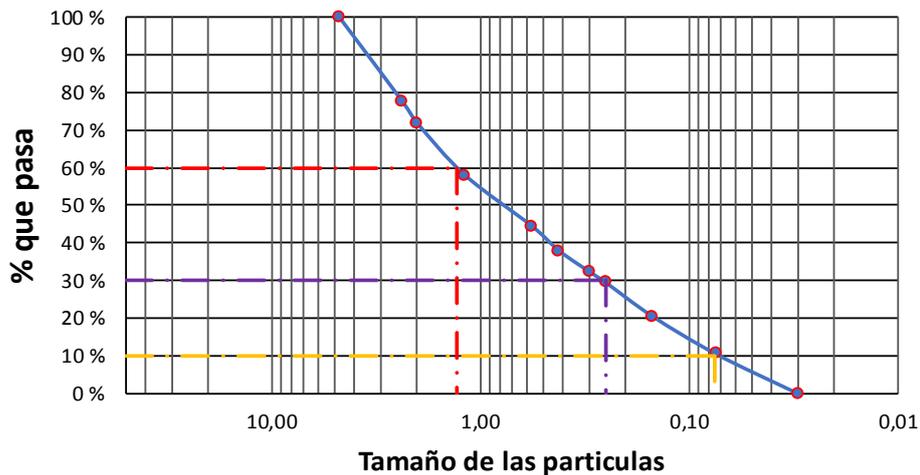
Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	12
Cantón:	Píllaro	Coordenadas:	E:783532 S:9879382
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	Tungilarca	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

Humedad Natural- AASHTO T 265 2015

W cáps. (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% W nat	% W nat Promedio
52,30	496,00	323,10	53,51	33,30
48,20	422,00	339,20	24,41	
48,20	349,30	286,40	21,96	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AASHTO T 265 2015

W muestra seca (gr)		753,00			
12					
Tamiz	Tamaño [mm]	Pesos Retenidos (gr)	Pesos retenidos Acumulados (gr)	% Retenido	% que pasa
# 4	4,760	0	0	0	100
# 8	2,380	167,40	167,40	22,23	77,77
# 10	2,000	45,50	212,90	28,27	71,73
# 16	1,190	102,70	315,60	41,91	58,09
# 30	0,565	102,60	418,20	55,54	44,46
# 40	0,420	48,80	467,00	62,02	37,98
# 50	0,297	43,30	510,30	67,77	32,23
# 60	0,250	20,60	530,90	70,50	29,50
# 100	0,149	67,80	598,70	79,51	20,49
# 200	0,074	75,00	673,70	89,47	10,53
fuelle	0,030	78,90	752,60	99,95	0,05

REPRESENTACIÓN GRANULOMÉTRICA**COEFICIENTES DEL SUELO**

D10 en mm	0,075	$Cu = D60/D10$	17,333
D30 en mm	0,25	$Cc = D30^2/(D60 \cdot D10)$	0,641
D60 en mm	1,3	Tamaño Nominal Máximo (TNM) [mm]	2,380

**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:

Tungurahua

Muestra #:

12

Cantón

Píllaro

Coordenadas:

E:783532 S:9879382

Parroquia:

San José de Poaló

Ensayado por:

Carlos Alberto Borja Ortiz

Sector:

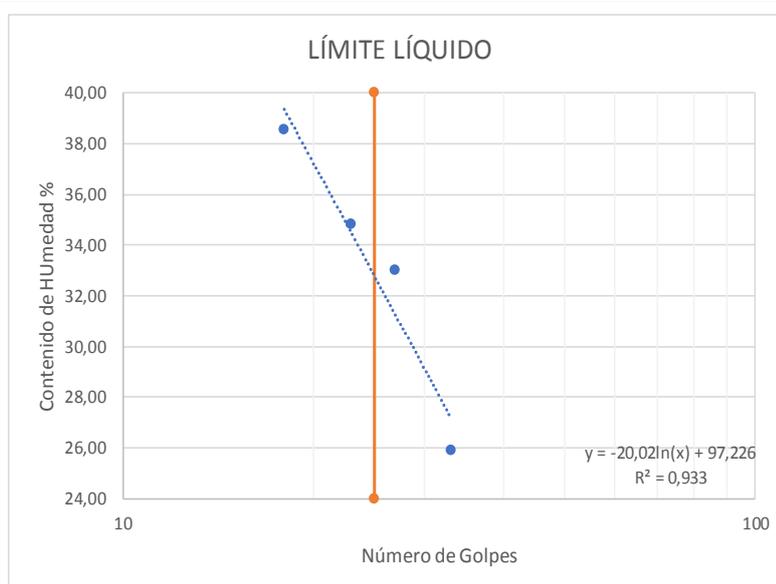
Tungilarca

Revisado por:

Ing. Favio Portilla

LÍMITE LÍQUIDO

Recipiente N°	Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Rec.	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
33	18	69,60	63,00	48,20	6,60	14,80	44,59	38,55
1		64,10	60,20	48,20	3,90	12,00	32,50	
17	23	82,00	73,80	48,20	8,20	25,60	32,03	34,82
16		65,20	61,10	50,20	4,10	10,90	37,61	
22	33	65,20	61,30	47,40	3,90	13,90	28,06	25,89
5		69,50	65,80	50,20	3,70	15,60	23,72	
32	27	77,00	69,10	47,40	7,90	21,70	36,41	33,00
11		60,10	57,20	47,40	2,90	9,80	29,59	

**LÍMITE PLÁSTICO**

N° Recipiente	Peso Muestra Húm. + Rec.	Peso Muestra Seca + Rec.	Peso Agua	Peso Recipiente	Peso Muestra Seca	W%	Promedio W%
11	12,8	12,40	0,40	10,70	1,70	23,53	29,26
12	12,80	12,40	0,40	10,70	1,70	23,53	
13	12,40	12,00	0,40	10,70	1,30	30,77	
14	12,50	12,00	0,50	10,70	1,30	38,46	
15	12,00	11,70	0,30	10,70	1,00	30,00	

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite líquido	32,9
Límite plástico	29,26
Índice plástico	3,64

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

SISTEMA	AASHTO	SUCS
	A-2-4	SW-SM



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



Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Proyecto

Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	12
Cantón:	Píllaro	Coordenadas:	E:783532 S:9879382
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	Tungilarca	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

Densidad de campo cono y arena AASHTO T 191 2014

Determinación del peso del suelo extraído (Wn)

Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec	1181
Peso de la funda gr	Rec	6,1
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec	1174,9

Volumen de la perforación del suelo (Vm)

Peso inicial frasco + cono + arena	7150,00
Peso final frasco + cono + arena	5750,00
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	209,97
Peso arena en la perforación	1190,03
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)	1,582
Volumen de la perforación Vm	752,23

Determinación del contenido de humedad

Recipiente #		31	27
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	208	215
Peso seco + recipiente	Ws + rec	160	166
Peso del recipiente	rec	48	50
Peso del agua	Ww	48	49
Peso de los solidos	Ws	112	116
Contenido de humedad	w%	42,86	42,24
contenido de humedad promedio	w% prom	42,55	

Determinación de las fases del suelo

		Volumen	Peso	
Vv		61,87	-	
Va		Wa	12,87	0
Vw		Ww	49	49
Vs		Ws	43,77	116
Vm		Wm	105,64	165

Determinación de las propiedades índice del suelo

Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1,562	gr/cm ³
Densidad seca	(γ_d)	1,096	gr/cm ³
Contenido de humedad	w%	42,55	%
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	1,41	Natural
Porosidad	n%= Vv/Vm *100	58,56	%
Grado de saturación de agua	Gw%= Vw/Vv *100	79,20	%
Grado de saturación de aire	Ga%	20,80	%

Gravedad específica de sólidos AASHTO T 100 2015

Peso del picnometro + agua Wbw	669,10	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido Wbws	697,17	gr
Desplazamiento del agua Ws + Wbw - Wbws	21,93	gr
Temperatura de agua y suelo °C	15,00	°C
Factor por corrección por temperatura K	0,9991	
Recipiente + Peso de suelo seco	574,00	gr
Peso de recipiente	48,00	gr
Peso del suelo seco Ws	49,00	gr
Gravedad específica Gs	2,28	gr

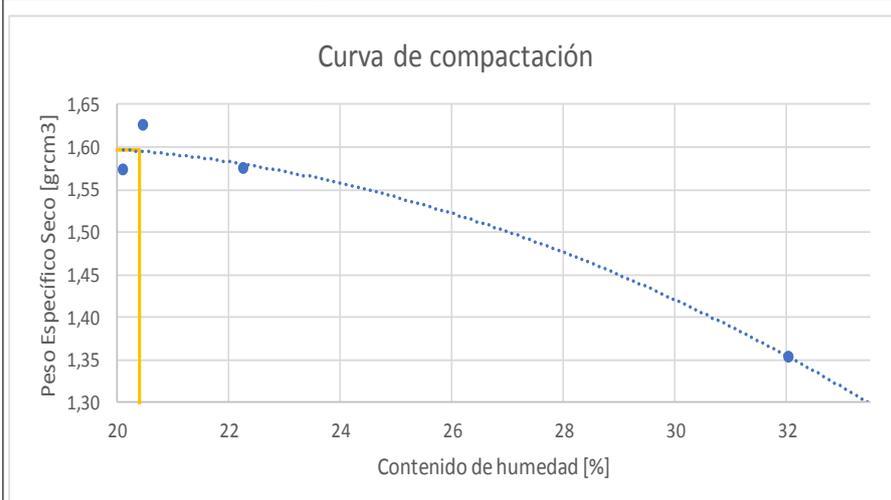
**Proyecto**

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Provincia: Tungurahua **Muestra #:** 12
Cantón: Pillaro **Coordenadas:** E:783532 S:9879382
Parroquia: San José de Poaló **Ensayado por:** Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector: Tungurahua **Revisado por:** Ing. Favio Portilla

PROCTOR MODIFICADO - AASHTO 180 2018

Tipo de prueba	Próctor modificado tipo B		Masa del martillo	10 Lb				
Datos del molde			Altura de caída	18 plgd				
Volumen:	2124		Número de capas	5				
Masa:	16864 gr		Golpes por capas	56				
PRUEBA N°	1	2	3	4				
% Rango en aumento	0	2	4	6				
Suelo húmedo+molde (gr)	19620	19780	19740	19670				
Masa molde (gr)	15440	15440	15440	15440				
Masa suelo húmedo (gr)	4180	4340	4300	4230				
Peso unitario húm. (gr/cm³)	1,968	2,043	2,024	1,992				
Masa del tarro (gr)	47,4	48,2	51,1	49,2	47,4	50,2	48,2	51,1
Masa suelo húm.+tarro (gr)	168,1	165,9	190,4	198,5	241,2	229,7	280	295,4
Masa suelo seco+tarro (gr)	144,8	141,3	161,2	168,7	198,3	189,5	208,1	214,6
Masa del agua (gr)	23,3	24,6	29,2	29,8	42,9	40,2	71,9	80,8
Masa suelo seco (gr)	120,7	117,7	139,3	149,3	193,8	179,5	231,8	244,3
Contenido de agua (%)	19,304	20,901	20,962	19,960	22,136	22,396	31,018	33,074
w (%) Promedio	20,102		20,461		22,266		32,046	
Peso unitario seco (gr/cm³)	1,572		1,625		1,574		1,353	
Densidad Seca Máxima (γ máx)	1,597							
Humedad Óptima:	20,40							
Grado de compactación	98,46							



W% ópt	20,40
γ máx gr/cm³=	1,597

Descripción del ensayo

La máxima densidad alcanzada según la gráfica de Peso específico vs Contenido de Humedad es de 1,597 gr/cm³ la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 20,4 %



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

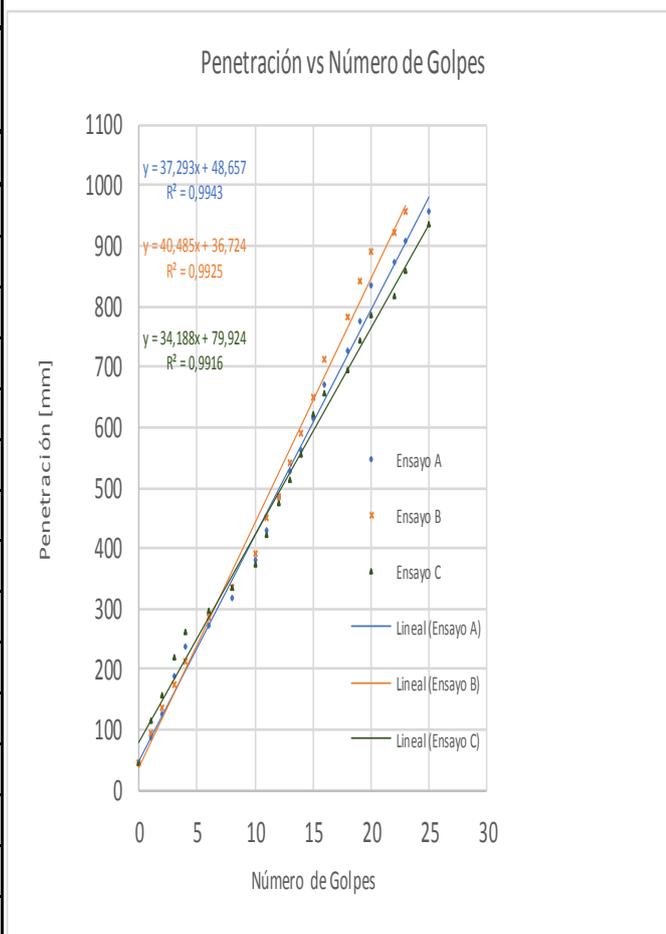


Proyecto

Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua

Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	12
Cantón	Píllaro	Coordenadas:	E:783532 S:9879382
Parroquia:	San José de Poaló	Ensayado por:	Carlos Alberto Borja Ortiz
Sector:	Tungurarca	Revisado por:	Ing. Favio Portilla

#	Ensayo A	Ensayo B	Ensayo C
Número de golpes	Penetración acumulada	Penetración acumulada	Penetración acumulada
#	[mm]	[mm]	[mm]
0	45	45	45
1	85	95	115
2	123	135	155
3	188	175	220
4	235	213	260
6	272	285	295
8	316	335	335
10	380	390	374
11	430	450	423
12	485	485	475
13	525	540	512
14	563	590	555
15	615	650	621
16	670	710	655
18	725	780	695
19	773	840	742
20	834	890	785
22	873	920	815
23	906	955	860
25	955		935



	DN (mm/golpe)	DN (prom)
A	37,293	37,322
B	40,485	
C	34,188	



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



Correlación entre el CBR, DCP, las propiedades Índice y Mecánicas en los suelos granulares de la parroquia San José de Poaló del Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua

Proyecto

Provincia: Tungurahua **Muestra #:** 12
Cantón: Pillaro **Coordenadas:** E:783532 S:9879382
Parroquia: San José de Poaló **Ensayado por:** Carlos Alberto Borja Otiz
Sector: Tungilarca **Revisado por:** Ing. Favio Portilla

CBR de laboratorio - AASHTO T 193-2013

Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		27		11	
Muestra húmeda + Molde [gr]	12152		12819		9911	
Masa del molde [gr]	8319		9219		8067	
Masa muestra húmeda [gr]	3833		3600		1844	
Volúmen muestra [cm ³]	2343,37		2340,42		2347,17	
Peso unitario húmedo [gr/cm ³]	1,636		1,538		0,786	
Contenido de humedad	Base	Molde	Base	Molde	Base	Molde
Masa suelo húmedo + recip [gr]	134,9	129,0	121,2	152,3	119,9	142,7
Masa suelo seco + recip [gr]	113,1	109,4	103,5	127,9	108,8	121,5
Masa de agua [gr]	21,8	19,6	17,7	24,4	11,1	21,2
Masa del recip [gr]	30,2	33,2	32,8	32,5	31,9	33,6
Masa suelo seco [gr]	82,9	76,2	70,7	95,4	76,9	87,9
Contenido de humedad W%	26,30	25,72	25,04	25,58	14,43	24,12
W % promedio	26,01		25,31		19,28	
Peso unitario seco [gr/cm ³]	1,687		1,578		0,657	

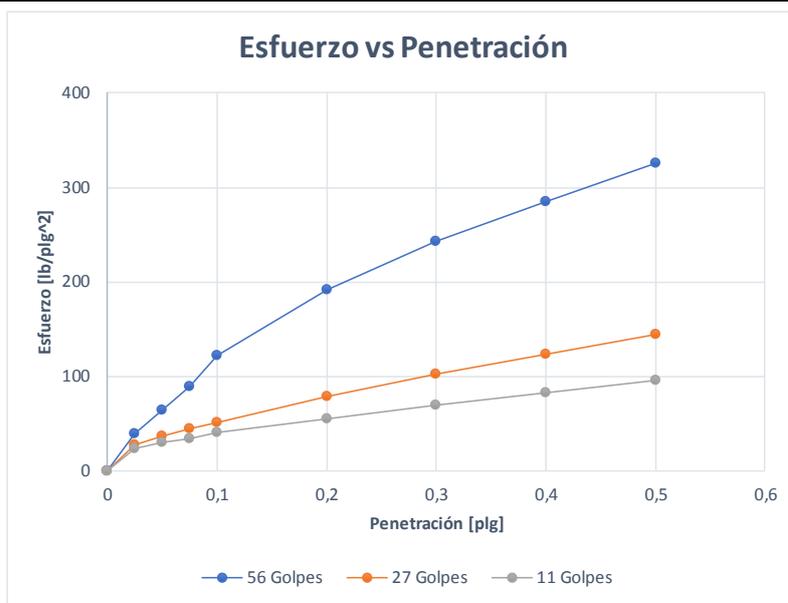
Datos despues de la saturación

Muestra húmeda + molde [gr]	1		2		3	
Muestra húmeda + molde [gr]	12363		13171		10291	
Masa del molde [gr]	8319		9219		8067	
Masa muestra húmeda [gr]	4044		3952		2224	
Masa de agua absorbida [gr]	211		352		380	
% de agua absorbida	5,2176		8,9069		17,0863	
Contenido de humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa de suelo húmedo + tarro [gr]	97,679	114,363	103,1585	108,5625	103,4268	104,0904
Masa de suelo seco + tarro [gr]	80,704	93,896	86,078	89,359	92,1456	83,8032
Masa del agua [gr]	16,975	20,467	17,0805	19,2035	11,2812	20,2872
Masa del tarro [gr]	32,6	30,7	31,1	32,5	31,8	33,1
Masa suelo seco	48,104	63,196	54,978	56,859	60,3456	50,7032
Contenido de agua %	35,29	32,39	31,07	33,77	18,69	40,01
W % promedio	33,84		32,42		29,35	

Ensayo

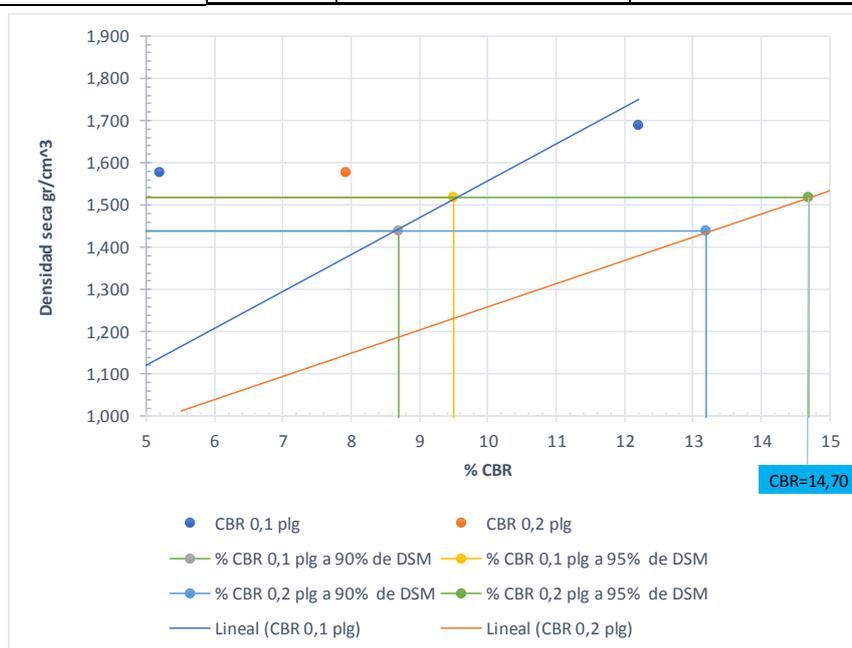
Molde N°	1		2		3	
Penetración [plg]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	118,80	39,60	84,90	28,30	69,60	23,20
0,05	193,10	64,37	110,40	36,80	89,20	29,73
0,075	270,00	90,00	135,30	45,10	104,20	34,73
0,1	366,10	122,03	155,80	51,93	120,80	40,27
0,2	576,10	192,03	238,00	79,33	165,60	55,20
0,3	729,30	243,10	309,00	103,00	209,00	69,67
0,4	853,10	284,37	371,80	123,93	248,60	82,87
0,5	977,30	325,77	432,60	144,20	286,30	95,43

Gráfica esfuerzo vs Penetración



Porcentaje CBR (corregidos)

Molde N°	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,2 plg	Densidad seca
1	122,03	12%	1,687	192,03	19%	1,687
2	51,93	5%	1,578	79,33	8%	1,578
3	40,27	4%	0,657	55,20	6%	0,657
Densidad seca máxima gr/cm ³ ---->			1,597			
DSM		% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg		% CBR mayor	
90%		1,437	8,7		13,2	
95%		1,517	9,5		14,7	



Nota:

El CBR para el diseño de pavimento es el 14,7 %

ANEXO C
TABLAS DE CONTEO
VEHICULAR

Fecha			Lunes 1 de febrero de 2021							
Lugar			Huagrahuasi Chico vía a Censo de Poaló							
Horas			Livianos			Buses			Camiones	Total
			Automoviles	Camionetas	Motos	Livianos	Medianos	Pesados		
7	0	15	5	0	2	1			1	9
7	15	30	8	1	1				1	11
7	30	45	6	1			2			9
7	45	8	5	0						5
8	0	15	3	1		1				5
8	15	30	3	1			1		1	6
8	30	45	4							4
8	45	9	0	0		1				1
9	0	15	3		2					5
9	15	30	2	1			1			4
9	30	45	3							3
9	45	10	2							2
10	0	15	4		3	1				8
10	15	30	3	2			1			6
10	30	45	1	2						3
10	45	11	2	2				0		4
11	0	15	4	1		1			0	6
11	15	30	1	1						2
11	30	45	3	2		1	1			7
11	45	12	4	2			1			7
12	0	15	1	2						3
12	15	30	2	1						3
12	30	45	2		0	1				3
12	45	13	1							1
13	0	15	1							1
13	15	30	4				1			5
13	30	45		2			1			3
13	45	14						1		1
14	0	15	3		2	1			0	6
14	15	30		2						2
14	30	45	2				1			3
14	45	15	3	2						5
15	0	15								0
15	15	30	3	1						4
15	30	45		2					1	3
15	45	16				1	1			2
16	0	15	1		3					4
16	15	30	1	2			1			4
16	30	45	1	3						4
16	45	17	2		1					3
17	0	15	1	2						3
17	15	30	3	2		1	1			7
17	30	45	1	4						5
17	45	18	2	3			1			6
18	0	15	1	2						3
18	15	30	4	3		1				8
18	30	45	5	2						7
18	45	19	1	3						4

Fecha			Martes 2 de febrero de 2021							
Lugar			Huagrahuasi Chico vía a Censo de Poaló							
Horas			Livianos			Buses			Camiones	Total
			Automoviles	Camionetas	Motos	Livianos	Medianos	Pesados		
7	0	15	5	2	2	1			1	11
7	15	30	8	4	1				1	14
7	30	45	6	4			2			12
7	45	8	5	2						7
8	0	15	3	1		1				5
8	15	30	3	1			1		1	6
8	30	45	4							4
8	45	9	0	2		1				3
9	0	15	3		2					5
9	15	30	2	1			1			4
9	30	45	3							3
9	45	10	2							2
10	0	15	4		3	1				8
10	15	30	3	2			1			6
10	30	45	1	2						3
10	45	11	2	2					1	5
11	0	15	4	1		1			1	7
11	15	30	1	1						2
11	30	45	3	2		1	1			7
11	45	12	4	2			1			7
12	0	15	1	2						3
12	15	30	2	1						3
12	30	45	2		2	1				5
12	45	13	1	3						4
13	0	15	1							1
13	15	30	4	3			1			8
13	30	45	7	2			1			10
13	45	14	5	2					1	8
14	0	15	3		2	1			1	7
14	15	30	5	2						7
14	30	45	2				1			3
14	45	15	3	2						5
15	0	15	4							4
15	15	30	3	1						4
15	30	45		2					1	3
15	45	16	4			1	1			6
16	0	15	3		3					6
16	15	30	1	2			1			4
16	30	45	1	3						4
16	45	17	2		1					3
17	0	15	1	2						3
17	15	30	3	2		1	1			7
17	30	45	1	4						5
17	45	18	2	3			1			6
18	0	15	1	2						3
18	15	30	4	3		1				8
18	30	45	5	2						7
18	45	19	1	3						4

Fecha			Jueves 4 de febrero de 2021							
Lugar			Huagrahuasi Chico vía a Censo de Poaló							
Horas			Livianos			Buses			Camiones	Total
			Automoviles	Camionetas	Motos	Livianos	Medianos	Pesados		
7	0	15	7	4	2	1			2	16
7	15	30	8	5	1				1	15
7	30	45	5	4		1	2			12
7	45	8	7	3						10
8	0	15	6	2						8
8	15	30	4	3		1	1		1	10
8	30	45	2	1						3
8	45	9		2						2
9	0	15	4		2					6
9	15	30	5	2			1			8
9	30	45	7			1				8
9	45	10	1							1
10	0	15	3	1	3					7
10	15	30	5	1			1			7
10	30	45	2	2						4
10	45	11	4	1					1	6
11	0	15	2	2		1			1	6
11	15	30	1							1
11	30	45	4	1					1	6
11	45	12	2				1		1	4
12	0	15	4				1			5
12	15	30	1	1						2
12	30	45	5		2	1				8
12	45	13	3	2						5
13	0	15	4							4
13	15	30	1							1
13	30	45	5	1			1			7
13	45	14	8	1			1			10
14	0	15	5		2					7
14	15	30	3	1						4
14	30	45	5	1						6
14	45	15	8	2						10
15	0	15	6							6
15	15	30	5	1						6
15	30	45	1						1	2
15	45	16	3	1		1				5
16	0	15	4	1	3		1			9
16	15	30	3	1			1			5
16	30	45	2	2						4
16	45	17	4		1					5
17	0	15	3	2					1	6
17	15	30	2	2			1			5
17	30	45	4				1			5
17	45	18	1	1						2
18	0	15	3	2						5
18	15	30	3	2		1				6
18	30	45	1	1						2
18	45	19	2	1						3

Fecha			Viernes 5 de febrero de 2021							
Lugar			Huagrahuasi Chico vía a Censo de Poaló							
Horas			Livianos			Buses			Camiones	Total
			Automoviles	Camionetas	Motos	Livianos	Medianos	Pesados		
7	0	15	5	3	2	1			2	13
7	15	30	4	3	1		1		1	10
7	30	45	3	4	1	1	1			10
7	45	8	4	3	1					8
8	0	15	3	3	2					8
8	15	30	2	2		1	1		1	7
8	30	45	3	1						4
8	45	9			1					1
9	0	15	3		1					4
9	15	30	2			1	1			4
9	30	45	4		1					5
9	45	10	2							2
10	0	15	4		1					5
10	15	30	3	1	1	1	1			7
10	30	45	1	2						3
10	45	11	3	1	1				1	6
11	0	15	3						1	4
11	15	30	2	1						3
11	30	45	3	1					1	5
11	45	12	2	1					1	4
12	0	15					1			1
12	15	30				1				1
12	30	45	1		1					2
12	45	13	2	2			1			5
13	0	15			1					1
13	15	30								0
13	30	45	1	1		1	1			4
13	45	14	3		1					4
14	0	15	4		0					4
14	15	30		2	1		1			4
14	30	45								0
14	45	15	4							4
15	0	15	5				1			6
15	15	30	3	2						5
15	30	45	2						1	3
15	45	16			1	1				2
16	0	15	5		1		1			7
16	15	30	2	1	2					5
16	30	45	1							1
16	45	17	3							3
17	0	15	2	1					1	4
17	15	30					1			1
17	30	45			2	1				3
17	45	18								0
18	0	15	5	1						6
18	15	30	4	1	1	1				7
18	30	45	3	2						5
18	45	19	3				1			4