



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

TEMA:

“ESTUDIO DE LA CORRELACIÓN ENTRE LOS ENSAYOS
(DCP) PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y (CBR)
RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN LOS
DIFERENTES TIPOS DE SUELOS”.

AUTOR: ANDRÉS OSWALDO MANOTOA SANTANA

TUTOR: ING. MG. LORENA PÉREZ

**Ambato – Ecuador
2016**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente proyecto experimental de grado realizado por el Sr. Andrés Oswaldo Manotoa Santana, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil se desarrolló bajo mi tutoría, el mismo que es un trabajo personal e inédito y se lo realizó bajo el tema: “ Estudio de la Correlación entre los ensayos (DCP) Penetrómetro Dinámico de Cono y (CBR) Relación de soporte de california en los diferentes tipos de suelo”, el cual se ha concluido de manera satisfactoria cumpliendo con todos los requisitos solicitados por la Universidad Técnica de Ambato

Ambato, Julio 2016

.....
Ing. Mg. Lorena Pérez

TUTOR DE TESIS

AUTORÍA

Los trabajos de investigación, cálculo y diseño, así como todas las propuestas emitidas y expuestas en el presente proyecto experimental bajo el tema “Estudio de la correlación entre los ensayos (DCP) Penetrómetro Dinámico de Cono y (CBR) Relación de Soporte de California en los diferentes tipos de suelo” son total, exclusiva autoría y responsabilidad del autor.

Ambato, Julio 2016

.....
Andrés Oswaldo Manotoa Santanta

C.I. 1804624672

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal examinador aprueban el Informe de Investigación, bajo el tema: “ESTUDIO DE LA CORRELACIÓN ENTRE LOS ENSAYOS (DCP) PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y (CBR) RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN LOS DIFERENTES TIPOS DE SUELOS “, de Andrés Oswaldo Manotoa Santana , de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica

Ambato, Julio 2016

Para constancia firman:

.....
Ing. Mg. Fricson Moreria

Profesor Calificador

.....
Ing.Mg. Vinicio Almeida

Profesor Calificador

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este proyecto 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 proyecto experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este proyecto experimental, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Autor

.....

Andrés Oswaldo Manotoa Santanta

DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico a mi padres, Oswaldo Manotoa y Gladys Santana, quien con paciencia, dedicación, esfuerzo y amor me han brindado su apoyo lo cual me ayuda a superar mis límites, y obstáculos. Me formaron como una persona responsable y dedicada, llevándome hasta donde estoy en la actualidad, con oportunidades que se deben aprovechar. A mis hermanos quienes me brindan igualmente su apoyo y alegría para seguir adelante día a día. A mis familiares quienes siempre están pendiente de mí ofreciéndome su apoyo cuando es necesario. A las personas más cercanas a mí quienes me acompañaron en cualquier aspecto de la vida.

A. Oswaldo Manotoa Santana

AGRADECIMIENTO

Cuando una persona camina solo llega más rápido. Cuando una persona camina acompañado llega más lejos. Agradezco Infinitamente a Dios quien siempre me ha acompañado en todos los aspectos de mi vida. La vida sin amor no es vida.

A mi tutora Ing. Lorena Pérez por guiarme con sus conocimientos durante el proceso de realización del proyecto. Quien me brindó su tiempo y dedicación durante la elaboración de este proyecto

A los profesores de la Carrera de Ingeniería Civil que supieron compartir todos sus conocimientos necesarios de una manera ética y profesional, para de esa manera permitirme entrar a una nueva etapa de mi vida.

A mi Jefe que más de un jefe es un amigo el Ing. Iván Lara Castro quien con paciencia y profesionalismo, me supo guiar y conocer lo que es la vida profesional. Quien me dio la oportunidad de entrar en el campo de la construcción y ampliar más mi experiencia.

A. Oswaldo Manotoa Santana

ÍNDICE GENERAL

A) PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN	II
AUTORÍA.....	III
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	IV
DERECHOS DE AUTOR	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE GENERAL	VIII
ÍNDICE DE CUADROS.....	XIII
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XV
RESUMEN EJECUTIVO.....	XVI

B) TEXTO

INTRODUCCIÓN	XVII
--------------------	------

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES1

1.1	TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.....	1
1.2	ANTECEDENTES	1
1.3	JUSTIFICACIÓN	3
1.4	OBJETIVOS	4
1.4.1	Objetivo general:.....	4
1.4.2	Objetivos específicos:	4

CAPITULO II: FUNDAMENTACIÓN

2.1	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
2.1.1	Límites líquidos y plásticos de un suelo	6
2.1.1.1	Plasticidad.....	6
2.1.1.2	Estados de consistencia.....	6
2.1.1.3	Límites de consistencia	8
2.1.1.4	Límite líquido.....	9
2.1.1.5	Índice plástico	10
2.1.1.6	Importancia de los límites de plasticidad.....	10
2.1.1.7	Consideraciones de los límites de plasticidad.....	10
2.1.2	Granulometrías de suelos	11
2.1.2.1	Pendiente granulométrica:	13
2.1.2.2	Comportamiento mecánico de acuerdo al tamaño de la partícula.....	14
2.1.3	Clasificación de suelos.....	15
2.1.3.1	El sistema de clasificación de suelos de la aashto.....	15
2.1.3.2	El sistema de clasificación unificada de suelos	19
2.1.4	Ensayos de compactación de suelos.....	22
2.1.4.1	Compactación en los tipos de suelo	22
2.1.4.2	Factores que afectan el proceso de compactación de los suelos	23
2.1.4.3	Tipos de ensayo de compactación.....	26
2.1.4.4	Observaciones de los ensayos de compactación	28
2.1.5	Ensayo de relación de soporte de california.....	29
2.1.5.1	Generalidades.....	29
2.1.5.2	Condiciones del ensayo.....	30
2.1.5.3	Variantes del ensayo CBR	30
2.1.5.4	Métodos de ensayo de laboratorio	31
2.1.5.5	Observaciones sobre el ensayo cbr	34

2.1.6	Penetrómetro dinámico de cono (DCP)	35
2.1.6.1	Generalidades.....	35
2.1.6.2	Curva DCP	36
2.1.6.3	Significado y uso.....	37
2.1.6.4	Procedimiento	40
2.1.6.5	Secuencia del ensayo	40
2.1.6.6	Registro de datos.....	41
2.1.6.7	Resultados	41
2.1.7	Terracerías.....	42
2.1.7.1	Características de la capa sub-rasante	43
2.1.7.2	Terraplenes.....	44
2.1.7.3	Pedraplenes	45
2.1.8	Diseño estructural de pavimentos	46
2.1.8.1	Análisis de tráfico	46
2.1.8.2	Cálculo y diseño de las estructuras de pavimento.....	48
2.1.8.3	Ejes equivalentes acumulados según el periodo de diseño	49
2.1.8.4	Factores de daño de acuerdo al tipo de vehículo.....	49
2.1.8.5	Factor de distribución de carril	50
2.1.8.6	Cálculo del número de ejes equivalentes	50
2.1.8.7	Confiability “r”.....	51
2.1.8.8	Desviación estándar normal Z_r	51
2.1.8.9	Desviación estandar global “So”	52
2.1.8.10	Índice de serviciabilidad de la carretera “psi”	52
2.1.8.11	Módulo de la resiliencia de la sub-rasante	53
2.1.8.12	Determinación de espesores por capas.....	53
2.1.8.13	Número estructural de la carpeta asfáltica	54
2.1.8.14	Capa de base de material granular	55

2.1.8.15	Capa sub-base de material granular	60
2.1.8.16	Coeficiente de drenaje.....	62
2.1.8.17	Diseño final con sistema multicapa	63
2.2	HIPÓTESIS.....	64
2.3	SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	64
2.3.1	Variable independiente	64
2.3.2	Variable dependiente	64

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1	NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	65
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	65
3.3	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	67
3.3.1	Variable independiente	67
3.1.2	Variable dependiente	68
3.2	PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	69
3.3	PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	69
3.3.2	Plan de procesamiento de información	69
3.1.2	Plan de análisis e interpretación de resultados	70

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1	RECOLECCIÓN DE DATOS.....	71
4.1.2	Límites de plasticidad	71
4.1.3	Granulometría y clasificación del suelo.....	71
4.1.4	Ensayo de compactación.....	71
4.1.5	Ensayo CBR.....	72
4.1.6	Ensayo DCP	73
4.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS	74
4.2.1	Resultados de los suelos ensayados	74

4.2.2	Análisis comparativo entre suelos de la sierra y del oriente ecuatoriano.....	85
4.2.3	Análisis de los suelos orientales.....	86
4.2.4	Análisis de los suelos de la sierra.....	86
4.2.5	Análisis de los datos de la vía Misahuallí – Atacapi.....	88
4.2.6	Gráfica de comparaciones del CBR de laboratorio y CBR In situ en la vía Misahuallí – Atacapi.....	89
4.2.7	Análisis de los valores de CBR.....	90
4.2.8	Análisis de las humedades	91
4.2.9	Diseño de CBRs.....	92
4.2.9.1	CBR de diseño de laboratorio de la vía Misahuallí – Atacapi	92
4.2.9.2	CBR de diseño in situ de la vía Misahuallí – Atacapi.....	93
4.2.10	Diseño de pavimento flexible y comparaciones	93
4.2.10.1	Diseño de pavimento flexible con cbr de laboratorio	94
4.2.10.2	Cálculo del número estructural sn con el cbr de laboratorio.....	94
4.2.10.3	Diseño de pavimento flexible con la correlación cbr y dcp (CBR In situ)	96
4.2.10.4	Cálculo del número estructural (SN) con la correlación cbr y dcp (CBR In situ)	97
4.2.10.5	Diseño de pavimento flexible con el cbr de laboratorio y la correlación CBR, DCP (CBR In situ).....	98
4.2.10.6	Cálculo del número estructural (SN) con el cbr de laboratorio y la correlación CBR, DCP (CBR In situ).....	99
4.2.11	Secciones típicas de espesores de pavimento	100
4.2.11.1	Sección típica de espesores con cbr de laboratorio.....	100
4.2.11.2	Sección típica de espesores con CBR In situ	100
4.2.11.3	Sección típica de espesores con el CBR de laboratorio y correlación CBR y dcp (cbr in situ)	101
4.2.12	Comparaciones con los espesores de capas y el número estructural de las estructuras de pavimento.....	102
4.2.13	Gráfica de comparación de espesores	103

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	CONCLUSIONES	105
5.2	RECOMENDACIONES	107

C) MATERIALES DE REFERENCIA

1.	BIBLIOGRAFÍA	108
2.	ANEXOS	109

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2-1	Tamices con aberturas estandarizadas	12
Cuadro 2-2	Tabla de clasificación AASHTO	16
Cuadro 2-3	Serie de Tamices	19
Cuadro 2-4	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)	21
Cuadro 2-5	Comparaciones entre el Próctor Estándar y Modificado.....	26
Cuadro 2-6	Especificaciones del Próctor Modificado	27
Cuadro 2-7	Relación de carga unitaria patrón con penetración	29
Cuadro 2-8.	Cuadro de registro DCP	39
Cuadro 2-9	Correlación entre el CBR y Índice DCP	41
Cuadro 2-10	Materiales Utilizables en la formación de la explanada	44
Cuadro 2-11	Índice de crecimiento vehicular	48
Cuadro 2-12	Periodo de Diseño de acuerdo al tipo de Carretera	49
Cuadro 2-13	Factores de daño (FD).....	50
Cuadro 2-14	Tabla de repartición del tránsito.....	50
Cuadro 2-15	Confiability "R" de acuerdo al tipo de vía.....	51
Cuadro 2-16	Factores de desviación estándar normal, Zr.....	52
Cuadro 2-17	Espesores mínimos en función de los ejes equivalentes (pulg)	54

Cuadro 2-18 Base clase 1.....	56
Cuadro 2-19 Base clase 2.....	57
Cuadro 2-20 Base clase 3.....	57
Cuadro 2-21 Base clase 4.....	58
Cuadro 2-22 Granulometría de las Sub-bases.....	60
Cuadro 2-23 Capacidad de drenaje.....	63
Cuadro 2-24 Coeficiente de Drenaje.....	63
Cuadro 3-1 Conceptualización de la Variable Independiente.....	67
Cuadro 3-2 Conceptualización de la Variable Dependiente.....	68
Cuadro 3-3 Plan de Recolección de Información.....	69
Cuadro 4-1 Suelo ensayado del Sector Quisapincha.....	74
Cuadro 4-2 Suelo ensayado de sector Pinllo.....	75
Cuadro 4-3 Suelo ensayado del sector Archidona, Abscisa 0+000.....	75
Cuadro 4-4 Suelo ensayado del sector Archidona, Abscisa 1+000.....	76
Cuadro 4-5 Suelo ensayado del sector Archidona, Abscisa 2+000.....	77
Cuadro 4-6 Suelo ensayado del sector Archidona, Abscisa 3+000.....	78
Cuadro 4-7 Suelo ensayado del sector Archidona, Abscisa 4+000.....	79
Cuadro 4-8 Suelo ensayado del sector Archidona, Abscisa 5+000.....	80
Cuadro 4-9 Suelo ensayado del sector Archidona, Abscisa 6+000.....	81
Cuadro 4-10 Suelo ensayado del sector Archidona, Abscisa 7+000.....	82
Cuadro 4-11 Suelo ensayado del sector Archidona, Abscisa 8+000.....	84
Cuadro 4-12 Propiedades y características de los suelos ML y SM ensayados.....	85
Cuadro 4-13 Propiedades y características de los suelos en la vía Misahuallí - Atacapi.....	88
Cuadro 4-14 CBR de Diseño de Laboratorio.....	92
Cuadro 4-15 CBR de Diseño InSitu.....	93
Cuadro 4-16 Propiedades y Características del Pavimento Flexible con el CBR de Laboratorio.....	94
Cuadro 4-17 Número estructural (SN) con el CBR de Laboratorio.....	95
Cuadro 4-18 Propiedades y Características del Pavimento Flexible con la Correlación CBR y DCP (CBR In Situ).....	96
Cuadro 4-19 Número Estructural (SN) con la correlación CBR y DCP (CBR In Situ).....	97
Cuadro 4-20 Propiedades y Características del pavimento flexible con el CBR del Laboratorio y la Correlación CBR, DCP (CBR In Situ).....	98
Cuadro 4-21 Número estructural (SN) con el CBR de Laboratorio y la correlación CBR y DCP (CBR In Situ).....	99
Cuadro 4-22 Comparaciones de los Espesores y Números Estructurales.....	102

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2-1 Localización de los Límites de Consistencia.....	8
Gráfico 2-2 Línea de Escurrimiento.....	9
Gráfico 2-3 Límite Líquido y Número de Golpes.....	11
Gráfico 2-4 Curva Granulométrica	13
Gráfico 2-5 Pendiente Granulométrica	14
Gráfico 2-6 Rangos de clasificación según AASHTO.....	17
Gráfico 2-7 Índice de Grupo	18
Gráfico 2-8 Rangos de Plasticidad para la clasificación de suelos (SUCS).....	22
Gráfico 2-9 Comparaciones de curvas de compactación, con y sin secado previo.....	28
Gráfico 2-10 Ejemplo de Base Permeable	34
Gráfico 2-11 Ejemplo de Base Impermeable	35
Gráfico 2-12 Esquema de Equipo DCP	36
Gráfico 2-13 Curva DCP de penetración vs Golpes Acumulados	36
Gráfico 2-14 Curvas Estructurales DCPs para tráfico liviano, mediano y pesado	37
Gráfico 2-15 Punta para penetración en el Suelo.....	38
Gráfico 2-16 Terraplén Tipo	43
Gráfico 2-17 Punto de inflexión para el tráfico durante un año.....	47
Gráfico 2-18 Coeficiente estructural de la Carpeta Asfáltica (a1).....	55
Gráfico 2-19 Ábaco para la estimación del Coeficiente Estructural de la Base (a2)	59
Gráfico 2-20 Ábaco para la estimación del coeficiente estructural de la Sub-base	62
Gráfico 4-1 Comparaciones entre los CBRs del Oriente	86
Gráfico 4-2 Comparaciones entre los CBRs de la Sierra.....	87
Gráfico 4-3 Comparación de los CBRs en la vía Misahuallí - Atacapi	89
Gráfico 4-4 Visualización de CBRs en la vía Misahuallí - Atacapi	90
Gráfico 4-5 Comparaciones de Humedades en la Vía Misahuallí - Atacapi	91
Gráfico 4-6 CBR de Diseño de Laboratorio	92
Gráfico 4-7 CBR de Diseño InSitu	93
Gráfico 4-8 Secciones Típicas de Espesores con CBR de Laboratorio	100
Gráfico 4-9 Sección Típica de espesores con la correlación CBR y DCP (CBR In Situ)....	100
Gráfico 4-10 Sección Típica de Espesores con el CBR de Laboratorio y la Correlación CBR, DCP (CBR In Situ).....	101
Gráfico 4-11 Comparaciones de los Espesores de las Estructuras de Pavimento	103
Gráfico 4-12 Comparaciones de los Espesores de las Estructuras de Pavimento	104

RESUMEN EJECUTIVO

Para la realización de este proyecto experimental denominado “Estudio de la correlación entre los ensayos (DCP) Penetrómetro Dinámico de Cono y (CBR) Relación de soporte de California. Se procedió a realizar ensayos en campo y en laboratorio. Los ensayos en laboratorio permitieron conocer el tipo de suelo, sus características y el valor de soporte CBR del suelo. La obtención de la granulometría y los límites de plasticidad permiten clasificar al suelo. El ensayo de compactación permite conocer la densidad máxima y humedad óptima para posteriormente realizar el ensayo CBR. El ensayo de campo ejecutado por el ensayo DCP, mediante la utilización de la fórmula de correlación entre el ensayo de Relación de Soporte de California (CBR) y el ensayo de Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP) permitió obtener el valor CBR In Situ del suelo.

Los ensayos realizados en la Zona Central (Sierra) y Zona Oriental (Oriente) permitió establecer comparaciones, dando como resultados: que el valor de soporte CBR de laboratorio en la Zona central (Sierra) tiene valores similares con el CBR In Situ, pero en la Zona Oriental (Oriente) el valor tiene rangos muy dispersos en función del CBR In Situ.

El análisis de espesores de las capas de las estructuras de pavimento con el CBR de Diseño de Laboratorio, el CBR de la correlación del CBR, DCP (CBR In Situ) y con la integración de los dos conceptos. Permitted crear criterios de diseño sostenibles, en base a la economía y calidad de los materiales. El Diseño Estructural de Pavimento con el CBR In situ y el CBR de laboratorio permitieron obtener un diseño estructural más eficiente y menos costoso mejorando el Diseño Estructural del Pavimento.

El Diseño Estructural de Pavimento en la Zona Central con el CBR de Laboratorio no ejercerá fallas, debido a la similitud de la capacidad de soporte CBR del suelo obtenida por los ensayos DCP y CBR. En la Zona Oriental un Diseño Estructural de Pavimento con solamente el CBR de Laboratorio tendrá fallas, debido a la baja capacidad portante CBR del suelo por la alta Humedad.

B) TEXTO

INTRODUCCIÓN

En este presente proyecto se realizarán los trabajos necesarios para el estudio de la correlación entre los ensayos DCD y CBR, dicho estudio se lo realizará de suelos de la Zona Central (Sierra), Provincia de Tungurahua y en la Zona Oriental (Oriente), Provincia de Napo.

Una vez obtenida la muestra de la provincia del Tungurahua, en las Parroquias de San Bartolomé de Pinlo y Quisapincha. Se procederá a la realización de los ensayos necesarios para su clasificación y su valor CBR. De igual forma se procederá con las muestras obtenidas de la provincia de Napo, Parroquia de Archidona.

Los ensayos Granulométricos y la obtención de los Límites de Plasticidad serán necesarios para la clasificación del suelo, de acuerdo a su ubicación lo cual permitirá sus comparaciones con sus similares. El ensayo de compactación será necesario para la obtención de la humedad óptima lo cual permitirá su comparación con la humedad natural y establecer criterios de diseño.

El ensayo CBR y DCP nos permitirá obtener el esfuerzo cortante CBR del suelo. La comparación del CBR de Laboratorio y el CBR In Situ obtenida por la correlación CBR y DCP, permitirá establecer comparaciones y ampliar el criterio de diseño de estructuras de pavimentos. Con el análisis de resultados es posible determinar las características del suelo y sus diferencias en la Sierra y en Oriente. Igualmente la obtención de la humedad en campo y su comparación con la Humedad Óptima obtenida por el ensayo de compactación.

El estudio de la correlación entre en ensayo DCP y CBR en la vía Misahuallí-Atacapi, hace posible determinar la estructuración del pavimento más adecuada para su diseño. El presente proyecto experimental consta de la fundamentación teórica, en la que el investigador debe apoyarse para llevar a cabo su estudio.. Además se presenta el análisis de tráfico y los cuadros de estudio de suelo.

CAPÍTULO I

1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

ESTUDIO DE LA CORRELACIÓN ENTRE LOS ENSAYOS (DCP) PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y (CBR) RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN LOS DIFERENTES TIPOS DE SUELO

1.2 ANTECEDENTES

a) Ensayos de compactación.

La compactación de un suelo es un proceso mecánico el cual aumenta el peso por unidad de volumen, lo que permite incrementar la resistencia del esfuerzo cortante y disminución de su compresibilidad, el cual va a depender del tipo de suelo ensayado.

La compactación produce en el suelo una reducción en su volumen de vacíos con aire. La eficiencia del trabajo de compactación de un suelo depende de muchos factores y para poder analizar la influencia de cada uno de ellos, es necesario establecer procedimientos normalizados de laboratorio que reproduzcan allí las probables condiciones de compactación del suelo en la obra

b) Determinación de la resistencia de los suelos mediante el ensayo C.B.R.

La Relación de Soporte de California (California Bearing Ratio), conocida comúnmente como C.B.R. es una medida de la resistencia al esfuerzo de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad cuidadosamente controladas, que tienen aplicación principalmente en el diseño de pavimentos flexibles.

El C.B.R. se define como la relación entre el esfuerzo requerido para introducir un pistón normalizado dentro del suelo que se ensaya y el esfuerzo requerido para introducir el mismo pistón hasta la misma profundidad en una muestra patrón de piedra triturada. [1]

La densidad de diseño generalmente es fijada por la especificación, mientras que la humedad requiere criterio del proyectista.

c) Límites líquidos e índices plásticos

El Ingeniero civil requiere conocer todas las propiedades elementales de los suelos y correlacionarlas con las técnicas tales como la **resistencia, compresibilidad, permeabilidad** dentro de una aproximación razonable [2]

Los trabajos realizados por los investigadores en la Mecánica de suelos, Los Doctores Arturo Casagrande y Atterberg han permitido manejar estas características de los suelos finos trabajando muestras muy pequeñas, económicas y equipos simples [3]

La plasticidad y su utilidad radica en que ha sido posible establecer correlaciones confiables entre sus valores y las propiedades fundamentales o ingenieriles, cuando la identificación de los suelos y clasificación de los mismos son importantes

Los límites líquidos y plásticos han sido ampliamente utilizados en todas las regiones del mundo, principalmente con objetivos de identificación y clasificación de los suelos. El problema potencial de volumen puede muy a menudo ser detectado de los resultados de los ensayos de límite líquido e índice plástico. El límite líquido puede ser utilizado para estimar asentamientos en problemas de consolidación y ambos límites son algunas veces útiles para predecir la máxima densidad máxima de los estudios de compactación

d) Análisis mecánicos de suelos, granulometrías

Se creía que las propiedades Mecánicas de Suelos se debían exclusivamente a la distribución. Hoy se ha descartado tal hipótesis. Conservado el criterio de que para los suelos gruesos tales como gravas y arenas, la distribución de las partículas influye en las propiedades índices e hidráulicas pero no tienen relación directa con las técnicas.

En lo suelos gruesos, su distribución ayudará a intuir sus propiedades y su permeabilidad. En cambio en suelos finos depende de su historia geológica para definir sus propiedades mecánicas y en el intento de conocer su graduación será solamente para conocer su información [4]

e) Método de ensayo estándar para uso del DCP

Desde hace algún tiempo atrás en los Estados Unidos los penetrómetros pueden evaluar la capacidad resistente de suelos para la elaboración. Se han realizado estudios con estos equipos y han llegado a correlaciones entre el penetrómetro DCP y el CBR, que son parámetros utilizados para diseños de estructuras de pavimentos.

La razón de penetración puede relacionarse con la capacidad de soporte in situ, tal y como se estima con el ensayo de CBR In situ. También se puede estimar la densidad DCP que describe en esta norma es el que se utiliza normalmente en la estructura de pavimentos [5]

1.3 JUSTIFICACIÓN

Concepto de la investigación

La presente investigación tiene como propósito conocer el comportamiento del suelo utilizado para el diseño de estructuras de pavimento en los diferentes tipos de carreteras, sometido al Método de ensayo estándar para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP) y el Método de Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR). Uno de los parámetros principales es la determinación del CBR con la realización de cada uno de los métodos

El análisis de suelos gruesos, Arenas “S” y suelos finos , limos inorgánicos “M”, arcillas inorgánicas “C”, con sus correspondientes derivaciones [3], para el ensayo DCP, permite identificar los diferentes tipos de comportamientos para un determinado número de golpes medidas en mm/golpe, medida que se usa para describir la rigidez del suelo, para estimar el CBR in situ [5], y para el ensayo CBR, permite identificar la resistencia que opone el suelo a la penetración de un pistón de 19,4 cm² de área en una muestra de suelo de 6 plg de diámetro y 5 plg de diámetro a una velocidad de 1,27 mm/min [1].

Uno de los parámetros importantes a considerar, es las diferentes condiciones que tiene el suelo en campo y laboratorio. El contenido de humedad y el grado de compactación tienen gran influencia directa sobre la resistencia del suelo. Ocasionalmente en campo la dificultad de llegar al 95% de grado de compactación dada en laboratorio con suelo del mismo sitio ocasiona falla de pavimentos, debido a condiciones ambientales, por lo que la examinación de valores de CBR in situ da una segunda opción a reflexionar sobre el diseño de pavimentos rígidos o flexibles [6]

Otro parámetro a tener en cuenta será la profundidad de penetración la cual varía de acuerdo a la aplicabilidad, el cual permite reconocer estratos ayudando a tener consideraciones especiales de acuerdo a la resistencia de los estratos.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general:

ESTUDIAR LA CORRELACIÓN ENTRE LOS ENSAYOS (DCP) PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y (CBR) RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA EN LOS DIFERENTES TIPOS DE SUELOS

1.4.2 Objetivos específicos:

- Analizar los valores de CBR In Situ obtenidas mediante la fórmula de correlación entre el ensayo DCP y CBR

- Analizar los valores de esfuerzo cortante del suelo obtenidos entre el CBR In Situ y el CBR de Laboratorio

- Analizar los espesores de pavimento obtenidos por el CBR de Diseño de Laboratorio y de Campo.

2. CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1 Límites líquidos y plásticos de un suelo

2.1.1.1 Plasticidad

Se define como la propiedad de un material que es capaz de soportar rápidas deformaciones, sin rebote elástico, sin variaciones volumétricas apreciables, sin desmoronarse o agrietarse.

Entre los extremos existe un intervalo de contenido de humedad en que los suelos se comportan plásticamente [4]

2.1.1.2 Estados de consistencia

Atterberg hizo notar, que la plasticidad no era una propiedad permanente de las arcillas, sino que depende del contenido de humedad. Una arcilla muy seca puede tener consistencia similar a la de un ladrillo, con una plasticidad nula, y esa misma, con gran cantidad de agua puede presentar las propiedades de un lodo semilíquido o inclusive una suspensión líquida. [3]

Para que la plasticidad pueda ser expresada en forma conveniente es necesario la utilización de 2 parámetros en lugar de uno solo.

Según el contenido de agua en orden descendente el suelo puede ser:

- Estado líquido: El suelo tiene propiedades y apariencias de una suspensión, se considera que la RESISTENCIA AL CORTE es nula
- Estado semilíquido: El suelo tendrá propiedades de un líquido viscoso, la RESISTENCIA AL CORTE también será nula
- Estado plástico: El suelo se comporta plásticamente y puede ser remodelado sin desmoronamiento ni agrietamiento
- Estado semisólido: El suelo tiene la apariencia de un sólido, pero aún presenta contracción volumétrica cuando es sometido al secado
- Estado sólido: El suelo teóricamente sería un sólido sin fase acuosa y al ser sometido al secado no tendrá contracción volumétrica

Otra forma para definir los límites de plasticidad es considerando la Humedad donde los límites líquidos y plásticos establecidos por A. Atterberg se definen como:

- 1) Límite de Cohesión. Es el contenido de Humedad con el cual las boronas de suelo son capaces de pegarse a otras. [4]
- 2) Límite de Pegajosidad. Es el contenido de Humedad con el cual el suelo comienza a pegarse a superficies metálicas. [4]
- 3) Límite de Contracción. Es el contenido de Humedad por debajo del cual no se produce una reducción de volumen [4]
- 4) Límite Plástico. Es el contenido de Humedad por debajo del cual se puede considerar el suelo como material no plástico [4]
- 5) Límite Líquido. Es el contenido de Humedad por debajo del cual no se comporta como un material plástico. [4]. A este nivel de contenido de

humedad el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso.

Se debe prestar mayor importancia al Límite Líquido y al Índice Plástico, razón por la cual permite identificar límites fronteras para la identificación de los suelos considerando su plasticidad

2.1.1.3 Límites de consistencia

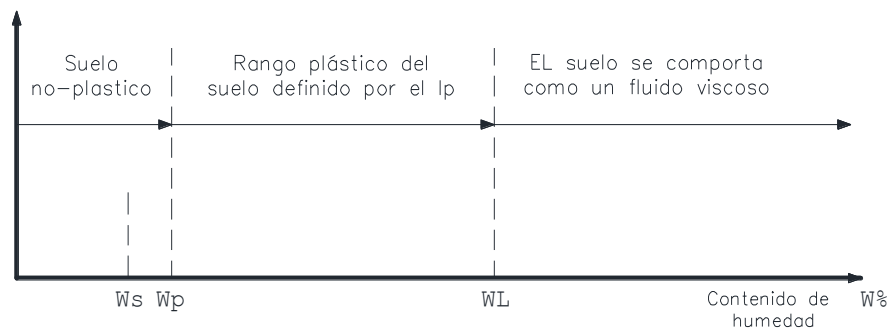
La frontera convencional entre el estado semilíquido y plástico fue denominado límites de consistencia.

El límite de contracción es útil donde le suelo sufre grandes cambios de volumen entre su estado seco y su estado húmedo. El límite líquido en ocasiones puede utilizarse asentamientos en los problemas de consolidación, ambos límites son útiles para predecir la densidad máxima de los estudios [4]

La localización relativa de los límites de contracción W_s , plásticos W_p , y líquido W_L , se muestran en la Fig.2-1

Para la realización de los ensayos Límites Atterberg se encuentra sugerido (por la norma ASTM D421-58 “Preparación Seca de Muestras de Suelo para análisis granulométrico y Determinación de Constantes de Suelo”

Gráfico 2-1 Localización de los Límites de Consistencia



Fuente: Manual de Laboratorio de suelos de Joseph Bowles

La Localización relativa de los límites de contracción, plástico y líquido sobre la

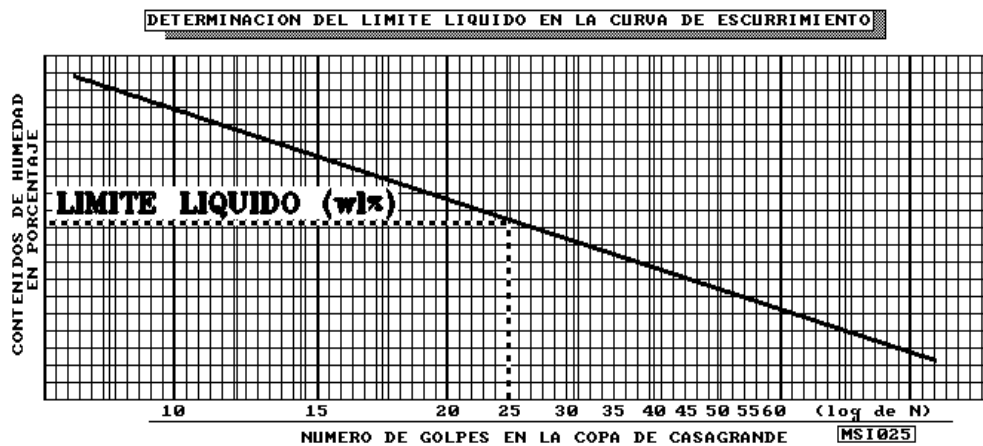
escala del contenido de humedad. Nótese que la localización de W_s puede llegar en algunos suelos a estar en la derecha de W_p

2.1.1.4 Límite líquido

La determinación del Límite líquido es un procedimiento por el cual las coordenadas entre el número de golpes de la Copa de Casagrande y el contenido de Humedad permiten graficar en un panel semilogarítmico la **Curva de escurrimiento** [3]

La curva de escurrimiento representa la relación de su contenido de humedad y su correspondiente número de golpes, la escala logarítmica representa el número de golpes y la escala natural el contenido de humedad. Se traza una línea recta entre los tres o más puntos marcados.

Gráfico 2-2 Línea de Ecurrimiento



Fuente: Mecánica de suelos de Juárez Badillo

La intersección de la curva de escurrimiento con la ordenada de 25 golpes y el contenido de Humedad, considera como *Límite Líquido* del suelo, donde se puede considerar que:

$$0 < S \leq 0,25 \frac{gr}{cm^2}$$

2.1.1.5 Índice plástico

Se calcula el índice plástico de un suelo cohesivo como la diferencia numérica entre su Límite Líquido y su Límite Plástico:

$$I_p = w_l\% - w_p\% \quad \text{o}$$

$$I_p = LL - LP$$

En ciertos casos el Índice plástico presenta valores negativos o no se podrá determinar en los siguientes casos:

- 1) Cuando el w_l o w_p no pueden ser determinados, se reconocerá como (NP) [3]
- 2) Cuando el suelo es muy arenoso, el w_p deberá determinarse antes del w_l . Si el w_p no puede ser determinado, indíquese tanto el w_l como el w_p como NP [3]
- 3) Cuando el w_p es igual o mayor que el w_l , indíquese el IP como NP [1]

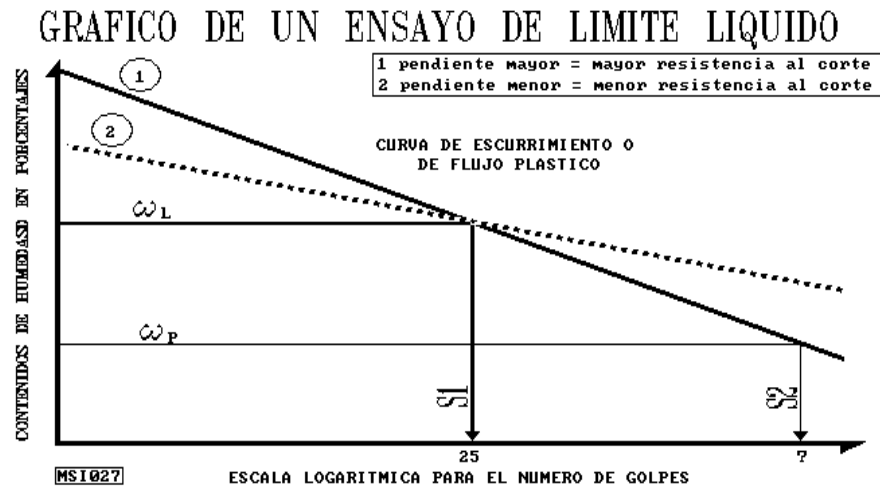
2.1.1.6 Importancia de los límites de plasticidad

El límite líquido da una idea del tipo de suelo, sea éste orgánico o inorgánico. El valor del límite líquido y el índice plástico es fundamental, ya que permiten diferenciar a los suelos limosos de los arcillosos, así como si los suelos ensayados son de alta o baja plasticidad

2.1.1.7 Consideraciones de los límites de plasticidad

La pendiente de la curva de escurrimiento define la resistencia al corte de suelos finos. Entonces una pendiente pronunciada significa que el suelo tiene alta resistencia; en cambio si la pendiente es mínima, la resistencia al corte de los suelos es muy baja.

Gráfico 2-3 Límite Líquido y Número de Golpes



Fuente: Mecánica de Suelos de Juárez Badillo

Normalmente los suelos deberán ensayarse entre los 10 a 50 golpes como puntos más cercanos, pero nunca a los 25

2.1.2 Granulometrías de suelos

El análisis granulométrico ayuda a predecir las proporciones relativas de los diferentes tamaños de partículas presentes en una masa de suelo. Debido gran dificultad de determinar el tamaño real de cada partícula independientemente, el ensayo agrupa los materiales por rangos de tamaño [4]

Para lograr esto se obtiene la cantidad de material que pasa a través de un tamiz con una malla dada, pero que es retenido en un siguiente tamiz cuya malla tiene diámetros ligeramente menores a los anteriores y se relaciona esta cantidad retenida con el total de las muestras pasadas a través de los tamices [4]

Los datos obtenidos del análisis granulométrico pueden utilizarse para predecir movimientos de agua través del suelo. Los sistemas de clasificación utilizan al tamiz N° 200 como un punto divisorio.

El proceso de tamizado no provee información sobre la forma de los granos del suelo. La información obtenida del análisis granulométrico se presenta en forma de curva para poder comparar suelos y visualizar más fácilmente la distribución de los tamaños de partículas. La exactitud del ensayo es cuestionable más aún en suelos finos (Suelos que pasan el tamiz N° 4) que para suelos gruesos.

Las aberturas se han estandarizado de acuerdo a las especificaciones de la U.S. BUREAU OF STANDARDS o la TYLER STANDARD, de acuerdo a la siguiente tabla:

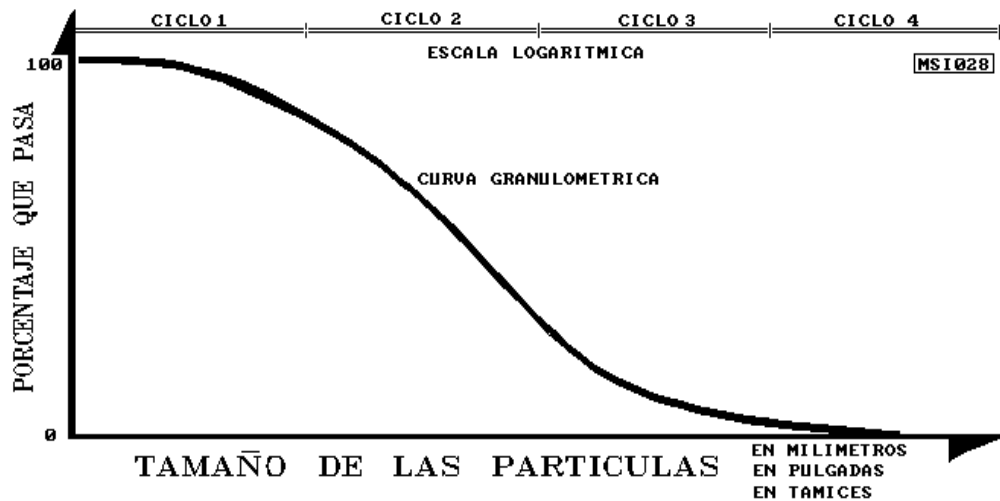
Cuadro 2-1 Tamices con aberturas estandarizadas

TYLER STANDARD		U.S. BUREAU OF STANDARDS	
MALLA NUMERO	ABERTURA mm	MALLA NUMERO	ABERTURA mm
3"	76.200	4"	101.600
2"	50.800	2"	50.800
--	26.670	1"	25.400
--	18.850	¾"	19.100
--	13.320	½"	12.700
--	9.423	3/8"	9.520
3	6.680	¼"	6.350
4	4.699	# 4	4.760
6	3.327	# 6	3.360
8	2.362	# 8	2.380
9	1.981	# 10	2.000
10	1.655	12	1.680
20	0.833	20	0.840
35	0.417	40	0.420
60	0.246	60	0.250
100	0.147	100	0.149
200	0.074	200	0.074
270	0.053	270	0.053
400	0.038	400	0.037

Fuente: Manual de Laboratorio de suelos de Josph Bowles

El objetivo del ensayo es lograr una curva semilogarítmica del porcentaje de material más fino contra el tamaño de las partículas, por lo que es necesario obtener una distribución de tamices;

Gráfico 2-4 Curva Granulométrica



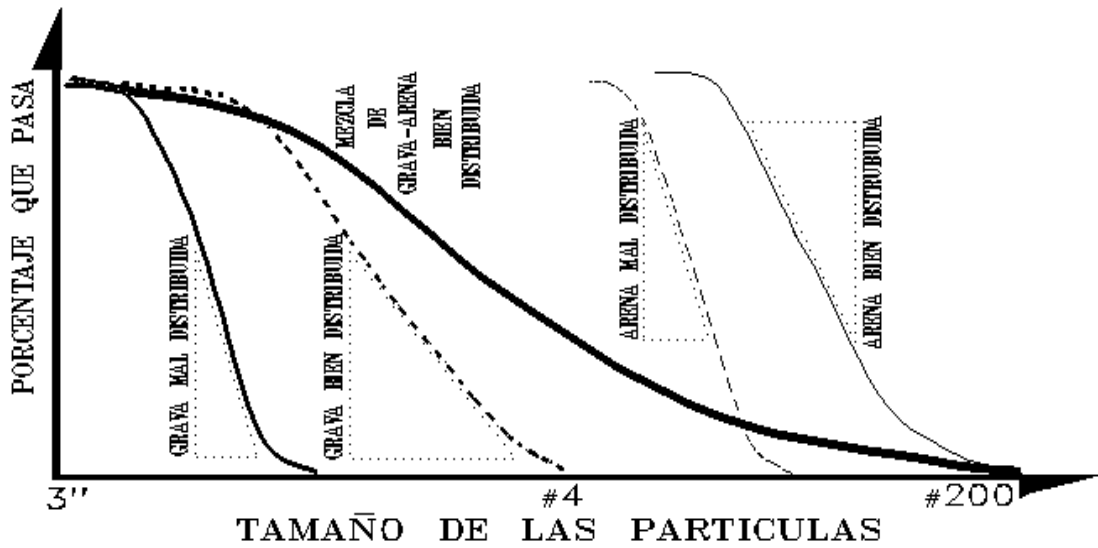
Fuente: Mecánica de suelos de Juárez Badillo

El autor hará empleo de los tamices que solamente permiten la clasificación de suelo a través de la tabla de clasificación SUCS o AASHTO [3]

2.1.2.1 Pendiente granulométrica:

Si las curvas son muy verticales se considera una mala distribución granulométrica. Si las curvas tienen una pendiente moderada, se considera una buena graduación y si las curvas son horizontales se considera igualmente una mala distribución granulométrica como es en el caso de los limos y arcillas.

Gráfico 2-5 Pendiente Granulométrica



Fuente: Mecánica de suelos de Juárez Badillo

2.1.2.2 Comportamiento mecánico de acuerdo al tamaño de la partícula

Suelos que se encuentran distribuidos de una forma proporcional entre gravas arenas y limos permiten un mejor comportamiento estructural, permiten alcanzar una mejor compactación, logrando impermeabilización, que es considerado en el área de vías. [4]

Los suelos arenosos son considerados peligrosos, debido a que la lluvia los disgrega con facilidad, al igual que los suelos limosos, especialmente de carácter inorgánico ya que presentan grandes deformaciones originando asentamientos. [3]

El comportamiento de los suelos arcillosos también es considerado desfavorable, ya que tienen comportamientos circunstanciales que pueden aparecer en ocasiones y desaparecer.

2.1.3 Clasificación de suelos

Existen varios métodos de clasificación de suelos como el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, la Asociación Americana de Agencias Oficiales de Carreteras y Transportes (**AASHTO**), el sistema de la **ASTM** . [3]

Todos los sistemas mencionados utilizan los límites Atterberg (Límite líquido y Índice Plástico) con un análisis de la granulometría y el proceso de eliminación para la clasificación de un suelo.

2.1.3.1 El sistema de clasificación de suelos de la AASTHO

La tabla 2-2 muestra el sistema de clasificación de la AASTHO, que provee una forma de utilizar el límite líquido y índice plástico para obtener la clasificación de los entre los grupos A-4 y A-7 y sus correspondientes subgrupos. El sistema de clasificación AASHTO utiliza además un índice de grupo para comparar los diferentes suelos dentro de un mismo grupo. [3]

Cuadro 2-2 Tabla de clasificación AASHTO

CLASIFICACIÓN GENERAL	Materiales Granulares (igual o menor del 35% pasa el tamiz N° 200)							Materiales Limo - Arcillosos (más del 35% que pasa el tamiz N° 200)			
GRUPOS	A-1		A-3	A-2				A-A	A-5	A-6	A-7
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
% que pasa:											
N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del Material que pasa el tamiz N° 40											
Límite Líquido índice de Plasticidad			NO	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
	6máx	6 máx.	PLASTICO	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava, arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno						Regular a Deficiente				

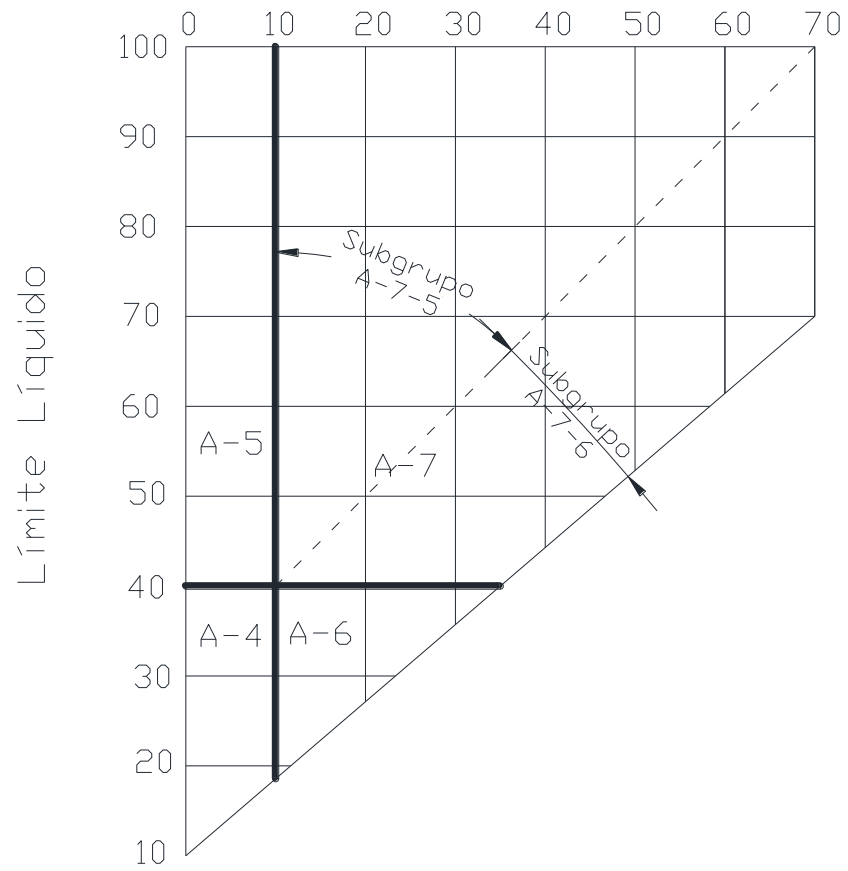
NOTA: El índice de plasticidad de los suelos A-7-5 es igual o menor que su Límite Líquido 30, el de los A-7-6 mayor que su Límite Líquido se halla indicada la relación entre lo LL e IP de los materiales finos. Dicho de otro modo, el grupo A-7 es subdividido en A-7-5 ó A-7-6 dependiendo del Límite Plástico (L.P.)

Si el LP > 30, la clasificación es A-7-6

Si el LP < 30, la clasificación es A-7-5

Fuente Manual de Laboratorio de suelos de Joseph Bowles

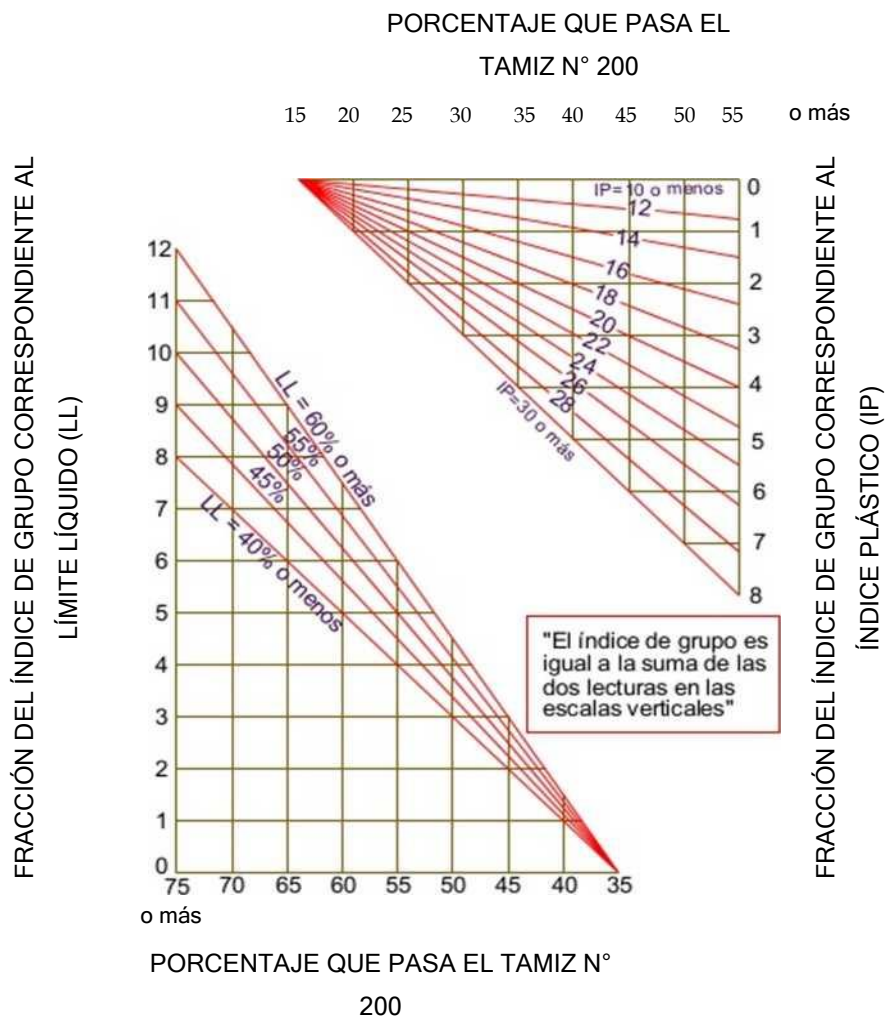
Gráfico 2-6 Rangos de clasificación según AASHTO



Fuente: Manual de Laboratorio de suelos de Joseph Bowles

Los Rangos de Límite Líquido e Índice de Plasticidad son para los grupos de suelos A-4, A-5, A-6, A-7 [7]

Gráfico 2-7 Índice de Grupo



Fuente: Manual de Laboratorio de suelos de Josph Bowles

Este es el cuadro para obtener el índice de grupo del suelo. El índice de grupo es igual a la suma de las dos lecturas en las escalas verticales [7]

La tabla muestra el método de uso de los límites plásticos y límites líquidos para obtener la clasificación entre los grupos A-4 y A-7.

Cabe recalcar que para la clasificación de suelos mediante la utilización de la Tabla AASHTO, emplea únicamente los tamices:

Cuadro 2-3 Serie de Tamices

SERIE DE TAMICES	
Tamiz N°	Abertura (mm)
10	2,000
40	0,425
200	0,075

Fuente: Manual de Laboratorio de suelos de Joseph Bowles

EL cual será utilizado para la clasificación de los suelos en este proyecto

2.1.3.2 El sistema de clasificación unificada de suelos SUCS

Este sistema es ampliamente utilizado. La tabla presenta factores a considerar en la clasificación de un suelo con el sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Se considera las subdivisiones en más detalle a las siguientes clasificaciones:

1.- Gravas o arenas:

Gw, Gp, Sw o Sp: si menos del 5% del material pasa a través del tamiz N° 200; G = grava; S=arena ; W= bien graduada ; P= pobremente graduada. La designación de bien graduadas o pobremente graduadas dependen de los valores Cu y Cc, aunque en este proyecto se considerarán los límites de plasticidad para la clasificación, para conocer la distribución granulométrica. [3]

2.- Gravas y Arenas son:

GM, GC, SM, o SC: si más del 12% del material pasa a través del tamiz N° 200; M=limo; C = Arcilla. La designación de limo o arcilla se determina después de obtener el límite líquido y el índice plástico, por fracciones de partículas que pasan el tamiz N° 40, utilizando la carta de plasticidad de la Tabla N° 2 – 8. [3]

3.- Las gravas y arenas se pueden clasificar:

GW-GC, GW-GM, SW-SC, SW-SM, PG-GC, GP-GM, SP-SC, SP-SM si entre 5 y 12% del material pasa a través del tamiz N° 200 [3]

4.- Los suelos de grano fino (más del 50% pasa el tamiz N°200) son:

ML, OL, ó CH

Si los límites líquidos son menores a 50% [3]

5.- Los suelos de grano fino:

MH, OH o CH

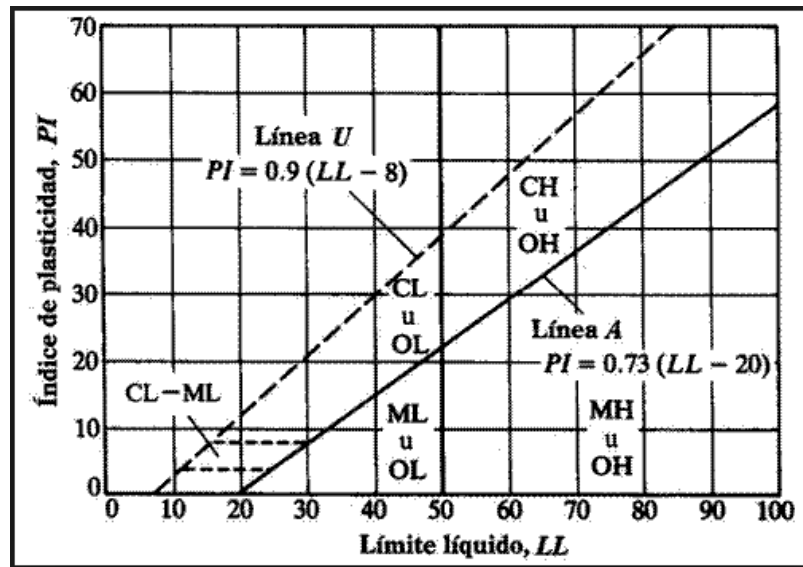
Si los límites líquidos son superiores a 50%; [3]

Cuadro 2-4 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

Divisiones Mayores		Símbolo de grupo	Nombres típicos	Criterios de clasificación para Suelos granulares		
Suelos de Grano grueso (más del 50% de la fracción gruesa es menor que el tamiz N° 200)	Gravas (más de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz N° 4)	Gravas Limpias (pocos o ningún fino)	GW	Gravas bien graduadas, mezcladas gravosas, pocos o ningún fino	Cu = D60/D10 > 4 Cc = 1<D ₂₃₃₀ /D10 x D60 < 3	
		Gravas Limpias (pocos o ningún fino)	GP	Gravas pobremente graduadas, mezclas grava - arena, pocos o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de graduación para GW	
			GM	Gravas limosas, mezcla grava arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o Ip<4	A los materiales sobre la línea A con A con 4<Ip <7 se considera frontera y se asigna doble símbolo
			GC	Gravas arcillosas, mezcla grava - arena - arcillosa	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o Ip>7	
	Áreas (más de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz N° 4)	Arenas Limpias (Poco o ningún fino)	SW	Arenas bien graduadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	Cu = D60/D10 > 6 Cc = 1<D ²³ ₃₀ /D10 x D60 < 3	
			SP	Arenas pobremente graduadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de graduación para SW	
		Arenas con finos (Cantidad apreciable de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o Ip<4	A los materiales sobre la línea A con A con 4<Ip <7 se considera frontera y se asigna doble símbolo
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o Ip>7	
	Suelos de Granular (más del 50% del material pasa el tamiz N° 200)	Limos y arcillas (Límite líquido WL <50)	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas con poca plasticidad	1. Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva de granulometría. 2.-Dependiendo del porcentaje de fino puede clasificarse como: Menos del 5% - GW, GP, SW, SP Mas del 12% - GM, GC, SM, SC de 5%a 12% - Casos de frente que requieren doble símbolo	
			CL	Arcillas inorgánicos de plasticidad baja a mediana, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas,		
OL			Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad			
Limos y arcillas (Límite líquido WL <50)		MH	Limos inorgánicos, suelos limosos arenosos finos, suelos elásticos			
		CH	Arcillas inorgánicos de alta plasticidad, arcillas grasas			
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos			
Suelos altamente orgánicos		Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos			

Fuente: Manual de Laboratorio de suelos de Joseph Bowles

Gráfico 2-8 Rangos de Plasticidad para la clasificación de suelos (SUCS)



Fuente: Manual de Laboratorio de suelos de Joseph Bowles

2.1.4 Ensayos de compactación de suelos

Se entiende por compactación el mejoramiento artificial de las capacidades mecánicas por medios mecánicos. La importancia de la compactación de los suelos resalta en el aumento de resistencia y disminución de capacidad de deformación que se obtiene al sujetar el suelo a técnicas convenientes que aumentan su peso específico, disminuyendo sus vacíos. Por lo general, las técnicas de compactación se aplican en rellenos artificiales, tales como presas de tierra, diques, terraplenes para caminos y ferrocarriles, muelles, pavimentos etc. Algunas veces es necesario compactar el terreno natural, como en el caso de cimentaciones sobre arenas sueltas. [8]

2.1.4.1 Compactación en los tipos de suelo

La calidad del trabajo de compactación de un suelo depende de muchos factores y para poder analizar la influencia de cada uno de ellos, es necesario seguir procedimientos establecidos que reproduzcan las condiciones de compactación del suelo.

La experiencia ha demostrado que tanto el equipo adecuado para compactar, como los niveles de densidad que pueden alcanzarse, varían notablemente al tipo de suelo que se esté procesando. De hecho, siempre es posible alcanzar mayores densidades a medida que el tamaño de las partículas del suelo que se compacta es mayor [8]

2.1.4.2 Factores que afectan el proceso de compactación de los suelos

El proceso de compactación de suelos se encuentra afectado por una serie de factores, los cuales los más importantes son:

a) Tipos de suelo

Los niveles de densidades que pueden alcanzarse, varían notablemente de acuerdo al tipo de suelo con el cual se está trabajando

b) Métodos de compactación

El método de compactación que se utiliza es predominante en los resultados. La compactación por medio de impacto es adecuada para la mayoría de suelos, siendo posiblemente la razón de ser ampliamente aceptada en los laboratorios

c) La energía de compactación

Es la energía que se entrega al suelo por unidad de volumen durante el proceso de compactación. En las pruebas dinámicas de laboratorio, en las que el suelo se somete a cierto número de impactos un pisón normalizado, en el cual la energía se expresa mediante la siguiente [8]

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

Donde:

W= Peso del pisón compactador.

h= Altura de caída libre.

n= Número de capas en que se coloca el suelo dentro del molde compactado.

V= Volumen del suelo compactado el cual debe ser igual al molde de compactación.

La compactación produce estabilización del suelo mediante la introducción de energía en el suelo.

d) El contenido de Humedad en el suelo

El contenido de agua en el suelo durante el proceso de compactación es un factor fundamental para la densidad alcanzada. Para una determinada energía de compactación, la densidad obtenida aumenta a medida que se incrementa el contenido de agua en el suelo, pero esta tendencia no es de manera indefinida, sino que a cierto contenido de agua comienza a descender, por lo cual hay un punto conocido de agua "óptimo" con lo cual alcanza la densidad máxima. [8]

Este fenómeno se podría explicar al considerar que a bajas humedades la fricción entre partículas, en el caso de suelos granulares y la tensión capilar en suelos finos dificultan la compactación. Si la humedad supera cierto límite, habrá exceso de agua libre, lo cual ocupará casi totalmente vacíos del suelo impidiendo una buena compactación.

e) Esfuerzo de Compactación

Generalmente el esfuerzo de compactación imparte al suelo:

- Un incremento en la resistencia al corte es función de la densidad
- Un incremento del potencial de expansión
- Un incremento de la densidad
- Una disminución de la contracción
- Una disminución de la permeabilidad
- Una disminución de la comprensibilidad

Es de gran importancia especificar el tipo de suelo al cual se aplican los criterios de compactación en un proyecto dado con el fin de eliminar por ejemplo, problemas con el cambio de volumen.

Se ha encontrado que el suelo a compactarlo en el lado húmedo del óptimo de humedad resulta en un suelo que tiene una resistencia al corte algo menor, pero que puede resistir grandes deformaciones sin falla. La compactación del suelo en el lado húmedo de su óptimo, reduce igualmente su permeabilidad, comparada con la permeabilidad obtenida al compactar en el lado seco óptimo. Un suelo compactado en el lado seco de su óptimo es menos susceptible a la contracción pero más susceptible a la expansión [8]

La resistencia residual del suelo compactado en el lado seco del óptimo es casi la misma resistencia última del suelo compactado en el lado húmedo óptimo. Debido a estas razones, para trabajos de carreteras donde se desean bajo el pavimento deformaciones unitarias muy pequeñas del suelo deberá compactarse entre contenidos de humedad en la parte seca hasta el óptimo.

El suelo que esté conformado por arcillas debe compactarse ya que es probable que presente grandes asentamientos y el suelo debe ser capaz de tolerarlos sin desarrollar fracturas o fisuras que permitan una falla por filtración.

El ensayo de compactación modificado introduce una energía nominal de compactación al suelo de 2710 kJ/m^3 cerca de 5 veces del experimentado patrón. Para esta energía mayor se obtiene un incremento entre el 5 y 10% en densidad y un valor reducido del contenido de humedad óptimo. [8]

La gráfica de densidad seca contra contenido de humedad indica que el proceso de compactación a cualquier *esfuerzo de compactación* se vuelve cada vez más eficiente hasta un cierto valor el decrece a medida que se aumenta más agua.

2.1.4.3 Tipos de ensayo de compactación

Cuadro 2-5 Comparaciones entre el Próctor Estándar y Modificado

	T -99	T - 180
Volumen del molde , m ³	Método A, C:0,000943 ±0,000008	Método A, C:0,000943 ±0,000008
	Método B, D C:0,002124 ±0,000021	Método B, D:0,002124 ±0,000021
Diámetro del molde, mm	Método A, C: 101,6 ±0,41	Método A, C: 101,6 ±0,41
	Método B, D: 152,4 ±2,54	Método B, D: 152,4 ±2,54
Altura del molde, mm	116,43 ±0,13	116,43 ±0,13
Altura del collar desmontable, mm	50,80 ±0,64	50,80 ±0,64
Diámetro del pistón, mm	50,8	50,8
Masa del pistón, kg	2,495	4,536
Altura de caída	305	457
Capas	3	5
Golpes por capas	Método A, C: 25	Método A, C: 25
	Método B, D:56	Método B, D:56
Tamaño del material, mm	Método A, C: mínimo 4,75	Método A, C: mínimo 4,75
	Método B, D: mínimo 19,0	Método B, D: mínimo 19,0
Tamaño de la muestra, Kg	Método A: 3	Método A: 7
	Método A: 5(1)	Método A: 11(1)
Energía KN -m / m ³	592	2693

Fuente: AASHTO T- 180

Cuadro 2-6 Especificaciones del Próctor Modificado

ENSAYO: Modificado AASHTO T – 180 y ASTM D1557				
Pisón: Martillo cilíndrico de 10 lb				
Impacto: Altura de Caída de 18"				
MÉTODOS	A	B	C	D
Diámetro del molde	4"	6"	4"	6"
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	56	25	56
Volumen estándar	1/30 ft ³	1/13,33 ft ³	1/30 ft ³	1/13,33 ft ³
Energía de Compactación	2700 kNm/m ³	2700 kNm/m ³	2700 kNm/m ³	2700 kNm/m ³

Fuente: AASHTO T-180

Este método de prueba aplica a suelos mixtos teniendo 40% o menos retenido en el tamiz 4.75mm(N°4) diferenciado por los métodos A o B , 30% o menos retenido sobre los 19 mm(3/4") con los métodos C o D. El material retenido es definido como un material sobredimensionado. Si no hay un mínimo porcentaje, puede ser el 5% usado. [9]

Método A.- Puede seguirse si el 20% o menos por peso del material es retenido sobre el tamiz 4.75mm (#4) [9]

Método B.- Se seguirá si el 20% o más del peso del material es retenido sobre el tamiz 4.75mm (#4) y el 20% o menos por peso del material es retenido en el tamiz de (3/8") [9]

Método C.- Debe seguirse si más del 20% por peso del material queda retenido en el tamiz de 9,5mm (3/8") y menos del 30% por peso del material queda retenido sobre el tamiz de 19mm (3/4") [9]

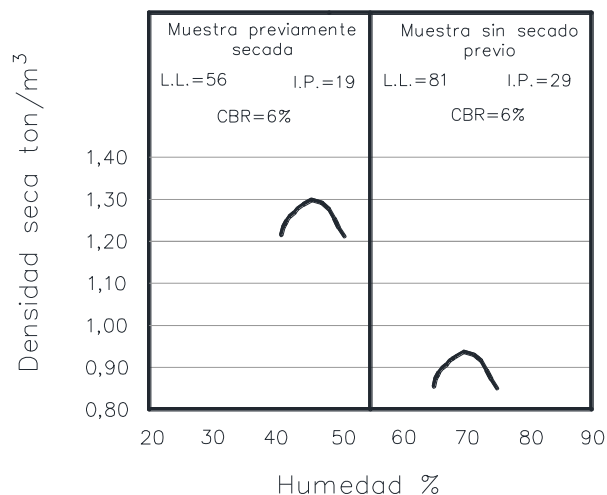
2.1.4.4 Observaciones de los ensayos de compactación

Se debe considerar que a los ensayos de compactación relacionada con suelos tropicales pueden sufrir modificaciones a causa del manipuleo y precalentamiento a que usualmente son sometidos en los laboratorios ante los ensayos.

Aplicar de forma indiscriminada los procesos de compactación en suelos tropicales, ocasionan cambios en sus propiedades ingenieriles que a menudo resultan irreversibles.

En la figura 2-9 se ilustra un caso en donde el contratista no lograba obtener los niveles de densidad requeridos de acuerdo al ensayo de compactación de laboratorio efectuando sobre una muestra secada previamente a la ejecución del ensayo. Un estudio empleado en el campo permitió obtener una curva de compactación con relevante. La densidad natural de la sub-rasante era del orden de 70% y de allí la dificultad de obtener la densidad exigida por el ensayo de laboratorio. [8]

Gráfico 2-9 Comparaciones de curvas de compactación, con y sin secado previo



Fuente: Ensayo para pavimentos guía para la ejecución e interpretación de resultados de Fernando Sabogal

La importancia de identificar suelos sensitivos con el fin de efectuar ajustes que corresponden al ensayo de compactación, evitando así demoras y discusiones en la fase de construcción.

2.1.5 Ensayo de relación de soporte de california

2.1.5.1 Generalidades

El ensayo es una forma de clasificación para ser utilizado como sub-rasante o material de base en la construcción de carreteras. El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas.

El número CBR se obtiene como relación de carga unitaria necesarias para lograr una cierta profundidad de una penetración del pistón dentro de una muestra de suelo con condiciones controladas respecto a la carga unitaria patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado. Representada de la siguiente forma. [8]

$$CBR = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{Carga unitaria patrón}} \times 100\%$$

De lo expresado anteriormente se obtiene el CBR de la relación de carga unitaria patrón.

Cuadro 2-7 Relación de carga unitaria patrón con penetración

Penetración		Carga Unitaria Patrón	
mm	pulg	Penetración (MPA)	Carga Unitaria (PSI)
2,5	0,10	6,9	1,000
5,0	0,20	10,3	1,500
7,5	0,20	13,0	1,900
10,0	0,30	16,0	2,300
12,7	0,50	18,0	2,600

Fuente: ASTM 1883 -99

El CBR se basa generalmente se basa en la relación de carga de penetración de 2,5mm, pero si el CBR es mayor a una penetración de 5,00 mm, se debe tomar el mayor de los dos, se recomienda repetir el ensayo para corroborar los resultados en caso de que la deformación sea mayor a los 5mm de penetración.

2.1.5.2 Condiciones del ensayo

La resistencia de un suelo varía con su densidad y su contenido de humedad cuando se compacta. Por lo tanto para reproducir las condiciones de obra en laboratorio, se deben controlar.

Por lo general para representar en el laboratorio las condiciones más críticas del terreno, las muestras se sumergen en agua representando así la acumulación de agua en las capas de pavimento.

Investigaciones en áreas tropicales demuestran la posibilidad de saturación de la sub-rasante debido a deficientes procesos constructivos y en los dispositivos de drenaje, que permiten la acumulación de agua en las capas de pavimentos. Por lo tanto un correcto proceso constructivo, sistemas de drenaje superficial y subterráneo, manteniendo el nivel freático 60 cm bajo la superficie sub-rasante, mejoran los estados de duración de una carretera. [8]

2.1.5.3 Variantes del ensayo CBR

El CBR puede ensayarse con su humedad natural o saturada. Las muestras Inalteradas deberán ensayarse con su contenido de humedad natural, mientras que los ensayos de laboratorio serán posteriormente de haber sumergido en agua.

Si en la obra, durante la construcción, las condiciones de humedad y densidad llegan a diferir en mucho más de las asumidas deberán hacerse ensayos “in situ” para hacer los ajustes correspondientes

La selección para el CBR de diseño, la densidad seca va estar dentro del contenido de agua en los intervalos de los límites del peso unitario seco mínimo especificado y del peso unitario seco producido por la compactación. De acuerdo a la sección 9.4 de la norma ASTM 1883.

2.1.5.4 Métodos de ensayo de laboratorio

Método I: Ensayado sobre gravas, arenas y suelos sin cohesión. Suelos que han sido clasificados por el Método Unificado como: GW; GP; SW; y SP. Considerando también sus respectivas modificaciones GW-GM, GP-GM, SW-SM, SP-SM, GM y SM, siempre y cuando la fracción fina no posea plasticidad [8]

Método II: Ensayado sobre Suelos de plasticidad baja o media que no posean características expansivas. Suelos que han sido clasificados por el Método Unificado como: GM; GC; SM; y SC, ML, OL y CL no expansivos así como combinaciones de ellos. [8]

Método III: Ensayado sobre Suelos de características expansivas, como algunos CL y los MH, OH y CH. [8]

Método I:

La preparación, curado y penetración de la muestra estarán de acuerdo a la norma AASHTO T – 193 y ASTM D1883

a) Consideraciones sobre el método I

La selección de la Humedad Óptima será de acuerdo a la densidad seca máxima. Se determinan los valores de esfuerzo correspondiente a las cargas aplicadas Es decir:

$$CBR = Lectura\ del\ dial * \frac{Constante}{3}$$

Los valores de CBR con los esfuerzos considerados son a la penetración de 0,1.

$$CBR_{0,1} = \frac{Cup\ 1''}{1000} * 100 = CBR\%$$

Cup 1'' = Carga unitaria del ensayo a 0,1'' de penetración

Si se encuentran irregularidades en el punto de inflexión el cero de las abscisas deberá corregirse para evitar posibles errores. El seleccionar el CBR puntual de diseño para la densidad y humedad esperada en la obra. [8]

Método II:

La preparación, curado y penetración de la muestra estarán de acuerdo a la norma AASHTO T – 193 y ASTM D1883

a) Consideraciones sobre el método II

La selección de la Humedad Óptima será de acuerdo a la densidad seca máxima.

Las densidades del compactación sobre a sub-rasante estarán fijadas por las Normas MTOP. Para la selección de la humedad de diseño en el método 2 requiere un mejor criterio por parte del proyectista. La relación entre humedades y los límites plásticos tienden a ser constantes en los tipos de suelo.

El cual estará ayudado por el ensayo DCP. La Humedad de la sub-rasante puede considerarse a partir de 1 metro por debajo de la superficie.

Método III:

La preparación, curado y penetración de la muestra estarán de acuerdo a la norma AASHTO T – 193 y ASTM D1883

a) Consideraciones sobre el método III

La selección de la Humedad Óptima será de acuerdo a la densidad seca máxima. El desarrollo es igual al del método 2.

La selección de la Humedad de diseño será de acuerdo a lo establecido en el método 2. Considerando el CBR de campo expresado por el DCP.

Un suelo con características expansivas propias como los tipos MH, OH, CH y algunos CL tienden a dejarse una mayor cantidad de tiempo dentro del agua, considerándose periodos de 4 a 6 días, es más común en suelos tipos tropicales o de la zona oriente del Ecuador.

Se debe calcular las expansiones producidas de cada muestra ocasionada de la inmersión en agua.

$$E. (\%) = \frac{L_f - L_i}{H_i} * 100$$

E(%) = Expansión en porcentaje

L_f = Lectura final en el dial del trípode.

L_i = Lectura inicial en el dial del trípode

H_i = Altura inicial de la muestra

Se recomienda elegir el CBR de diseño para condiciones de Humedad y densidad tales que la expansión no supere un límite máximo aceptable que generalmente se ha establecido en 2%. [8]

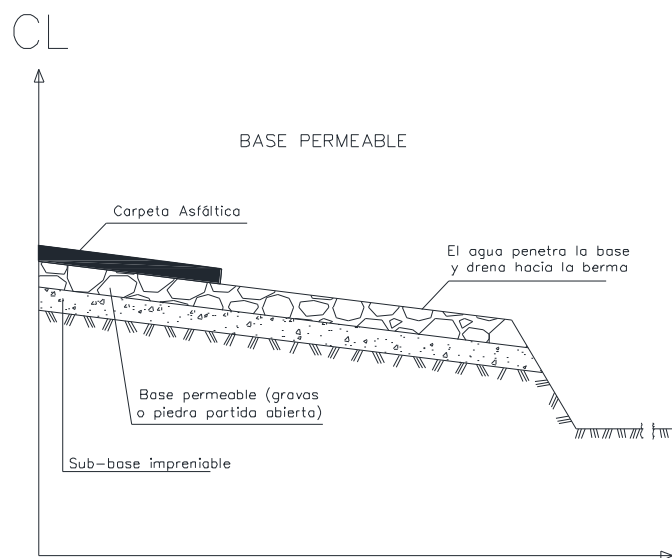
Con base en esta relación y conociendo las humedades naturales del suelo, se selecciona un valor aceptable que garantice una expansión inferior al del 2% para densidades razonables se pueden alcanzar durante la compactación para una densidad igual o muy cercana a la del terreno si se trata de un suelo sensitivo que pueda sufrir pérdida de resistencia por la acción perturbadora de los equipos de construcción[3]

2.1.5.5 Observaciones sobre el ensayo CBR

Ciertas recomendaciones para evitar la saturación total del suelo debido a la infiltración del agua debería considerarse. El proceso constructivo puede influir directamente en el comportamiento de bases y sub-bases, el MTOP brindan detalles sobre sus especificaciones.

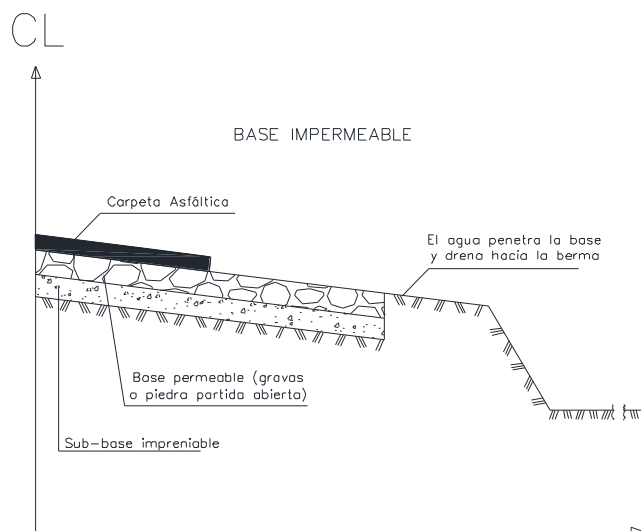
Las sub-bases pueden encontrarse expuestas a grandes cantidades de agua y tener buena resistencia aunque esté saturada. Con el criterio de sub-rasantes estabilizadas pueden decirse que el agua no se infiltrará y no se reducirá su resistencia.

Gráfico 2-10 Ejemplo de Base Permeable



Fuente: Ensayo para pavimentos guía para la ejecución e interpretación de resultados de Fernando Sabogal

Gráfico 2-11 Ejemplo de Base Impermeable



Fuente: Ensayo para pavimentos guía para la ejecución e interpretación de resultados de Fernando Sabogal

2.1.6 Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP)

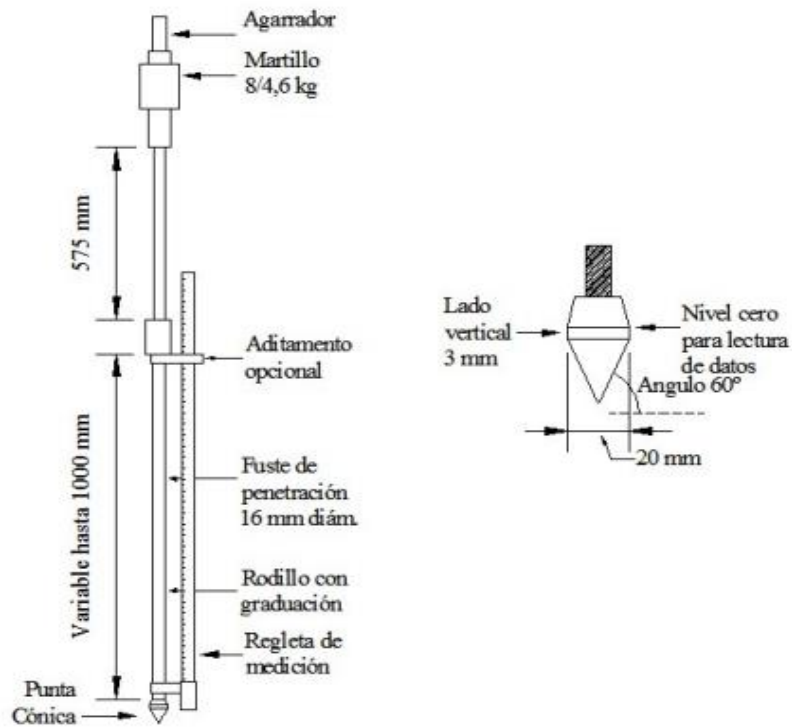
2.1.6.1 Generalidades

Para el diseño de pavimentos flexibles es utilizado el CBR (Relación de soporte de california), pero las diferentes condiciones de campo muestran cierta dificultad el dar un criterio del CBR de diseño. El DCP brinda ventajas por su simplicidad y economía.

El DCP se utiliza para evaluar sub-rasantes no compactadas y estimar el valor CBR. Da un mayor conocimiento estimado a la capacidad estructural de las diferentes capas que conforman el pavimento, detecta la uniformidad de compactación del material. [5]

El operador introduce la punta del DCP en el suelo, levantando el mazo deslizante hasta la empuñadura y soltándola luego. La medida del DCP es en mm/golpe, la cual se usa para describir la rigidez del suelo, para estimar el CBR in situ en base a las correlaciones establecidas.

Gráfico 2-12 Esquema de Equipo DCP

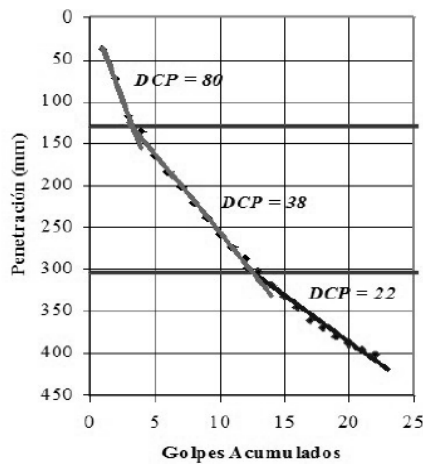


Fuente: ASTM - 6951

2.1.6.2 Curva DCP

La gráfica indica el número de golpes acumulados en función de la penetración acumulada. La curva representa el número de capas existentes y el cambio de sus pendientes señala la resistencia que tienen dichas capas [5]

Gráfico 2-13 Curva DCP de penetración vs Golpes Acumulados



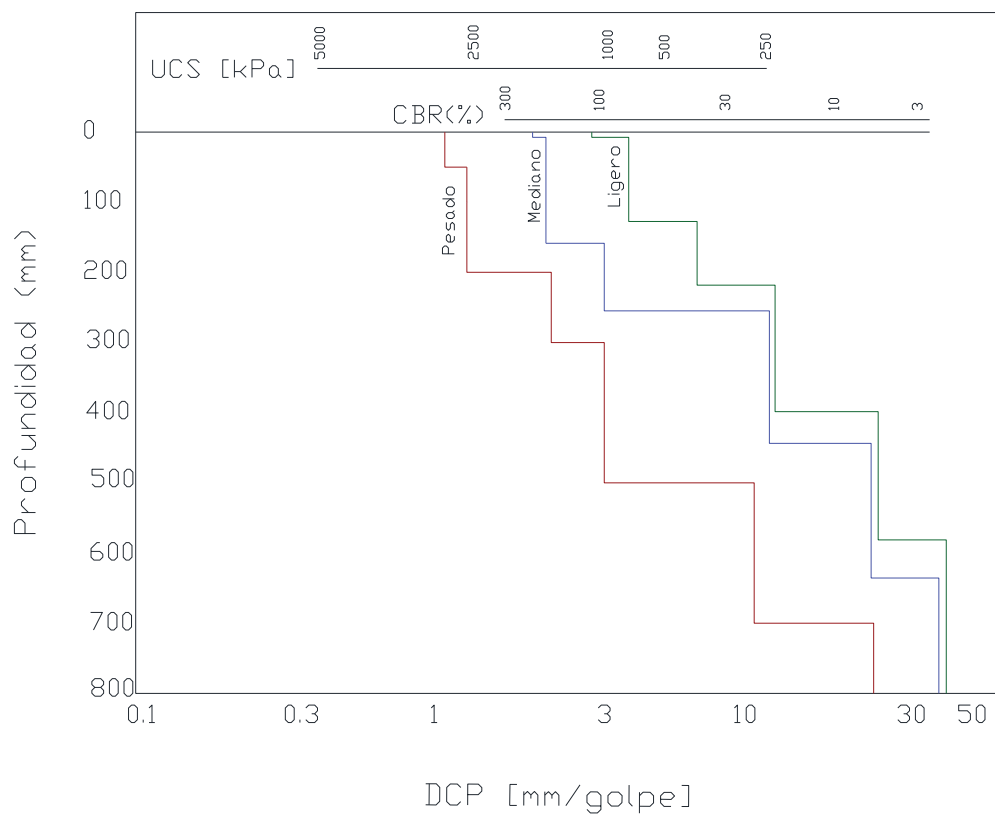
Fuente: ASTM - 6951

Número DCP

Representa la penetración obtenida por golpe expresada en mm/golpe, mientras más vertical sea la gradiente, menor será la resistencia del suelo.

Diagrama estructural

Gráfico 2-14 Curvas Estructurales DCPs para tráfico liviano, mediano y pesado



Fuente: ASTM - 6951

2.1.6.3 Significado y uso

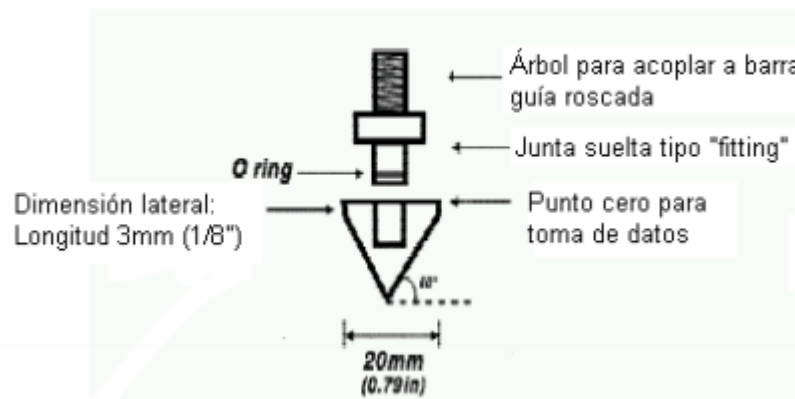
Este método se usa para evaluar las resistencias in situ de suelos inalterados o compactados. La razón de penetración DCP de 8Kg puede ser usada para estimar el CBR (in situ) para identificar espesores de capas, las resistencias al corte de estratos de suelos y otras características de los materiales. [5]

El DCP de 8Kg se posiciona verticalmente y por esta razón es usado comúnmente en estructuras constructivas horizontales, tales como pavimentos y losas de piso.

El instrumento se usa comúnmente para evaluar las propiedades de materiales ubicados hasta 1000 mm (39") por debajo de la superficie. La profundidad de penetración puede ser aumentada dependiendo de la magnitud de la obra a estudiarse. Pero en dicho caso se debe tener cuidado con los parámetros de correlación, ya que éstas solo son aptas para configuraciones específicas de DCP.

La masa y la inercia del dispositivo cambiarán y producirán fricción por contacto superficial de las extensiones de las barras. El DCP de 8Kg puede ser usado para estimar parámetros de soporte de suelos finos y gruesos, materiales granulares de construcción y estabilizaciones pobres. El DCP de 8 Kg no puede ser utilizado en materiales altamente estabilizados o cementados o para materiales granulares que contengan un alto porcentaje de agregados mayores que 50mm (2") [5]

Gráfico 2-15 Punta para penetración en el Suelo



Fuente: ASTM – 6951

En circunstancias donde los materiales están ubicados bajo capas altamente estabilizados, el DCP de 8 Kg puede ser utilizado luego de perforar o cortar u orificio de acceso, en la losa o carpeta asfáltica.

El DCP puede ser usado para evaluar la densidad de un material relativamente uniforme, relacionando la densidad con penetración ejercida. De esta forma se podrán identificar áreas suaves o zonas de baja compactación.

La medición del DCP en el campo, conduce a una estimación del CBR in situ y normalmente los resultados no establecen relaciones directas con el dato de CBR del laboratorio, en condición saturada. Este ensayo es por lo tanto es indicado para evaluar la resistencia de los materiales en el sitio, bajo las condiciones existentes

Cuadro 2-8. Cuadro de registro DCP

Proyecto: Camino del Servicio Forestal Ubicación: STA-30+50, 1 MRT of C/L Profundidad del punto cero bajo superficie: 0 Clasificación del material: GW/CL Condición del pavimento: No aplica				Fecha: 7 julio 2001 Personal: JLS & SDT Peso del mazo: 8 Kg. (17,6 lb) Condición del tiempo: Nublado, 25 °C (72 °F) Profundidad del nivel freático: desconocido			
Cantidad de golpes ^A	Penetración acumulada ^B (mm)	Penetración entre lecturas ^C (mm)	Penetración por golpe ^D (mm)	Factor de mazo ^E	Índice DCP ^F (mm/golpe)	CBR % ^G	Humedad % ^H
0	0	--	--	--	--	--	--
5	25	25	5	1	5	50	
5	55	30	6	1	6	40	
15	125	70	5	1	5	50	
10	175	50	5	1	5	50	
5	205	30	6	1	6	40	
5	230	25	5	1	5	50	
10	280	50	5	1	5	50	
5	310	30	6	1	6	40	
5	340	30	6	1	6	40	
5	375	35	7	1	7	35	
5	435	60	12	1	12	18	

FUENTE: ASTM - 6951

En la cual :

$$C = Bi1 - Bi2$$

$$D = \frac{C}{A}$$

$$F = D - E$$

A: Cantidad de golpes del mazo entre lecturas del ensayo

B: Penetración acumulada después de cada set de golpes del mazo

C: Diferencia en la penetración acumulada entre lecturas (Bi1-Bi2)

D: Relación entre la penetración entre lecturas y la cantidad de golpes (C/A)

E: Para el mazo de 8 kg es 1

F: Es el Factor de mazo que multiplica a la penetración por golpe (DxE)

G: De la correlación entre CBR y el índice DCP

H: Contenido de Humedad cuando se disponga del valor

2.1.6.4 Procedimiento

Verificación del equipo.- Se inspecciona las partes que estén en óptimas condiciones, y la punta-cono considerando su desgaste

Operación básica.- El operador sostiene el aparato por la empuñadura, se levanta y se suelta el mazo desde la altura estándar.

Lectura inicial:

Ensayo de un estrato o capa superficial.- EL DCP se sostiene verticalmente y la punta se coloca de tal forma que la parte superior más ancha está al nivel de la superficie. Se obtiene la lectura inicial de la escala vertical graduada

2.1.6.5 Secuencia del ensayo

Deja caer el mazo.- El operador levanta el mazo y suelta en caída libre. La cantidad de impacto y la penetración correspondiente son registradas.

Profundidad de penetración.- La profundidad de penetración variará según su aplicabilidad para su uso en autopista típica, una penetración a 1000 mm es generalmente adecuada

Rechazo.-. La presencia de agregados de gran tamaño o estratos de roca ocasionan que la penetración se imposibilite o que se flexione la barra guía. Si después de 5 impactos, el DCP no ha avanzado más de 2mm o el mango se ha desviado más de 75mm, se debe detener la prueba y mover el DCP hacia otro lugar [5]

Extracción.- Luego de completar la prueba, es extraído golpeando el mazo hacia arriba contra la empuñadura.

2.1.6.6 Registro de datos

Generalmente, las lecturas se toman luego de un número determinado de golpes. La penetración corresponde a un número establecido de golpes se registran al 1mm más cercano

Cuadro 2-9 Correlación entre el CBR y Índice DCP

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

Fuente: ASTM -6951

2.1.6.7 Resultados

El CBR in situ se obtiene usando el índice DCP y los datos obtenidos por la penetración. La penetración por golpe puede ser graficada con respecto a la profundidad total alcanzada. La penetración por golpe se utiliza luego para estimar el CBR in situ o la resistencia al corte utilizando una correlación adecuada. [5]

La correlación entre la penetración por golpe (DCP) se deriva de la fórmula:

$$CBR = \frac{292}{DCP^{1.12}}$$

Esta fórmula se utiliza para todos los suelos, exceptuando los suelos arcillosos de baja plasticidad (CL) con CBR por debajo de 10 y suelos CH. Para este tipo de suelos, se recomienda:

CBR de suelos CL < 10

$$CBR = \frac{1}{(0,017019 * DCP)^2}$$

Suelos CH : 1/0,002871 x DCP [5]

$$CBR = \frac{1}{0,002871 * DCP}$$

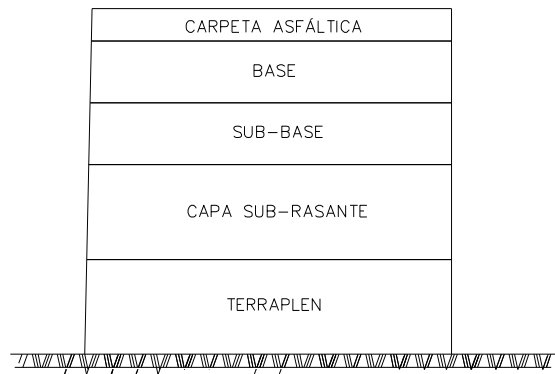
La selección de la correlación se deja bajo un criterio profesional. La existencia de estratos diferentes se observará para cada capa un cambio de pendiente en el gráfico de golpes acumulados de penetración versus profundidad. [5]

El espesor de capa se puede determinar por medio de la intersección de las líneas que representan el promedio de pendiente de las capas adyacentes. Definido el espesor por capas, se calcula la penetración promedio por capa.

2.1.7 Terracerías

Son los volúmenes de materiales que se extraen o que se utilizan de relleno en la construcción de una vía. Las terracerías se dividen en el cuerpo del terraplén, siendo ésta la parte inferior, y la capa sub-rasante, que se coloca sobre la anterior con un espesor mínimo de 30cm.[2]

Gráfico 2-16 Terraplén Tipo



Fuente: Estructuración de vías terrestres de Fernando Bustamante

2.1.7.1 Características de la capa sub-rasante

Las características que son consideraras para la sub-rasante son las siguientes:

Espesor de la capa: 30 cm mínimo [6]

Tamaño máximo: 7.5cm [6]

Grado de compactación del 95% [6]

Expansión máxima 5% [6]

Los materiales empleados deben tener un valor de CBR mayor al 5% [6]

2.1.7.1.1 Materiales para la formación de la sub-rasante

Para emitir un criterio la sub-rasante deberá cumplir con las características emitida en la tabla considerando el Valor CBR

Cuadro 2-10 Materiales Utilizables en la formación de la explanada

SÍMBOLO	DEFINICIÓN DEL MATERIAL	PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS
IN	Suelo inadecuado o marginal	" Su empleo solo será posible si se estabiliza con cal o con cemento para conseguir S-EST1 o S-esT2"
0	Suelo tolerable	" CBR \geq 3 -Contenido en materia orgánica < 1% -Contenido en sulfato solubres (SO ₃) < 1% - Hinchamiento libre < 1% "
1	Suelo adecuado	"- CBR \geq 5
2	Suelo seleccionado	"- CBR \geq 10
3	Suelo seleccionado	"- CBR \geq 0
S-EST 1	Suelo estabilizado in situ con cemento o con cal	" Espesor mínimo: 25cm -Espesor máximo: 30m
S-EST 2		
S-EST 3		

Fuente: Norma Ecuatoriana Vial

2.1.7.2 Terraplenes

En ciertas condiciones es necesaria la construcción de un terraplén, éste permite mejorar las condiciones donde se va a construir una vía. Su empleo disminuye el número estructural, facilitando proponer espesores menores de estructuras de pavimentos.

El terraplén consiste en zonas de tales dimensiones que permiten de forma sistemática la utilización de maquinaria pesada con destino a crear una plataforma a la cual se asiente el firme de una carretera [11]

Su ejecución comprende de las siguientes operaciones:

- Preparación de la superficie del apoyo de terreno tipo terraplén.
- Extensión de una capa.
- Humectación o desecación de una capa.
- Compactación de una capa.

La superficie de la explanación debe quedar, en todos los casos, al menos 60cm por encima del nivel más alto previsible de la capa freática. Se debe asegurar siempre la evacuación de agua infiltrada a través de las capas de firme de la calzada [6]

2.1.7.2.1 Tipos de suelos a utilizarse

Un terraplén considera los siguientes tipos de suelos los cuales cada uno tiene sus características propias, las cuales están establecidas en la Norma Ecuatoriana Vial y estos son:

- Suelos seleccionados
- Suelos adecuados
- Suelos tolerables
- Suelos marginales
- Suelos inadecuado [10]

2.1.7.3 Pedraplenes

Consiste en la extensión y compactación de los materiales pétreos. Su utilización es recomendada en el Oriente. Permite crear un buen drenaje y además utilizar el CBR de Laboratorio para el Diseño de estructuras de Pavimento. [10]

Su ejecución comprende los siguientes pasos.

- Preparación de la superficie del apoyo de terreno tipo terraplén.
- Extensión de una capa.
- Humectación o desecación de una capa.
- Compactación de una capa.

2.1.7.3.1 Características del Pedraplén

Cuando un material que se emplea para la construcción de capas contenga más de un 25% de piedras superior a 15 cm de diámetro mayor, será colocado en capas de espesor para contener el material de tamaño mayor, pero, en ningún caso, se colocarán capas de espesor mayor a 60cm [12]

Cuando se utilice el material pedregoso de esta manera, cada capa será emparejada con material fino adicional, adecuado para llenar los espacios vacíos entre las piedras

y luego compactada. Se seguirá este método de construcción hasta una altura no mayor a 60 cm [12]

2.1.8 Diseño estructural de pavimentos

Los pavimentos flexibles están conformados por capas de materiales granulares compactados y una superficie de rodadura. Los cuales son diseñados por un número de ejes equivalentes.

2.1.8.1 Análisis de tráfico

Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).- Representa el tránsito total que circula por la carretera por 365. Es el volumen de tránsito promedio por día.

Para el cálculo del TPDA se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- En vías de un solo sentido de circulación, el tráfico será en ese sentido
- En varias vías de 2 sentidos de circulación, se tomará el volumen del tráfico en 2 direcciones

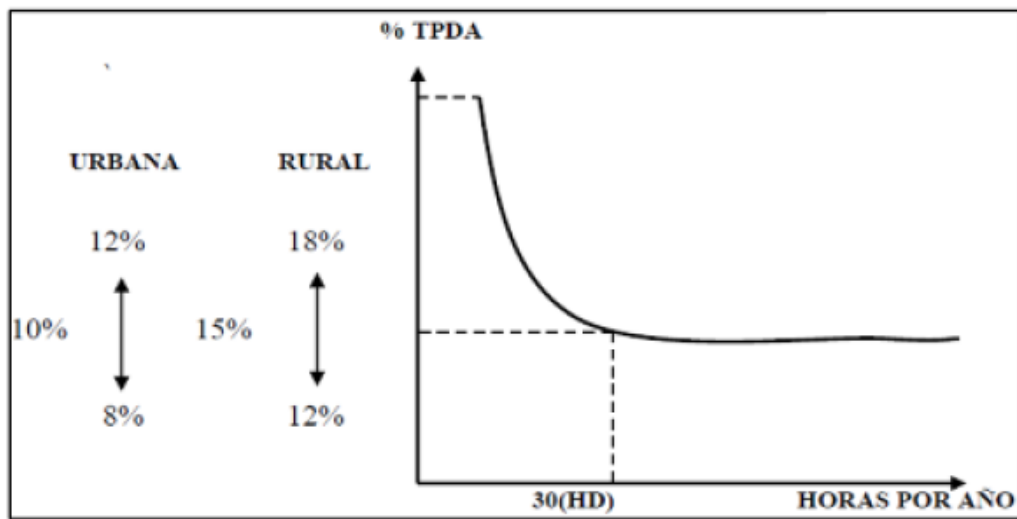
Volumen horario máximo anual (VHMA).- Es la hora de mayor tráfico vehicular de las 8760 horas del año.

Volumen horario máxima demanda (VHMD).- Es el máximo número de vehículos que pasa por un punto de la carretera durante 60 min.

Existen periodos cortos dentro de la hora con tasa de flujo mayores a la de la hora misma. El Factor de la hora de máxima demanda FHMD se denomina a la relación del VHMD y el flujo máximo Q_{\max} para periodos de 15 min. [12]

Porcentaje de la trigésima hora.- Este porcentaje se lo determina con la gráfica N° 2.17 donde se diseña en el punto de equilibrio. Donde se recomienda escoger el valor del 10% para vías urbanas y 15% para vías rurales. [12]

Gráfico 2-17 Punto de inflexión para el tráfico durante un año



FUENTE: MTOP-001-F-2003

El TPDA se calcula en función de la trigésima Hora y del factor de hora pico asumido 1 para cada tipo de vehículos ya sean livianos, buses o camiones

Tránsito actual.- Para obtener un dato aproximado del total de vehículos que van a circular es necesario considerar 3 tipos de tránsito:

- Tránsito Generado (Tg) : Se asume como el 20% del TPDA actual
- Tránsito Atraído (Tat) : Se asume como el 10% del TPDA actual
- Tránsito Desarrollado (Td): Se asume como el 5% del TPDA actual

Tránsito futuro.- Se realiza una proyección del tránsito para 20 años y se calcula de la siguiente forma.

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

Donde:

TF: Tráfico Futuro

Ta: Tráfico Actual

i= Índice de crecimiento Vehicular

n=Número de proyección de años (20 años)

Cuadro 2-11 Índice de crecimiento vehicular

Periodo	Tipos de Vehículos		
	Livianos	Buses	Camiones
2010-2015	4,47	2,22	2,18
2015-2020	3,97	1,97	1,94
2020-2025	3,57	1,78	1,74
2025-2030	3,25	1,62	1,58

Fuente: MTOP-001-F-2003

2.1.8.2 Cálculo y diseño de las estructuras de pavimento

Para determinar el número estructural S_n , se emplea la siguiente fórmula establecida por la AASHTO 93:

$$\log_{10} W_{18} = Z_r S_o + 9.36 \log_{10} (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{\frac{0.40 + 1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10} Mr_7 - 8.07$$

En donde:

W_{18} : Número de cargas de ejes simples equivalentes de 80KN.

Z_r : Área que se encuentra bajo la curva de distribución que está relacionada con la curva estandarizada para confiabilidad R.

S_o : Desviación Estándar.

ΔPSI : Pérdida de serviciabilidad.

Mr : Módulo de resiliencia de la sub-rasante.

ΔPSI : Número estructural.

2.1.8.3 Ejes equivalentes acumulados según el periodo de diseño

La estructura del firme será en función y características de los vehículos pesados que se prevea vayan a circular por el carril de proyecto durante el periodo de funcionalidad de la vía. Este periodo será 20 años, salvo indicación en contrario al Estudio. [10]

En la tabla 2.12 se presenta los diferentes periodos de análisis propuestos por la AASHTO 93:

Cuadro 2-12 Periodo de Diseño de acuerdo al tipo de Carretera

Tipo de carreteras	Período de análisis (Años)
Urbana de alto volumen	30 a 50
Rural de alto Volumen	20 a 50
Pavimento de bajo volumen	15 a 25
Tratada superficialmente de bajo volumen	10 a 20

Fuente: MTOP-001-F-2003

2.1.8.4 Factores de daño de acuerdo al tipo de vehículo

Para una estimación real en el diseño de pavimentos se debe tomar en cuenta el daño que produce un vehículo en el pavimento según el peso que posea. En la tabla 2.12 se señalan los factores de daños establecidos por la AASHTO 93. [13]

Cuadro 2-13 Factores de daño (FD)

FACTORES DE DAÑO SEGÚN TIPO DE VEHÍCULO									
TIPO	SIMPLE		SIMPLE DOBLE		TRIDEM		TRIDEM		FACTOR DAÑO
	ton	(P/6.6) ⁴	ton	(P/8.2) ⁴	ton	(P/15) ⁴	ton	(P/23) ⁴	
BUS	4,0	0,13	8,0	0,91					1,04
C-2P	2,5	0,02							1,29
	7,0	1,27							
C-2G	6,0	0,68	11,0	3,24					3,92
C-3	6,0	0,68			18	2,07			2,76
C-4	6,0	0,68					25	1,40	2,08
C-5	6,0	0,68			18	2,07			2,76
C-6	6,0	0,68			18	2,07	25	1,40	4,16

FUENTE: MTOP-001-F-2003

2.1.8.5 Factor de distribución de carril

Este se considera de acuerdo al número de carriles propuestos en la siguiente tabla

Cuadro 2-14 Tabla de repartición del tránsito

Número de carriles	Porcentaje de vehículos pesados en el carril de diseño
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente: Norma Ecuatoriana Vial

2.1.8.6 Cálculo del número de ejes equivalentes

El cálculo del número de total de ejes equivalentes se debe considerar la siguiente fórmula:

$$W18 = 365 * TPDA_{final} * FD$$

Donde:

W18: Número de ejes equivalentes (Establecido por el periodo de diseño 20 años)

TPDA final: Tránsito promedio diario anual (Establecido por el periodo de diseño 20 años)

FD: Es el factor de daño establecida

Esta fórmula se debe establecer para cada tipo de vehículo que circulará por la vía, entonces la expresión final será:

$$W18 = [(TPDA\ final * FD)_{livianos} + (TPDA\ final * FD)_{buses} + \dots + (TPDA\ final * FD)_{C-2P}]) * 365$$

2.1.8.7 Confiabilidad “r”

La confiabilidad en el Diseño “R” puede ser definida como la probabilidad de que tiene un estructura real igual o mejor que previsto durante la vida de diseño adoptada. Dicha confiabilidad está asociada con el tipo de carretera y de la zona. Los cuales están establecidos por la tabla 2.15 [13]

Cuadro 2-15 Confiabilidad "R" de acuerdo al tipo de vía

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad, R, recomendado	
	Urbana	Rural
Interestatales y vías rápidas	85 - 99,9	80 - 99,9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 -95	75 - 95
Locales	50-80	50 - 80

Fuente: Guía para el Diseño Estructural de Pavimento AASHTO 93

2.1.8.8 Desviación estándar normal zr

Cada valor R está asociado estadísticamente a un valor del coeficiente Zr, el cual se muestra en la tabla 2.16 [13]

Cuadro 2-16 Factores de desviación estándar normal, Zr

Confiabilidad R	Zr
50	0
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,34
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,09
99,99	-3,75

Fuente: Guía para el Diseño Estructural de Pavimento AASHTO 93

2.1.8.9 Desviación estándar global “so”

La desviación estándar “So” representa las condiciones locales particulares, que considera las posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y la predicción del tránsito. Se recomienda usar 0,45. [13]

2.1.8.10 Índice de serviciabilidad de la carretera “PSI”

La Serviciabilidad es la condición de un pavimento para proveer un manejo seguro y confortable a los usuarios en un determinado momento.

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

Donde:

Δ PSI: Diferencia entre los índices de servicio inicial u original y el final terminal deseado

PSI inicial: Índice de servicio inicial (4.5 par pavimentos rígidos y 4,2 para flexibles)

PSI final: Índice de servicio terminal. La AASHTO recomienda. Valores de 3.0, 2.5 para caminos principales y 2.0 para secundarios

La desviación estándar “So” representa las condiciones locales particulares, que considera las posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y la predicción del tránsito. Se recomienda usar 0,45. [13]

2.1.8.11 Módulo de la resiliencia de la sub-rasante

Ensayos usando cargas estáticas o de baja velocidad de deformaciones tales como CBR, son reemplazados por ensayos dinámicos y de repetición de cargas tales como el ensayo de módulo de resiliente, que representan mucho mejor lo que sucede bajo un pavimento en lo concerniente a tensiones y deformaciones. [13]

El método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos flexibles incluye una correlación entre el módulo de resiliencia “Mr” y el CBR.

- $Mr(\text{psi}) = 1500 \times \text{CBR}$ para $\text{CBR} < 10\%$ (sugerida por la AASHTO)
- $Mr(\text{psi}) = 3000 \times \text{CBR}^{0,65}$ para CBR de 7,2% a 20% (ecuación desarrollada en Sudáfrica) $Mr(\text{psi}) = 43260 \times \text{Ln}(\text{CBR}) + 241$ (Utilizada para suelos granulares sugerida por la AASHTO)

2.1.8.12 Determinación de espesores por capas

Una vez que el diseñador ha obtenido el Número Estructural SN para la selección del pavimento, utilizando la ecuación básica de diseño. Es necesario determinar las secciones multicapas que en conjunto provea de suficiente capacidad de soporte equivalente al número estructural del diseño original. [13]

La ecuación establecida por la AASHTO, permite obtener los espesores de cada capa, involucrando coeficientes de drenaje particulares para la base y sub-base.

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

Donde:

a_1 , a_2 y a_3 : Coeficientes estructurales de la carpeta, base y sub-base

D_1 , D_2 y D_3 : Espesores de la carpeta, base y sub-base

m_2 y m_3 : Coeficiente de drenaje para base y sub-base

Para el cálculo de los espesores D_1 y D_2 , los valores mínimos establecidos por la AASHTO, en función del tránsito en ejes equivalentes sencillos acumulados están establecidos en la tabla

Cuadro 2-17 Espesores mínimos en función de los ejes equivalentes (pulg)

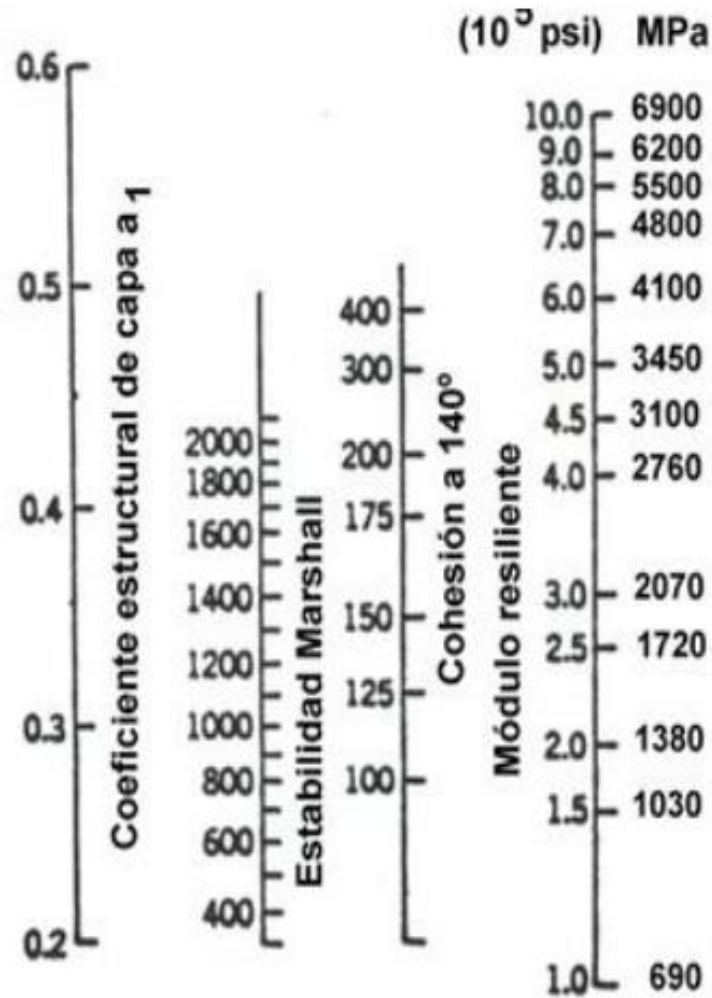
Tráfico W18	Concreto asfáltico, D1	Capa Base D2
<50 000	1,0	4,0
50 001 a 150 000	2,0	4,0
150 001 a 500 000	2,5	4,0
500 001 a 2 000 000	3,0	6,0
2 000 001 a 7 000 000	3,5	6,0
> 7 000 000	4,0	6,0

Fuente: Guía para el Diseño Estructural de Pavimento AASHTO 93

2.1.8.13 Número estructural de la carpeta asfáltica

Para el diseño estructural de la carpeta asfáltica se considera el factor de daño originado por un vehículo liviano o expresada en ejes sencillos equivalentes del estándar AASHTO de 80 n (18 000 lb) para pavimentos asfálticos.

Gráfico 2-18 Coeficiente estructural de la Carpeta Asfáltica (a1)



Fuente: Guía para el Diseño Estructural de Pavimento AASHTO 93

2.1.8.14 Capa de base de material granular

El desgaste de los agregados grueso no debe ser mayor a 40% en el ensayo de abrasión, establecidos en la INEN 860 y 861 (AASHTO T-96), con 500 vueltas en la máquina de los ángeles. El peso no deberá ser menor al 12% en el ensayo de durabilidad establecido en la INEN 863 (AASHTO T-104), luego de 5 ciclos de inmersión y lavado con sulfato de sodio [12]

Los agregados que pasen a través del tamiz N° 40 deberán carecer de plasticidad o tener un límite líquido menor de 25 y un índice plástico menor a 6, de acuerdo a la INEN 691 y 692 (AASHTO T-96)

El valor de soporte de CBR deberá ser igual o mayor al 80%

Base clase 1

El material se obtendrá por trituración de grava o roca en un 100%, para producir fragmentos limpios, resistentes y durables. No deberá haber presencia de material vegetal, grumos de arcilla u otro material. [12]

La base clase 1 deberá graduarse uniformemente de acuerdo a la Tabla 2.18

Cuadro 2-18 Base clase 1

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	
	Tipo A	Tipo B
2" (50.8 mm.)	100	--
1 1/2" (38.1 mm.)	70 - 100	100
1" (25.4 mm.)	55 - 85	70 - 100
3/4" (19.0 mm.)	50 - 80	60 - 90
3/8" (9.5 mm.)	35 - 60	45 - 75
Nº 4 (4.76 mm.)	25 - 50	30 - 60
Nº 10 (2.00 mm.)	20 - 40	20 - 50
Nº 40 (0.425 mm.)	10 - 25	10 - 25
Nº 200 (0.075 mm.)	2 - 12	2 - 12

Fuente: MTOP – 001-F-2003

BASE CLASE 2 y 3

El material para la base clase 2 se obtendrá por trituración de grava o roca. Éste deberá ser al menos en un 50%. Para la clase base 3 se obtendrá por trituración no menor al 25% del peso de grava o roca para producir fragmentos limpios, resistentes

y durables. No deberá haber presencia de material vegetal, grumos de arcilla u otro material. [12]

La base clase 2 deberá graduarse uniformemente de acuerdo a la cuadro 2.19 y la base clase 3 estará graduada de acuerdo a la cuadro 2.20

Cuadro 2-19 Base clase 2

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada
1" (25.4 mm.)	100
3/4"(19.0 mm.)	70 - 100
3/8"(9.5 mm.)	50 - 80
Nº 4 (4.76 mm.)	35 - 65
Nº 10 (2.00 mm.)	25 - 50
Nº 40 (0.425 mm.)	15 - 30
Nº 200 (0.075 mm.)	3 - 15

Fuente: MTOP-001-F-2003

Cuadro 2-20 Base clase 3

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada
3/4"(19.0 mm.)	100
Nº 4 (4.76 mm.)	45 - 80
Nº 10 (2.00 mm.)	30 - 60
Nº 40 (0.425 mm.)	20 - 35
Nº 200 (0.075 mm.)	3 - 15

FUENTE: MTOP-001-F-2003

Base clase 4

El material se obtendrá por trituración o cribado de grava natural, para obtener fragmentos limpios, resistentes y durables. No deberá haber presencia de material vegetal, grumos de arcilla u otro material [12]

La base clase 4 deberá graduarse uniformemente de acuerdo a la cuadro 2.21

Cuadro 2-21 Base clase 4

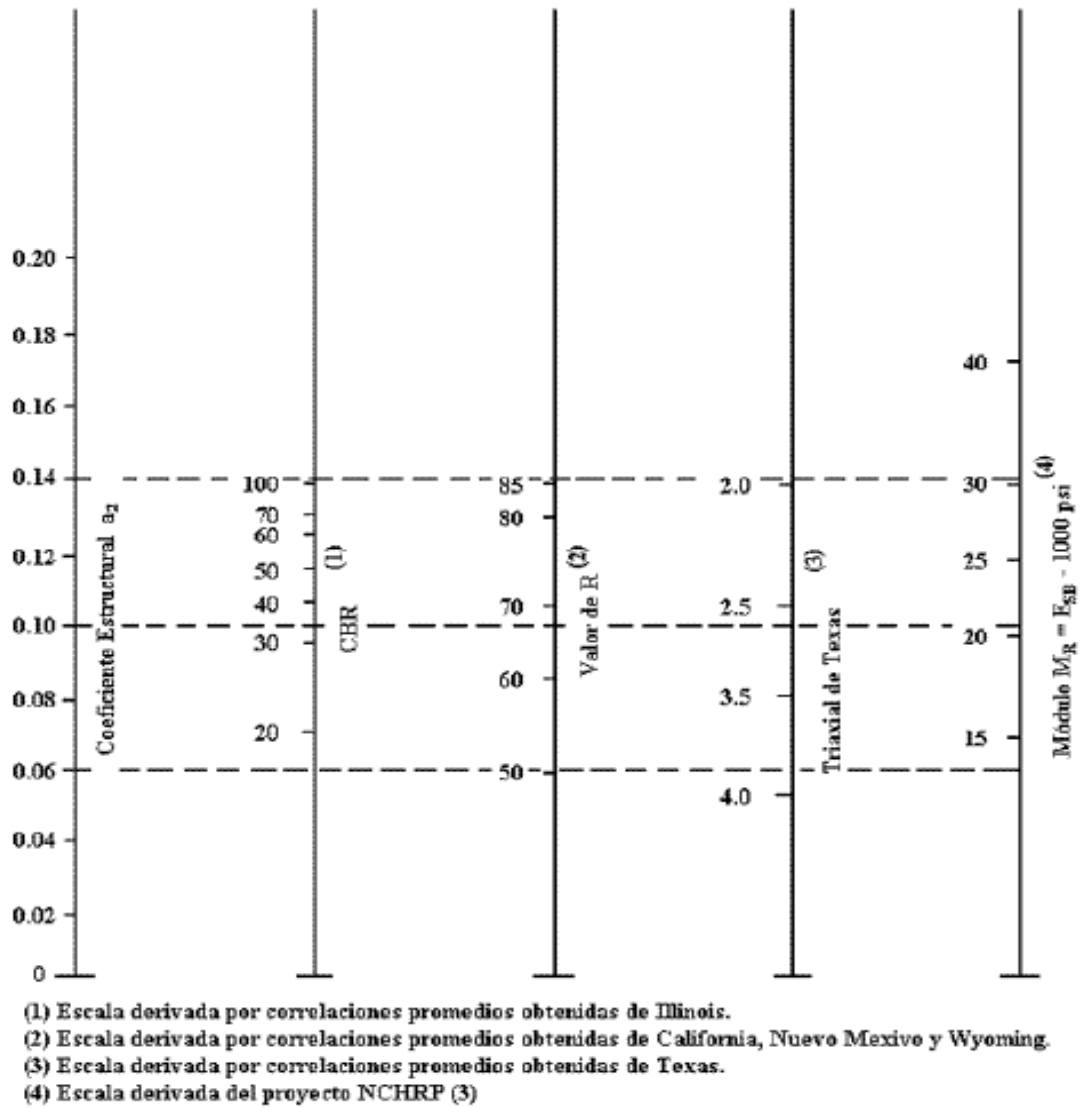
TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada
2" (50.8 mm.)	100
1" (25.4 mm.)	60 - 90
Nº 4 (4.76 mm.)	20 - 50
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 15

Fuente: MTOP-001-F-2003

2.1.8.14.1 Coeficiente estructural de la base granular

El material usado de base utilizado en la estructuras de pavimentos flexibles están basados en correlaciones y ensayos posteriores

Gráfico 2-19 Ábaco para la estimación del Coeficiente Estructural de la Base (a2)



Fuente: Guía para el Diseño Estructural de Pavimento AASHTO 93

2.1.8.15 Capa sub-base de material granular

Los agregados de Capas de Sub-base deberán graduarse uniformemente de grueso a fino lo cual cumplirá con las exigencias establecidas en la cuadro 2.22 establecidos en la INEN 696 y 697 (AASHTO T-11 y T27) [12]

Cuadro 2-22 Granulometría de las Sub-bases

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3" (76.2 mm)	--	--	100
2" (50.4 mm)	--	100	--
1 1/2 (38,1 mm)	100	70 - 100	--
Nº 4 (4.75 mm)	30 - 70	30 - 70	30 - 70
Nº 40 (0.425 mm)	10 - 35	15 - 40	--
Nº 200 (0.075 mm)	0 - 15	0 - 20	0 - 20

Fuente: MTOP-001-F-2003

Éstos deben ser comprobados mediante ensayos granulométricos establecidos en la INEN 696 y 697 (AASHTO T-11 y T27). El desgaste de los agregados grueso no debe ser mayor a 50% en el ensayo de abrasión, establecidos en la INEN 860 y 861 (AASHTO T-96) con 500 vueltas en la máquina de los ángeles

La consideración de que los agregados que pasen a través del tamiz Nº 40 deberán tener un límite líquido menor de 25 y un índice plástico menor a 6, de acuerdo a la INEN 691 y 692 (AASHTO T-96). La capacidad de soporte corresponderá a un CBR igual o mayor del 30%

Sub-base clase 1

Está formada por agregados gruesos provenientes de la trituración de la grava y roca, mezclados con material finamente triturado o con arena natural para alcanzar la granulometría especificada. Por lo menos el 30% del agregado deberá obtenerse por proceso de trituración. [12]

Sub-base clase 2

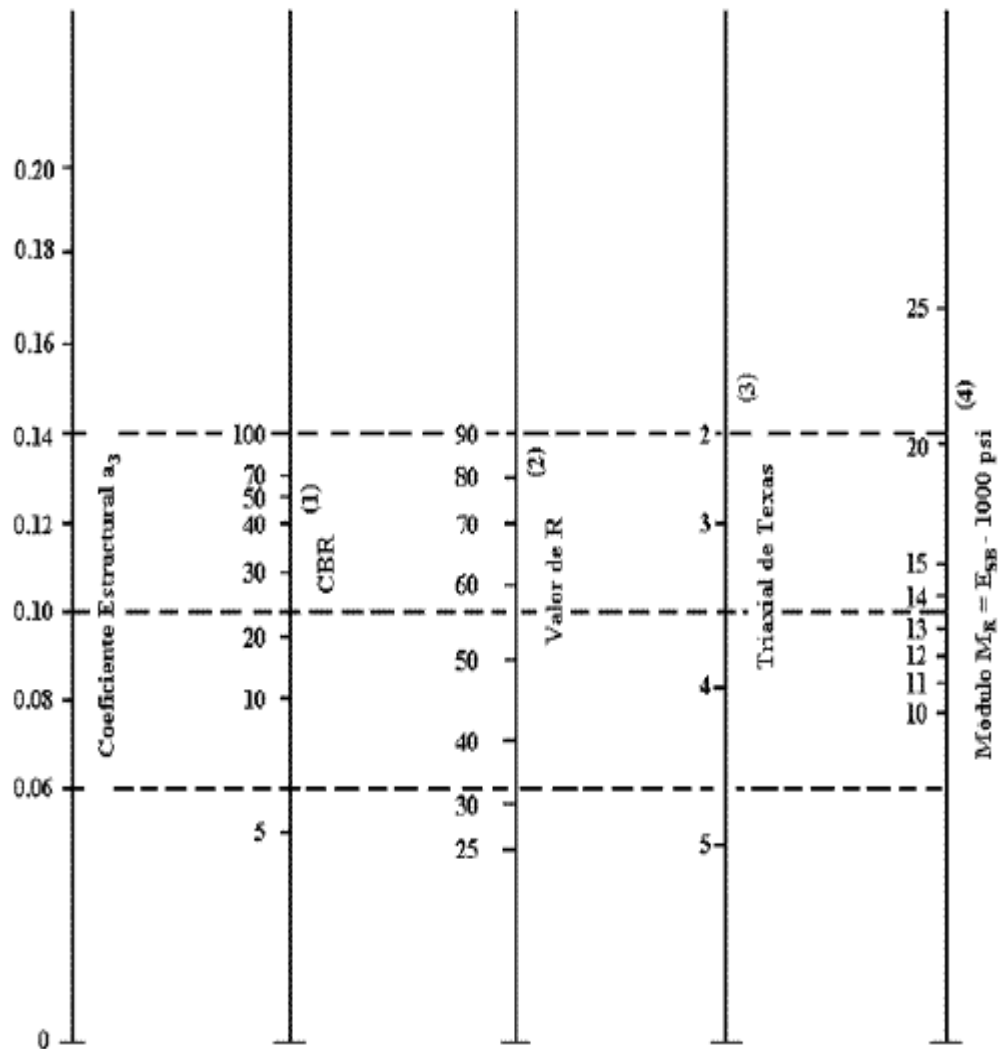
Está formada por agregados gruesos provenientes de la trituración o cribado de gravas o yacimientos cuyas partículas estén fragmentadas naturalmente, mezclados con material finamente triturado o con arena natural para alcanzar la granulometría especificada. Por lo menos el 30% del agregado deberá obtenerse por proceso de trituración. [12]

Sub-base clase 3

Está formada por agregados gruesos provenientes del cribado de gravas o rocas, mezclados con material finamente triturado o con arena natural para alcanzar la granulometría especificada. [12]

2.1.8.15.1 Coeficiente granular de la sub-base granular

Gráfico 2-20 Ábaco para la estimación del coeficiente estructural de la Sub-base



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

Fuente: MTOP-001-F-2003

2.1.8.16 Coeficiente de drenaje

La calidad de drenaje se define como el tiempo en que se demora el agua para ser eliminada de la capa de sub-base y base. La AASHTO 93 establece en la tabla en el cual se puede estimar su tiempo: [13]

Cuadro 2-23 Capacidad de drenaje

Calidad de Drenaje	Tiempo de eliminación de agua
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Deficiente	Agua no drena

Fuente: Guía para el Diseño Estructural de Pavimento AASHTO 93

Los valores recomendados para m_2 y m_3 en función de la calidad de drenaje y el porcentaje de tiempo a lo largo del año La AASHTO recomienda valores en el cual la estructura de pavimentos pueda ser expuesta a niveles de humedad próximas a saturación de suelo. [13]

Cuadro 2-24 Coeficiente de Drenaje

Calidad de drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura de pavimento expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	Menos de 1 %	1-5 %	5 - 25 %	Más del 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: Guía para el Diseño Estructural de Pavimento AASHTO 93

2.1.8.17 Diseño final con sistema multicapa

Los pavimentos flexibles es el conjunto de capas, para el diseño se considera varios elementos y no uno solo; por lo que se debe diseñar de acuerdo a las siguientes ecuaciones [13]

$$D^{\circ 1} = \frac{SN1}{a1}$$

$$SN^{\circ 1} = a1D^{\circ 1} \geq SN1$$

$$D^{\circ 2} = \frac{SN2 - SN^{\circ 1}}{a2m2}$$

$$SN^{\circ 1} + SN^{\circ 2} \geq SN2$$

$$D^{\circ 3} \geq \frac{SN3 - (SN^{\circ 1} + SN^{\circ 2})}{a3m3}$$

2.2 HIPÓTESIS

El Estudio de la correlación entre los ensayos (DCP) Penetrómetro Dinámico de Cono y (CBR) Relación de Soporte de California en los diferentes tipos de suelos permitirá mejorar los diseños de estructuras de pavimento.

2.3 SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.3.1 Variable Independiente

Estudio de la correlación entre los ensayos (DCP) Penetrómetro Dinámico de Cono y (CBR) Relación de Soporte de California en los diferentes tipos de suelos

2.3.2 Variable Dependiente

Diseños de estructuras de pavimento.

3 CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación que se empleó en este proyecto fue de tipo experimental, razón por la cual a lo largo de su desarrollo se realizó ensayos de laboratorio de suelos, como lo es el ensayo DCP permitiendo encontrar el nivel resistente del suelo y su correlación con el CBR. Este ensayo aún no es utilizado mayormente para el diseño de estructuras de pavimentos, se buscó ampliar el criterio de diseño al realizar los ensayos en los diferentes tipos de suelo.

Además, es de campo y laboratorio porque la investigación se desarrolló en campo, al realizar el ensayo DCP para obtener el número de golpes para una penetración por mm. También es de laboratorio para la realización de ensayos y así obtener las propiedades granulométricas, plásticas, densidades, de los suelos para determinar las características y tipos de suelo.

La investigación fue de tipo aplicada, ya que se pusieron en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, con un mayor énfasis lo aprendido en la cátedra de mecánica de suelos I, mecánica de suelos II, y Pavimentos. Los resultados obtenidos servirán como guía para profesionales y estudiantes de la carrera de ingeniería civil

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Debido a que este proyecto es de tipo experimental, se da a conocer que se obtuvo la muestra de suelo de la Sierra y del Oriente.

En la sierra, Provincia del Tungurahua, Cantón Ambato, se obtuvo la muestra de suelo, donde se realizó los diferentes ensayos para la obtención del CBR y el tipo de

suelo en el laboratorio, además de la ejecución del DCP en el campo. Los muestra fue procedente de los suelo ubicados en la parroquia de Pinllo el cual se obtuvo un tipo de suelo SM, y en Quisapincha el cual se obtuvo el tipo de suelo ML.

Posteriormente en el Oriente, en la Provincia de Napo, Cantón Tena, se obtuvo la muestra de suelo, donde se realizó los diferentes ensayos para la obtención del CBR y el tipo de suelo en el laboratorio, además de la ejecución del DCP en el campo. La procedente de los suelos ubicados en la parroquia de Archidona. Se realizó el estudio de suelo de la vía Misahuallí- Atacapi el cual empieza en la Abcisa 0+000 y termina en la Abcisa 8+000.

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1 Variable independiente

Estudio de la correlación entre los ensayos DCP en los diferentes tipos de suelos

Cuadro 3-1 Conceptualización de la Variable Independiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
La correlación de los ensayos DCP y CBR depende de las características propias de cada tipo de suelo .	Tipo de suelo	Granulometría	¿Cuáles son los requerimientos que debe cumplir un suelo para definir la granulometría?	Investigación Bibliográfica. Normas INEN, AASHTO, MTOP Y ASTM.
		Plasticidad	¿Cuáles son las características para definir la plasticidad?	Investigación Bibliográfica. Normas INEN, AASHTO, MTOP Y ASTM.
	Condiciones del ensayo	En campo	¿Cómo influyen las condiciones en campo para la obtención de resultados?	Investigación de campo y Experimental
		En laboratorio	¿Cómo influyen las condiciones en laboratorio para la obtención de resultados?	Investigación de Laboratorio y Experimental

Fuente: Autor

3.1.2 Variable dependiente

Los diseños de estructuras de pavimento.

Cuadro 3-2 Conceptualización de la Variable Dependiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
Para el diseño de la estructura de pavimentos se requiere el CBR de diseño, el cual se obtiene de los 2 ensayos realizados	Estructura de pavimentos	Carpeta	¿Cómo afecta espesor de la capa asfáltica en la estructura del pavimento?	Investigación Bibliográfica. Normas INEN, AASHTO, MTOP Y ASTM.
		Base y Sub-base	¿Cuáles son los espesores propuestos de las capas de base y sub-base?	Investigación Bibliográfica. Normas INEN, AASHTO, MTOP Y ASTM.
	Sub-rasante	Estabilizada.	¿Cómo mejora el número estructural con suelo estabilizado?	Investigación Bibliográfica. Normas NTE INEN, ASTM.
		Suelo natural compactado.	¿Cuál es el comportamiento de la sub-rasante y de qué depende?	Investigación de Laboratorio. Investigación Bibliográfica. Normas INEN, AASHTO, MTOP Y ASTM.

Fuente: Autor

3.2 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Cuadro 3-3 Plan de Recolección de Información

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
¿Para qué?	Comparar la capacidad portante de suelo obtenido de la realización del ensayo DCP y CBR, utilizando diferentes tipos de suelo
¿A quiénes?	A estudiantes, docentes y profesionales de la carrera de ingeniería civil.
¿Sobre qué aspectos?	CBR de Diseño obtenido mediante el ensayo de penetrómetro dinámico de cono CBR de Diseño obtenido mediante el ensayo de relación de soporte de california
¿Quién?	El Investigador.
¿Cuándo?	En un período entre Diciembre/2015 – Junio/2016
¿Dónde?	Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad técnica de Ambato.
¿Técnicas de Recolección?	Mediante investigaciones bibliográficas en las normas: AASHTO, INEN, ASTM y MTOP. Por medio de pruebas y ensayos de laboratorio.

FUENTE: Autor

3.3 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

3.3.2 Plan de procesamiento de información

- Análisis crítico de la información recogida; revisión de información errada, contradictoria, incompleta, etc.
- Tabulación o cuadros de acuerdo a las variables de la hipótesis: manejo de información

- Representación de los resultados mediante cuadros

3.1.2 Plan de análisis e interpretación de resultados

- Analizar e interpretar los resultados relacionándolos con los objetivos específicos y la hipótesis.
- Comprobación de la Hipótesis dependiendo de los resultados obtenidos de la investigación
- Establecimientos de conclusiones y recomendaciones.

4 CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

4.1.2 Límites de plasticidad

Para la ejecución de este ensayo se utilizó la norma AASHTO-T89

4.1.3 Granulometría y clasificación del suelo

La norma para la ejecución de este ensayo es :

AASHTO T87-70 (Preparación de la muestra)

AASHTO T88-70 (Procedimiento de prueba)

ASTM D421-58

ASTM D422-63

4.1.4 Ensayo de compactación

Las normas para la ejecución de este ensayo es:

Próctor Modificado AASHTO T – 180

Próctor Modificado ASTM D1557

Para el ensayo de compactación:

- 1) La muestra de suelo para la realización del ensayo es aproximadamente 25Kg
- 2) Se procede a secar la muestra al sol aproximadamente 24 h o cuando la muestra se encuentre seca

- 3) En el caso de ser suelo con material fino se procede al tamizado a través del tamiz N°4
- 4) Se procede a la realización del ensayo pesando 3000gr a la cual se le ha de agregar 4% de agua en relación a su peso, se realizaron 4 puntos y de cada punto se obtendrá el contenido de humedad
- 5) En cada punto se realizarán golpes con el martillo en 5 capas con 25 golpes cada uno
- 6) Se pone al horno la muestra con el contenido de humedad durante 24h a una temperatura 105° aproximadamente
- 7) Se pesan las muestras y consecutivamente se procede con los cálculos correspondientes obteniendo así la Humedad Óptima y Densidad Máxima

4.1.5 Ensayo CBR

Las normas para la ejecución de este ensayo es:

AASHTO T – 193

ASTM D1883

Para el ensayo CBR:

- 1) Se obtiene la muestra de suelo en campo para la realización del ensayo, aproximadamente 25Kg
- 2) Se procede a secar la muestra la muestra al sol aproximadamente 24H o cuando la muestra se encuentre seca
- 3) En el caso de ser suelo con material fino se procede al tamizado a través del tamiz N°4
- 4) Se pesa 5000gr y se agrega la cantidad de agua que es requerida para la obtención de la densidad máxima, dato que es obtenido del próctor.
- 5) Se arman 3 moldes, en el primer molde se realizarán 5 capas de 56 golpes, en el segundo molde se realizarán 5 capas de 27 golpes y en el tercer molde 5 capas de 11 golpes

- 6) Posteriormente se pesa las muestras, se colocan las pesas y se sumergen en agua, el tiempo inmersión dependerá del lugar donde se tomó la muestra y se medirá el esponjamiento inicial
- 7) Se medirá el esponjamiento final y se retiran las muestras del agua procediéndose a pesar la misma.
- 8) Se coloca en la máquina de penetración y se procede a la realización del ensayo y anotación de datos
- 9) Finalmente se realizan los cálculos necesarios para la obtención del CBR puntual

4.1.6 Ensayo DCP

Las normas para la ejecución de este ensayo es:

Designación: ASTM D 6951 -03

Para el ensayo DCP será necesario:

- 1) Llevar el equipo al lugar donde se realiza el ensayo
- 2) Se elimina la capa vegetal
- 3) Se coloca e instala el equipo y se procede alzar la pesa, dejando caer luego.
- 4) Otra persona anotará el número de golpes a los intervalos de penetración de 5 cm
- 5) Finalmente se retira el equipo y procede a los cálculos necesarios para la obtención del CBR en campo mediante la fórmula correlación del ensayo CBR y DCP.

4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.2.1 Resultados de los suelos ensayados

Cuadro 4-1 Suelo ensayado del Sector Quisapincha

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CUADRO RESUMEN					
PROYECTO: Correlación entre el ensayo DCP y CBR			ENSAYADO POR: Sr Andrés Manotoa Santana		
SECTOR: Quisapincha			REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez		
UBICACIÓN: Tungurahua, Cantón Ambato			FECHA: 09 - 04 - 2016		
GRANULOMETRÍA DE SUELOS					
SISTEMAS	AASHTO		A-4		
	SUCS		ML	Limo baja plasticidad	
Contenido de Humedad natural w% =			34,44		
LÍMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS					
Límite Líquido Li% =		27,50			
Límite Plástico Lp% =		23,52			
Índice de plasticidad Ip% =		3,98			
COMPACTACIÓN DEL SUELO					
Densidad Máxima $\gamma_{m\acute{a}x}$ (gr/cm ³) =		1,670			
Humedad Óptima w% =		17,00			
CBR DEL SUELO					
Molde N° 1		Molde N° 2		Molde N° 3	
Absorción del Agua =	5,26	Absorción del Agua =	8,37	Absorción del Agua =	15,35
Esponjamiento =	0,46%	Esponjamiento =	0,11%	Esponjamiento =	0,33%
CBR puntual del suelo=		12,60			
CORRELACIÓN DEL ENSAYO CBR Y DCP					
Índice Dcp (mm/golpe)=		24			
CBR en campo) =		8,31			

Fuente: Autor

Cuadro 4-2 Suelo ensayado de sector Pinllo

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
CUADRO RESUMEN					
PROYECTO: Correlación entre el ensayo DCP y CBR			ENSAYADO POR: Sr Andrés Manotoa Santana		
SECTOR: Pinllo			REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez		
UBICACIÓN: Tungurahua, Cantón Ambato			FECHA: 09 - 04 – 2016		
Coordenadas: 766420 - 9871792 cota 2761 m					
GRANULOMETRÍA DE SUELOS					
SISTEMAS	AASHTO		A-2-4		Arena Limosa
	SUCS		SM		
Contenido de Humedad natural w% =			21,24		
LÍMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS					
Límite Líquido Li% =		24,00			
Límite Plástico Lp% =		21,54			
Índice de plasticidad Ip% =		2,46			
COMPACTACIÓN DEL SUELO					
Densidad Máxima $\gamma_{m\acute{a}x}$ (gr/cm3) =		1,612			
Humedad Óptima w% =		16,50			
CBR DEL SUELO					
Molde N° 15		Molde N° 18		Molde N° 44	
Absorción del Agua =	9,66	Absorción del Agua =	7,06	Absorción del Agua =	11,31
Esponjamiento =	0,22%	Esponjamiento =	0,43%	Esponjamiento =	0,13%
CBR puntual del suelo=		16,40			
CORRELACIÓN DEL ENSAYO CBR Y DCP					
Índice Dcp (mm/golpe)=		16,31			
CBR en campo =		12,81			

Fuente: Autor

Cuadro 4-3 Suelo ensayado del sector Archidona, Abscisa 0+000

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CUADRO RESUMEN					
PROYECTO: Correlación entre el ensayo DCP y CBR			ENSAYADO POR: Sr Andrés Manotoa Santana		
SECTOR: Archidona			REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez		
UBICACIÓN: 0+000			FECHA: 01 - 04 - 2016		
COORDENADAS: 0186331; 9897840- COTA 534 m					
GRANULOMETRÍA DE SUELOS					
SISTEMAS	AASHTO		A-5		
	SUCS		ML	Limo baja plasticidad	
Contenido de Humedad natural w% =			91,17		
LÍMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS					
Límite Líquido Li% =		48,40			
Límite Plástico Lp% =		38,68			
Índice de plasticidad Ip% =		9,72			
COMPACTACIÓN DEL SUELO					
Densidad Máxima $\gamma_{\text{máx}}$ (gr/cm ³) =		1,415			
Humedad Óptima w% =		32,00			
CBR DEL SUELO					
Molde N° 15		Molde N° 18		Molde N° 44	
Absorción del Agua =	3,48	Absorción del Agua =	6,98	Absorción del Agua =	11,61
Esponjamiento =	0,90%	Esponjamiento =	0,57%	Esponjamiento =	1,90%
CBR puntual del suelo=		7,80			
CORRELACIÓN DEL ENSAYO CBR Y DCP					
Índice Dcp (mm/golpe)=		50			
CBR en campo =		1,4			

Fuente: Autor

Cuadro 4-4 Suelo ensayado del sector Archidona, Abscisa 1+000

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CUADRO RESUMEN					
PROYECTO: Correlación entre el ensayo DCP y CBR			ENSAYADO POR: Sr Andrés Manotoa Santana		
SECTOR: Archidona			REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez		
UBICACIÓN: 1+000			FECHA: 02 - 04 - 2016		
COORDENADAS: 0185672; 9898208- COTA 589 m					
GRANULOMETRÍA DE SUELOS					
SISTEMAS	AASHTO		A-7-6		
	SUCS		CL	Arcilla baja plasticidad	
Contenido de Humedad natural w% =			88,58		
LIMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS					
Limite Líquido Li% =		44,50			
Limite Plástico Lp% =		25,39			
Índice de plasticidad Ip% =		19,11			
COMPACTACIÓN DEL SUELO					
Densidad Máxima $\gamma_{m\acute{a}x}$ (gr/cm ³) =		1,128			
Humedad Óptima w% =		45,40			
CBR DEL SUELO					
Molde N° 15		Molde N° 18		Molde N° 44	
Absorción del Agua =	15,93	Absorción del Agua =	20,45	Absorción del Agua =	17,33
Esponjamiento =	0,70%	Esponjamiento =	0,45%	Esponjamiento =	0,99%
CBR puntual del suelo=		22,30			
CORRELACIÓN DEL ENSAYO CBR Y DCP					
Índice Dcp (mm/golpe)=		66			
CBR en campo =		0,7			

Fuente: Autor

Cuadro 4-5 Suelo ensayado del sector Archidona, Abscisa 2+000

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CUADRO RESUMEN					
PROYECTO: Correlación entre el ensayo DCP y CBR			ENSAYADO POR: Sr Andrés Manotoa Santana		
SECTOR: Archidona			REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez		
UBICACIÓN: 2+000			FECHA: 03 - 04 - 2016		
COORDENADAS: 0184816; 9898324- COTA 619 m					
GRANULOMETRÍA DE SUELOS					
SISTEMAS	AASHTO		A-4		
	SUCS		ML	Limo baja plasticidad	
Contenido de Humedad natural w% =			96,41		
LIMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS					
Límite Líquido Li% =		0,00			
Límite Plástico Lp% =		0,00			
Índice de plasticidad Ip% =		NP			
COMPACTACIÓN DEL SUELO					
Densidad Máxima $\gamma_{\text{máx}}$ (gr/cm ³) =		1,146			
Humedad Óptima w% =		44,50			
CBR DEL SUELO					
Molde N° 7		Molde N° 8		Molde N° 9	
Absorción del Agua =	7,12	Absorción del Agua =	14,22	Absorción del Agua =	5,86
Esponjamiento =	1,40%	Esponjamiento =	0,85%	Esponjamiento =	1,06 %
CBR puntual del suelo=		13,40			
CORRELACIÓN DEL ENSAYO CBR Y DCP					
Índice Dcp (mm/golpe)=		103,5			
CBR en campo =		1,62			

Fuente: Autor

Cuadro 4-6 Suelo ensayado del sector Archidona, Abscisa 3+000

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CUADRO RESUMEN					
PROYECTO: Correlación entre el ensayo DCP y CBR		ENSAYADO POR: Sr Andrés Manotoa Santana			
SECTOR: Archidona		REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez			
UBICACIÓN: 3+000		FECHA: 05 - 04 - 2016			
COORDENADAS: 0184111; 9897851- COTA 640 m					
GRANULOMETRÍA DE SUELOS					
SISTEMAS	AASHTO	A-4	Arcilla baja plasticidad		
	SUCS	CL			
Contenido de Humedad natural w% =		69,79			
LÍMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS					
Límite Líquido Li% =		33,00			
Límite Plástico Lp% =		24,25			
Índice de plasticidad Ip% =		8,75			
COMPACTACIÓN DEL SUELO					
Densidad Máxima $\gamma_{\text{máx}}$ (gr/cm ³) =		1,110			
Humedad Óptima w% =		44,00			
CBR DEL SUELO					
Molde N° 4		Molde N° 5		Molde N° 6	
Absorción del Agua =	4,56	Absorción del Agua =	8,64	Absorción del Agua =	12,54
Esponjamiento =	0,56%	Esponjamiento =	0,84%	Esponjamiento =	0,91%
CBR puntual del suelo=		12,40			
CORRELACIÓN DEL ENSAYO CBR Y DCP					
Índice Dcp (mm/golpe)=		93,02			
CBR en campo =		0,36			

Fuente: Autor

Cuadro 4-7 Suelo ensayado del sector Archidona, Abscisa 4+000

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CUADRO RESUMEN					
PROYECTO: Correlación entre el ensayo DCP y CBR			ENSAYADO POR: Sr Andrés Manotoa Santana		
SECTOR: Archidona			REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez		
UBICACIÓN: 4+000			FECHA: 06 - 04 - 2016		
COORDENADAS: 0183285; 9885366- COTA 640 m					
GRANULOMETRÍA DE SUELOS					
SISTEMAS	AASHTO		A-7-5		
	SUCS		MH	Limo alta plasticidad	
Contenido de Humedad natural w% =			105,47		
LÍMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS					
Límite Líquido Li% =		86,80			
Límite Plástico Lp% =		66,36			
Índice de plasticidad Ip% =		20,44			
COMPACTACIÓN DEL SUELO					
Densidad Máxima $\gamma_{\text{máx}}$ (gr/cm ³) =		0,825			
Humedad Óptima w% =		78,00			
CBR DEL SUELO					
Molde N° 4		Molde N° 5		Molde N° 6	
Absorción del Agua =	1,34	Absorción del Agua =	20,43	Absorción del Agua =	2,14
		=			
Espojamiento =	0,83%	Espojamiento =	1,14%	Espojamiento =	1,06%
CBR puntual del suelo=		13,40			
CORRELACIÓN DEL ENSAYO CBR Y DCP					
Índice Dcp (mm/golpe)=		65			
CBR en campo =		2,72			

Fuente: Autor

Cuadro 4-8 Suelo ensayado del sector Archidona, Abscisa 5+000

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECANICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CUADRO RESUMEN					
PROYECTO: Correlación entre el ensayo DCP y CBR			ENSAYADO POR: Sr Andrés Manotoa Santana		
SECTOR: Archidona			REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez		
UBICACIÓN: 5+000			FECHA: 07 - 04 - 2016		
COORDENADAS: 0183099; 989370- COTA 719 m					
GRANULOMETRÍA DE SUELOS					
SISTEMAS	AASHTO		A-7-5		Limo alta plasticidad
	SUCS		MH		
Contenido de Humedad natural w% =			72,29		
LÍMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS					
Límite Líquido Li% =			54,00		
Límite Plástico Lp% =			29,97		
Índice de plasticidad Ip% =			24,03		
COMPACTACIÓN DEL SUELO					
Densidad Máxima γ_{max} (gr/cm ³) =			1,708		
Humedad Óptima w% =			18,00		
CBR DEL SUELO					
Molde N° 4		Molde N° 5		Molde N° 6	
Absorción del Agua =	7,80	Absorción del Agua =	6,44	Absorción del Agua =	12,62
Esponjamiento =	1,19%	Esponjamiento =	1,04 %	Esponjamiento =	0,93%
CBR puntual del suelo=		6,60			
CORRELACIÓN DEL ENSAYO CBR (IN S) Y DCP					
Índice Dcp (mm/golpe)=			97,72		
CBR en campo =			1,72		

Fuente: Autor

Cuadro 4-9 Suelo ensayado del sector Archidona, Abscisa 6+000

<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CUADRO RESUMEN</p>					
PROYECTO: Correlación entre el ensayo DCP y CBR			ENSAYADO POR: Sr Andrés Manotoa Santana		
SECTOR: Archidona			REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez		
UBICACIÓN: 6+000			FECHA: 08 - 04 - 2016		
COORDENADAS: 0182991; 9895325- COTA 687 m					
GRANULOMETRÍA DE SUELOS					
SISTEMAS	AASHTO		A-5		
	SUCS		MH	Limo baja plasticidad	
Contenido de Humedad natural w% =			67,53		
LÍMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS					
Límite Líquido Li% =		61,00			
Límite Plástico Lp% =		56,53			
Índice de plasticidad Ip% =		4,47			
COMPACTACIÓN DEL SUELO					
Densidad Máxima $\gamma_{\text{máx}}$ (gr/cm ³) =		0,950			
Humedad Óptima w% =		43,00			
CBR DEL SUELO					
Molde N° 1		Molde N° 2		Molde N° 6	
Absorción del Agua =	30,13	Absorción del Agua =	39,74	Absorción del Agua =	38,76
Esponjamiento =	0,75%	Esponjamiento =	1,14%	Esponjamiento =	1,17%
CBR puntual del suelo=		8,60			
CORRELACIÓN DEL ENSAYO CBR Y DCP					
Índice Dcp (mm/golpe)=		65			
CBR en campo =		2,72			

Fuente: Autor

Cuadro 4-10 Suelo ensayado del sector Archidona, Abscisa 7+000

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CUADRO RESUMEN					
PROYECTO: Correlación entre el ensayo DCP y CBR			ENSAYADO POR: Sr Andrés Manotoa Santana		
SECTOR: Archidona			REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez		
UBICACIÓN: 7+000			FECHA: 09 - 04 - 2016		
COORDENADAS: 0182632; 9894542 - COTA 647 m					
GRANULOMETRÍA DE SUELOS					
SISTEMAS	AASHTO		A-5		
	SUCS		MH	Limo alta plasticidad	
Contenido de Humedad natural w% =			118,96		
LÍMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS					
Límite Líquido Li% =		65,00			
Límite Plástico Lp% =		56,42			
Índice de plasticidad Ip% =		8,58			
COMPACTACIÓN DEL SUELO					
Densidad Máxima $\gamma_{\text{máx}}$ (gr/cm ³) =		1,105			
Humedad Óptima w% =		57,00			
CBR DEL SUELO					
Molde N° 1		Molde N° 2		Molde N° 3	
Absorción del Agua =	6,30	Absorción del Agua =	10,11	Absorción del Agua =	11,46
Esponjamiento =	3,34%	Esponjamiento =	3,15 %	Esponjamiento =	2,56 %
CBR puntual del suelo=		16,00			
CORRELACIÓN DEL ENSAYO CBR Y DCP					
Índice Dcp (mm/golpe)=		63			
CBR en campo =		2,82			

FUENTE: Autor

Cuadro 4-11 Suelo ensayado del sector Archidona, Abscisa 8+000

<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CUADRO RESUMEN</p>					
PROYECTO: Correlación entre el ensayo DCP y CBR			ENSAYADO POR: Sr Andrés Manotoa Santana		
SECTOR: Archidona			REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez		
UBICACIÓN: 8+000			FECHA: 09 - 04 - 2016		
COORDENADAS: 0181830; 9893741 - COTA 584 m					
GRANULOMETRÍA DE SUELOS					
SISTEMAS	AASHTO		A-3		
	SUCS		SM	Arena Limosa	
Contenido de Humedad natural w% =			44,33		
LÍMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS					
Límite Líquido Li% =		0,00			
Límite Plástico Lp% =		0,00			
Índice de plasticidad Ip% =		0,00			
COMPACTACIÓN DEL SUELO					
Densidad Máxima $\gamma_{m\acute{a}x}$ (gr/cm ³) =		1,870			
Humedad Óptima w% =		12,00			
CBR DEL SUELO					
Molde N° 1		Molde N° 2		Molde N° 3	
Absorción del Agua =	2,13	Absorción del Agua =	4,21	Absorción del Agua =	4,46
Esponjamiento =	2,91 %	Esponjamiento =	3,15 %	Esponjamiento =	2,56 %
CBR puntual del suelo=		24,30			
CORRELACIÓN DEL ENSAYO CBR Y DCP					
Índice Dcp (mm/golpe)=		81,00			
CBR en campo =		2,13			

FUENTE: Autor

4.2.2 Análisis comparativo entre suelos de la Sierra y del Oriente ecuatoriano

Cuadro 4-12 Propiedades y características de los suelos ML y SM ensayados

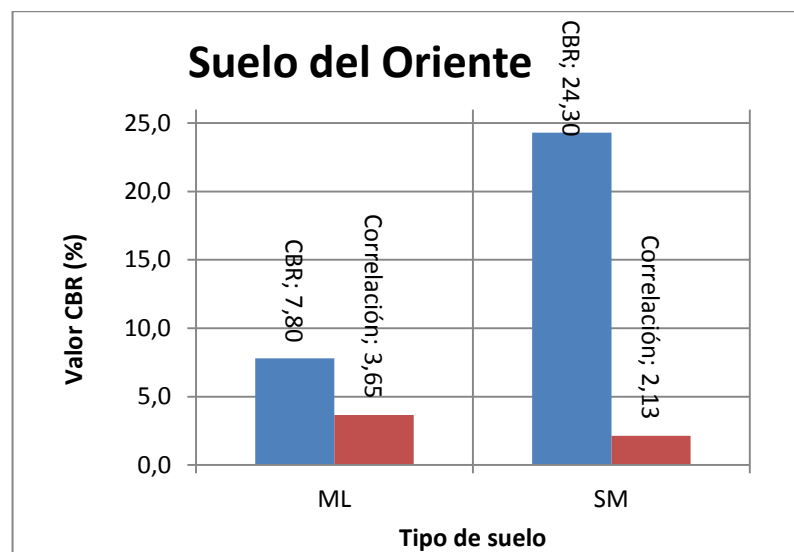
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO													
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA													
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL													
PROPIEDADES Y CARÁCTER DE LOS SUELOS ESTUDIADOS													
PROYECTO: Correlación entre el ensayo DCP y CBR								ENSAYADO POR: Sr Andrés Manotoa Santana					
SECTOR: Sierra y Oriente								REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez					
Ubicación			Límites de Plasticidad				Clasificación de Suelos		Compactación		CBR	Cono de Penetración Dinámica	
Provincia	Parroquia	Coordenadas	Límite Líquido Li (%)	Límite Plástico Lp (%)	Índice Plástico Ip (%)	Humedad Natural Wn (%)	AASHTO	SUCS	Humedad Óptima W opt(%)	Densidad Máxima (Kg/m3)	CBR al 95% (%)	Índice DCP (mm/golpe)	Correlación CBR y DCP (%)
Tungurahua	Quisapincha		27,4	23,52	2,98	34,4	ML	A-4	17,00	1,67	12,6	24,00	8,31
Napo	Archidona	0186331 ; 9897840	48,8	38,68	9,72	91,17	ML	A-6	32,00	1,42	7,80	50,00	3,65
Tungurahua	Pinllo	766420;9871792	24	21,54	2,46	21,24	SM	A-2-4	1,61	16,5	16,4	16,31	12,81
Napo	Archidona	0181830; 9893741	0	0	0	44,33	SM	A-4	1,87	12,0	24,3	81,00	2,13

FUENTE: Autor

4.2.3 Análisis de los suelos orientales

Para este caso se realizaron ensayos en los suelos ML y SM. La gráfica permite observar que el CBR de Laboratorio es mucho más alto que el CBR In Situ dado por la correlación CBR y DCP, lo cual originaría inconvenientes en el Diseño de la Estructura de Pavimentos. El constructor tendría problemas al cumplir con el 95% de la densidad próctor.

Gráfico 4-1 Comparaciones entre los CBRs del Oriente



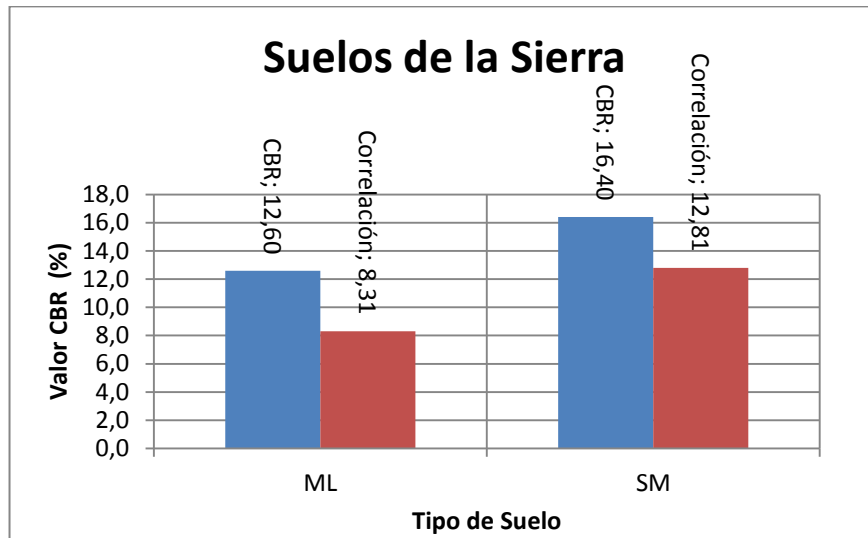
Fuente: Autor

4.2.4 Análisis de los suelos de la sierra

Se realizaron ensayos en los suelos ML y SM. La gráfica permite observar que el CBR de Laboratorio y el CBR In Situ, tienen valores aproximados. Los suelos de la Sierra pueden llegar a cumplir con el 95% de la densidad del próctor por la interpretación evidenciada en la gráfica.

Cabe recalcar que los resultados son característicos de la zona donde se realizó los ensayos, ya que los resultados de cada localización dependerá de la cantidad de suelos finos que posea.

Gráfico 4-2 Comparaciones entre los CBRs de la Sierra



Fuente: Autor

4.2.5 Análisis de los datos de la vía Misahuallí – Atacapi

Cuadro 4-13 Propiedades y características de los suelos en la vía Misahuallí - Atacapi

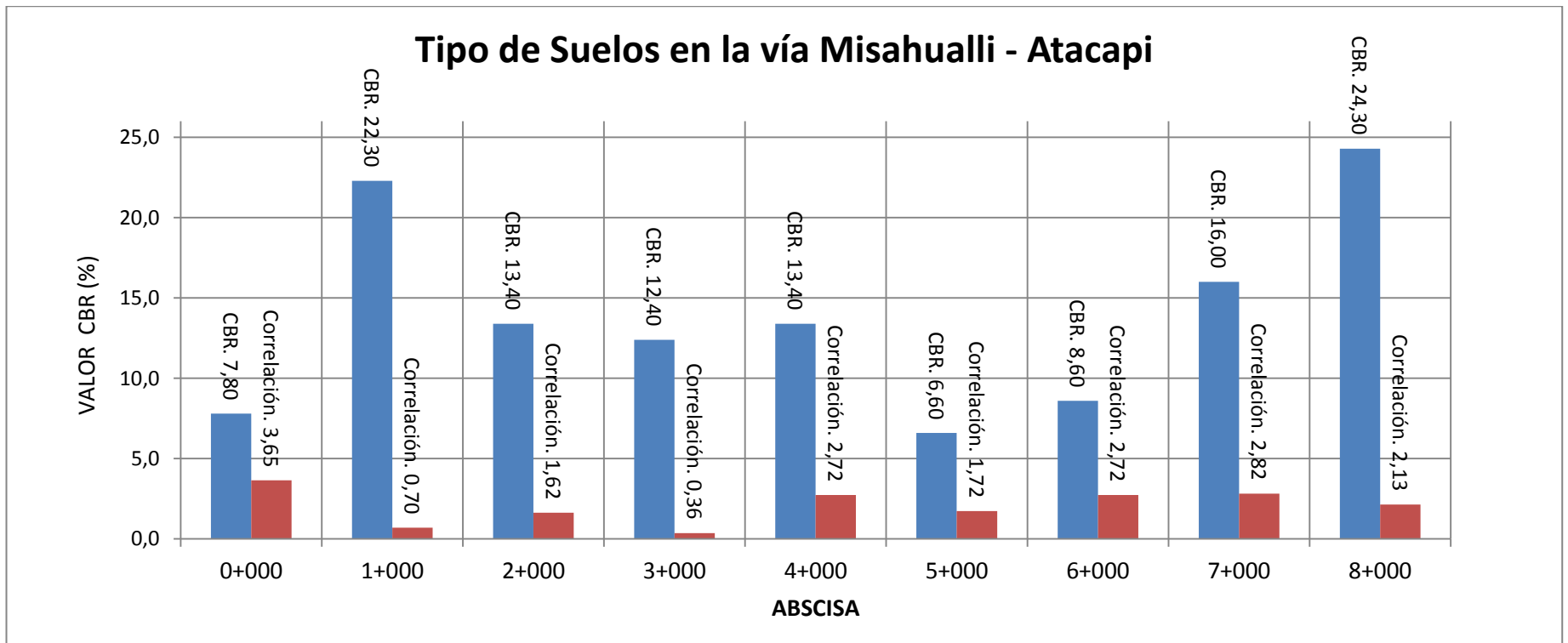
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO													
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA													
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL													
PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS													
PROYECTO: Correlación entre el ensayo DCP y CBR								ENSAYADO POR: Sr Andrés Manotoa Santana					
SECTOR: Provincia Napo, Cantón Tena								REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez					
Ubicación			Límites de Plasticidad				Clasificación de Suelos		Compactación		CBR	Cono de Penetración Dinámica	
Sector	Abscisa	Coordenadas	Límite Líquido Li (%)	Límite Plástico Lp (%)	Índice Plástico Ip (%)	Humedad Natural Wn (%)	AASHTO	SUCS	Humedad Óptima Wopt(%)	Densidad Máxima (Kg/m3)	CBR al 95%	Índice DCP (mm/golpe)	Correlación CBR y DCP (%)
Archidona	0+000	0186331; 9897840	48,8	38,68	9,72	91,17	ML	A-6	32,00	1,42	7,80	50,00	3,65
Archidona	1+000	0185672; 9898208	44,5	25,39	19,11	91,17	CL	A-6	45,40	1,13	22,30	66,00	0,72
Archidona	2+000	0184816; 9898324	0	0	NP	96,41	ML	A-4	44,45	1,15	13,40	103,5	1,62
Archidona	3+000	0184111; 9897851	33	24,25	8,75	69,79	CL	A-4	44,00	1,11	12,40	93,02	0,36
Archidona	4+000	0181830; 9893741	86,8	66,36	20,44	105,47	MH	A-7-5	78,00	0,83	13,40	65,000	2,72
Archidona	5+000	0183099; 989370	54	29,97	24,03	72,29	MH	A-7-5	18,00	1,71	6,60	97,72	1,72
Archidona	6+000	0182991; 9895325	61	56,53	4,47	67,53	MH	A-5	43,00	0,95	8,60	65,00	2,72
Archidona	7+000	0182632; 9894542	65	56,42	8,58	118,96	MH	A-5	57,00	1,10	16,00	63,00	2,82
Archidona	8+000	0181830; 9893741	0	0,00	NP	44,33	SM	A-4	12,00	1,87	24,30	81,00	2,13

FUENTE: Autor

4.2.6 Gráfica de comparaciones del CBR de laboratorio y CBR In situ en la vía Misahuallí – Atacapi

En la gráfica se observa que el CBR de Laboratorio es mucho más elevado que el CBR In Situ, las condiciones reales del suelo natural tendrán una importante influencia en el momento de la construcción de la Vía

Gráfico 4-3 Comparación de los CBRs en la vía Misahuallí - Atacapi



Fuente: Autor

4.2.7 Análisis de los valores de CBR

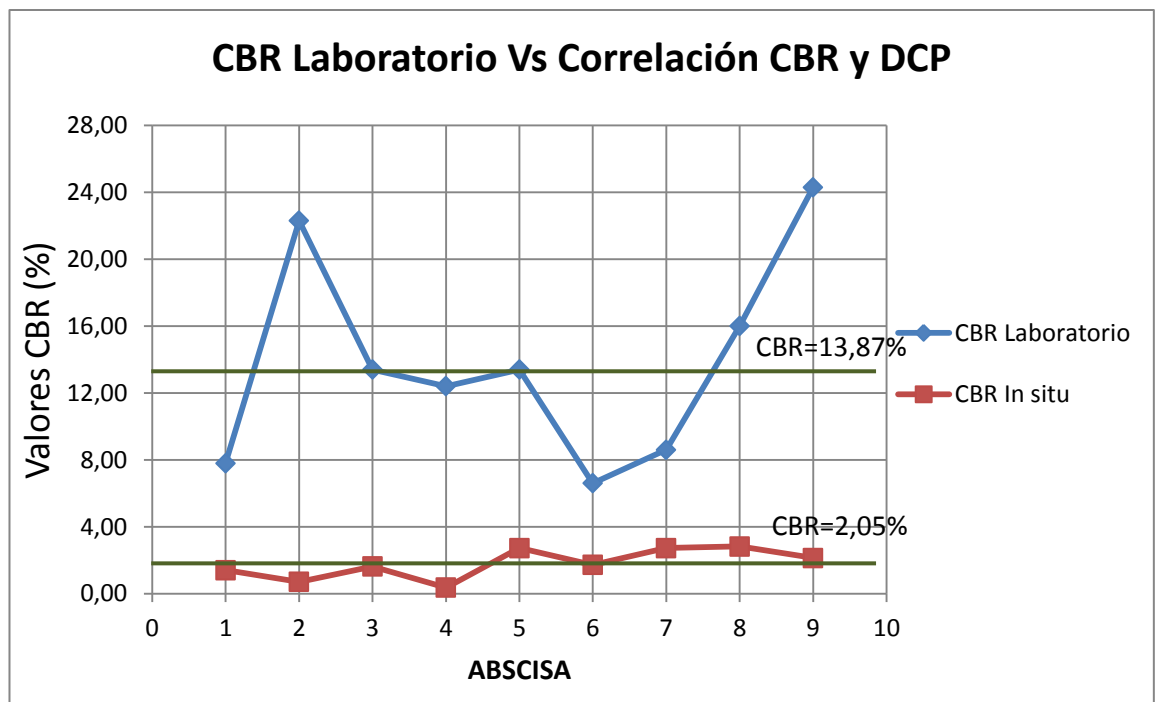
La gráfica muestra que los valores de CBR en campo tienden a mantenerse fijos acorde se avanza con las abscisas. Mientras que CBR de laboratorio tiene variaciones notables.

Lo que muestra la gráfica en ambos casos representan la realidad:

El CBR no siempre va a ser el mismo en todas las abscisas, el valor de éste varía de acuerdo al tipo suelo, esto se lo puede apreciar más en los ensayos hechos en laboratorio.

El CBR ejecutado en el campo de la zona Oriental es un dato más aproximado a la realidad debido a las constantes lluvias, lo que le vuelve al suelo cerca del límite líquido

Gráfico 4-4 Visualización de CBRs en la vía Misahuallí - Atacapi



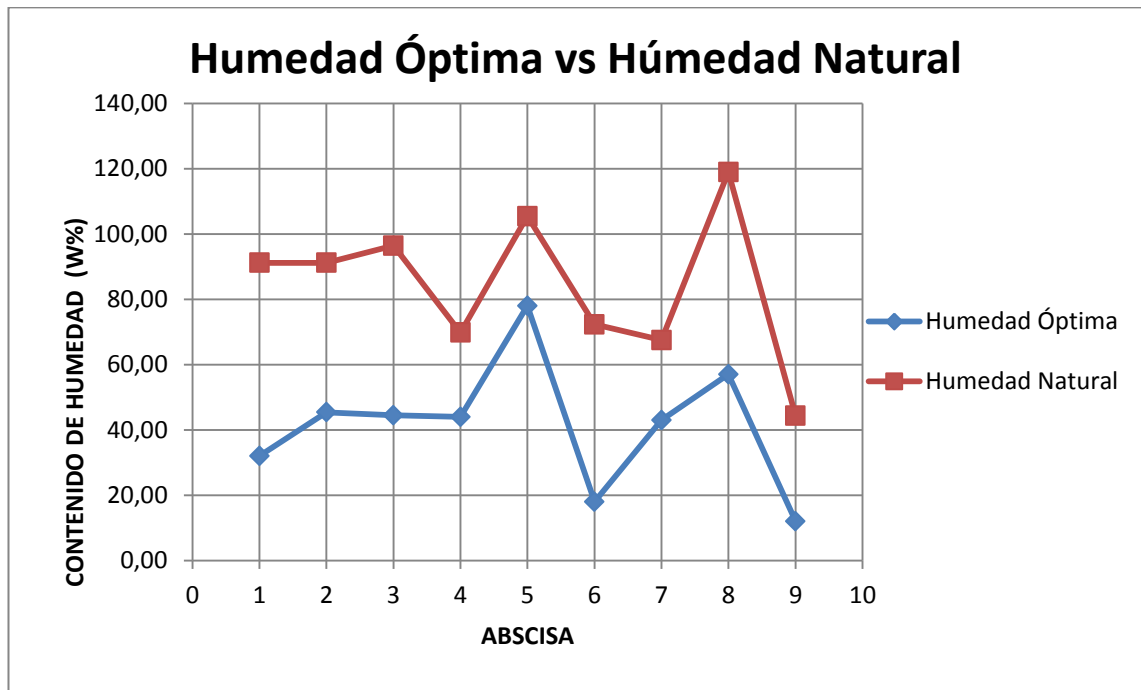
Fuente: Autor

El porcentaje de variación entre la media del CBR de Laboratorio y el CBR In situ para las condiciones particulares para es esta vía es del 11,82%

4.2.8 Análisis de las humedades

Esta gráfica es una clara representación de que la Humedad Natural es mucho más elevada que la Humedad Óptima, para el constructor le representa problemas realizar la ejecución de la Obra con la Humedad Óptima. Sin la existencia de algún tipo de drenaje que ayude a la disminución de la cantidad de agua en el suelo. Difícilmente llegará al 95% de la Densidad máxima del próctor en épocas de lluvia. Ocasionando retraso en las obra y pérdidas económicas.

Gráfico 4-5 Comparaciones de Humedades en la Vía Misahuallí - Atacapi



Fuente: Autor

4.2.9 Diseño de CBRs

4.2.9.1 CBR de diseño de laboratorio de la vía Misahuallí – Atacapi

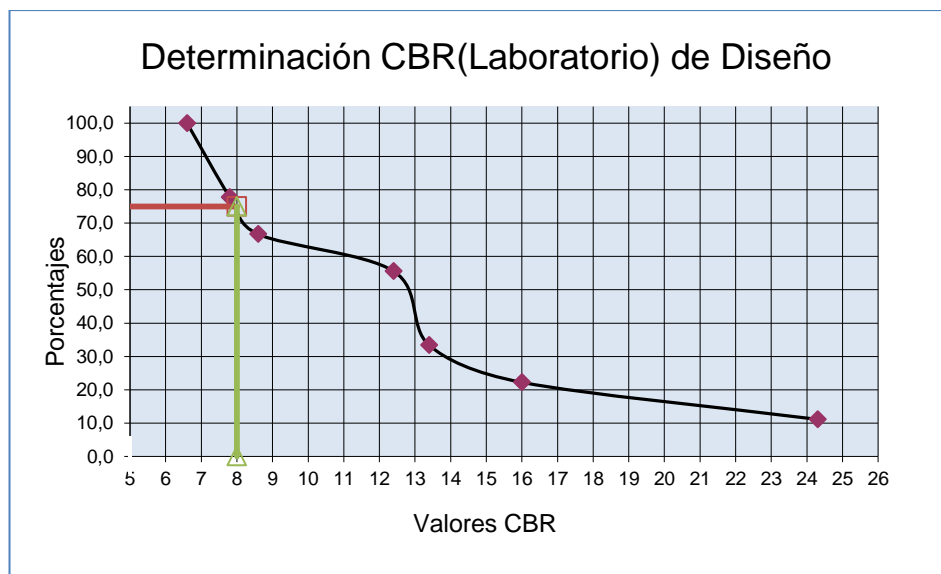
Cuadro 4-14 CBR de Diseño de Laboratorio

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
CBR DE DISEÑO DE LABORATORIO					
PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR					
SECTOR: Provincia Napo, Cantón Tena					
ENSAYADO POR: Sr Andrés Manotoa Santana					
REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez					
CBR Puntual	f	Cantidad	Porcentaje	Abscisas	CBR
6,6	1	9	100	0+000	7,8
7,8	2	7	77,78	1+000	22,3
8,6	1	6	66,67	2+000	13,4
12,4	1	5	55,56	3+000	12,4
13,4	2	3	33,33	4+000	13,4
16,0	1	2	22,22	5+000	6,6
24,3	1	1	11,11	6+000	8,6
				7+000	16
				8+000	24,3

CBR de Diseño = 8

FUENTE: Autor

Gráfico 4-6 CBR de Diseño de Laboratorio



FUENTE: Autor

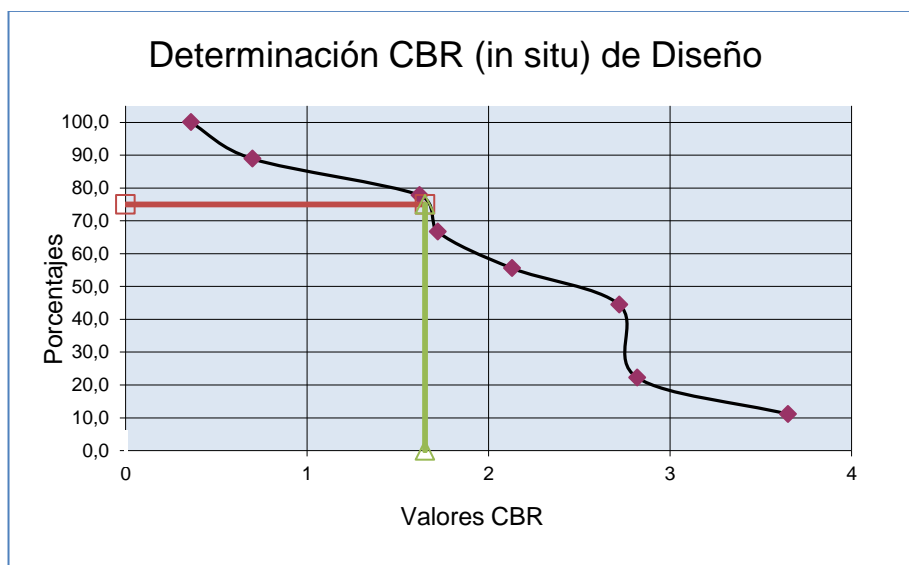
4.2.9.2 CBR de diseño in situ de la vía Misahuallí – Atacapi

Cuadro 4-15 CBR de Diseño In Situ

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
CBR de Diseño In Situ					
PROYECTO: Correlación entre el ensayo DCP y CBR					
SECTOR: Provincia Napo, Cantón Tena					
ENSAYADO POR: Sr Andrés Manotoa Santana					
REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez					
CBR Puntual	f	Cantidad	Porcentaje	Abcisas	CBR
0,36	1	9	100	0+000	3,65
0,70	1	8	88,89	1+000	0,7
1,62	1	7	77,78	2+000	1,62
1,72	1	6	66,67	3+000	0,36
2,13	1	5	55,56	4+000	2,72
2,72	1	4	44,44	5+000	1,72
2,82	2	2	22,22	6+000	2,72
3,65	1	1	11,11	7+000	2,82
				8+000	2,13
CBR de Diseño = 1,65					

Fuente: Autor

Gráfico 4-7 CBR de Diseño In Situ



Fuente: Autor

4.2.10 Diseño de pavimento flexible y comparaciones

4.2.10.1 Diseño de pavimento flexible con CBR de laboratorio

Cuadro 4-16 Propiedades y Características del Pavimento Flexible con el CBR de Laboratorio

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON CBR DE LABORATORIO	
MÉTODO AASHTO 1993	
PROYECTO	: Correlación entre el Ensayo DCP y CBR
SECCION	: km 0+000 a km 8+000 FECHA : 13-04-2016
PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS:	
1. CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES	DATOS
A. MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA (ksi)	400,00
B. MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)	28,00
C. MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)	15,00
2. DATOS DE TRÁFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE	
A. NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	299.539
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	80%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-0,841
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0,45
C. MÓDULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)	12,00
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4,2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2,5
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)	20
3. DATOS PARA ESTRUCTURACIÓN DEL REFUERZO	
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA	
Concreto Asfáltico Convencional (a ₁)	0,410
Base granular (a ₂)	0,135
Subbase (a ₃)	0,110
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA	
Base granular (m ₂)	0,400
Subbase (m ₃)	0,400

Fuente: Autor

4.2.10.2 Cálculo del número estructural SN con el CBR de laboratorio

Cuadro 4-17 Número estructural (SN) con el CBR de Laboratorio

NÚMERO ESTRUCTURAL			
NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN_{REQ})		2,20	
NÚMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFÁLTICA (SN_{CA})		1,57	
NÚMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN_{BG})		0,45	
NÚMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN_{SB})		0,18	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
		PROPUESTA	
	TEORICO	ESPESOR	SN*
ESPESOR CARPETA ASFÁLTICA (cm)	9,7 cm	6,0 cm	0,97
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	21,2 cm	25,0 cm	0,53
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	10,4 cm	42,0 cm	0,73
ESPESOR TOTAL (cm)		73,0 cm	2,23

Fuente: Autor

Para el espesor de las capas de la estructura del pavimento se procedió con estas condiciones:

- Base clase 1
- Sub-base clase 3
- Carpeta asfáltica con 1800 lb
- Con un factor de confiabilidad del 80%
- CBR de 8
- Con un total de 299539 Ejes Equivalentes
- Para un periodo de diseño de 20 años
- Una serviciabilidad Inicial y Final de 4.2 - 2.5
- Con una desviación estándar de 2.5
- Y drenajes de las capas de 0,4

En el diseño del pavimento flexible se puso énfasis en la característica de drenaje considerando como un drenaje deficiente, debido a su localización y la cantidad de Lluvia.

El CBR de 8 de acuerdo la norma Ecuatoriana Vial es un SUELO ADECUADO por lo que no requiere ningún tipo de mejoramiento, y solo sería una opción del proyectista crear drenajes para proteger la base, la sub-base y carpeta asfáltica.

4.2.10.3 Diseño de pavimento flexible con la correlación CBR y DCP (CBR In situ)

Cuadro 4-18 Propiedades y Características del Pavimento Flexible con la Correlación CBR y DCP (CBR In Situ)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON CBR IN SITU	
MÉTODO AASHTO 1993	
PROYECTO	: Correlación entre el Ensayo DCP y CBR
SECCIÓN	: km 0+000 a km 8+000 FECHA : 13-04-2016
PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS:	
1. CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES	DATOS
A. MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA (ksi)	400,00
B. MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)	28,00
C. MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)	15,00
2. DATOS DE TRÁFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE	
A. NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	299.539
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	80%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Z_r)	-0,841
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (S_o)	0,45
C. MÓDULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (M_r , ksi)	2,48
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (p_i)	4,2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (p_f)	2,5
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)	20
3. DATOS PARA ESTRUCTURACIÓN DEL REFUERZO	
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA	
Concreto Asfáltico Convencional (a_1)	0,410
Base granular (a_2)	0,135
Sub-base (a_3)	0,110
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA	
Base granular (m_2)	0,400
Sub-base (m_3)	0,400

Fuente: Autor

4.2.10.4 Cálculo del número estructural (SN) con la correlación CBR y DCP (CBR in situ)

Cuadro 4-19 Número Estructural (SN) con la correlación CBR y DCP (CBR In Situ)

NÚMERO ESTRUCTURAL			
NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN_{REQ})		4,02	
NÚMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFÁLTICA (SN_{CA})		1,57	
NÚMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN_{BG})		0,45	
NÚMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN_{SB})		2,00	
ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO			
		PROPUESTA	
	TEÓRICO	ESPESOR	SN*
ESPESOR CARPETA ASFÁLTICA (cm)	9,7 cm	12,0 cm	1,94
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	21,2 cm	50,0 cm	1,06
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	115,5 cm	60,0 cm	1,04
ESPESOR TOTAL (cm)		122,0 cm	4,04

Fuente: Autor

Para el espesor de las capas de la estructura del pavimento se procedió con estas condiciones:

- Base clase 1
- Sub-base clase 3
- Carpeta asfáltica con 1800 lb
- Con un factor de confiabilidad del 80%
- CBR de 1,65
- Con un total de 299539 Ejes Equivalentes
- Para un periodo de diseño de 20 años
- Una serviciabilidad Inicial y Final de 4.2 - 2.5
- Con una desviación estándar de 2.5
- Y drenajes de las capas de 1

El CBR de 1,65 de acuerdo la norma Ecuatoriana Vial es un SUELO SELECCIONADO 3 y considerando que su CBR es menor a 5 se necesita obligatoriamente de una estabilización. En Zonas Orientales se emplea un tipo de estabilización denominado Pedraplenada que consiste en la colocación de una capa de piedra de 60 cm máximo, las cuales deberán cumplir con las especificaciones de la NEVI Volumen 3.

4.2.10.5 Diseño de pavimento flexible con el CBR de laboratorio y la correlación CBR, DCP (CBR In situ)

Cuadro 4-20 Propiedades y Características del pavimento flexible con el CBR del Laboratorio y la Correlación CBR, DCP (CBR In Situ)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON LA CORRELACIÓN CBR Y DCP	
MÉTODO AASHTO 1993	
PROYECTO	: Correlación entre el Ensayo DCP y CBR
SECCION	: km 0+000 a km 8+000 FECHA : 13-04-2016
PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS:	
1. CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES	DATOS
A. MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA (ksi)	400,00
B. MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)	28,00
C. MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)	15,00
2. DATOS DE TRÁFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE	
A. NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	299.539
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	80%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-0,841
DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)	0,45
C. MÓDULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)	12,00
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4,2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2,5
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)	20
3. DATOS PARA ESTRUCTURACIÓN DEL REFUERZO	
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA	
Concreto Asfáltico Convencional (a ₁)	0,410
Base granular (a ₂)	0,135
Subbase (a ₃)	0,110
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA	
Base granular (m ₂)	1,000
Sub-base (m ₃)	1,000

Fuente: Autor

4.2.10.6 Cálculo del número estructural (SN) con el CBR de laboratorio y la correlación CBR, DCP (CBR In situ)

Cuadro 4-21 Número estructural (SN) con el CBR de Laboratorio y la correlación CBR y DCP (CBR In Situ)

NÚMERO ESTRUCTURAL			
NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN_{REQ})		2,20	
NÚMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFÁLTICA (SN_{CA})		1,57	
NÚMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN_{BG})		0,45	
NÚMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN_{SB})		0,18	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
	TEORICO	PROPUESTA	
		ESPESOR	SN*
ESPESOR CARPETA ASFÁLTICA (cm)	9,7 cm	5,0 cm	0,81
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	8,5 cm	15,0 cm	0,80
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	4,2 cm	20,0 cm	0,87
ESPESOR TOTAL (cm)		31,0 cm	2,47

Fuente: Autor

Para el espesor de las capas de la estructura del pavimento se procedió con estas condiciones:

- Base clase 1
- Sub-base clase 3
- Carpeta asfáltica con 1800 lb
- Con un factor de confiabilidad del 80%
- CBR de 8
- Con un total de 299539 Ejes Equivalentes
- Para un periodo de diseño de 20 años
- Una serviciabilidad Inicial y Final de 4.2 - 2.5
- Con una desviación estándar de 2.5
- Y drenajes de las capas de 1

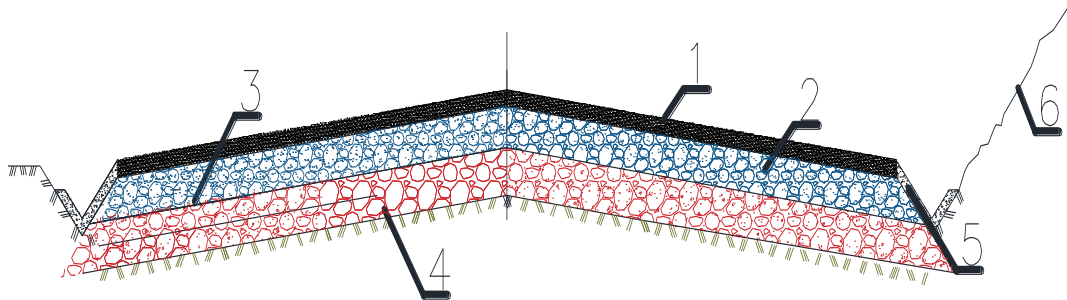
En este caso de acuerdo al análisis anterior se colocó una pedraplenada. Lo cual mejoró notablemente en la capacidad de soporte que va tener el suelo, y un buen drenaje lo que protegerá a las capas anteriores. En ese caso el drenaje es considerado 1 debido al aporte que da la Pedraplenada. De acuerdo la Norma Ecuatoriana Vial es

un SUELO ADECUADO. La pedraplenada se distribuirá entre capas que permitan su fácil colocación pero no deberá ser mayor a 60 cm.

4.2.11 Secciones típicas de espesores de pavimento

4.2.11.1 Sección típica de espesores con CBR de laboratorio

Gráfico 4-8 Secciones Típicas de Espesores con CBR de Laboratorio

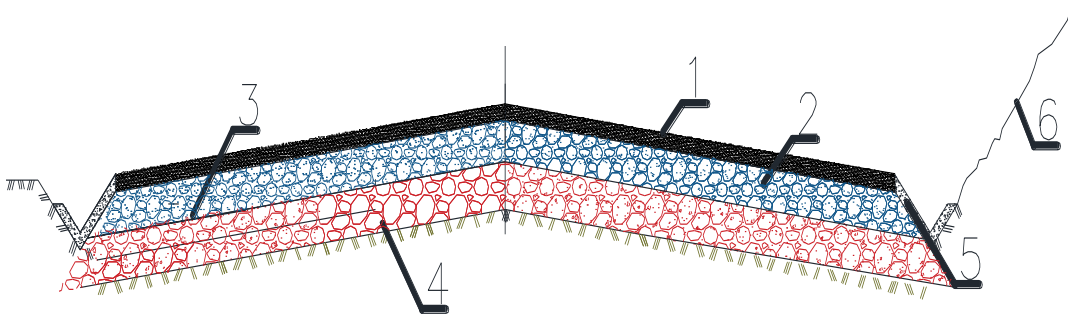


Fuente: Autor

- Capa de Rodadura $e = 6\text{ cm}$ (1)
- Base Clase 1 $e = 25\text{ cm}$ (2)
- Sub-base Clase 3 $e = 42\text{ cm}$ (3)
- Suelo de Fundación (4)
- Cuneta de Hormigón $f'c = 210\text{ Kg/cm}^2$ (5)
- Talud (6)

4.2.11.2 Sección típica de espesores con CBR In situ

Gráfico 4-9 Sección Típica de espesores con la correlación CBR y DCP (CBR In Situ)

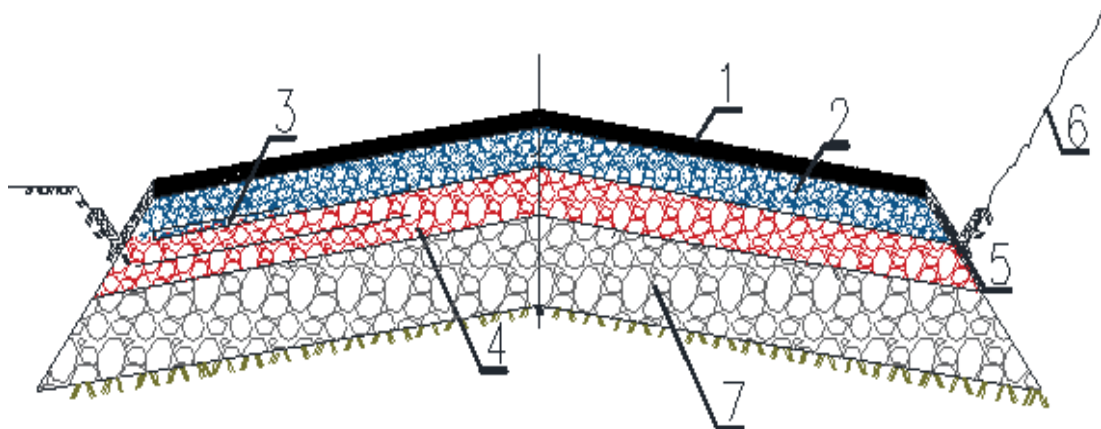


Fuente: Autor

- Capa de Rodadura $e = 12 \text{ cm}$ (1)
- Base Clase 1 $e = 50 \text{ cm}$ (2)
- Sub-base Clase 3 $e = 60 \text{ cm}$ (3)
- Suelo de Fundación (4)
- Cuneta de Hormigón $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (5)
- Talud (6)

4.2.11.3 Sección típica de espesores con el CBR de laboratorio y correlación CBR y DCP (CBR in situ)

Gráfico 4-10 Sección Típica de Espesores con el CBR de Laboratorio y la Correlación CBR, DCP (CBR In Situ)



Fuente: Autor

- Capa de Rodadura $e = 5 \text{ cm}$ (1)
- Base Clase 1 $e = 15 \text{ cm}$ (2)
- Sub-base Clase 3 $e = 20 \text{ cm}$ (3)
- Suelo de Fundación (4)
- Cuneta de Hormigón $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (5)
- Talud (6)
- Pedraplén 60 cm (7)

4.2.12 Comparaciones con los espesores de capas y el número estructural de las estructuras de pavimento

Cuadro 4-22 Comparaciones de los Espesores y Números Estructurales

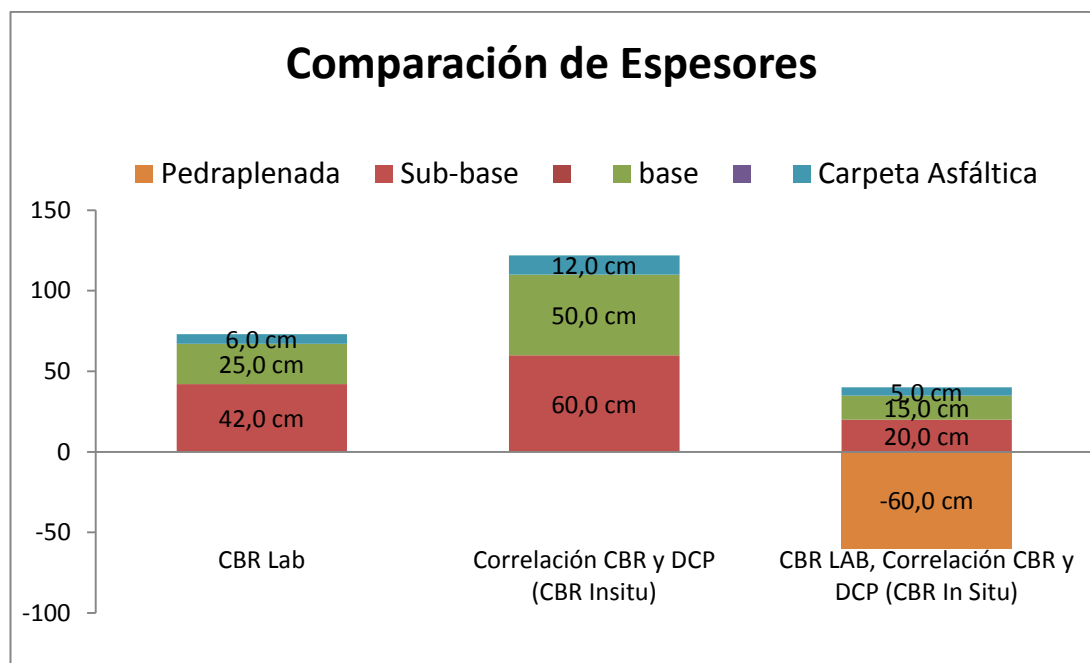
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
CUADRO RESUMEN DE DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES						
MÉTODO AASHTO 1993						
PROYECTO: Correlación entre el Ensayo DCP y CBR						
SECCION : km 0+000 a km 8+000			FECHA 13-04-2016			
NÚMERO ESTRUCTURAL						
	CBR (Lab)	Correlación CBR y DCP (CBR In situ)	CBR Lab, Correlación CBR y DCP			
NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})	2,20	4,02	2,20			
NÚMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFÁLTICA (SN _{CA})	1,57	1,57	1,57			
NÚMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})	0,45	0,45	0,45			
NÚMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})	0,18	2,00	0,18			
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO						
	CBR (Lab)		Correlación CBR y DCP (CBR Insitu)		CBR Lab Correlación CBR y DCP	
	PROPUESTA		PROPUESTA		PROPUESTA	
	ESPESOR	SN*	ESPESOR	SN*	ESPESOR	SN*
ESPESOR CARPETA ASFÁLTICA (cm)	6,0 cm	0,97 cm	12,0 cm	1,9 cm	5,0 cm	0,8 cm
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	25,0 cm	0,53 cm	50,0 cm	1,1 cm	15,0 cm	0,8 cm
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	42,0 cm	0,73 cm	60,0 cm	1,0 cm	20,0 cm	0,9 cm
ESPESOR TOTAL (cm)	73,0 cm	2,23 cm	122,0 cm	4,0 cm	40,0 cm	2,5 cm

Fuente: Autor

4.2.13 Gráfica de comparación de espesores

En esta gráfica se evidencia el gran aporte que da la correlación del CBR con el DCP al disminuir notablemente el Número Estructural, a su vez facilitando al constructor la ejecución de la Obra con los drenajes adecuados. Además asegurando un buen comportamiento del suelo sin tener inconvenientes como deformaciones accidentales en la etapa de construcción o incluso en la Etapa de uso de la vía.

Gráfico 4-11 Comparaciones de los Espesores de las Estructuras de Pavimento



Fuente: Autor

4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

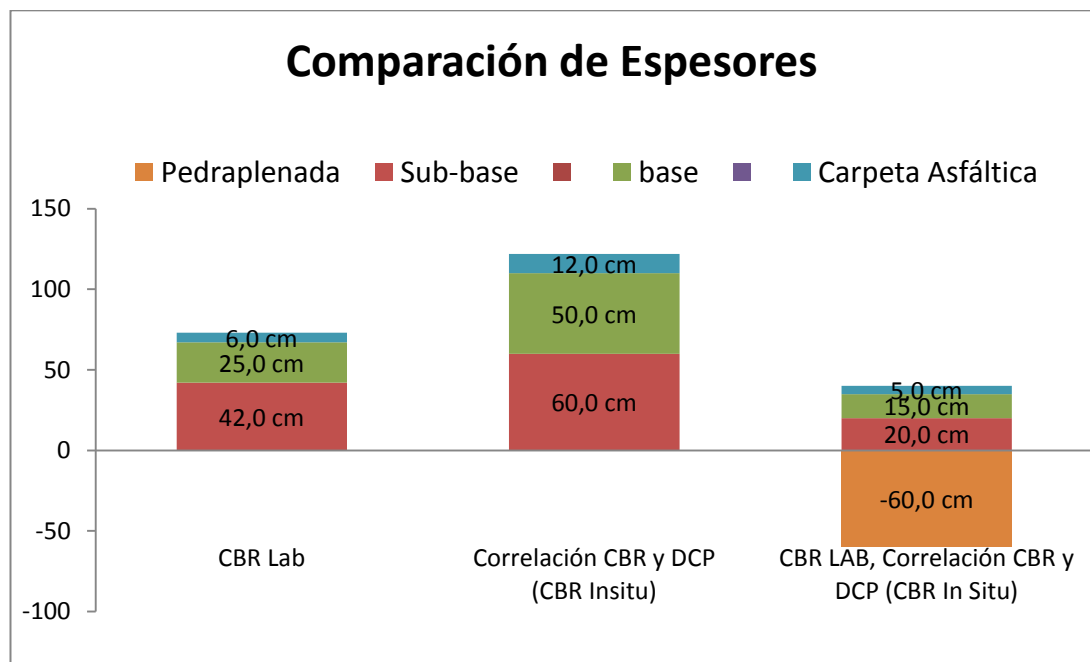
En la Zona Oriental un Diseño Estructural de Pavimento con solamente el CBR de Laboratorio tendría fallas, debido a la baja resistencia al corte CBR del suelo y alta Humedad Natural en condiciones reales.

EL Diseño Estructural de Pavimento en la Zona Oriental con solamente el CBR In situ no tendría fallas al considerar solamente las condiciones Naturales, pero se sobredimensionarán los espesores de las capas, encareciendo la construcción.

El Diseño Estructural de pavimento con la integración de los 2 métodos de ensayo DCP y CBR, permitió establecer mejoramientos de la sub-rasante sugiriendo la colocación de una pedraplenada

En el gráfico 4.12 se pueden observar sus diferencias:

Gráfico 4-12 Comparaciones de los Espesores de las Estructuras de Pavimento



Fuente: Autor

Por lo indicado anteriormente, se puede establecer que:

El Estudio de la correlación entre los ensayos (DCP) Penetrómetro Dinámico de Cono y (CBR) Relación de Soporte de California en los diferentes tipos de suelos permitió mejorar los diseños de estructuras de pavimento.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- En las zonas de estudio como son la Zona Central y la zona Oriental se emplearon diferentes ensayos para su clasificación entre los distintos puntos de análisis los cuales fueron: Límites Atterberg, Clasificación de Suelos, compactación y capacidad de soporte CBR del suelo que fue realizado en campo y laboratorio
- De los suelos analizados y estudiados, de acuerdo a los ensayos de clasificación de suelos, se establece que los suelos con alta plasticidad en la Zona Oriental, provincia del Napo son predominantes, mientras que en la zona Central en la provincia de Tungurahua hay presencia de suelos con baja plasticidad y suelos no plásticos
- Los valores del contenido de Humedad en la Zona Oriental varían entre 44% y 105%, mientras que en la Zona Central varían entre 21% y 34%
- Los valores del Índice Plástico en la Zona Oriental varían desde NP a 24, mientras que en la Zona central varían entre 2 y 10
- La cantidad de tiempo de sumersión de los suelos Orientales están de acuerdo a la Norma ASTM 1883 con un tiempo de inmersión de 96 horas, mientras que los suelos de la Zona central varía entre 24 a 48 horas considerando que la densidad ya no será alterada sin importar el tiempo de inmersión, lo que asemejó las condiciones de campo en laboratorio de una forma más aproximada.

- El CBR en laboratorio, tiene un valor en la zona Oriental del 7% al 22%, mientras que en la Zona Central se tiene del 12% al 16%.
- El Índice DCP realizadas por el equipo DCP en la zona Oriental varía entre (50 y 105) (mm/golpe), mientras que en la Zona central varía entre (16 a 24) (mm/golpe), debido a las condiciones naturales de los ensayos realizados, denotando que tendrían una mayor resistencia los suelos de a Sierra.
- La correlación CBR y DCP, no establecen una relación directa en la Zona Oriental, mientras que en la Zona Central tienen una mayor relación en sus resultados
- El porcentaje de variación entre la media del CBR de Laboratorio y el CBR In situ para las condiciones particulares para la Vía Misahuallí – Atacapi es del 11,82%
- El Equipo DCP de 8 kg permitió obtener un conocimiento mayor de las condiciones reales de la vía para el Diseño Estructural del Pavimento
- En la Zona Oriental un Diseño Estructural de Pavimento con solamente el CBR de Laboratorio tendría fallas, debido a la baja resistencia al corte CBR del suelo y alta Humedad Natural en condiciones reales.
- EL Diseño Estructural de Pavimento en la Zona Oriental con solamente el CBR In situ no tendría fallas al considerar solamente las condiciones Naturales, pero se sobredimensionarán los espesores de las capas, encareciendo la construcción.
- El Diseño Estructural de pavimento con la integración de los 2 métodos de ensayo DCP y CBR, permitió establecer mejoramientos de la sub-rasante sugiriendo la colocación de una pedraplenada.

5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar los ensayos de clasificación de suelos para identificar cada tipo de suelo.
- Sumergir en caso de suelos Orientales por 96 horas en agua los moldes para el ensayo CBR en Laboratorio de acuerdo al método de ensayo y tipo de suelo.
- Sumergir en caso de suelos de la Sierra, provincia del Tungurahua, con baja intensidad de lluvia por 24-28 horas en agua los moldes para el ensayo CBR en Laboratorio considerando el método de ensayo y tipo de suelo.
- Sumergir en caso de suelos del Oriente, provincia del Napo, con alta intensidad de lluvia por 96 horas mínimo en agua los moldes para el ensayo CBR en Laboratorio considerando el método de ensayo y tipo de suelo.
- Realizar los dos tipos de ensayos CBR y DCP para obtener un mejor conocimiento del comportamiento, ya que las condiciones del Suelo en sus respectivas localizaciones son propias del lugar.
- En caso de suelos Orientales considerar el CBR In situ con mayor importancia si aún no se ha hecho un mejoramiento del Suelo

C) MATERIALES DE REFERENCIA

1. BIBLIOGRAFÍA

- [1] "Método de ensayo de Relación de Soporte de California CBR," *AASHTO*, no. T 193, 2013.
- [2] "Método de Ensayo de Relación de Soporte de California," *ASTM*, no. D 1883, 2005.
- [3] Eulalio Juarez Badillo and Rico Alfonso Rodriguez, *Mecánica De Suelos*, Tercera ed. Mexico D.F., México: Limusa, 1981.
- [4] Joseph E. Bowles, *Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil*, Segunda ed., Naucalpan de Juárez, Ed. Mexico, Mexico D.F.: McGraw-Hill Book, 1990.
- [5] "Método de ensayo estándar para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono en estructuras de Pavimento," *ASTM*, no. 6951, 2003.
- [6] Fernando Olivera Bustamante, *Estructuración en vías Terrestre*, Segunda ed. Mexico DF, Mexico: Compañía Continental, 2001.
- [7] "Método de ensayo para la preparación de la distribución y agregado del Suelo," *AASHTO*, no. T-87, 1986.
- [8] Fernando Sanchez Sabogal, *Ensayo para Pavimentos Guía Para La Ejecución e Interpretación de los Resultados*. Bogotá, Colombia, 1990.
- [9] "Método de Ensayo para las Relaciones de Humedad-Densidad de Suelos," *AASHTO*, no. T 180, 2015.
- [10] Ministerio de Obras Públicas y Transporte, "Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes," *Norma Ecuatoriana Vial NEVI 12*, vol. III, 2013.
- [11] Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, "Norma para Estudio y Diseño Vial," *Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12*, vol. II Libro B, 2013.
- [12] Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, "MTO-001-f-2003," *Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes*, vol. III, 2003.
- [13] "Diseño de Pavimentos según método AASHTO 93," *AASHTO*, 1993.
- [14] "Método de ensayo para la determinación de los Límites de Plasticidad de Suelo," *AASHTO*, no. T 89, 2013.

ANEXOS

Anexo A.- Estudios de suelo

Anexo B.- Conteo del tránsito

Anexo C.- Análisis de tráfico

Anexo D.- Archivo Fotográfico

ANEXO A

**ESTUDIOS DE
SUELOS**

QUISAPINCHA

LÍMITES DE PLASTICIDAD DEL SUELO

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

DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS

PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR **ENSAYADO POR:** Sr. Andrés Oswaldo Manotoa Santana

SECTOR: Quisapincha

REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez

UBICACIÓN: Tungurahua, Cantón Ambato

FECHA: 13- 12- 2015

NORMAS:

ASTM: D424-59-74

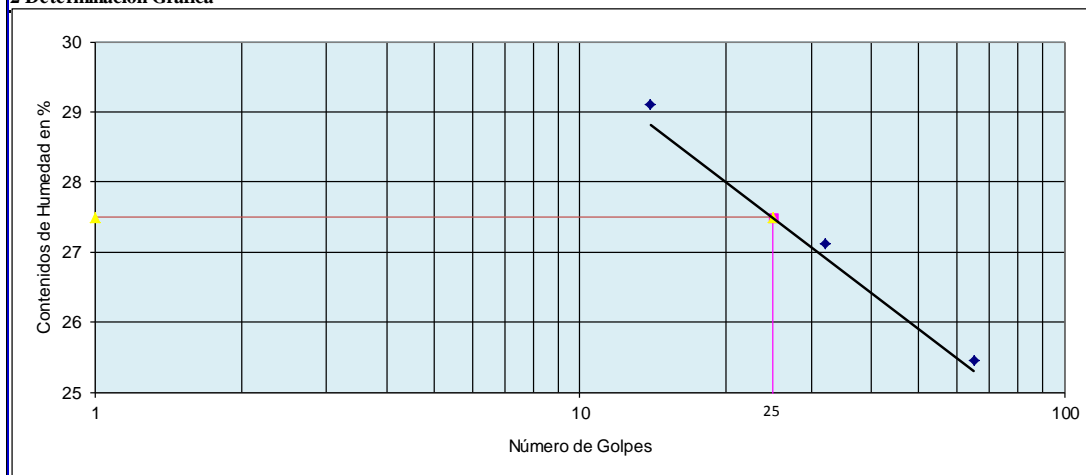
AASHTO: T 90-70

INEN: 691

1. Determinación del Límite Líquido del suelo analizado LI%

Recipiente número		11-F	8-E	12-F	1-C	9-F	8F
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	22,56	20,21	19,98	26,21	25,15	21,02
Peso seco + recipiente	Ws+rec	20,25	18,49	18,19	23,04	22,07	18,73
Peso recipiente	rec	11,21	11,71	11,6	11,34	11,52	10,84
Peso del agua	Ww	2,31	1,72	1,79	3,17	3,08	2,29
Peso de los sólidos	Ws	9,04	6,78	6,59	11,70	10,55	7,89
Contenido de humedad	w%	25,55	25,37	27,16	27,09	29,19	29,02
Contenido de humedad promedio	w%	25,46		27,13		29,11	
Número de golpes		65,00		32,00		14,00	

2. Determinación Gráfica



2. Determinación del Límite Plástico del suelo analizado Lp%

Recipiente número		A-5	X-1	A-8	X	A-2	9-T
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	5,72	7,68	5,14	7,54	6,22	7,55
Peso seco + recipiente	Ws+rec	5,46	7,31	4,99	6,94	5,86	6,94
Peso recipiente	rec	4,34	5,76	4,34	4,42	4,33	4,36
Peso del agua	Ww	0,26	0,37	0,15	0,60	0,36	0,61
Peso de los sólidos	Ws	1,12	1,55	0,65	2,52	1,53	2,58
Contenido de humedad	w%	23,21	23,87	23,08	23,81	23,53	23,64
Contenido de humedad promedio	w%	23,52					

LÍMITE LÍQUIDO Lp%	27,50
LÍMITE PLÁSTICO Lp%	23,5
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	3,98

GRANULOMETRÍA DEL SUELO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
Normas:		ASTM: D 421-58 Y D 422-63 AASHTO: T-87-70 Y T-88-70		
PROYECTO:		Estudio de la Correlación entre el ensayo CBR y DCP		
DIRECCION:		Parroquia Quisapinca		
Ubicación de la muestra:		Cantón Ambato		
1 ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRIA DE LOS SUELOS				
TAMIZ	mm	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	76,200	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	100,00
1"	25,400	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,050	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,700	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,530	0,00	0,00	100,00
N 4	4,760	0,00	0,00	100,00
PASA N 4		532,26	117,87	
N 10	2,000	12,15	2,66	97,34
N 40	0,420	100,06	21,87	78,13
N100	0,149			
N200	0,074	212,48	46,44	53,56
PASA N200		245,10	53,56	
TOTAL		457,58		
Peso de la muestra a lavar		512,00		
Peso muestra seca		451,58	Peso cuarteo antes del lavado	457,58
Peso des lavado		212,48	Peso cuarteo después de lavado	212,48
			Diferencia o pasa tamiz 200	245,10
2 GRAFICO DE LA DISTRIBUCION GRANULOMETRICA				
GRÁFICO DE LA DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA				
Contenido de Humedad		PT SS		451,6
PT+SH	PT+SS	PT	P Agua	PSS
141,95	112,91	28,6	29,04	84,31
			W%=	34,444
4. NOTA: MATERIAL DE ESTUDIO				
Límite Líquido=		27,50		
Límite plástico=		23,52		
Índice de plasticidad=		3,98		
4 CLASIFICACION DEL SUELO ANALIZADO				
SISTEMAS	AASHTO	A-4	Limo baja plasticidad	
	SUCS	ML	Limo baja plasticidad	

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
ENSAYO DE COMPACTACIÓN									
DETERMINACIÓN DE LA MÁXIMA DENSIDAD Y ÓPTIMA HUMEDAD									
PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR					ENSAYADO POR: ANDRÉS MANOTOA SANTANA				
SECTOR: Quisapincha					REVISADO POR: ING. Lorena Pérez				
UBICACIÓN: Tungurahua, Cantón Ambato					FECHA: 13- 12 - 2015				
ESPECIFICACIONES									
Número de golpes	25	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	3791	gramos			
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	944	cm ³			
Energía de Compactación lb.ft/ft ³	56243,74	Normas:	AASHTO	T-180	ASTM	D1557	INEN	860	
Peso inicial deseado	2000	2000	2000	2000	2000				
1. Proceso de compactación de laboratorio									
Ensayo número	1	2	3	4					
Humedad inicial añadida en %	0,00	4,00	8,00	12,00					
Peso del molde + suelo húmedo	5413,80	5533,20	5657,40	5570,60					
Peso del suelo húmedo	1622,80	1742,20	1866,40	1779,60					
Peso volumetrico en gr/cm ³	1,719	1,846	1,977	1,885					
2. Determinación de los contenidos de humedad									
Recipiente número	4-B	1-D	3-T	D-7	11-B	2-R	2-F	1-T	
Peso húmedo + recipiente Wm+rec	135,78	126,15	123,93	125,25	131,4	120,6	217,92	130,15	
Peso seco + recipiente Ws+rec	126,38	117,4	112,57	114,21	114,67	106,8	185,62	110,24	
Peso recipiente rec	31,53	33	28,05	30,32	26,91	31,56	49,54	28,02	
Peso del agua Ww	9,40	8,75	11,36	11,04	16,73	13,80	32,30	19,91	
Peso de los sólidos Ws	94,85	84,40	84,52	83,89	87,76	75,24	136,08	82,22	
Contenido de humedad w%	9,91	10,37	13,44	13,16	19,06	18,34	23,74	24,22	
Contenido de humedad promedio w%	10,14		13,30		18,70		23,98		
Peso volumétrico seco en gr/cm ³	1,561		1,629		1,666		1,521		
3. Determinación gráfica de la máxima densidad y óptima humedad									
<div style="text-align: center;"> <p style="text-align: center;">RELACIÓN HUMEDAD VS DENSIDAD</p> </div>									
<p style="text-align: center;">Y máximo= 1,670 gr/cm³ W óptimo % = 17,00 %</p>									

ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR							
COMPACTACIÓN Y SUMERSIÓN EN AGUA							
PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR				ENSAYADO POR: Sr Andrés Oswaldo Manotoa Santana			
SECTOR: Quisapincha				REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez			
UBICACIÓN: Tungurahua, Cantón Ambato				FECHA: 13 - 12 - 2015			
ESPECIFICACIONES							
Molde N° 1							
Número de golpes	56	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	7991,00	gramos	
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	2340	cm ³	
Energía de Compactación lb.ft/ft³	50825,11	Normas:	AASHTO T-183	ASTM D1883-99	INEN		
Molde N° 2							
Número de golpes	27	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	8080,00	gramos	
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	2340	cm ³	
Energía de Compactación lb.ft/ft³	24504,96	Normas:	AASHTO T-183	ASTM D1883-99	INEN		
Molde N° 3							
Número de golpes	11	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	8566,00	gramos	
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	2340	cm ³	
Energía de Compactación lb.ft/ft³	9983,50	Normas:	AASHTO T-183	ASTM D1883-99	INEN		
PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO							
N° del Molde	1		2		3		
N° de capas	5		5		5		
N° de golpes por capa	56		27		11		
Condiciones del ensayo	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	
Wm+Molde (gr)	12550	12579	12359	12541	12560	12762	
Peso muestra húmeda (gr)	4559	4588	4279,00	4461,00	3994,00	4196,00	
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1,948	1,961	1,829	1,906	1,707	1,793	
Densidad seca (gr/cm ³)	1,665	1,604	1,563	1,520	1,455	1,352	
Densidad promedio (gr/cm ³)	1,635		1,542		1,403		
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente número	3-T	11-B	D-3	4-B	1-T	4-A	
Peso húmedo + recipiente Wm+rec	200,15	125,2	185,15	120,15	200,21	130,26	
Peso seco + recipiente Ws+rec	175,15	107,26	162,21	102,21	175,15	110,21	
Peso recipiente rec	28,03	26,88	27,4	31,53	30,31	48,8	
Peso del agua Ww	25	17,89	22,94	17,94	25,06	20,05	
Peso de los sólidos Ws	147,12	80,38	134,81	70,68	144,84	61,41	
Contenido de humedad w%	16,99	22,26	17,02	25,38	17,30	32,65	
AGUA ABSORBIDA %	5,26		8,37		15,35		

CBR PUNTUAL

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO														
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA														
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL														
ENSAYO CBR														
ESPONJAMIENTO Y PENETRACIÓN														
PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR ENSAYADO POR: Sr Andrés Oswaldo Manotoa Santana SECTOR: Quisapincha REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez PROFUNDIDAD: 1m FECHA: 13 - 12 - 2015 Coordenadas: 766420 - 9871792 cota 2761 m														
DATOS DE ESPONJAMIENTO														
LECTURA DIAL en Plgs*10-2														
MOLDE NÚMERO			1				2				3			
FECHA DIA Y MES	TIEMPO HORA	DIAS	LECT	h			LECT	h			LECT	h		
			DIAL	Mues	Plgs.	%	DIAL	Mues	Plgs.	%	DIAL	Mues	Plgs.	%
			Plgs.	Plgs.	*10-2		Plgs.	Plgs.	*10-2		Plgs.	Plgs.	*10-2	
11-dic-12	18:00	0	0,06	5,00	0,00	0,00	0,04	5,00	0,00	0,00	0,04	5,00	0,00	0,00
12-dic-12	18:20	1	0,07		0,79	0,16	0,05		0,43	0,09	0,05		0,79	0,16
13-dic-12	19:00	2	0,09		2,28	0,46	0,05		0,55	0,11	0,06		1,65	0,33
ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN														
CONSTANTE DE CELDA 2.204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3pl2														
MOLDE NÚMERO			1				2				3			
TIEMPO		PENET. " 10-3	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR
MIN	SEG		LECT	LEIDA	CORG		LECT	LEIDA	CORG		LECT	LEIDA	CORG	
			DIAL	lb/plg2		%	DIAL	lb/plg2		%	DIAL	lb/plg2		%
0	30	25	53,50	39,30			35,20	25,86			25,40	18,66		
1	0	50	107,20	78,76			82,63	60,71			44,50	32,69		
1	30	75	167,20	122,84			147,20	108,14			55,60	40,85		
2	0	100	220,20	161,77	161,77	16,18	180,20	132,39	132,39	13,24	65,20	47,90	47,90	4,79
3	0	150	320,50	235,46			260,20	191,16			77,20	56,72		
4	0	200	395,20	290,34			320,20	235,24			86,80	63,77		
5	0	250	453,20	332,95			367,20	269,77			95,40	70,09		
6	0	300	497,20	365,28			427,20	313,85			104,20	76,55		
8	0	400	577,20	424,05			533,20	391,72			117,20	86,10		
10	0	500	657,20	482,82			600,20	440,95			124,20	91,25		
CBR corregido						16,18				13,24				4,79

PRESIÓN - PENETRACIÓN

Densidad máxima vs CBR%

Densidades	vs	Resistencias	
gr/cm ³	1,665	16,18	%
gr/cm ⁴	1,563	13,24	%
gr/cm ⁵	1,455	4,79	%

Densidad Máx	1,670	gr/cm ³
95% de DM	1,587	gr/cm ³
CBR PUNTUAL		12,60 %

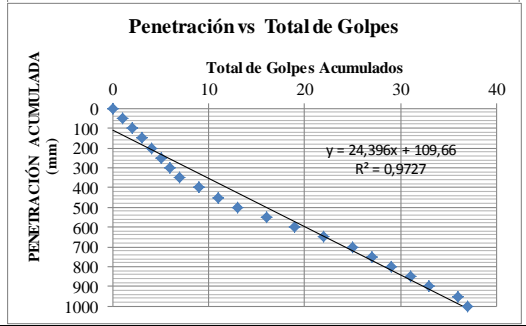
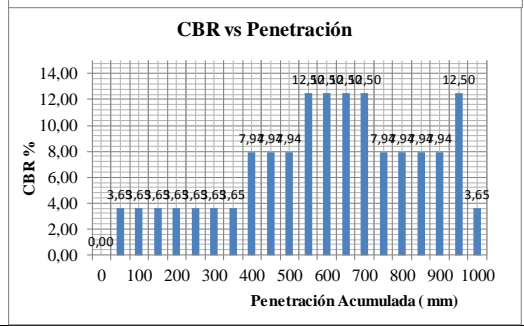
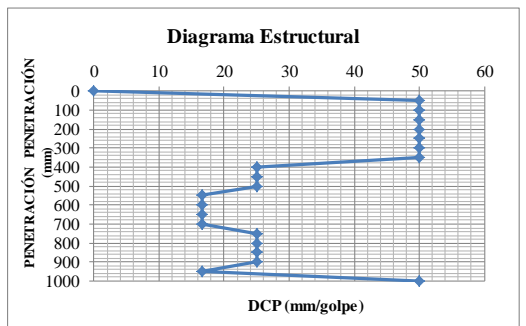
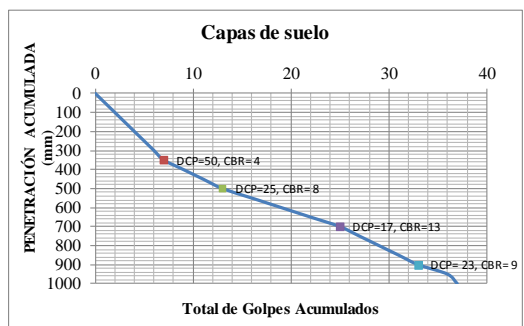
ENSAYO DCP

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

PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR
SECTOR: Quisapincha
PROFUNDIDAD: 1m
NORMAS:

ENSAYADO POR: Sr. Andrés Manotoa
REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez
FECHA: 13-12-2015
ASTM: D-6951

								Análisis por capas de suelo			
Cantidad de golpes ^A	Penetración Acumulada ^B (mm)	Penetración entre lecturas ^C (mm)	Penetración por golpe ^D (mm/golpe)	Fator de mazo ^E	Indice DCP ^F	CBR % ^G	Golpes Acumulados ^A	Cantidad de golpes ^A	Penetración por golpe ^D (mm/golpe)	Indice DCP ^F	CBR % ^G
0	0	0	0	0	0	0,00	0				
1	50	50	50,00	1	50	3,65	1	7	50	50,00	3,65
1	100	50	50,00	1	50	3,65	2				
1	150	50	50,00	1	50	3,65	3				
1	200	50	50,00	1	50	3,65	4				
1	250	50	50,00	1	50	3,65	5				
1	300	50	50,00	1	50	3,65	6				
1	350	50	50,00	1	50	3,65	7				
2	400	50	25,00	1	25	7,94	9	6	25	25,00	7,94
2	450	50	25,00	1	25	7,94	11				
2	500	50	25,00	1	25	7,94	13				
3	550	50	16,67	1	17	12,50	16	12	17	16,67	12,50
3	600	50	16,67	1	17	12,50	19				
3	650	50	16,67	1	17	12,50	22				
3	700	50	16,67	1	17	12,50	25				
2	750	50	25,00	1	25	7,94	27	11	23	22,73	8,83
2	800	50	25,00	1	25	7,94	29				
2	850	50	25,00	1	25	7,94	31				
2	900	50	25,00	1	25	7,94	33				
3	950	50	16,67	1	17	12,50	36				
1	1000	50	50,00	1	50	3,65	37				



Profundidad	CBR "in situ"	PENDIENTE (Índice DCP)	CBR " in situ "
1000 mm/golpe	7,36	24 mm/golpe	8,31

PINLLO

LÍMITES DE PLASTICIDAD DEL SUELO

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

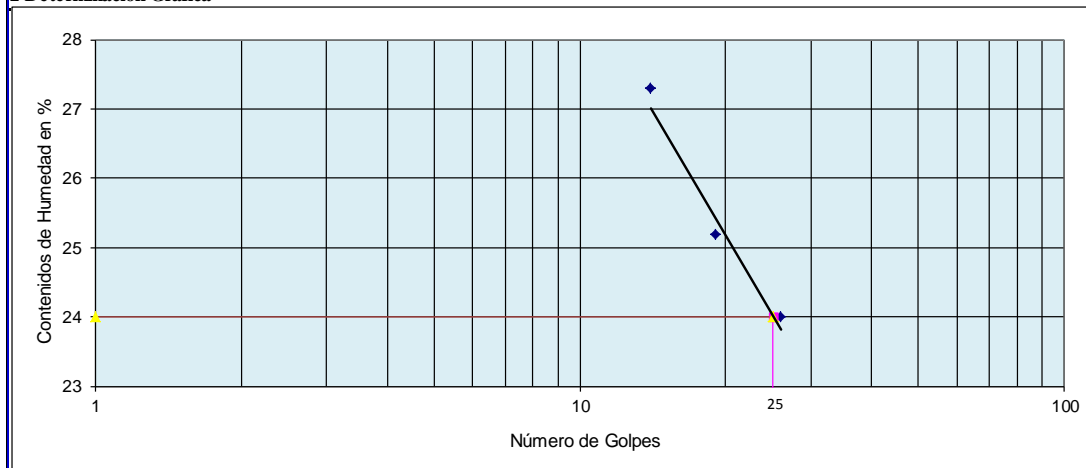
DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS

PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR **ENSAYADO POR:** Sr. Andrés Oswaldo Manotoa Santana
SECTOR: Pinlo **REVISADO POR:** Ing. Lorena Pérez
UBICACIÓN: Tungurahua, Barrio Quindialó **FECHA:** 14- 02- 2016
NORMAS: **ASTM:** D424-59-74 **AASHTO:** T 90-70 **INEN:** 691

1. Determinación del Límite Líquido del suelo analizado Ll%

Recipiente número	11F	3-T	12-F	14-E	9-F	Z-2
Peso húmedo + recipiente Wm+rec	27,04	20,67	27,51	28,41	23,34	26,15
Peso seco + recipiente Ws+rec	23,97	18,71	24,31	24,98	20,81	22,96
Peso recipiente rec	11,21	10,53	11,61	11,37	11,52	11,3
Peso del agua Ww	3,07	1,96	3,20	3,43	2,53	3,19
Peso de los sólidos Ws	12,76	8,18	12,70	13,61	9,29	11,66
Contenido de humedad w%	24,06	23,96	25,20	25,20	27,23	27,36
Contenido de humedad promedio w%	24,01		25,20		27,30	
Número de golpes	26,00		19,00		14,00	

2 Determinación Gráfica



2. Determinación del Límite Plástico del suelo analizado Lp%

Recipiente número	A-2	L1	E1	M-3	A-5	X-2
Peso húmedo + recipiente Wm+rec	5,53	7,81	5,12	6,15	6,01	7,48
Peso seco + recipiente Ws+rec	5,32	7,4	4,97	6,03	5,71	7,12
Peso recipiente rec	4,34	5,52	4,26	5,47	4,34	5,47
Peso del agua Ww	0,21	0,41	0,15	0,12	0,30	0,36
Peso de los sólidos Ws	0,98	1,88	0,71	0,56	1,37	1,65
Contenido de humedad w%	21,43	21,81	21,13	21,43	21,90	21,82
Contenido de humedad promedio w%	21,54					

LÍMITE LÍQUIDO Ll%	24,00
LÍMITE PLÁSTICO Lp%	21,5
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	2,46

GRANULOMETRÍA DEL SUELO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
Normas:		ASTM: D 421-58 Y D 422-63 AASHTO: T-87-70 Y T-88-70		
PROYECTO:		Estudio de la Correlación entre el ensayo CBR y DCP		
DIRECCION:		Pinllo		
Ubicación de la muestra:		Cantón Ambato		
1 ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRIA DE LOS SUELOS				
TAMIZ	mm	PESO RET/ACUM	% RETENIDC	% QUE PASA
3"	76,200	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	100,00
1"	25,400	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,050	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,700	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,530	0,00	0,00	100,00
N 4	4,760	4,50	1,09	98,91
PASA N 4		414,26	100,00	
N 10	2,000	116,76	27,88	71,04
N 40	0,420	184,11	43,96	54,95
N100	0,149			
N200	0,074	282,10	67,36	31,56
PASA N200		132,16	31,56	
TOTAL		414,26		
Peso de la muestra a lavar		502,24		
Peso muestra seca		414,26	Peso cuarteo antes del lavado	
			414,26	
Peso des lavado		282,10	Peso cuarteo después de lavado	
			282,10	
			Diferencia o pasa tamiz 200	
			132,16	
2 GRÁFICO DE LA DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA				
GRÁFICO DE LA DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA				
Contenido de Humedad		PT SS		414,3
PT+SH	PT+SS	PT	P Agua	PSS
104,08	90,65	27,41	13,43	63,24
			W%=	21,237
3. LÍMITES DE PLASTICIDAD				
Límite Líquido=		24,00		
Límite plástico=		21,54		
Índice de plasticidad=		2,46		
CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO				
SISTEMAS	AASHTO	A-2-4		Arena Limosa
	SUCS	SM		

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
ENSAYO DE COMPACTACIÓN									
DETERMINACIÓN DE LA MÁXIMA DENSIDAD Y ÓPTIMA HUMEDAD									
PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR					ENSAYADO POR: ANDRÉS MANOTOA SANTANA				
SECTOR: Tungurahua, Cantón Ambato					REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez				
UBICACIÓN: Pinillo					FECHA: 14-02-2016				
ESPECIFICACIONES									
Número de golpes	25	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	3791	gramos			
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	944	cm ³			
Energía de Compactación lb.ft/ft ³	56243,74	Normas:	AASHTO	T-180	ASTM	D1557	INEN	860	
Peso inicial deseado	2000	2000	2000	2000					
1. Proceso de compactación de laboratorio									
Ensayo número	1	2	3	4					
Humedad inicial añadida en %	0,00	4,00	8,00	12,00					
Peso del molde + suelo húmedo	5379,80	5486,40	5598,20	5555,80					
Peso del suelo húmedo	1588,80	1695,40	1807,20	1764,80					
Peso volumetrico en gr/cm ³	1,683	1,796	1,914	1,869					
2. Determinación de los contenidos de humedad									
Recipiente número	1-T	4-A	1-D	2-R	4-B	D-7	2-F	11-D	
Peso húmedo + recipiente Wm+rec	129,66	148,21	133,11	127,54	140,41	140,21	219,83	128,27	
Peso seco + recipiente Ws+rec	120,49	139,21	120,88	117,61	123,92	126,11	188,63	109,51	
Peso recipiente rec	30,35	48,82	33,01	45,03	31,54	47,13	49,52	26,88	
Peso del agua Ww	9,17	9,00	12,23	9,93	16,49	14,10	31,20	18,76	
Peso de los sólidos Ws	90,14	90,39	87,87	72,58	92,38	78,98	139,11	82,63	
Contenido de humedad w%	10,17	9,96	13,92	13,68	17,85	17,85	22,43	22,70	
Contenido de humedad promedio w%	10,06		13,80		17,85		22,57		
Peso volumétrico seco en gr/cm ³	1,529		1,578		1,624		1,525		
3. Determinación gráfica de la máxima densidad y óptima humedad									
<div style="text-align: center;"> <p>RELACIÓN HUMEDAD VS DENSIDAD</p> <p style="text-align: center;"> $\gamma_{\text{máximo}} = 1,612 \text{ gr/cm}^3$ $W_{\text{óptimo}} = 16,50 \%$ </p> </div>									

ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO							
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA							
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR							
COMPACTACIÓN Y SUMERSIÓN EN AGUA							
PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR				ENSAYADO POR: Sr Andrés Oswaldo Manotoa Santana			
SECTOR: Pinlo				REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez			
UBICACIÓN: Tungurahua, Cantón Tena				FECHA: 08 - 02 - 2016			
				TIPO DE SUELO: SM			
ESPECIFICACIONES							
Molde N° 15							
Número de golpes	56	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	5864,5	gramos	
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	2358	cm ³	
Energía de Compactación lb.ft/ft ³	50437,13	Normas:	AASHTO	T-183	ASTM	D1883-99	INEN
Molde N° 18							
Número de golpes	27	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	5965,5	gramos	
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	2358	cm ³	
Energía de Compactación lb.ft/ft ³	24317,90	Normas:	AASHTO	T-183	ASTM	D1883-99	INEN
Molde N° 44							
Número de golpes	11	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	5775	gramos	
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	2358	cm ³	
Energía de Compactación lb.ft/ft ³	9907,29	Normas:	AASHTO	T-183	ASTM	D1833-99	INEN
PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO							
N° del Molde	15		18		44		
N° De capas	5		5		5		
N° De golpes por capa	56		27		11		
Condiciones del ensayo	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	
Wm+Molde (gr)	10189,80	10378,80	10063,60	10329,90	9628,90	10007,80	
Peso muestra húmeda (gr)	4325	4514	4098,10	4364,40	3853,90	4232,80	
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1,834	1,914	1,738	1,851	1,634	1,795	
Densidad seca (gr/cm ³)	1,600	1,540	1,510	1,515	1,425	1,424	
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente número	6-T	C-5	D-7	11-B	2-F	M-1	
Peso húmedo + recipiente Wm+rec	205,81	157,69	203,04	96,73	225,46	188,89	
Peso seco + recipiente Ws+rec	185,72	136,31	182,57	84,06	202,91	169,19	
Peso recipiente rec	48,69	48,4	47,10	26,90	49,59	93,48	
Peso del agua Ww	20,09	21,38	20,47	12,67	22,55	19,7	
Peso de los sólidos Ws	137,03	87,91	135,47	57,16	153,32	75,71	
Contenido de humedad w%	14,66	24,32	15,11	22,17	14,71	26,02	
AGUA ABSORBIDA %	9,66		7,06		11,31		

CBR PUNTUAL

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO														
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA														
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL														
ENSAYO CBR														
ESPONJAMIENTO Y PENETRACIÓN														
PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR							ENSAYADO POR: Sr Andrés Oswaldo Manotoa Santana							
SECTOR: Pinillo							REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez							
UBICACIÓN: Provincia Tungurahua, Canton Ambato							FECHA: 16- 02 - 2016							
DATOS DE ESPONJAMIENTO														
LECTURA DIAL en Pigs*10-2														
MOLDE NÚMERO			15				18				44			
FECHA	TIEMPO	LECT DIAL	h			LECT DIAL	h			LECT DIAL	h			
			Mues Pigs.	Pigs. *10-2	%		Mues Pigs.	Pigs. *10-2	%		Mues Pigs.	Pigs. *10-2	%	
13-feb-16	18:30	0	0,05	5,00	0,00	0,00	0,02	5,00	0,00	0,00	0,02	5,00	0,00	0,00
14-feb-16	19:00	1	0,10		4,49	0,90	0,02		0,63	0,13	0,03		0,35	0,07
16-feb-16	19:23	2	0,07		1,10	0,22	0,04		2,13	0,43	0,03		0,63	0,13
ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN														
CONSTANTE DE CELDA 2.204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3pl2														
MOLDE NÚMERO			15				18				44			
TIEMPO		PENET. " 10-3	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR %	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR %	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR %
MIN	SEG			LEIDA	CORG			LEIDA	CORG			LEIDA	CORG	
		0	0,00	0,00			0,00	0,00			0,00	0,00		
0	30	25	72,60	53,34			41,30	30,34			32,20	23,66		
1	0	50	167,10	122,76			92,40	67,88			52,50	38,57		
1	30	75	263,10	193,29			137,60	101,09			67,70	49,74		
2	0	100	329,05	241,74	241,74	24,17	179,10	131,58	131,58	13,16	82,20	60,39	60,39	6,04
3	0	150	445,10	327,00			239,10	175,66			105,70	77,65		
4	0	200	533,60	392,02			287,10	210,92			117,60	86,40		
5	0	250	624,60	458,87			317,60	233,33			135,00	99,18		
6	0	300	694,50	510,23			352,60	259,04			146,90	107,92		
8	0	400	850,15	624,58			417,60	306,80			175,20	128,71		
10	0	500	978,00	718,50			480,00	352,64			205,00	150,61		
CBR corregido						24,17				13,16				6,04

PRESION - PENETRACIÓN

Densidad máxima vs CBR%

Densidades	vs	Resistencias		Densidad Máx	1,612	gr/cm ³
gr/cm ³	1,600	24,17	%	95% de DM	1,531	gr/cm ³
gr/cm ⁴	1,510	13,16	%			
gr/cm ⁵	1,425	6,04	%	CBR PUNTUAL		16,40 %

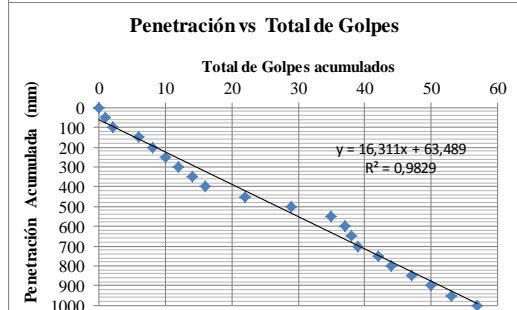
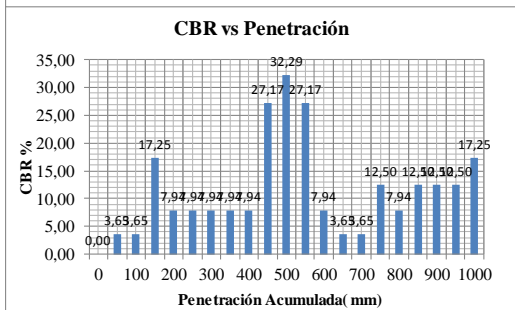
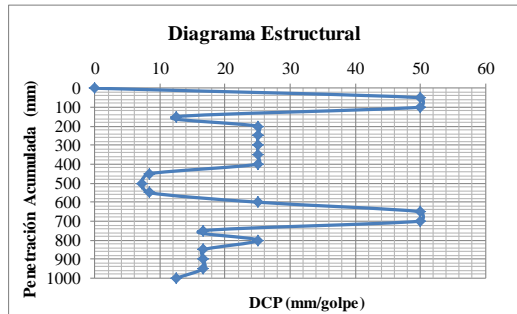
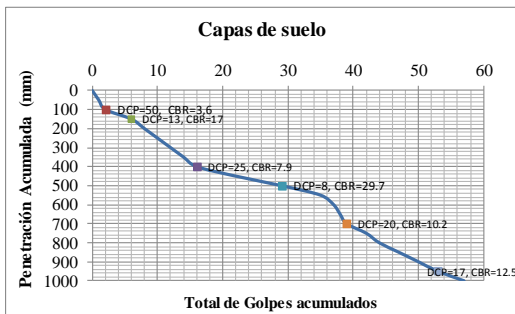
ENSAYO DCP

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

PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR
SECTOR: Quisafincha, Barrio Quindialo
PROFUNDIDAD: 1m
NORMAS:

ENSAYADO POR: Sr. Andrés Manotoa
REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez
FECHA: 04-02-2016
ASTM: D-6951

Cantidad de golpes ^A	Penetración Acumulada ^B (mm)	Penetración entre lecturas ^C (mm)	Penetración por golpe ^D (mm/golpe)	Factor de mazo ^E	Índice DCP ^F	CBR % ^G	Golpes Acumulados ^A	Análisis por capas de suelo			
								Cantidad de golpes ^A	Penetración por golpe ^D (mm/golpe)	Índice DCP ^F	CBR % ^G
0	0	0	0	0	0	0,00	0				
1	50	50	50,00	1	50	3,65	1	2	50	50	3,65
1	100	50	50,00	1	50	3,65	2				
4	150	50	12,50	1	13	17,25	6	4	13	13	17,25
2	200	50	25,00	1	25	7,94	8				
2	250	50	25,00	1	25	7,94	10	10	25	25	7,94
2	300	50	25,00	1	25	7,94	12				
2	350	50	25,00	1	25	7,94	14				
2	400	50	25,00	1	25	7,94	16				
6	450	50	8,33	1	8	27,17	22	13	8	8	29,72
7	500	50	7,14	1	7	32,29	29				
6	550	50	8,33	1	8	27,17	35	10	20	20	10,19
2	600	50	25,00	1	25	7,94	37				
1	650	50	50,00	1	50	3,65	38				
1	700	50	50,00	1	50	3,65	39				
3	750	50	16,67	1	17	12,50	42	18	17	17	12,50
2	800	50	25,00	1	25	7,94	44				
3	850	50	16,67	1	17	12,50	47				
3	900	50	16,67	1	17	12,50	50				
3	950	50	16,67	1	17	12,50	53				
4	1000	50	12,50	1	13	17,25	57				



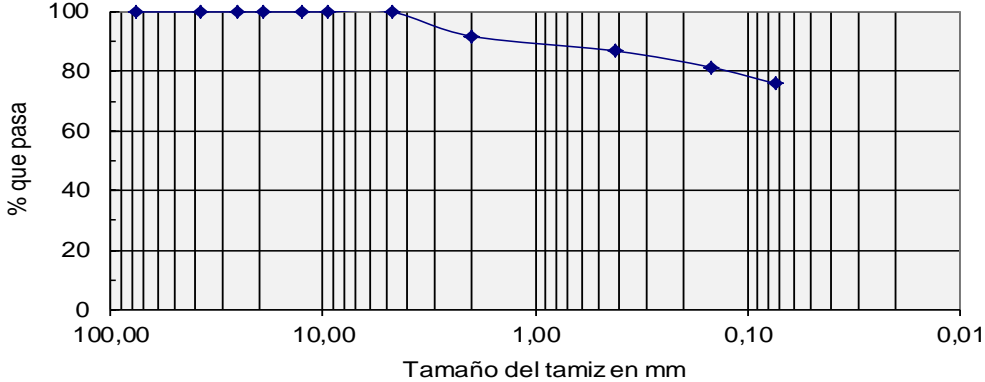
Profundidad	CBR "in situ"	PENDIENTE (Índice DCP)	CBR "in situ"
1000 mm/golpe	12,07	16,31 mm/golpe	12,81

ABSCISA 0+000

LÍMITES DE PLASTICIDAD DEL SUELO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS							
PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR			ENSAYADO POR: Sr. Andrés Oswaldo Manotoa Santana				
SECTOR: Archidona			REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez				
UBICACIÓN: Abs 0+000			FECHA: 23- 12- 2016				
NORMAS:		ASTM: D424-59-74	AASHTO: T 90-70	INEN: 691			
Determinación del Límite Líquido del suelo analizado LI%							
Recipiente número		6-T	56	X-1	11-F	12-F	8E
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	22,88	21,12	23,63	23,88	23,21	20,88
Peso seco + recipiente	Ws+rec	19,36	18,11	19,62	19,8	19,27	17,8
Peso recipiente	rec	11,43	11,34	11,25	11,2	11,52	11,71
Peso del agua	Ww	3,52	3,01	4,01	4,08	3,94	3,08
Peso de los sólidos	Ws	7,93	6,77	8,37	8,60	7,75	6,09
Contenido de humedad	w%	44,39	44,46	47,91	47,44	50,84	50,57
Contenido de humedad promedio	w%	44,42		47,68		50,71	
Número de golpes		54,00		34,00		16,00	
Determinación Gráfica							
Determinación del Límite Plástico del suelo analizado Lp%							
Recipiente número		A-5	E-1	A-2	M3	A-8	3A
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	5,41	6,26	5,65	6,61	5,64	6,5
Peso seco + recipiente	Ws+rec	5,11	5,71	5,28	6,29	5,28	6,24
Peso recipiente	rec	4,34	4,27	4,34	5,47	4,34	5,56
Peso del agua	Ww	0,30	0,55	0,37	0,32	0,36	0,26
Peso de los sólidos	Ws	0,77	1,44	0,94	0,82	0,94	0,68
Contenido de humedad	w%	38,96	38,19	39,36	39,02	38,30	38,24
Contenido de humedad promedio	w%	38,68					
LÍMITE LÍQUIDO LI%							48,40
LÍMITE PLÁSTICO Lp%							38,68
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%							9,72

GRANULOMETRÍA DEL SUELO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
Normas:		ASTM: D 421-58 Y D 422-63 AASHTO: T-87-70 Y T-88-70		
PROYECTO:		Estudio de la Correlación entre el ensayo CBR y DCP		
DIRECCION:		Archidona		
Ubicación de la muestra:		Cantón Tena		
ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS				
TAMIZ	mm	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	76,200	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	100,00
1"	25,400	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,050	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,700	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,530	0,00	0,00	100,00
N 4	4,760	0,00	0,00	100,00
PASA N 4		294,51	100,00	
N 10	2,000	24,04	8,16	91,84
N 40	0,420	38,62	13,11	86,89
N100	0,149			
N200	0,074	70,82	24,05	75,95
PASA N200		223,69	75,95	
TOTAL		294,51		
Peso de la muestra a lavar		563,00		
Peso muestra seca		294,51	Peso cuarteo antes del lavado	
Peso des lavado		70,82	Peso cuarteo después de lavado	
			Diferencia o pasa tamiz 200	
			223,69	
GRÁFICO DE LA DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA				
GRÁFICO DE LA DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA				
				
Contenido de Humedad		PT SS		294,5
PT+SH	PT+SS	PT	P Agua	PSS
169,85	130,53	87,4	39,32	43,13
			W%=	91,17
LÍMITES DE PLASTICIDAD				
Límite Líquido=		48,40		
Límite plástico=		38,68		
Índice de plasticidad=		9,72		
CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO				
SISTEMAS	AASHTO	A-5		
	SUCS	ML		Limo baja plasticidad

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
ENSAYO DE COMPACTACIÓN									
DETERMINACIÓN DE LA MÁXIMA DENSIDAD Y ÓPTIMA HUMEDAD									
PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR					ENSAYADO POR: ANDRÉS MANOTOA SANTANA				
SECTOR: Archidona					REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez				
UBICACIÓN: Napo, Cantón Tena					FECHA: 23- 12- 2016				
ESPECIFICACIONES									
Número de golpes	25	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	3791	gramos			
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	944	cm ³			
Energía de Compactación	lb.ft/ft³	56243,74	Normas:	AASHTO	T-180	ASTM	D1557	INEN	860
Peso inicial deseado	2000		2000		2000		2000		
1. Proceso de compactación de laboratorio									
Ensayo número	1	2	3	4					
Humedad inicial añadida en %	0,00	4,00	8,00	12,00					
Peso del molde + suelo húmedo	5405,20	5524,00	5567,20	5515,20					
Peso del suelo húmedo	1614,20	1733,00	1776,20	1724,20					
Peso volumetrico en gr/cm ³	1,710	1,836	1,882	1,826					
2. Determinación de los contenidos de humedad									
Recipiente número	1-T	4-B	8-B	1-D	11-B	1-T	B-3	D-5	
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	134,58	128,62	134,25	135,62	124,6	150,21	190,63	138,62
Peso seco + recipiente	Ws+rec	112,95	108,42	110,52	111,85	99,7	119,58	149,4	118,36
Peso recipiente	rec	30,3	31,54	32,2	33,0	26,9	30,31	42	65,84
Peso del agua	Ww	21,63	20,20	23,73	23,77	24,92	30,63	41,23	20,26
Peso de los sólidos	Ws	82,65	76,88	78,32	78,85	72,79	89,27	107,40	52,52
Contenido de humedad	w%	26,17	26,27	30,30	30,15	34,24	34,31	38,39	38,58
Contenido de humedad promedio	w%	26,22		30,22		34,27		38,48	
Peso volumétrico seco en gr/cm ³		1,355		1,410		1,401		1,319	
3. Determinación gráfica de la máxima densidad y óptima humedad									
<p style="text-align: center;">RELACIÓN HUMEDAD VS DENSIDAD</p> <p style="text-align: center;"> $\bar{\gamma}$ máximo = 1,415 gr/cm³ W óptimo % = 32,00 % </p>									

ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR

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

COMPACTACIÓN Y SUMERSIÓN EN AGUA

PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR
SECTOR: Archidona
Abscisa: 0+000
ENSAYADO POR: Sr Andrés Oswaldo Manotoa Santana
REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez
FECHA: 23 - 12 - 2015
SUELO: ML

ESPECIFICACIONES

Molde N° 15

Número de golpes	56	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	5864,5	gramos
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	2274	cm ³
Energía de Compactación	lb.ft/ft³	52300,24	Normas:	AASHTO	T-183	ASTM
				D1883-99	INEN	

Molde N° 18

Número de golpes	27	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	5965,5	gramos
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	2274	cm ³
Energía de Compactación	lb.ft/ft³	25216,19	Normas:	AASHTO	T-183	ASTM
				D1883-99	INEN	

Molde N° 44

Número de golpes	11	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	5775,6	gramos
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	2274	cm ³
Energía de Compactación	lb.ft/ft³	10273,26	Normas:	AASHTO	T-183	ASTM
				D1883-99	INEN	

PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO

N° del Molde	15	18	44
N° De capas	5	5	5
N° De golpes por capa	56	27	11
Condiciones del ensayo	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO
	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Wm+Molde (gr)	10557,2	10620,2	10178,8
Peso muestra húmeda (gr)	4693	4756	4213,30
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2,064	2,091	1,853
Densidad seca (gr/cm ³)	1,567	1,547	1,369
	1,316	1,263	1,196

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente número	8-B	1-T	4-A	4-B	1-T	1-D
Peso húmedo + recipiente Wm+rec	180,27	130,27	180,86	125,64	129,42	125,51
Peso seco + recipiente Ws+rec	148,21	104,25	145,94	97,65	103,86	96,21
Peso recipiente rec	47,09	30,3	47,17	31,54	30,29	33
Peso del agua Ww	32,06	26,02	34,92	27,99	25,56	29,3
Peso de los sólidos Ws	101,12	73,95	98,77	66,11	73,57	63,21
Contenido de humedad w%	31,70	35,19	35,35	42,34	34,74	46,35
AGUA ABSORBIDA %		3,48		6,98		11,61

CBR PUNTUAL

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

ESPONJAMIENTO Y PENETRACIÓN

PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR **ENSAYADO POR:** Sr Andrés Oswaldo Manotoa Santana
SECTOR: Archidona **REVISADO POR:** Ing. Lorena Pérez
UBICACIÓN: Napo, Cantón Tena **FECHA:** 23 - 01 - 2015
COORDENADAS: 0186331; 9897840- COTA 534 m

DATOS DE ESPONJAMIENTO

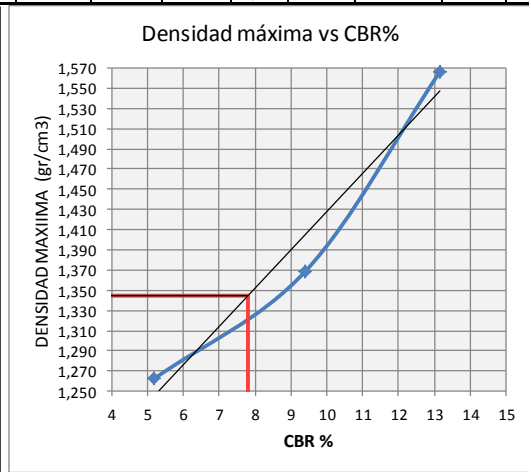
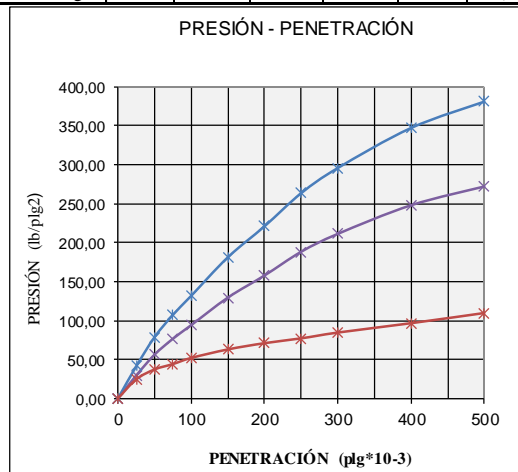
LECTURA DIAL en Plgs*10-2

MOLDE NÚMERO			15				18				44			
FECHA	TIEMPO	DIAS	LECT	h			LECT	h			LECT	h		
			DIAL	Mues	Plgs.	%	DIAL	Mues	Plgs.	%	DIAL	Mues	Plgs.	%
DÍA Y MES	HORA		Plgs.	Plgs.	*10-2		Plgs.	Plgs.	*10-2		Plgs.	Plgs.	*10-2	
20-dic-15	18:30	0	0,02	5,00	0,00	0,00	0,03	5,00	0,00	0,00	0,04	5,00	0,00	0,00
21-dic-15	19:00	1	0,03		1,26	0,25	0,04		1,26	0,25	0,05		0,39	0,08
22-dic-15	19:23	2	0,05		2,95	0,59	0,06		2,44	0,49	0,05		1,06	0,21
23-dic-15	19:32	3	0,07		4,49	0,90	0,06		2,83	0,57	0,14		9,49	1,90

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN

CONSTANTE DE CELDA 2,204 lb AREA DEL PISTÓN: 3pl2

MOLDE NÚMERO			15				18				44			
TIEMPO		PENET.	LECT	PRESIONES		CBR	LECT	PRESIONES		CBR	LECT	PRESIONES		CBR
MIN	SEG		DIAL	LEIDA	CORG		DIAL	LEIDA	CORG		DIAL	LEIDA	CORG	
		" 10-3	lb/plg2	%			lb/plg2	%			lb/plg2	%		
		0	0,00	0,00			0,00	0,00			0,00	0,00		
0	30	25	56,20	41,29			40,20	29,53			33,30	24,46		
1	0	50	107,10	78,68			76,50	56,20			50,60	37,17		
1	30	75	145,90	107,19			104,20	76,55			60,00	44,08		
2	0	100	179,20	131,65	131,65	13,17	128,00	94,04	94,04	9,40	70,70	51,94	51,94	
3	0	150	246,50	181,10			176,10	129,37			85,60	62,89		
4	0	200	300,60	220,84			214,70	157,73			96,50	70,90		
5	0	250	358,40	263,30			256,10	188,15			104,90	77,07		
6	0	300	402,40	295,63			287,40	211,14			115,04	84,52		
8	0	400	472,40	347,06			337,40	247,88			131,40	96,54		
10	0	500	518,40	380,85			370,20	271,97			149,20	109,61		
CBR corregido														



Densidades	vs	Resistencias	Densidad Máx	1,415	gr/cm ³
gr/cm ³	1,567	13,17	95% de DM	1,344	gr/cm ³
gr/cm ⁴	1,369	9,40			
gr/cm ⁵	1,263	5,19	CBR PUNTUAL		7,80 %

ENSAYO DCP

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DCP											
PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR						ENSAYADO POR: Sr. Andrés Manotoa					
SECTOR: Archidona						REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez					
PROFUNDIDAD: 1m						FECHA: 23-12-2015					
NORMAS:						ASTM: D-6951					
COORDENADAS: 0186331; 9897840- COTA 534 m											
								Análisis por capas de suelo			
Cantidad de golpes ^A	Penetración Acumulada ^B (mm)	Penetración entre lecturas ^C (mm)	Penetración por golpe ^D (mm/golpe)	Fator de mazo ^E	Indice DCP ^F	CBR % ^G	Golpes Acumulados ^A	Cantidad de golpes ^A	Penetración por golpe ^D (mm/golpe)	Indice DCP ^F	CBR % ^G
0	0	0	0	0	0	0,00	0,00				
1	50	50	50,00	1	50	3,65	1,00	2,30	65	65	2,71
1	100	50	50,00	1	50	3,65	2,00				
0,3	150	50	166,67	1	167	0,95	2,30				
0,3	200	50	166,67	1	167	0,95	2,60	1,70	88	88	1,93
0,4	250	50	125,00	1	125	1,31	3,00				
1	300	50	50,00	1	50	3,65	4,00				
0,5	350	50	100,00	1	100	1,68	4,50	2,00	50	50	3,65
0,5	400	50	100,00	1	100	1,68	5,00				
1	450	50	50,00	1	50	3,65	6,00	2,00	75	75	2,32
0,5	500	50	100,00	1	100	1,68	6,50				
0,5	550	50	100,00	1	100	1,68	7,00				
1	600	50	50,00	1	50	3,65	8,00	4,00	50	50	3,65
1	650	50	50,00	1	50	3,65	9,00				
1	700	50	50,00	1	50	3,65	10,00				
1	750	50	50,00	1	50	3,65	11,00				
1	800	50	50,00	1	50	3,65	12,00				
3	850	50	16,67	1	17	12,50	15,00	9,00	28	28	7,05
2	900	50	25,00	1	25	7,94	17,00				
2	950	50	25,00	1	25	7,94	19,00				
1	1000	50	50,00	1	50	3,65	20,00				

Capas de suelo

Diagrama Estructural

CBR vs Penetración

Penetración vs Total de Golpes

Profundidad	CBR "in situ"	PENDIENTE (Índice DCP)	CBR " in situ "
1000 mm/golpe	3,74	50 mm/golpe	3,65

ABSCISA 1+000

LÍMITES DE PLASTICIDAD DEL SUELO

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

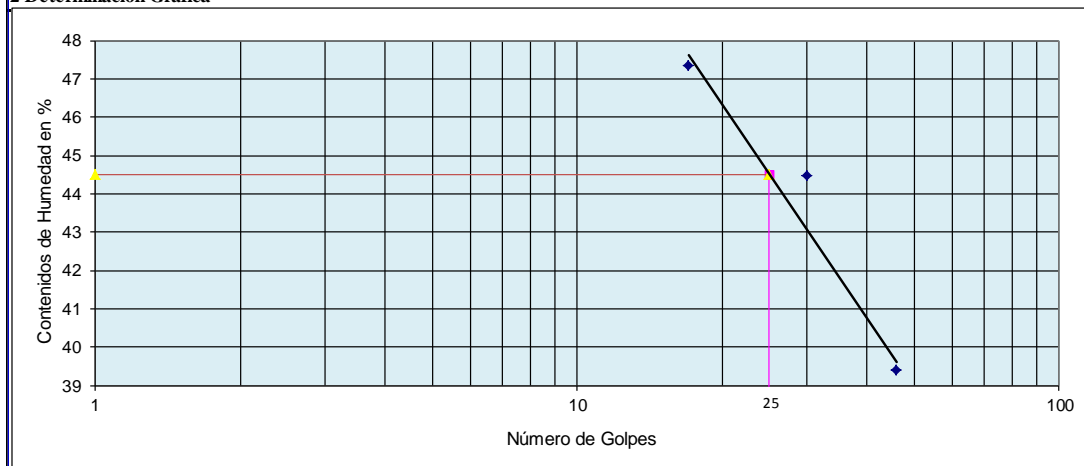
DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS

PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR **ENSAYADO POR:** Sr. Andrés Oswaldo Manotoa Santana
SECTOR: Archidona **REVISADO POR:** Ing. Lorena Pérez
UBICACIÓN: Napo, Cantón Tena **FECHA:** 07- 01- 2016
NORMAS: **ASTM:** D424-59-74 **AASHTO:** T 90-70 **INEN:** 691

Determinación del Límite Líquido del suelo analizado LI%

Recipiente número		9-F	1C	11-F	16-X	6-T	8E
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	23,86	20,54	26,67	23,42	26,27	20,27
Peso seco + recipiente	Ws+rec	20,36	17,95	21,93	19,76	21,5	17,52
Peso recipiente	rec	11,52	11,34	11,22	11,57	11,43	11,71
Peso del agua	Ww	3,50	2,59	4,74	3,66	4,77	2,75
Peso de los sólidos	Ws	8,84	6,61	10,71	8,19	10,07	5,81
Contenido de humedad	w%	39,59	39,18	44,26	44,69	47,37	47,33
Contenido de humedad promedio	w%	39,39		44,47		47,35	
Número de golpes		46,00		30,00		17,00	

2 Determinación Gráfica



Determinación del Límite Plástico del suelo analizado Lp%

Recipiente número		E-2	E-1	P-5	M3	A-2	3A
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	5,99	6,12	6,41	6,48	5,55	6,47
Peso seco + recipiente	Ws+rec	5,66	5,74	5,98	6,28	5,3	6,28
Peso recipiente	rec	4,37	4,27	4,25	5,47	4,30	5,56
Peso del agua	Ww	0,33	0,38	0,43	0,20	0,25	0,19
Peso de los sólidos	Ws	1,29	1,47	1,73	0,81	1,00	0,72
Contenido de humedad	w%	25,58	25,85	24,86	24,69	25,00	26,39
Contenido de humedad promedio	w%	25,39					

LÍMITE LÍQUIDO LI%	44,50
LÍMITE PLÁSTICO Lp%	25,4
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	19,11

GRANULOMETRÍA DEL SUELO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																								
Normas:	ASTM:	D 421-58 Y D 422-63																						
	AASHTO:	T-87-70 Y T-88-70																						
PROYECTO:	Estudio de la Correlación entre el ensayo CBR y DCP																							
DIRECCIÓN:	Archidona																							
Ubicación de la muestra:	Cantón Tena																							
ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS																								
TAMIZ	mm	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUE PASA																				
3"	76,200	0,00	0,00	100,00																				
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	100,00																				
1"	25,400	0,00	0,00	100,00																				
3/4"	19,050	0,00	0,00	100,00																				
1/2"	12,700	0,00	0,00	100,00																				
3/8"	9,530	0,00	0,00	100,00																				
N 4	4,760	1,49	0,42	99,58																				
PASA N 4		351,03	100,00																					
N 10	2,000	7,72	2,19	97,39																				
N 40	0,420	47,41	13,45	86,13																				
N100	0,149																							
N200	0,074	89,56	25,41	74,17																				
PASA N200		261,47	74,17																					
TOTAL		351,03																						
Peso de la muestra a lavar		662,00																						
Peso muestra seca	351,03	Peso cuarteo antes del lavado		351,03																				
Peso des lavado	89,56	Peso cuarteo después de lavado		89,56																				
		Diferencia o pasa tamiz 200		261,47																				
GRÁFICO DE LA DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Contenido de Humedad</td> <td colspan="2">PT SS</td> <td>351,0</td> </tr> <tr> <td>PT+SH</td> <td>PT+SS</td> <td>PT</td> <td>P Agua</td> <td>PSS</td> </tr> <tr> <td>182,66</td> <td>119,78</td> <td>48,8</td> <td>62,88</td> <td>70,98</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>W%=</td> <td>88,59</td> </tr> </table>					Contenido de Humedad		PT SS		351,0	PT+SH	PT+SS	PT	P Agua	PSS	182,66	119,78	48,8	62,88	70,98				W%=	88,59
Contenido de Humedad		PT SS		351,0																				
PT+SH	PT+SS	PT	P Agua	PSS																				
182,66	119,78	48,8	62,88	70,98																				
			W%=	88,59																				
LÍMITES DE PLASTICIDAD																								
Límite Líquido=	44,50																							
Límite Plástico=	25,39																							
Índice de plasticidad=	19,11																							
CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO																								
SISTEMAS	AASHTO	A-7-6																						
	SUCS	CL		Arcilla baja plasticidad																				

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
ENSAYO DE COMPACTACIÓN									
DETERMINACIÓN DE LA MÁXIMA DENSIDAD Y ÓPTIMA HUMEDAD									
PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR					ENSAYADO POR: ANDRÉS MANOTOA SANTANA				
SECTOR: Archidona					REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez				
UBICACIÓN: Napo, Cantón Tena					FECHA: 07- 01- 2016				
ESPECIFICACIONES									
Número de golpes	25	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	3791	gramos			
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	944	cm ³			
Energía de Compactación lb.ft/ft ³	56243,74	Normas:	AASHTO	T-180	ASTM	D1557	INEN	860	
Peso inicial deseado	2000		2000		2000		2000		
1. Proceso de compactación de laboratorio									
Ensayo número	1		2		3		4		
Humedad inicial añadida en %	0,00		4,00		8,00		12,00		
Peso del molde + suelo húmedo	5217,60		5296,00		5371,60		5365,20		
Peso del suelo húmedo	1426,60		1505,00		1580,60		1574,20		
Peso volumetrico en gr/cm ³	1,511		1,594		1,674		1,668		
2. Determinación de los contenidos de humedad									
Recipiente número	B-1	2-F	C-5	1-T	M-2	D-5	C-6	2-R	
Peso húmedo + recipiente Wm+rec	232,85	135,62	200,0	158,21	307,26	141,65	165,25	176,46	
Peso seco + recipiente Ws+rec	181,2	111,85	154,9	119,85	239,06	116,85	123,02	131,05	
Peso recipiente rec	44,93	49,47	48,38	30,31	98,04	65,84	43,19	45,02	
Peso del agua Ww	51,65	23,77	45,16	38,36	68,20	24,80	42,23	45,41	
Peso de los sólidos Ws	136,27	62,38	106,50	89,54	141,02	51,01	79,83	86,03	
Contenido de humedad w%	37,90	38,11	42,40	42,84	48,36	48,62	52,90	52,78	
Contenido de humedad promedio w%	38,00		42,62		48,49		52,84		
Peso volumétrico seco en gr/cm ³	1,095		1,118		1,128		1,091		
3. Determinación gráfica de la máxima densidad y óptima humedad									
<div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;"> </div>									
<p>Y máximo= 1,128 gr/cm³ W óptimo % = 45,40 %</p>									

ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO							
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA							
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR							
COMPACTACIÓN Y SUMERSIÓN EN AGUA							
PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR				ENSAYADO POR: Sr Andrés Oswaldo Manotoa Santana			
SECTOR: Archidona				REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez			
Abscisa: 1+000				FECHA: 07 - 01 - 2016			
				SUELO: CL			
ESPECIFICACIONES							
Molde N° 15							
Número de golpes	56	Altura de caída en plg	18	Peso del molde		5864,50	gramos
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde		2274	cm ³
Energía de Compactación	lb.ft/ft³	52300,24	Normas:	AASHTO	T-183	ASTM	D1883-99
				INEN			
Molde N° 18							
Número de golpes	27	Altura de caída en plg	18	Peso del molde		5965,50	gramos
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde		2274	cm ³
Energía de Compactación	lb.ft/ft³	25216,19	Normas:	AASHTO	T-183	ASTM	D1883-99
				INEN			
Molde N° 44							
Número de golpes	11	Altura de caída en plg	18	Peso del molde		5775,60	gramos
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde		2274	cm ³
Energía de Compactación	lb.ft/ft³	10273,26	Normas:	AASHTO	T-183	ASTM	D1883-99
				INEN			
PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO							
N° del Molde	15		18		44		
N° de capas	5		5		5		
N° de golpes por capa	56		27		11		
Condiciones del ensayo	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	
Wm+Molde (gr)	9562,20	9711,80	9499,20	9740,20	9016,20	9374,60	
Peso muestra húmeda (gr)	3698	3847	3533,70	3774,70	3240,60	3599,00	
Densidad húmeda (gr/cm3)	1,626	1,692	1,554	1,660	1,425	1,583	
Densidad seca (gr/cm3)	1,090	1,025	1,049	0,985	0,967	0,961	
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente número	D-5	1-T	2-F	4-B	B-3	1-D	
Peso húmedo + recipiente Wm+rec	233,44	124,26	194,77	118,63	230,92	120,63	
Peso seco + recipiente Ws+rec	178,2	87,21	147,6	83,21	170,2	86,21	
Peso recipiente rec	65,87	30,3	49,53	31,54	41,99	33	
Peso del agua Ww	55,24	37,05	47,17	35,42	60,72	34,42	
Peso de los sólidos Ws	112,33	56,91	98,07	51,67	128,21	53,21	
Contenido de humedad w%	49,18	65,10	48,10	68,55	47,36	64,69	
AGUA ABSORBIDA %	15,93		20,45		17,33		

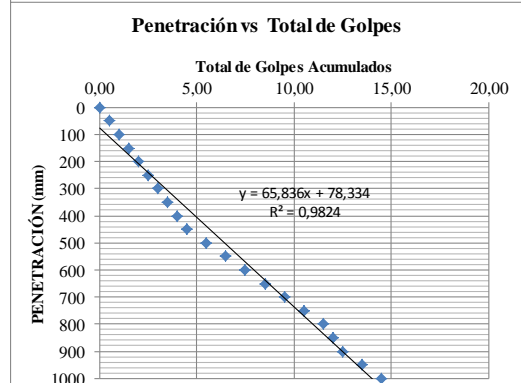
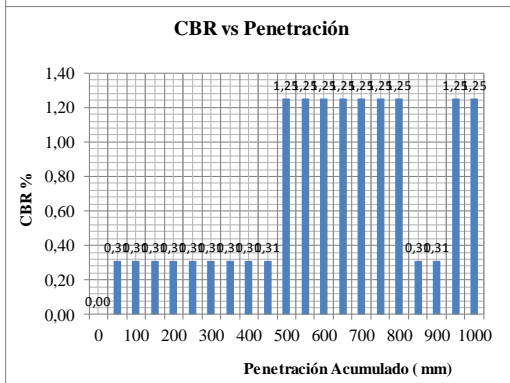
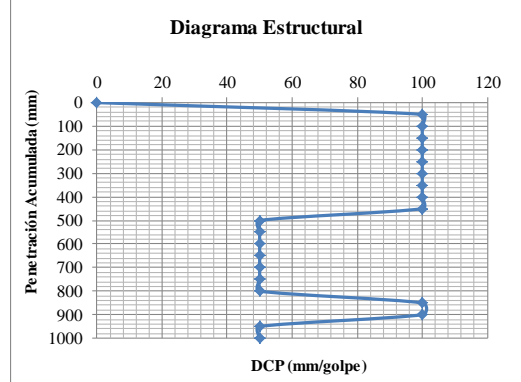
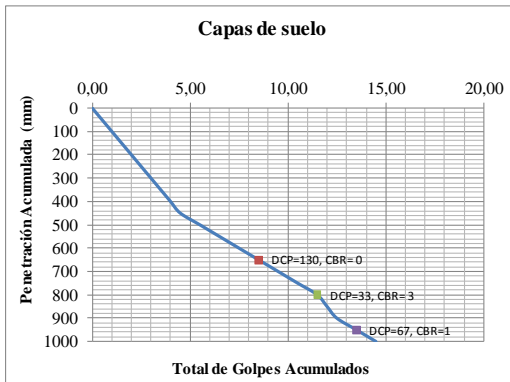
ENSAYO DCP

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO DCP

PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR
SECTOR: Archidona
PROFUNDIDAD: 1m
NORMAS:
COORDENADAS: 0185672; 9898208- COTA 589 m

ENSAYADO POR: Sr. Andrés Manotoa
REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez
FECHA: 07-01-2016
ASTM: D-6951

Cantidad de golpes A	Penetración Acumulada B (mm)	Penetración entre lecturas C (mm)	Penetración por golpe D (mm/golpe)	Factor de mazo E	Indice DCP F	CBR % G	Golpes Acumulados A	Análisis por capas de suelo			
								Cantidad de golpes A	Penetración por golpe D (mm/golpe)	Indice DCP F	CBR % G
0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	8,50	76	76	0,53
0,5	50	50	100,00	1	100	0,31	0,50				
0,5	100	50	100,00	1	100	0,31	1,00				
0,5	150	50	100,00	1	100	0,31	1,50				
0,5	200	50	100,00	1	100	0,31	2,00				
0,5	250	50	100,00	1	100	0,31	2,50				
0,5	300	50	100,00	1	100	0,31	3,00				
0,5	350	50	100,00	1	100	0,31	3,50				
0,5	400	50	100,00	1	100	0,31	4,00				
0,5	450	50	100,00	1	100	0,31	4,50				
1	500	50	50,00	1	50	1,25	5,50				
1	550	50	50,00	1	50	1,25	6,50				
1	600	50	50,00	1	50	1,25	7,50				
1	650	50	50,00	1	50	1,25	8,50				
1	700	50	50,00	1	50	1,25	9,50				
1	750	50	50,00	1	50	1,25	10,50				
1	800	50	50,00	1	50	1,25	11,50				
0,5	850	50	100,00	1	100	0,31	12,00				
0,5	900	50	100,00	1	100	0,31	12,50				
1	950	50	50,00	1	50	1,25	13,50				
1	1000	50	50,00	1	50	1,25	14,50				
3,00								3,00	33	33	2,81
3,00								3,00	67	67	0,70



Profundidad	CBR "in situ"	PENDIENTE (Indice DCP)	CBR "in situ"
1000 mm/golpe	0,73	66 mm/golpe	0,72

ABSCISA 2+000

GRANULOMETRÍA DEL SUELO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
Normas:		ASTM: D 421-58 Y D 422-63 AASHTO: T-87-70 Y T-88-70		
PROYECTO:		Estudio de la Correlación entre el ensayo CBR y DCP		
DIRECCION:		Archidona		
Ubicación de la muestra:		Cantón Tena		
ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS				
TAMIZ	mm	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	76,200	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	100,00
1"	25,400	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,050	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,700	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,530	0,00	0,00	100,00
N 4	4,760	0,00	0,00	100,00
PASA N 4		264,14	100,00	
N 10	2,000	2,06	0,78	99,22
N 40	0,420	10,98	4,16	95,84
N100	0,149			
N200	0,074	34,64	13,11	86,89
PASA N200		229,50	86,89	
TOTAL		264,14		
Peso de la muestra a lavar		518,80		
Peso muestra seca	264,14	Peso cuarteo antes del lavado		264,14
Peso des lavado	34,64	Peso cuarteo después de lavado		34,64
		Diferencia o pasa tamiz 200		229,50
GRÁFICO DE LA DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA				
Contenido de Humedad		PT SS		264,1
PT+SH	PT+SS	PT	P Agua	PSS
218,34	159,28	98,02	59,06	61,26
W%=				96,41
LÍMITES DE PLASTICIDAD				
Límite Líquido=		0,00		
Límite plástico=		0,00		
Índice de plasticidad=		NP		
CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO				
SISTEMAS	AASHTO	A4		
	SUCS	ML	Limo baja plasticidad	

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
ENSAYO DE COMPACTACIÓN									
DETERMINACIÓN DE LA MÁXIMA DENSIDAD Y ÓPTIMA HUMEDAD									
PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR					ENSAYADO POR: ANDRÉS MANOTOA SANTANA				
SECTOR: Archidona					REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez				
UBICACIÓN: Napo, Cantón Tena					FECHA: 17- 01- 2016				
ESPECIFICACIONES									
Número de golpes	25	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	3791	gramos			
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	944	cm ³			
Energía de Compactación lb.ft/ft ³	56243,74	Normas:	AASHTO	T-180	ASTM	D1557	INEN	860	
Peso inicial deseado	2000		2000		2000	2000			
1. Proceso de compactación de laboratorio									
Ensayo número	1	2	3	4					
Humedad inicial añadida en %	0,00	4,00	8,00	12,00					
Peso del molde + suelo húmedo	5237,60	5288,60	5372,80	5380,00					
Peso del suelo húmedo	1446,60	1497,60	1581,80	1589,00					
Peso volumetrico en gr/cm ³	1,532	1,586	1,676	1,683					
2. Determinación de los contenidos de humedad									
Recipiente número	B-2	2-F	C-6	1-T	2-R	D-5	6-T	2-R	
Peso húmedo + recipiente Wm+rec	224,1	132,27	210,9	155,21	185,08	140,27	160,27	175,25	
Peso seco + recipiente Ws+rec	175,96	109,65	162,5	119,21	141,2	116,85	122,05	131,05	
Peso recipiente rec	47,14	49,47	43,26	30,31	45,04	65,84	46,73	45,02	
Peso del agua Ww	48,14	22,62	48,39	36,00	43,88	23,42	38,22	44,20	
Peso de los sólidos Ws	128,82	60,18	119,20	88,90	96,16	51,01	75,32	86,03	
Contenido de humedad w%	37,37	37,59	40,60	40,49	45,63	45,91	50,74	51,38	
Contenido de humedad promedio w%	37,48		40,55		45,77		51,06		
Peso volumétrico seco en gr/cm ³	1,115		1,129		1,149		1,114		
3. Determinación gráfica de la máxima densidad y óptima humedad									
<div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> </div> </div>									
<p>Y máximo= 1,146 gr/cm³ W óptimo % = 44,50 %</p>									

ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO							
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA							
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR							
COMPACTACIÓN Y SUMERSIÓN EN AGUA							
PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR				ENSAYADO POR: Sr Andrés Oswaldo Manotoa Santana			
SECTOR: Archidona				REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez			
Abscisa: 2+000				FECHA: 17 - 01 - 2016			
				Suelo: ML			
ESPECIFICACIONES							
Molde N° 7							
Número de golpes	56	Altura de caída en plg	18	Peso del molde		6412,20	gramos
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde		2082	cm ³
Energía de Compactación	lb.ft/ft ³	57123,32	Normas:	AASHTO	T-183	ASTM	D1883-99
INEN							
Molde N° 8							
Número de golpes	27	Altura de caída en plg	18	Peso del molde		6385,40	gramos
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde		2082	cm ³
Energía de Compactación	lb.ft/ft ³	27541,60	Normas:	AASHTO	T-183	ASTM	D1883-99
INEN							
Molde N° 9							
Número de golpes	11	Altura de caída en plg	18	Peso del molde		6389,80	gramos
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde		2082	cm ³
Energía de Compactación	lb.ft/ft ³	11220,65	Normas:	AASHTO	T-183	ASTM	D1883-99
INEN							
PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO							
N° del Molde		7		8		9	
N° de capas		5		5		5	
N° de golpes por capa		56		27		11	
Condiciones del ensayo		ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Wm+Molde (gr)		9945,2	9982,4	9830,8	9882,4	9546	9715,8
Peso muestra húmeda (gr)		3533	3570	3445,40	3497,00	3156,20	3326,00
Densidad húmeda (gr/cm ³)		1,697	1,715	1,655	1,680	1,516	1,598
Densidad seca (gr/cm ³)		1,160	1,117	1,108	1,027	1,006	1,020
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente número		6-T	B-2	D-7	2-F	2-R	C-6
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	142,55	168,48	213,06	161,36	182,51	184,17
Peso seco + recipiente	Ws+rec	112,22	126,2	158,2	117,87	136,27	133,25
Peso recipiente	rec	46,78	47,12	47,08	49,48	45,05	43,21
Peso del agua	Ww	30,33	42,28	54,86	43,49	46,24	50,92
Peso de los sólidos	Ws	65,44	79,08	111,12	68,39	91,22	90,04
Contenido de humedad	w%	46,35	53,46	49,37	63,59	50,69	56,55
AGUA ABSORBIDA %		7,12		14,22		5,86	

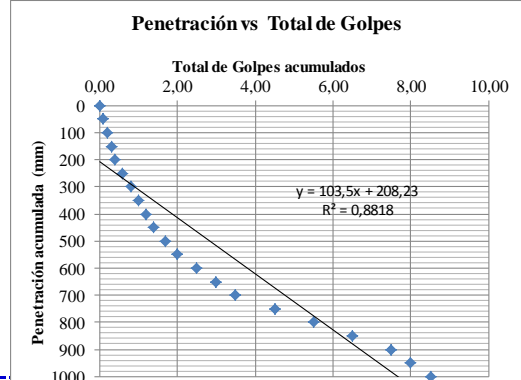
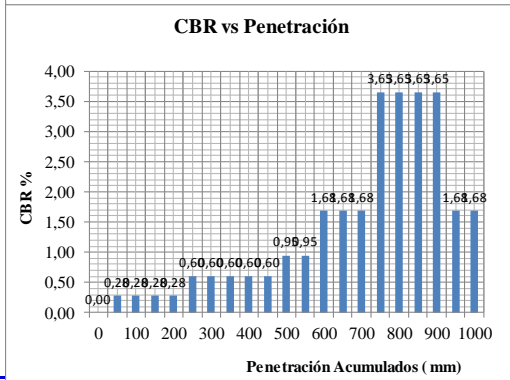
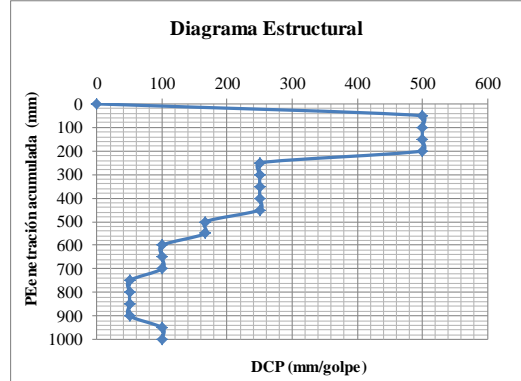
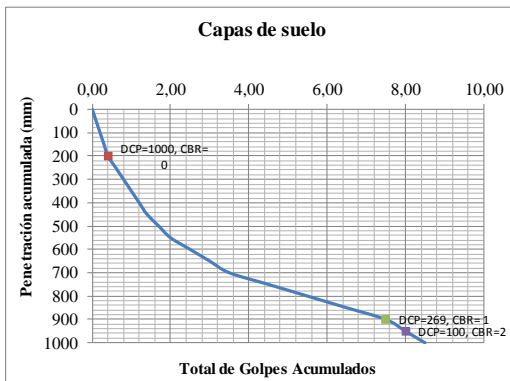
ENSAYO DCP

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

PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR
SECTOR: Archidona
PROFUNDIDAD: 1m
NORMAS:
COORDENADAS: 0184816; 9898324- COTA 619 m

ENSAYADO POR: Sr. Andrés Manotoa
REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez
FECHA: 17-01-2016
ASTM: D-6951

Cantidad de golpes ^A	Penetración Acumulada ^B (mm)	Penetración entre lecturas ^C (mm)	Penetración por golpe ^D (mm/golpe)	Factor de mazo ^E	Índice DCP ^F	CBR % ^G	Golpes Acumulados ^A	Análisis por capas de suelo			
								Cantidad de golpes ^A	Penetración por golpe ^D (mm/golpe)	Índice DCP ^F	CBR % ^G
0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,20	1000	1000	0,13
0,1	50	50	500,00	1	500	0,28	0,10				
0,1	100	50	500,00	1	500	0,28	0,20				
0,1	150	50	500,00	1	500	0,28	0,30				
0,1	200	50	500,00	1	500	0,28	0,40	2,60	269	269	0,55
0,2	250	50	250,00	1	250	0,60	0,60				
0,2	300	50	250,00	1	250	0,60	0,80				
0,2	350	50	250,00	1	250	0,60	1,00				
0,2	400	50	250,00	1	250	0,60	1,20				
0,2	450	50	250,00	1	250	0,60	1,40				
0,3	500	50	166,67	1	167	0,95	1,70				
0,3	550	50	166,67	1	167	0,95	2,00				
0,5	600	50	100,00	1	100	1,68	2,50				
0,5	650	50	100,00	1	100	1,68	3,00				
0,5	700	50	100,00	1	100	1,68	3,50				
1	750	50	50,00	1	50	3,65	4,50				
1	800	50	50,00	1	50	3,65	5,50				
1	850	50	50,00	1	50	3,65	6,50				
1	900	50	50,00	1	50	3,65	7,50				
0,5	950	50	100,00	1	100	1,68	8,00				
0,5	1000	50	100,00	1	100	1,68	8,50				
								1,00	100	100	1,68



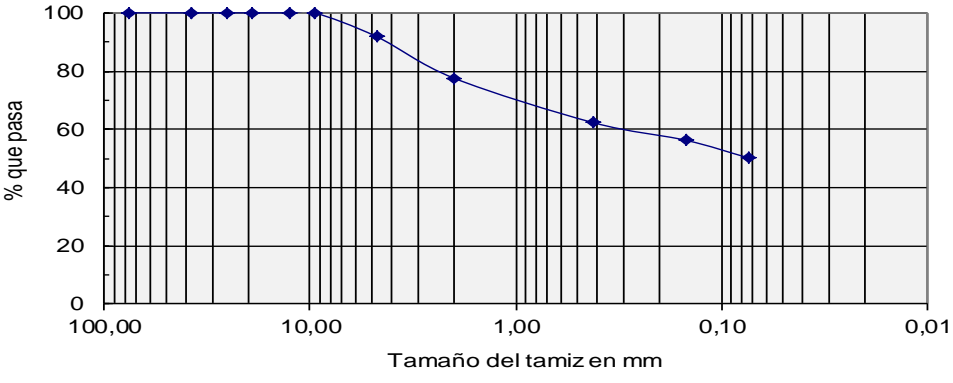
Profundidad	CBR "in situ"	PENDIENTE (Índice DCP)	CBR "in situ"
1000 mm/golpe	1,45	103,5 mm/golpe	1,62

ABSCISA 3+000

LÍMITES DE PLASTICIDAD DEL SUELO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO							
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA							
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS							
PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR			ENSAYADO POR: Sr. Andrés Oswaldo Manotoa Santana				
SECTOR: Archidona			REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez				
UBICACIÓN: Abs 3+000			FECHA: 13- 01- 2016				
NORMAS:		ASTM: D424-59-74	AASHTO: T 90-70	INEN: 691			
1. Determinación del Límite Líquido del suelo analizado LI%							
Recipiente número		6-T	1C	9-F	16-X	X-1	8E
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	21,62	21,52	22,15	20,65	22,62	20,62
Peso seco + recipiente	Ws+rec	19,32	19,21	19,52	18,4	19,65	18,3
Peso recipiente	rec	11,43	11,34	11,52	11,57	11,25	11,71
Peso del agua	Ww	2,30	2,31	2,63	2,25	2,97	2,32
Peso de los sólidos	Ws	7,89	7,87	8,00	6,83	8,40	6,59
Contenido de humedad	w%	29,15	29,35	32,88	32,94	35,36	35,20
Contenido de humedad promedio	w%	29,25		32,91		35,28	
Número de golpes		42,00		28,00		17,00	
2. Determinación Gráfica							
2. Determinación del Límite Plástico del suelo analizado Lp%							
Recipiente número		A-8	P-5	A-3	M3	A-4	3A
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	5,35	6,05	5,52	6,55	5,5	6,44
Peso seco + recipiente	Ws+rec	5,15	5,71	5,28	6,34	5,25	6,27
Peso recipiente	rec	4,34	4,32	4,29	5,47	4,21	5,56
Peso del agua	Ww	0,20	0,34	0,24	0,21	0,25	0,17
Peso de los sólidos	Ws	0,81	1,39	0,99	0,87	1,04	0,71
Contenido de humedad	w%	24,69	24,46	24,24	24,14	24,04	23,94
Contenido de humedad promedio	w%	24,25					
LÍMITE LÍQUIDO LI%		33,00					
LÍMITE PLÁSTICO Lp%		24,3					
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%		8,75					

GRANULOMETRÍA DEL SUELO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
Normas:		ASTM: D 421-58 Y D 422-63 AASHTO: T-87-70 Y T-88-70		
PROYECTO:		Estudio de la Correlación entre el ensayo CBR y DCP		
DIRECCION:		Archidona		
Ubicación de la muestra:		Cantón Tena		
1 ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS				
TAMIZ	mm	PESO RET/ACUM	% RETENIDC	% QUE PASA
3"	76,200	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	100,00
1"	25,400	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,050	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,700	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,530	0,00	0,00	100,00
N 4	4,760	29,41	8,15	91,85
PASA N 4		360,69	100,00	
N 10	2,000	56,05	14,27	77,57
N 40	0,420	116,08	29,56	62,29
N100	0,149			
N200	0,074	163,49	41,63	50,21
PASA N200		197,20	50,21	
TOTAL		360,69		
Peso de la muestra a lavar		612,40		
Peso muestra seca	360,69	Peso cuarteo antes del lavado		360,69
Peso des lavado	163,49	Peso cuarteo después de lavado		163,49
		Diferencia o pasa tamiz 200		197,20
2 GRÁFICO DE LA DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA				
GRÁFICO DE LA DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA				
				
Contenido de Humedad		PT SS		360,7
PT+SH	PT+SS	PT	P Agua	PSS
230,74	155,51	47,71	75,23	107,8
W%=				69,79
LÍMITES DE PLASTICIDAD				
Límite Líquido=		33,00		
Límite plástico=		24,25		
Índice de plasticidad=		8,75		
CLASIFICACION DEL SUELO ANALIZADO				
SISTEMAS	AASHTO	A-4		Arcilla baja plasticidad
	SUCS	CL		

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
ENSAYO DE COMPACTACIÓN									
DETERMINACIÓN DE LA MÁXIMA DENSIDAD Y ÓPTIMA HUMEDAD									
PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR					ENSAYADO POR: ANDRÉS MANOTOA SANTANA				
SECTOR: Archidona					REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez				
UBICACIÓN: Abs 3+000					FECHA: 13- 01- 2016				
ESPECIFICACIONES									
Número de golpes	25	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	3791	gramos			
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	944	cm ³			
Energía de Compactación lb.ft/ft³	56243,74	Normas:	AASHTO	T-180	ASTM	D1557	INEN	860	
Peso inicial deseado	2000		2000		2000		2000		
1. Proceso de compactación de laboratorio									
Ensayo número	1	2	3	4					
Humedad inicial añadida en %	0,00	4,00	8,00	12,00					
Peso del molde + suelo húmedo	5148,6	5223,4	5324,6	5325,8					
Peso del suelo húmedo	1357,60	1432,40	1533,60	1534,80					
Peso volumetrico en gr/cm ³	1,438	1,517	1,625	1,626					
2. Determinación de los contenidos de humedad									
Recipiente número	B-3	2-F	D-7	1-T	2-R	D-5	C-6	2-R	
Peso húmedo + recipiente Wm+rec	287,98	130,27	224,7	152,12	213,58	140,21	277,22	173,31	
Peso seco + recipiente Ws+rec	224,2	109,22	174,3	117,42	161,63	117,21	200,21	131,05	
Peso recipiente rec	41,99	49,47	47,09	30,31	45,03	65,84	43,19	45,02	
Peso del agua Ww	63,78	21,05	50,44	34,70	51,95	23,00	77,01	42,26	
Peso de los sólidos Ws	182,21	59,75	127,16	87,11	116,60	51,37	157,02	86,03	
Contenido de humedad w%	35,00	35,23	39,67	39,83	44,55	44,77	49,04	49,12	
Contenido de humedad promedio w%	35,12		39,75		44,66		49,08		
Peso volumétrico seco en gr/cm ³	1,064		1,086		1,123		1,091		
3. Determinación gráfica de la máxima densidad y optima humedad									
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;">RELACIÓN HUMEDAD DENSIDAD</p> <p style="text-align: center;"> γ máximo= 1,110 gr/cm³ W óptimo % = 44,00 % </p> </div>									

ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR

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

COMPACTACIÓN Y SUMERSIÓN EN AGUA

PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR
SECTOR: Archidona
Abscisa: 3+000

ENSAYADO POR: Sr Andrés Oswaldo Manotoa Santana
REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez
FECHA: 13 - 01 - 2016
SUELO: CL

ESPECIFICACIONES

Molde N° 4

Número de golpes	56	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	8311,20	gramos
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	2300	cm ³
Energía de Compactación lb.ft/ft ³	51709,02	Normas:	AASHTO T-183	ASTM D1883-99	INEN	

Molde N° 5

Número de golpes	27	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	8369,60	gramos
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	2300	cm ³
Energía de Compactación lb.ft/ft ³	24931,14	Normas:	AASHTO T-183	ASTM D1883-99	INEN	

Molde N° 6

Número de golpes	11	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	8453,70	gramos
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	2300	cm ³
Energía de Compactación lb.ft/ft ³	10157,12976	Normas:	AASHTO T-183	ASTM D1883-99	INEN	

PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO

N° del Molde	4	5	6			
N° de capas	5	5	5			
N° de golpes por capa	56	27	11			
Condiciones del ensayo	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Wm+Molde (gr)	12221,40	12283,80	12100,20	12231,20	11849,60	12166,00
Peso muestra húmeda (gr)	3910,20	3972,60	3730,60	3861,60	3395,90	3712,30
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1,700	1,727	1,622	1,679	1,476	1,614
Densidad seca (gr/cm ³)	1,130	1,114	1,077	1,054	0,980	0,989
Densidad promedio (gr/cm ³)	1,122		1,066		0,985	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente número	6-T	3-T	B-3	11-B	B-1	1-T
Peso húmedo + recipiente Wm+rec	178,3	116,72	166,35	100,55	155,95	116,64
Peso seco + recipiente Ws+rec	134,2	85,25	124,57	73,15	119,23	83,21
Peso recipiente rec	46,78	28,04	41,99	26,89	46,74	30,31
Peso del agua Ww	44,1	31,47	41,78	27,4	36,72	33,43
Peso de los sólidos Ws	87,42	57,21	82,58	46,26	72,49	52,9
Contenido de humedad w%	50,45	55,01	50,59	59,23	50,66	63,19
AGUA ABSORBIDA %	4,56		8,64		12,54	

CBR PUNTUAL

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

ESPONJAMIENTO Y PENETRACIÓN

PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR **ENSAYADO POR:** Sr Andrés Oswaldo Manotoa Santana
SECTOR: Archidona **REVISADO POR:** Ing. Lorena Pérez
UBICACIÓN: Napo, Canton Tena **FECHA:** 13 - 01 - 2016
COORDENADAS: 0184111; 9897851 - COTA 640 m

DATOS DE ESPONJAMIENTO

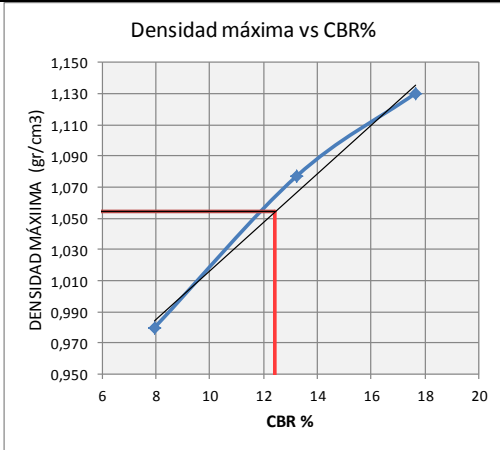
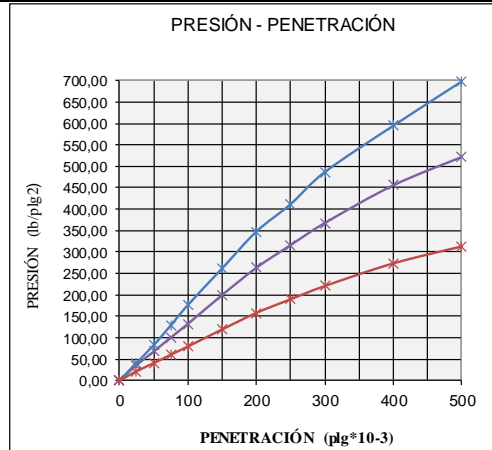
LECTURA DIAL en Plgs*10-2

MOLDE NÚMERO			4				5				6			
FECHA		TIEMPO	LECT		h		ESPONJ		LECT		h		ESPONJ	
DIA Y MES	HORA	DIAS	DIAL	Mues	Pigs.	%	DIAL	Mues	Pigs.	%	DIAL	Mues	Pigs.	%
			Pigs.	Pigs.	*10-2		Pigs.	Pigs.	*10-2		Pigs.	Pigs.	*10-2	
10-ene-16	18:30	0	0,06	5,00	0,00	0,00	0,10	5,00	0,00	0,00	0,11	5,00	0,00	0,00
11-ene-16	19:00	1	0,06		0,51	0,10	0,11		1,14	0,23	0,13		1,85	0,37
12-ene-16	19:23	2	0,08		1,85	0,37	0,13		2,76	0,55	0,14		3,58	0,72
13-ene-16	19:32	3	0,09		2,80	0,56	0,14		4,21	0,84	0,15		4,57	0,91

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN

CONSTANTE DE CELDA 2.204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3pl2

MOLDE NÚMERO			4				5				6						
TIEMPO			Q		PRESIONES		CBR	Q		PRESIONES		CBR	Q		PRESIONES		CBR
MIN	SEG	PENET.	LECT	LEIDA	CORG	LECT		LEIDA	CORG	LECT	LEIDA		CORG	LECT	LEIDA	CORG	
		" 10-3	DIAL	lb/plg2		%	DIAL	lb/plg2	%	DIAL	lb/plg2	%	DIAL	lb/plg2	%		
0	30	25	56,30	41,36			49,20	36,15		29,60	21,75						
1	0	50	112,60	82,72			91,90	67,52		55,20	40,55						
1	30	75	175,60	129,01			136,80	100,50		82,10	60,32						
2	0	100	240,20	176,47	176,47	17,65	180,10	132,31	132,31	13,23	108,20	79,49	79,49	7,95			
3	0	150	356,20	261,69			271,60	199,54		162,40	119,31						
4	0	200	473,20	347,64			358,20	263,16		214,90	157,88						
5	0	250	560,20	411,56			430,20	316,05		258,20	189,69						
6	0	300	662,20	486,50			500,40	367,63		300,30	220,62						
8	0	400	809,60	594,79			620,20	455,64		372,20	273,44						
10	0	500	950,10	698,01			710,10	521,69		426,10	313,04						
CBR corregido						17,65				13,23					7,95		



Densidades	vs	Resistencias	
gr/cm ³	1,130	17,65	%
gr/cm ⁴	1,077	13,23	%
gr/cm ⁵	0,980	7,95	%

Densidad Máx	1,110	gr/cm ³
95% de DM	1,055	gr/cm ³
CBR PUNTUAL		12,40 %

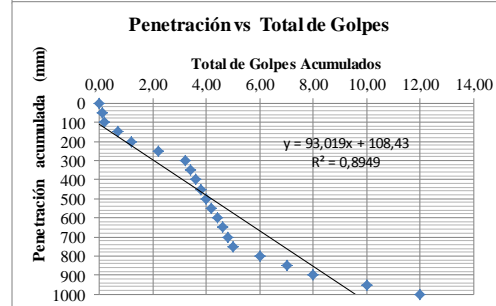
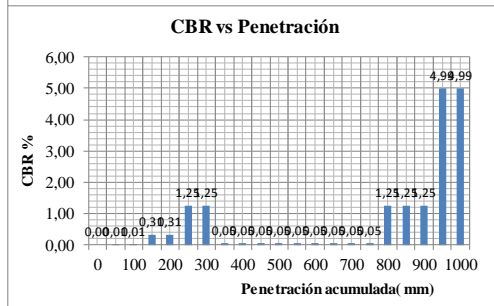
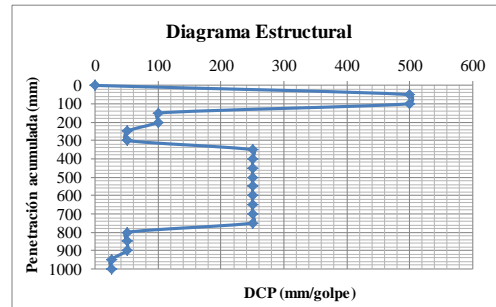
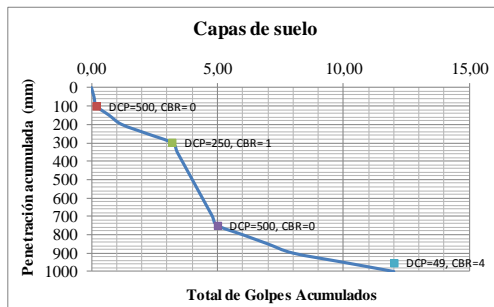
ENSAYO DCP

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

PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR
SECTOR: Archidona
PROFUNDIDAD: 1m
NORMAS:
COORDENADAS: 0184111; 9897851- COTA 640 m

ENSAYADO POR: Sr. Andrés Manotoa
REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez
FECHA: 13-01-2016
ASTM: D-6951

Cantidad de golpes A	Penetración Acumulada B (mm)	Penetración entre lecturas C (mm)	Penetración por golpe D (mm/golpe)	Factor de mazo E	Índice DCP F	CBR % G	Golpes Acumulados A	Análisis por capas de suelo			
								Cantidad de golpes A	Penetración por golpe D (mm/golpe)	Índice DCP F	CBR % G
0	0	0	0	0	0	0,00	0,00				
0,1	50	50	500,00	1	500	0,01	0,10	0,20	500	500	0,01
0,1	100	50	500,00	1	500	0,01	0,20				
0,5	150	50	100,00	1	100	0,31	0,70	3,00	67	67	0,70
0,5	200	50	100,00	1	100	0,31	1,20				
1	250	50	50,00	1	50	1,25	2,20				
1	300	50	50,00	1	50	1,25	3,20				
0,2	350	50	250,00	1	250	0,05	3,40	1,80	250	250	0,05
0,2	400	50	250,00	1	250	0,05	3,60				
0,2	450	50	250,00	1	250	0,05	3,80				
0,2	500	50	250,00	1	250	0,05	4,00				
0,2	550	50	250,00	1	250	0,05	4,20				
0,2	600	50	250,00	1	250	0,05	4,40				
0,2	650	50	250,00	1	250	0,05	4,60				
0,2	700	50	250,00	1	250	0,05	4,80				
0,2	750	50	250,00	1	250	0,05	5,00				
1	800	50	50,00	1	50	1,25	6,00	7,00	29	29	3,82
1	850	50	50,00	1	50	1,25	7,00				
1	900	50	50,00	1	50	1,25	8,00				
2	950	50	25,00	1	25	4,99	10,00				
2	1000	50	25,00	1	25	4,99	12,00				



Profundidad	CBR "in situ"	PENDIENTE (Índice DCP)	CBR "in situ"
1000 mm/golpe	0,87	93,02 mm/golpe	0,36

ABSCISA 4+000

GRANULOMETRÍA DEL SUELO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
Normas:		ASTM: D 421-58 Y D 422-63		
		AASHTO: T-87-70 Y T-88-70		
PROYECTO:		Estudio de la Correlación entre el ensayo CBR y DCP		
DIRECCION:		Archidona		
Ubicación de la muestra:		Cantón Tena		
1 ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS				
TAMIZ	mm	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	76,200	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	100,00
1"	25,400	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,050	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,700	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,530	0,00	0,00	100,00
N 4	4,760	0,00	0,00	100,00
PASA N 4		252,50	44,44	
N 10	2,000	0,97	0,17	99,83
N 40	0,420	17,83	3,14	96,86
N100	0,149			
N200	0,074	41,49	7,30	92,70
PASA N200		526,71	92,70	
TOTAL		568,20		
Peso de la muestra a lavar		518,80		
Peso muestra seca	568,20	Peso cuarteo antes del lavado		568,20
Peso des lavado	41,49	Peso cuarteo después de lavado		41,49
		Diferencia o pasa tamiz 200		526,71
2 GRÁFICO DE LA DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA				
GRÁFICO DE LA DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA				
Contenido de Humedad		PT SS		252,5
PT+SH	PT+SS	PT	P Agua	PSS
157,29	100,76	47,16	56,53	53,6
W%=				105,47
LÍMITES DE PLASTICIDAD				
Límite Líquido=	86,80			
Límite plástico=	66,36			
Índice de plasticidad=	20,44			
CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO				
SISTEMAS	AASHTO	MH		Limo alta plasticidad
	SUCS	A-7-5		

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN									
DETERMINACIÓN DE LA MÁXIMA DENSIDAD Y ÓPTIMA HUMEDAD									
PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR					ENSAYADO POR: ANDRÉS MANOTOA SANTANA				
SECTOR: Archidona					REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez				
UBICACIÓN: Abs 4+000					FECHA: 17- 01- 2016				
ESPECIFICACIONES									
Número de golpes	25	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	3791	gramos			
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	944	cm ³			
Energía de Compactación lb.ft/ft ³	56243,74	Normas:	AASHTO	T-180	ASTM	D1557	INEN	860	
Peso inicial deseado	2000	2000	2000	2000	2000				
1. Proceso de compactación de laboratorio									
Ensayo número	1	2	3	4					
Humedad inicial añadida en %	0,00	4,00	8,00	12,00					
Peso del molde + suelo húmedo	5081,00	5119,00	5199,80	5170,20					
Peso del suelo húmedo	1290,00	1328,00	1408,80	1379,20					
Peso volumétrico en gr/cm ³	1,367	1,407	1,492	1,461					
2. Determinación de los contenidos de humedad									
Recipiente número	1-T	2-F	D-3	1-T	4-B	D-5	6-T	C-6	
Peso húmedo + recipiente Wm+rec	120,95	130,67	119,6	140,27	127,32	135,67	150,27	160,26	
Peso seco + recipiente Ws+rec	83,18	96,9	80,2	93,21	85,2	104,89	103,21	107,15	
Peso recipiente rec	30,32	49,47	27,46	30,31	31,56	65,84	46,73	43,21	
Peso del agua Ww	37,77	33,77	39,37	47,06	42,12	30,78	47,06	53,11	
Peso de los sólidos Ws	52,86	47,43	52,77	62,90	53,64	39,05	56,48	63,94	
Contenido de humedad w%	71,45	71,20	74,61	74,82	78,52	78,82	83,32	83,06	
Contenido de humedad promedio w%	71,33		74,71		78,67		83,19		
Peso volumétrico seco en gr/cm ³	0,798		0,805		0,835		0,798		
3. Determinación gráfica de la máxima densidad y optima humedad									
<p> γ máximo = 0,825 gr/cm³ W óptimo % = 78,00 % </p>									

ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR

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

COMPACTACION Y SUMERSIÓN EN AGUA

PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR

ENSAYADO POR: Sr Andrés Oswaldo Manotoa Santana

SECTOR: Archidona

REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez

UBICACIÓN: Napo, Cantón Tena

FECHA: 29 - 01 - 2016

TIPO DE SUELO: MH

ESPECIFICACIONES

Molde N° 7

Número de golpes	56	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	6412,20	gramos
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	2082	cm ³
Energía de Compactación lb.ft/ft ³	57123,32	Normas:	AASHTO T-183	ASTM D1883-99	INEN	

Molde N° 8

Número de golpes	27	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	6385,40	gramos
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	2082	cm ³
Energía de Compactación lb.ft/ft ³	27541,60	Normas:	AASHTO T-183	ASTM D1883-99	INEN	

Molde N° 9

Número de golpes	11	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	6389,80	gramos
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	2082	cm ³
Energía de Compactación lb.ft/ft ³	11220,65	Normas:	AASHTO T-183	ASTM D1883-99	INEN	

PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO

	7	8	9
N° del Molde	7	8	9
N° de capas	5	5	5
N° de golpes por capa	56	27	11
Condiciones del ensayo	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO
Wm+Molde (gr)	9501,60	9660,60	9316,80
Peso muestra húmeda (gr)	3089,40	3248,40	2931,40
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1,484	1,560	1,408
Densidad seca (gr/cm ³)	0,845	0,882	0,787

CONTENIDO DE HUMEDAD

	1-T	D-3	1-D	4-B	3-T	1-T
Recipiente número	1-T	D-3	1-D	4-B	3-T	1-T
Peso húmedo + recipiente Wm+rec	125,24	105	124,6	108,06	116,76	87,13
Peso seco + recipiente Ws+rec	84,37	71,27	84,18	69,93	78,02	61,95
Peso recipiente rec	30,31	27,43	33,01	31,58	28,03	30,33
Peso del agua Ww	40,87	33,73	40,42	38,13	38,74	25,18
Peso de los sólidos Ws	54,06	43,84	51,17	38,35	49,99	31,62
Contenido de humedad w%	75,60	76,94	78,99	99,43	77,50	79,63
AGUA ABSORBIDA %		1,34		20,43		2,14

CBR PUNTUAL

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO														
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA														
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL														
ENSAYO CBR														
ESPONJAMIENTO Y PENETRACIÓN														
PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR							ENSAYADO POR: Sr Andrés Oswaldo Manotoa Santana							
SECTOR: Archidona							REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez							
UBICACIÓN: Napo, Cantón Tena							FECHA: 28 - 01 - 2016							
COORDENADAS: 0183285; 9885366- COTA 640 m														
DATOS DE ESPONJAMIENTO														
LECTURA DIAL en Plgs*10-2														
MOLDE NÚMERO			7				8				9			
FECHA DIA Y MES	TIEMPO		LECT DIAL Plgs.	h			LECT DIAL Plgs.	h			LECT DIAL Plgs.	h		ESPONJ Plgs. *10-2
	HORA	DIAS		Mues	Plgs.	%		Mues	Plgs.	%		Mues	Plgs.	
14-ene-16	18:30	0	0,10	5,00	0,00	0,00	0,07	5,00	0,00	0,00	0,04	5,00	0,00	0,00
15-ene-16	19:00	1	0,11		1,34	0,27	0,09		2,05	0,41	0,06		2,28	0,46
16-ene-16	19:23	2	0,13		3,11	0,62	0,11		4,53	0,91	0,08		3,66	0,73
17-ene-16	19:32	3	0,14		4,13	0,83	0,12		5,71	1,14	0,09		5,31	1,06
ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN														
CONSTANTE DE CELDA 2.204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3p2														
MOLDE NÚMERO			7				8				9			
TIEMPO		PENET. " 10-3	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR
MIN	SEG			LEIDA	CORG			LEIDA	CORG			LEIDA	CORG	
				lb/plg2	%		lb/plg2	%		lb/plg2	%			
0	30	0	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00		
1	0	25	86,60	63,62		65,30	47,97		20,40	14,99				
1	30	50	190,20	139,73		128,40	94,33		35,20	25,86				
2	0	75	266,10	195,49		175,80	129,15		46,30	34,02				
2	30	100	331,90	243,84	243,84	24,38	217,20	159,57	159,57	15,96	56,10	41,21	41,21	4,12
3	0	150	420,20	308,71		282,40	207,47		70,00	51,43				
4	0	200	540,20	396,87		333,40	244,94		80,90	59,43				
5	0	250	624,20	458,58		390,20	286,67		90,50	66,49				
6	0	300	688,20	505,60		436,20	320,46		96,10	70,60				
8	0	400	820,50	602,79		525,60	386,14		110,10	80,89				
10	0	500	950,20	698,08		610,20	448,29		120,10	88,23				
CBR corregido						24,38				15,96				4,12

PRESIÓN - PENETRACIÓN

Densidad máxima vs CBR%

Densidades	vs	Resistencias	
gr/cm ³	0,845	24,38	%
gr/cm ⁴	0,787	15,96	%
gr/cm ⁵	0,739	4,12	%

Densidad Máx	0,825	gr/cm ³
95% de DM	0,784	gr/cm ³
CBR PUNTUAL		13,40 %

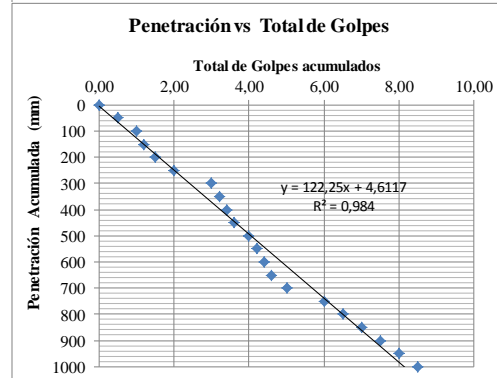
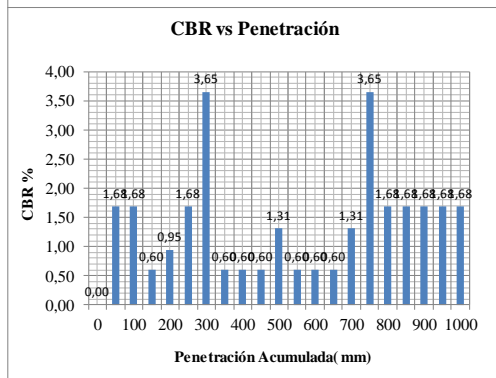
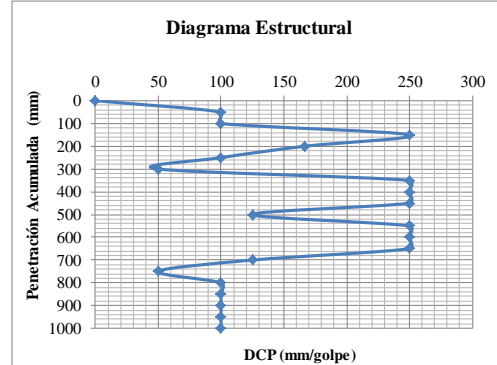
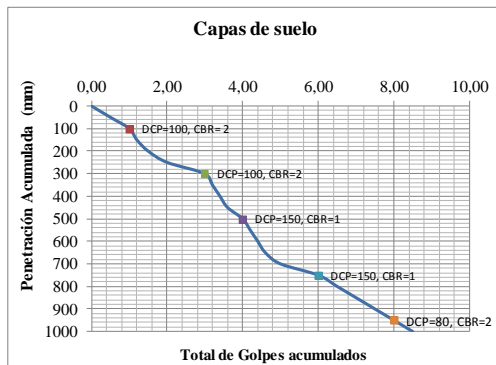
ENSAYO DCP

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

PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR
SECTOR: Archidona
PROFUNDIDAD: 1m
NORMAS:
COORDENADAS: 0183285; 9885366- COTA 640 m

ENSAYADO POR: Sr. Andrés Manotoa
REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez
FECHA: 17-01-2016
ASTM: D-6951

Cantidad de golpes ^A	Penetración Acumulada ^B (mm)	Penetración entre lecturas ^C (mm)	Penetración por golpe ^D (mm/golpe)	Factor de mazo ^E	Índice DCP ^F	CBR % ^G	Golpes Acumulados ^A	Análisis por capas de suelo			
								Cantidad de golpes ^A	Penetración por golpe ^D (mm/golpe)	Índice DCP ^F	CBR % ^G
0	0	0	0	0	0	0,00	0,00				
0,5	50	50	100,00	1	100	1,68	0,50	1,00	100	100	1,68
0,5	100	50	100,00	1	100	1,68	1,00				
0,2	150	50	250,00	1	250	0,60	1,20				
0,3	200	50	166,67	1	167	0,95	1,50	2,00	100	100	1,68
0,5	250	50	100,00	1	100	1,68	2,00				
1	300	50	50,00	1	50	3,65	3,00				
0,2	350	50	250,00	1	250	0,60	3,20				
0,2	400	50	250,00	1	250	0,60	3,40	3,00	150	150	1,07
0,2	450	50	250,00	1	250	0,60	3,60				
0,4	500	50	125,00	1	125	1,31	4,00				
0,2	550	50	250,00	1	250	0,60	4,20				
0,2	600	50	250,00	1	250	0,60	4,40				
0,2	650	50	250,00	1	250	0,60	4,60	2,00	150	150	1,07
0,4	700	50	125,00	1	125	1,31	5,00				
1	750	50	50,00	1	50	3,65	6,00				
0,5	800	50	100,00	1	100	1,68	6,50				
0,5	850	50	100,00	1	100	1,68	7,00				
0,5	900	50	100,00	1	100	1,68	7,50	2,50	80	80	2,16
0,5	950	50	100,00	1	100	1,68	8,00				
0,5	1000	50	100,00	1	100	1,68	8,50				



Profundidad	CBR "in situ"	PENDIENTE (Índice DCP)	CBR "in situ"
1000 mm/golpe	1,43	65 mm/golpe	2,72

ABSCISA 5+000

LÍMITES DE PLASTICIDAD DEL SUELO

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

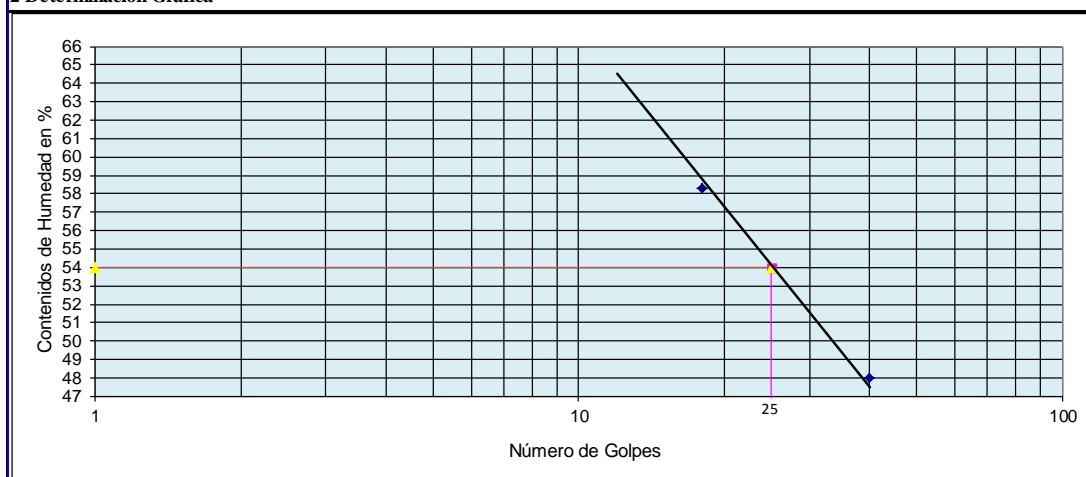
DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS

PROYECTO: Correlación entre el ensayo DCP y CBR **ENSAYADO POR:** Sr. Andrés Oswaldo Manotoa Santana
SECTOR: Archidona **REVISADO POR:** Ing. Lorena Pérez
UBICACIÓN: Tena, Cantón Napo **FECHA:** 26- 01- 2016
NORMAS: **ASTM:** D424-59-74 **AASHTO:** T 90-70 **INEN:** 691

1. Determinación del Límite Líquido del suelo analizado L_I%

Recipiente número		7-E	1C	6-T	16-X	X-1	8E
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	26,62	22,31	26,12	21,77	24,76	20,67
Peso seco + recipiente	Ws+rec	21,74	18,75	20,7	18,02	19,51	17,08
Peso recipiente	rec	11,57	11,34	11,43	11,57	11,57	11,71
Peso del agua	Ww	4,88	3,56	5,42	3,75	5,25	3,59
Peso de los sólidos	Ws	10,17	7,41	9,27	6,45	7,94	5,37
Contenido de humedad	w%	47,98	48,04	58,47	58,14	66,12	66,85
Contenido de humedad promedio	w%	48,01		58,30		66,49	
Número de golpes		40,00		18,00		12,00	

2 Determinación Gráfica

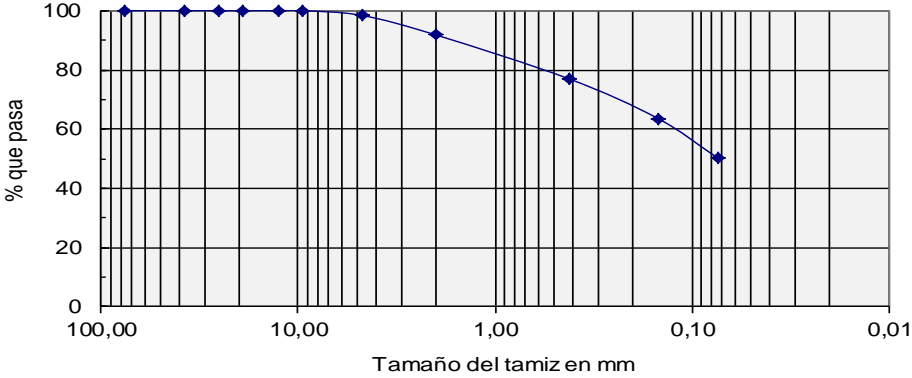


2. Determinación del Límite Plástico del suelo analizado L_p%

Recipiente número		E-1	A-8	A-3	E-2	A-4	3A
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	5,62	6,02	5,88	6,27	4,85	6,48
Peso seco + recipiente	Ws+rec	5,30	5,64	5,53	5,81	4,70	6,27
Peso recipiente	rec	4,25	4,34	4,29	4,36	4,21	5,56
Peso del agua	Ww	0,32	0,38	0,35	0,46	0,15	0,21
Peso de los sólidos	Ws	1,05	1,30	1,24	1,45	0,49	0,71
Contenido de humedad	w%	30,48	29,23	28,23	31,72	30,61	29,58
Contenido de humedad promedio	w%	29,97					

LÍMITE LÍQUIDO L _I %	54,00
LÍMITE PLÁSTICO L _p %	30,0
ÍNDICE DE PLASTICIDAD I _p %	24,03

GRANULOMETRÍA DEL SUELO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
Normas:	ASTM:	D 421-58 Y D 422-63		
	AASHTO:	T-87-70 Y T-88-70		
PROYECTO:	Estudio de la Correlación entre el ensayo CBR y DCP			
DIRECCION:	Archidona			
Ubicación de la muestra:	Napó, Cantón Tena			
1 ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS				
TAMIZ	mm	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	76,200	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	100,00
1"	25,400	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,050	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,700	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,530	0,00	0,00	100,00
N 4	4,760	5,91	1,62	98,38
PASA N 4		365,21		
N 10	2,000	24,44	6,58	91,80
N 40	0,420	79,60	21,44	76,94
N100	0,149			
N200	0,074	178,64	48,12	50,26
PASA N200		186,57	50,26	
TOTAL		365,21		
Peso de la muestra a lavar		629,20		
Peso muestra seca	365,21	Peso cuarteo antes del lavado		365,21
Peso des lavado	178,64	Peso cuarteo después de lavado		178,64
		Diferencia o pasa tamiz 200		186,57
2 GRAFICO DE LA DISTRIBUCION GRANULOMETRICA				
GRÁFICO DE LA DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA				
				
Tamaño del tamiz en mm				
Contenido de Humedad				
PT+SH	PT+SS	PT	P Agua	PSS
175,94	121,01	45,02	54,93	75,99
W%=				72,29
LÍMITES DE PLASTICIDAD				
Límite Líquido=	54,00			
Límite plástico=	29,97			
Índice de plasticidad=	24,03			
CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO				
SISTEMAS	AASHTO	A-7-5		Limo alta plasticidad
	SUCS	MH		

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
ENSAYO DE COMPACTACIÓN								
DETERMINACIÓN DE LA MÁXIMA DENSIDAD Y ÓPTIMA HUMEDAD								
PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR				ENSAYADO POR: ANDRÉS MANOTOA SANTANA				
SECTOR: Archidona				REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez				
UBICACIÓN: Tena, Cantón Napo				FECHA: 26-01-2016				
ESPECIFICACIONES								
Número de golpes	25	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	3791	gramos		
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	944	cm ³		
Energía de Compactación b.ft/ft ³	56243,74	Normas:	AASHTO T-180	ASTM D1557	INEN	860		
Peso inicial deseado	2000		2000		2000		2000	
1. Proceso de compactación de laboratorio								
Ensayo número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	0,00	4,00	8,00	12,00				
Peso del molde + suelo húmedo	5618,20	5726,80	5695,60	5641,20				
Peso del suelo húmedo	1827,20	1935,80	1904,60	1850,20				
Peso volumetrico en gr/cm ³	1,936	2,051	2,018	1,960				
2. Determinación de los contenidos de humedad								
Recipiente número	D-7	B-3	2-R	2-F	C-5	1-T	B-4	D-5
Peso húmedo + recipiente Wm+rec	206,7	120,6	202,96	120,2	195,2	135,83	207,18	130,67
Peso seco + recipiente Ws+rec	186,37	110,52	177,64	108,85	167,2	115,61	170,86	116,42
Peso recipiente rec	47,11	41,99	45,06	49,47	48,39	30,31	42,70	65,84
Peso del agua Ww	20,33	10,08	25,32	11,35	28,01	20,22	36,32	14,25
Peso de los sólidos Ws	139,26	68,53	132,58	59,38	118,81	85,30	128,16	50,58
Contenido de humedad w%	14,60	14,71	19,10	19,11	23,58	23,70	28,34	28,17
Contenido de humedad promedio w%	14,65		19,11		23,64		28,26	
Peso volumétrico seco en gr/cm ³	1,688		1,722		1,632		1,528	
3. Determinación gráfica de la máxima densidad y óptima humedad								
<div style="text-align: center;"> <p style="text-align: center;">RELACIÓN HUMEDAD VS DENSIDAD</p> </div>								
γ máximo= 1,708 gr/cm ³				W óptimo % = 18,00 %				

ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR						
COMPACTACIÓN Y SUMERSIÓN EN AGUA						
PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR			ENSAYADO POR: Sr Andrés Manotoa Santana			
SECTOR: Archidona			REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez			
Abscisa: 5+000			FECHA: 26 - 01 - 2016			
			SUELO: MH			
ESPECIFICACIONES						
Molde N° 4						
Número de golpes	56	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	8311,20	gramos
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	2300	cm ³
Energía de Compactación lb.ft/ft³	51709,02	Normas:	AASHTO T-183	ASTM D1883-99	INEN	
Molde N° 5						
Número de golpes	27	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	8369,60	gramos
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	2300	cm ³
Energía de Compactación lb.ft/ft³	24931,14	Normas:	AASHTO T-183	ASTM D1883-99	INEN	
Molde N° 6						
Número de golpes	11	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	8453,70	gramos
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	2300	cm ³
Energía de Compactación lb.ft/ft³	10157,12976	Normas:	AASHTO T-183	ASTM D1883-99	INEN	
PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO						
N° del Molde	4		5		6	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		27		11	
Condiciones del ensayo	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Wm+Molde (gr)	13127,60	13239,80	12935,40	13112,40	12599,60	12965,20
Peso muestra húmeda (gr)	4816	4929	4565,80	4742,80	4145,90	4511,50
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2,094	2,143	1,985	2,062	1,803	1,962
Densidad seca (gr/cm ³)	1,793	1,720	1,675	1,650	1,528	1,502
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente número	3-T	1-D	2-R	4-B	D-7	D-3
Peso húmedo + recipiente Wm+rec	137,37	125,86	181,36	96,13	185,92	106,85
Peso seco + recipiente Ws+rec	121,66	107,54	160,05	83,23	164,76	88,24
Peso recipiente rec	28,06	33,01	45,04	31,56	47,10	27,43
Peso del agua Ww	15,71	18,32	21,31	12,9	21,16	18,61
Peso de los sólidos Ws	93,6	74,53	115,01	51,67	117,66	60,81
Contenido de humedad w%	16,78	24,58	18,53	24,97	17,98	30,60
AGUA ABSORBIDA %	7,80		6,44		12,62	

CBR PUNTUAL

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO														
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA														
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL														
ENSAYO CBR														
ESPONJAMIENTO Y PENETRACIÓN														
PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR							ENSAYADO POR: Sr Andrés Oswaldo Manotoa Santana							
SECTOR: Archidona							REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez							
UBICACIÓN: Napo, Canton Tena							FECHA: 26 - 01 - 2016							
COORDENADAS: 0183099; 989370- COTA 719 m														
DATOS DE ESPONJAMIENTO														
LECTURA DIAL en Pigs*10-2														
MOLDE NÚMERO			4				5				6			
FECHA	TIEMPO		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ	
DIA Y MES	HORA	DIAS	DIAL	Mues	Pigs.	%	DIAL	Mues	Pigs.	%	DIAL	Mues	Pigs.	%
			Pigs.	Pigs.	*10-2		Pigs.	Pigs.	*10-2		Pigs.	Pigs.	*10-2	
23-feb-16	18:30	0	0,09	5,00	0,00	0,00	0,05	5,00	0,00	0,00	0,13	5,00	0,00	0,00
24-feb-16	19:00	1	0,11		2,17	0,43	0,06		1,18	0,24	0,15		1,89	0,38
25-feb-16	19:23	2	0,13		4,13	0,83	0,09		3,70	0,74	0,16		2,72	0,54
26-feb-16	19:32	3	0,15		5,94	1,19	0,10		5,20	1,04	0,18		4,65	0,93
ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN														
CONSTANTE DE CELDA 2.204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3p12														
MOLDE NÚMERO			4				5				6			
TIEMPO		PENET.	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR
MIN	SEG	" 10-3	LECT	LEIDA	CORG	%	LECT	LEIDA	CORG	%	LECT	LEIDA	CORG	%
			DIAL	lb/plg2			DIAL	lb/plg2			DIAL	lb/plg2		
		0	0,00	0,00			0,00	0,00			0,00	0,00		
0	30	25	46,90	34,46			42,30	31,08			18,30	13,44		
1	0	50	91,50	67,22			75,60	55,54			27,50	20,20		
1	30	75	132,90	97,64			108,80	79,93			35,10	25,79		
2	0	100	164,20	120,63	120,63	12,06	130,60	95,95	95,95	9,59	41,80	30,71	30,71	3,07
3	0	150	218,10	160,23			162,40	119,31			54,70	40,19		
4	0	200	263,20	193,36			195,60	143,70			63,70	46,80		
5	0	250	300,30	220,62			216,50	159,06			71,20	52,31		
6	0	300	326,20	239,65			239,50	175,95			78,30	57,52		
8	0	400	374,10	274,84			281,00	206,44			89,80	65,97		
10	0	500	420,20	308,71			320,20	235,24			101,20	74,35		
CBR corregido						12,06				9,59				3,07
Densidades vs Resistencias gr/cm ³ 1,793 12,06 % gr/cm ⁴ 1,675 9,59 % gr/cm ⁵ 1,528 3,07 %							Densidad Máx 1,708 gr/cm ³ 95% de DM 1,623 gr/cm ³ CBR PUNTUAL 6,60 %							

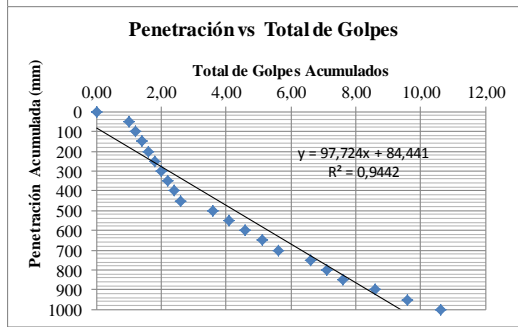
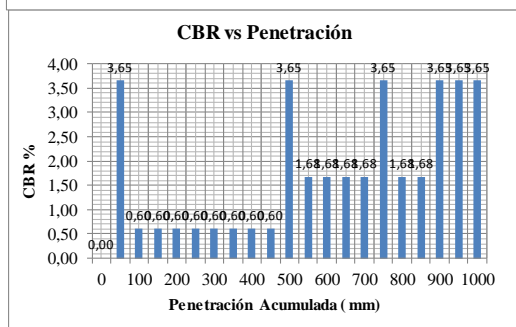
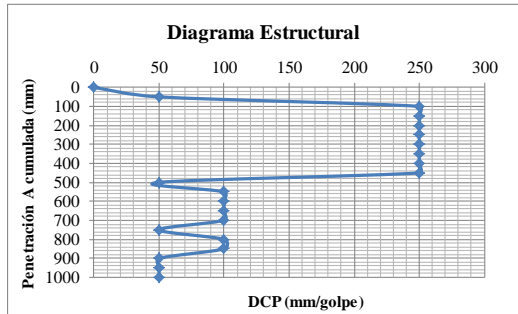
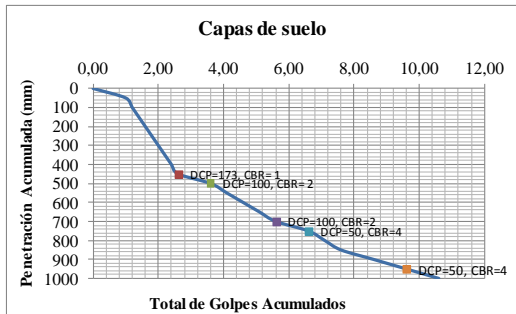
ENSAYO DCP

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

PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR
SECTOR: Archidona
PROFUNDIDAD: 1m
NORMAS:
COORDENADAS: 0183099; 989370- COTA 719 m

ENSAYADO POR: Sr. Andrés Manotoa
REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez
FECHA: 26-01-2016
ASTM: D-6951

Cantidad de golpes ^A	Penetración Acumulada ^B (mm)	Penetración entre lecturas ^C (mm)	Penetración por golpe ^D (mm/golpe)	Factor de mazo ^E	Índice DCP ^F	CBR % ^G	Golpes Acumulados ^A	Análisis por capas de suelo			
								Cantidad de golpes ^A	Penetración por golpe ^D (mm/golpe)	Índice DCP ^F	CBR % ^G
0	0	0	0	0	0	0,00	0,00				
1	50	50	50,00	1	50	3,65	1,00				
0,2	100	50	250,00	1	250	0,60	1,20				
0,2	150	50	250,00	1	250	0,60	1,40				
0,2	200	50	250,00	1	250	0,60	1,60				
0,2	250	50	250,00	1	250	0,60	1,80	2,60	173,08	173,08	0,91
0,2	300	50	250,00	1	250	0,60	2,00				
0,2	350	50	250,00	1	250	0,60	2,20				
0,2	400	50	250,00	1	250	0,60	2,40				
0,2	450	50	250,00	1	250	0,60	2,60				
1	500	50	50,00	1	50	3,65	3,60	2,00	100,00	100,00	1,68
0,5	550	50	100,00	1	100	1,68	4,10				
0,5	600	50	100,00	1	100	1,68	4,60				
0,5	650	50	100,00	1	100	1,68	5,10	2,00	100,00	100,00	1,68
0,5	700	50	100,00	1	100	1,68	5,60				
1	750	50	50,00	1	50	3,65	6,60	1,00	50,00	50,00	3,65
0,5	800	50	100,00	1	100	1,68	7,10				
0,5	850	50	100,00	1	100	1,68	7,60				
1	900	50	50,00	1	50	3,65	8,60				
1	950	50	50,00	1	50	3,65	9,60	4,00	50,00	50,00	3,65
1	1000	50	50,00	1	50	3,65	10,60				



Profundidad	CBR "in situ"	PENDIENTE (Índice DCP)	CBR "in situ"
1000,00 mm/golpe	1,84	97,72 mm/golpe	1,72

ABSCISA 6+000

LÍMITES DE PLASTICIDAD DEL SUELO

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

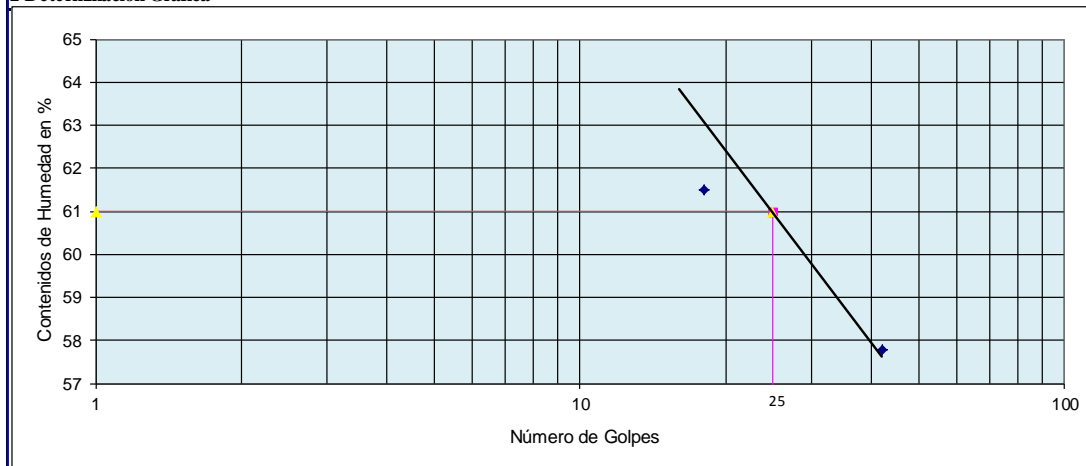
DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS

PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR **ENSAYADO POR:** Sr. Andrés Oswaldo Manotoa Santana
SECTOR: Archidona **REVISADO POR:** Ing. Lorena Pérez
UBICACIÓN: Abs 6+000 **FECHA:** 04- 02- 2016
NORMAS: **ASTM:** D424-59-74 **AASHTO:** T 90-70 **INEN:** 691

1. Determinación del Límite Líquido del suelo analizado LI%

Recipiente número		12-F	1C	X-1	7-E	12-F	6-T
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	23,15	21,52	24,15	24,62	24,15	21,15
Peso seco + recipiente	Ws+rec	18,9	17,8	19,22	19,67	19,15	17,3
Peso recipiente	rec	11,57	11,34	11,25	11,57	11,52	11,43
Peso del agua	Ww	4,25	3,72	4,93	4,95	5,00	3,85
Peso de los sólidos	Ws	7,33	6,46	7,97	8,10	7,63	5,87
Contenido de humedad	w%	57,98	57,59	61,86	61,11	65,53	65,59
Contenido de humedad promedio	w%	57,78		61,48		65,56	
Número de golpes		42,00		18,00		16,00	

2 Determinación Gráfica



2. Determinación del Límite Plástico del suelo analizado Lp%

Recipiente número		A-8	E-1	A-2	M3	A-8	3A
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	5,41	6,25	5,72	6,61	5,72	6,61
Peso seco + recipiente	Ws+rec	5,00	5,54	5,22	6,2	5,22	6,23
Peso recipiente	rec	4,28	4,27	4,34	5,47	4,34	5,56
Peso del agua	Ww	0,41	0,71	0,50	0,41	0,50	0,38
Peso de los sólidos	Ws	0,72	1,27	0,88	0,73	0,88	0,67
Contenido de humedad	w%	56,94	55,91	56,82	56,16	56,82	56,72
Contenido de humedad promedio	w%	56,53					

LÍMITE LÍQUIDO LI%	61,00
LÍMITE PLÁSTICO Lp%	56,5
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	4,47

GRANULOMETRÍA DEL SUELO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																								
Normas:	ASTM:	D 421-58 Y D 422-63																						
	AASHTO:	T-87-70 Y T-88-70																						
PROYECTO:	Estudio de la Correlación entre el ensayo CBR y DCP																							
DIRECCION:	Archidona																							
Ubicación de la muestra:	Cantón Tena																							
1 ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS																								
TAMIZ	mm	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUE PASA																				
3"	76,200	0,00	0,00	100,00																				
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	100,00																				
1"	25,400	0,00	0,00	100,00																				
3/4"	19,050	0,00	0,00	100,00																				
1/2"	12,700	0,00	0,00	100,00																				
3/8"	9,530	0,00	0,00	100,00																				
N 4	4,760	0,00	0,00	100,00																				
PASA N 4		372,70	65,59																					
N 10	2,000	33,00	5,81	94,19																				
N 40	0,420	66,84	11,76	88,24																				
N100	0,149																							
N200	0,074	153,45	27,01	72,99																				
PASA N200		414,75	72,99																					
TOTAL		568,20																						
Peso de la muestra a lavar		624,40																						
Peso muestra seca	568,20	Peso cuarteo antes del lavado		568,20																				
Peso des lavado	153,45	Peso cuarteo después de lavado		153,45																				
		Diferencia o pasa tamiz 200		414,75																				
2 GRAFICO DE LA DISTRIBUCION GRANULOMETRICA																								
<p style="text-align: center;">GRÁFICO DE LA DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA</p>																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Contenido de Humedad</td> <td colspan="2">PT SS</td> <td>372,7</td> </tr> <tr> <td>PT+SH</td> <td>PT+SS</td> <td>PT</td> <td>P Agua</td> <td>PSS</td> </tr> <tr> <td>227,06</td> <td>175,06</td> <td>98,06</td> <td>52</td> <td>77</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>W%=</td> <td>67,53</td> </tr> </table>					Contenido de Humedad		PT SS		372,7	PT+SH	PT+SS	PT	P Agua	PSS	227,06	175,06	98,06	52	77				W%=	67,53
Contenido de Humedad		PT SS		372,7																				
PT+SH	PT+SS	PT	P Agua	PSS																				
227,06	175,06	98,06	52	77																				
			W%=	67,53																				
LÍMITES DE PLASTICIDAD																								
Límite Líquido=	61,00																							
Límite plástico=	56,53																							
Índice de plasticidad=	4,47																							
CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO																								
SISTEMAS	AASHTO	A-5		Limo alta plasticidad																				
	SUCS	MH																						

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
ENSAYO DE COMPACTACIÓN									
DETERMINACIÓN DE LA MÁXIMA DENSIDAD Y ÓPTIMA HUMEDAD									
PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR					ENSAYADO POR: ANDRÉS MANOTOA SANTANA				
SECTOR: Archidona					REVISADO POR: ING. Lorena Pérez				
UBICACIÓN: Abs 6+000					FECHA: 04- 02- 2016				
ESPECIFICACIONES									
Número de golpes	25	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	3791	gramos			
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	944	cm ³			
Energía de Compactación lb.ft/ft ³	56243,74	Normas:	AASHTO	T-180	ASTM	D1557	INEN	860	
Peso inicial deseado	2000		2000		2000	2000			
1. Proceso de compactación de laboratorio									
Ensayo número	1	2	3	4					
Humedad inicial añadida en %	0,00	4,00	8,00	12,00					
Peso del molde + suelo húmedo	4964,4	5040,6	5084,4	5060					
Peso del suelo húmedo	1173,40	1249,60	1293,40	1269,00					
Peso volumétrico en gr/cm ³	1,243	1,324	1,370	1,344					
2. Determinación de los contenidos de humedad									
Recipiente número	6-T	2-F	4-B	1-T	1-D	D-5	6-T	C-6	
Peso húmedo + recipiente Wm+rec	141,8	125,65	119,2	140,25	110,15	136,21	150,27	160,26	
Peso seco + recipiente Ws+rec	116,21	105,21	94,0	108,42	86,42	114,62	116,42	121,82	
Peso recipiente rec	46,74	49,47	31,55	30,31	33,02	65,84	46,73	43,21	
Peso del agua Ww	25,59	20,44	25,26	31,83	23,73	21,59	33,85	38,44	
Peso de los sólidos Ws	69,47	55,74	62,43	78,11	53,40	48,78	69,69	78,61	
Contenido de humedad w%	36,84	36,67	40,46	40,75	44,44	44,26	48,57	48,90	
Contenido de humedad promedio w%	36,75		40,61		44,35		48,74		
Peso volumétrico seco en gr/cm ³	0,909		0,941		0,949		0,904		
3. Determinación gráfica de la máxima densidad y optima humedad									
<div style="text-align: center;"> <p style="text-align: center;">RELACIÓN HUMEDAD VS DENSIDAD</p> </div>									
<p style="text-align: center;">Y máximo= 0,950 gr/cm³ W óptimo % = 43,00 %</p>									

ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR							
COMPACTACIÓN Y SUMERSIÓN EN AGUA							
PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR				ENSAYADO POR: Sr Andrés Oswaldo Manotoa Santana			
SECTOR: Archidona				REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez			
UBICACIÓN: Napo, Cantón Tena				FECHA: 04 - 02 - 2016			
				TIPO DE SUELO: MH			
ESPECIFICACIONES							
Molde N° 1							
Número de golpes	56	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	7991,00	gramos	
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	2301	cm ³	
Energía de Compactación lb.ft/ft ³	51686,55	Normas:	AASHTO T-183	ASTM	D1883-99	INEN	
Molde N° 2							
Número de golpes	27	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	8080,00	gramos	
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	2301	cm ³	
Energía de Compactación lb.ft/ft ³	24920,30	Normas:	AASHTO T-183	ASTM	D1883-99	INEN	
Molde N° 3							
Número de golpes	11	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	8566,00	gramos	
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	2301	cm ³	
Energía de Compactación lb.ft/ft ³	10152,72	Normas:	AASHTO T-183	ASTM	D1883-99	INEN	
PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO							
N° del Molde	1		2		3		
N° De capas	5		5		5		
N° De golpes por capa	56		27		11		
Condiciones del ensayo	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	
Wm+Molde (gr)	11208,80	11577,60	11032,00	11544,60	11322,80	11932,80	
Peso muestra húmeda (gr)	3217,80	3586,60	2952,00	3464,60	2756,80	3366,80	
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1,398	1,559	1,283	1,506	1,198	1,463	
Densidad seca (gr/cm ³)	0,967	0,892	0,900	0,826	0,829	0,798	
Densidad promedio (gr/cm ³)	0,930		0,863		0,814		
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente número	3-T	D-3	B-3	4-B	6-T	1-D	
Peso húmedo + recipiente Wm+rec	103,48	91,22	168,00	96,39	154,96	110,52	
Peso seco + recipiente Ws+rec	80,21	63,93	130,4	67,12	121,65	75,3	
Peso recipiente rec	28,05	27,42	41,98	31,54	46,76	32,99	
Peso del agua Ww	23,27	27,29	37,6	29,27	33,31	35,22	
Peso de los sólidos Ws	52,16	36,51	88,42	35,58	74,89	42,31	
Contenido de humedad w%	44,61	74,75	42,52	82,27	44,48	83,24	
AGUA ABSORBIDA %	30,13		39,74		38,76		

CBR PUNTUAL

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

ESPONJAMIENTO Y PENETRACIÓN

PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR **ENSAYADO POR:** Sr Andrés Oswaldo Manotoa Santana
SECTOR: Archidona **REVISADO POR:** Ing. Lorena Pérez
UBICACIÓN: Napo, Catón Tena **FECHA:** 04 - 02 - 2016
COORDENADAS: 0182991; 9895325- COTA 687 m

DATOS DE ESPONJAMIENTO

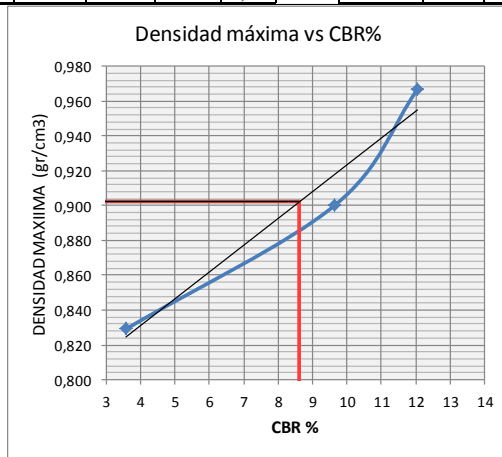
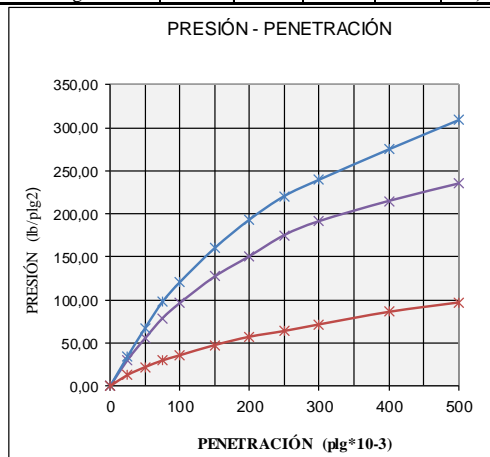
LECTURA DIAL en Pigs*10-2

MOLDE NÚMERO			1				2				3			
FECHA DIA Y MES	TIEMPO		LECT DIAL	ESPONJ			LECT DIAL	ESPONJ			LECT DIAL	ESPONJ		
	HORA	DIAS		Mues Pigs.	Pigs. *10-2	%		Mues Pigs.	Pigs. *10-2	%		Mues Pigs.	Pigs. *10-2	%
01-feb-16	18:30	0	0,06	5,00	0,00	0,00	0,04	5,00	0,00	0,00	0,06	5,00	0,00	0,00
02-feb-16	19:00	1	0,06		0,79	0,16	0,06		2,05	0,41	0,07		1,50	0,30
03-feb-16	19:23	2	0,08		2,17	0,43	0,08		4,17	0,83	0,08		2,05	0,41
04-feb-16	19:32	3	0,09		3,74	0,75	0,09		5,71	1,14	0,11		5,83	1,17

ENSAYO DE CARGA PENETRACION

CONSTANTE DE CELDA 2,204 lb AREA DEL PISTON: 3p2

MOLDE NÚMERO			1				2				3			
TIEMPO			Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR
MIN	SEG	PENET. " 10-3		LEIDA	CORG			LEIDA	CORG			LEIDA	CORG	
			lb/plg ²	lb/plg ²	%	lb/plg ²	lb/plg ²	%	lb/plg ²	lb/plg ²	%	lb/plg ²	lb/plg ²	%
		0	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
	30	25	46,90	34,46		41,50	30,49		17,70	13,00				
1	0	50	91,50	67,22		75,40	55,39		30,00	22,04				
1	30	75	132,90	97,64		107,20	78,76		40,60	29,83				
2	0	100	164,20	120,63	120,63	12,06	131,30	96,46	96,46	9,65	48,80	35,85	35,85	3,59
3	0	150	218,10	160,23		173,20	127,24		64,90	47,68				
4	0	200	263,20	193,36		205,40	150,90		78,10	57,38				
5	0	250	300,30	220,62		238,70	175,36		87,20	64,06				
6	0	300	326,20	239,65		260,80	191,60		97,60	71,70				
8	0	400	374,10	274,84		292,70	215,04		117,40	86,25				
10	0	500	420,20	308,71		320,20	235,24		132,20	97,12				
CBR corregido						12,06				9,65				3,59



Densidades	vs	Resistencias	
gr/cm ³	0,967	12,06	%
gr/cm ⁴	0,900	9,65	%
gr/cm ⁵	0,829	3,59	%

Densidad Máx	0,950	gr/cm ³
95% de DM	0,903	gr/cm ³

CBR PUNTUAL

8,60 %

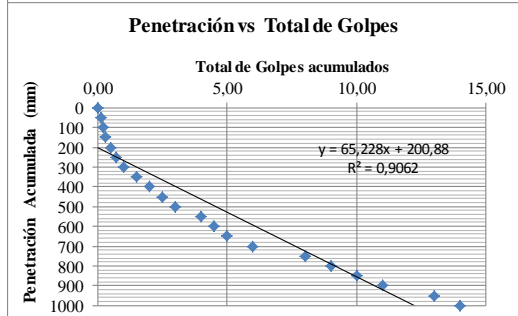
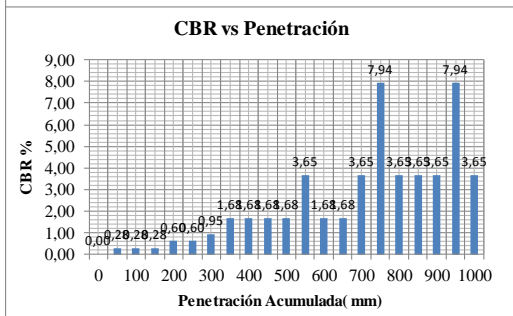
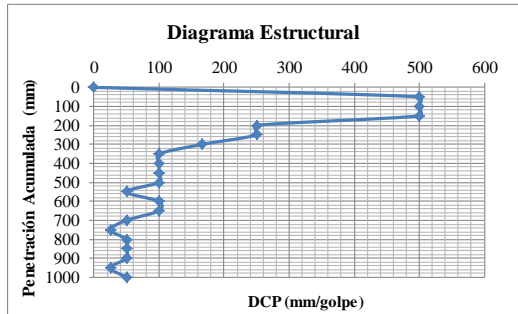
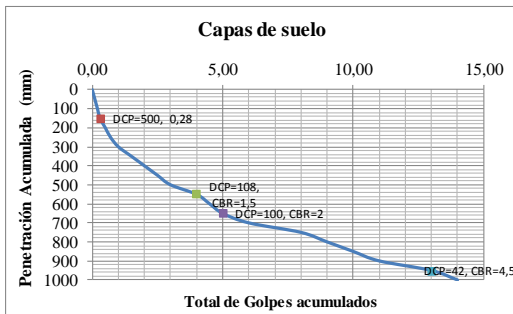
ENSAYO DCP

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

PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR
SECTOR: Archidona
PROFUNDIDAD: 1m
NORMAS:
COORDENADAS: 0182991; 9895325- COTA 687 m

ENSAYADO POR: Sr. Andrés Manotoa
REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez
FECHA: 04-02-2016
ASTM: D-6951

Cantidad de golpes ^A	Penetración Acumulada ^B (mm)	Penetración entre lecturas ^C (mm)	Penetración por golpe ^D (mm/golpe)	Factor de mazo ^E	Índice DCP ^F	CBR % ^G	Golpes Acumulados ^A	Análisis por capas de suelo				
								Cantidad de golpes ^A	Penetración por golpe ^D (mm/golpe)	Índice DCP ^F	CBR % ^G	
	0	0	0	0	0	0,00	0,00					
0,1	50	50	500,00	1	500	0,28	0,10	0,3	500	500	0,28	
0,1	100	50	500,00	1	500	0,28	0,20					
0,1	150	50	500,00	1	500	0,28	0,30					
0,2	200	50	250,00	1	250	0,60	0,50	3,7	108	108	1,54	
0,2	250	50	250,00	1	250	0,60	0,70					
0,3	300	50	166,67	1	167	0,95	1,00					
0,5	350	50	100,00	1	100	1,68	1,50					
0,5	400	50	100,00	1	100	1,68	2,00					
0,5	450	50	100,00	1	100	1,68	2,50					
0,5	500	50	100,00	1	100	1,68	3,00					
1	550	50	50,00	1	50	3,65	4,00	1	100	100	1,68	
0,5	600	50	100,00	1	100	1,68	4,50					
0,5	650	50	100,00	1	100	1,68	5,00					
1	700	50	50,00	1	50	3,65	6,00	3	33	33	5,75	
2	750	50	25,00	1	25	7,94	8,00					
1	800	50	50,00	1	50	3,65	9,00	6	42	42	4,48	
1	850	50	50,00	1	50	3,65	10,00					
1	900	50	50,00	1	50	3,65	11,00					
2	950	50	25,00	1	25	7,94	13,00					
1	1000	50	50,00	1	50	3,65	14,00					



Profundidad	1000 mm/golpe	CBR "in situ"	2,54	PENDIENTE (Índice DCP)	65 mm/golpe	CBR "in situ"	2,72
-------------	---------------	---------------	------	-------------------------	-------------	---------------	------

ABSCISA 7+000

LÍMITES DE PLASTICIDAD DEL SUELO

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

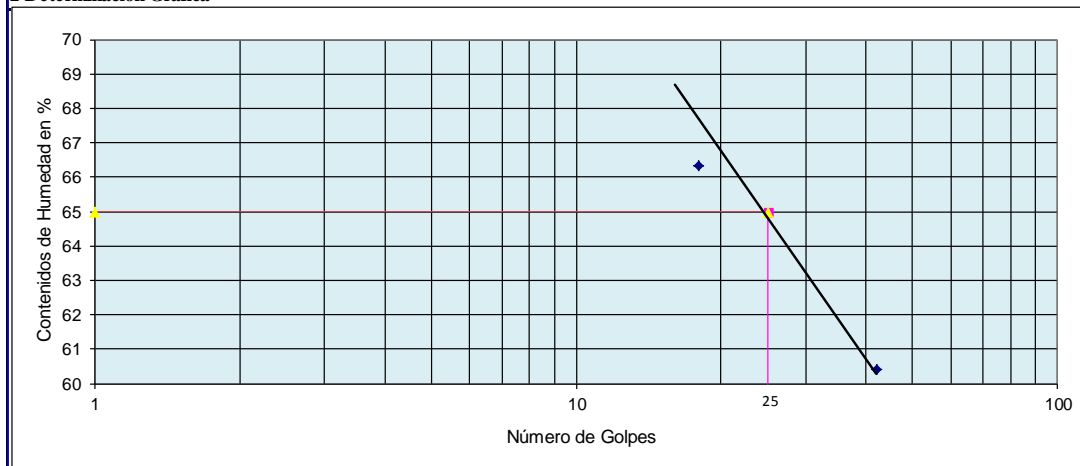
DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS

PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR **ENSAYADO POR:** Sr. Andrés Oswaldo Manotoa Santana
SECTOR: Archidona **REVISADO POR:** Ing. Lorena Pérez
UBICACIÓN: Abs 7+000 **FECHA:** 08- 02- 2016
NORMAS: **ASTM:** D424-59-74 **AASHTO:** T 90-70 **INEN:** 691

1. Determinación del Límite Líquido del suelo analizado LI%

Recipiente número		6-T	1C	9-F	16-X	11-F	8E
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	24,04	23,61	26,19	22,62	22,83	22,48
Peso seco + recipiente	Ws+rec	19,3	18,98	20,33	18,22	18,03	18,04
Peso recipiente	rec	11,43	11,34	11,52	11,57	11,21	11,71
Peso del agua	Ww	4,74	4,63	5,86	4,40	4,80	4,44
Peso de los sólidos	Ws	7,87	7,64	8,81	6,65	6,82	6,33
Contenido de humedad	w%	60,23	60,60	66,52	66,17	70,38	70,14
Contenido de humedad promedio	w%	60,42		66,34		70,26	
Número de golpes		42,00		18,00		16,00	

2 Determinación Gráfica



2. Determinación del Límite Plástico del suelo analizado Lp%

Recipiente número		A-8	XT	A-1	M3	M-7	3A
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	5,62	6,22	5,1	6,71	5,11	6,65
Peso seco + recipiente	Ws+rec	5,16	5,54	4,78	6,26	4,83	6,26
Peso recipiente	rec	4,34	4,32	4,21	5,47	4,34	5,56
Peso del agua	Ww	0,46	0,68	0,32	0,45	0,28	0,39
Peso de los sólidos	Ws	0,82	1,22	0,57	0,79	0,49	0,70
Contenido de humedad	w%	56,10	55,74	56,14	56,96	57,14	55,71
Contenido de humedad promedio	w%	56,42					

LÍMITE LÍQUIDO LI%	65,00
LÍMITE PLÁSTICO Lp%	56,4
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	8,58

GRANULOMETRÍA DEL SUELO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
Normas:	ASTM:	D 421-58 Y D 422-63		
	AASHTO:	T-87-70 Y T-88-70		
PROYECTO:	Estudio de la Correlación entre el ensayo CBR y DCP			
DIRECCION:	Archidona			
Ubicación de la muestra:	Cantón Tena			
1 ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS				
TAMIZ	mm	PESO RET/ACUM	% RETENIDC	% QUE PASA
3"	76,200	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	100,00
1"	25,400	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,050	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,700	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,530	0,00	0,00	100,00
N 4	4,760	4,50	0,79	99,21
PASA N 4		300,10	52,82	
N 10	2,000	14,11	2,46	96,74
N 40	0,420	40,88	7,14	92,07
N100	0,149			
N200	0,074	62,16	10,85	88,35
PASA N200		506,04	88,35	
TOTAL		568,20		
Peso de la muestra a lavar		657,10		
Peso muestra seca	568,20	Peso cuarteo antes del lavado		568,20
Peso des lavado	62,16	Peso cuarteo después de lavado		62,16
		Diferencia o pasa tamiz 200		506,04
2 GRÁFICO DE LA DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA				
GRÁFICO DE LA DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA				
Contenido de Humedad		PT SS		300,1
PT+SH	PT+SS	PT	P Agua	PSS
172,17	103,1	45,04	69,07	58,06
			W%=	118,96
LÍMITES DE PLASTICIDAD				
Límite Líquido=	65,00			
Límite plástico=	56,42			
Índice de plasticidad=	8,58			
CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO				
SISTEMAS	AASHTO	A-5		Limo alta plasticidad
	SUCS	MH		

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)

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

DETERMINACIÓN DE LA MÁXIMA DENSIDAD Y ÓPTIMA HUMEDAD

PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR

ENSAYADO POR: ANDRÉS MANOTOA SANTANA

SECTOR: Archidona

REVISADO POR: ING. Lorena Pérez

UBICACIÓN: Abs 7+000

FECHA: 08- 02- 2016

ESPECIFICACIONES

Número de golpes	25	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	3791	gramos
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	944	cm ³
Energía de Compactación lb.ft/ft ³	56243,74	Normas:	AASHTO T-180	ASTM D1557	INEN	860
Peso inicial deseado	2000		2000		2000	

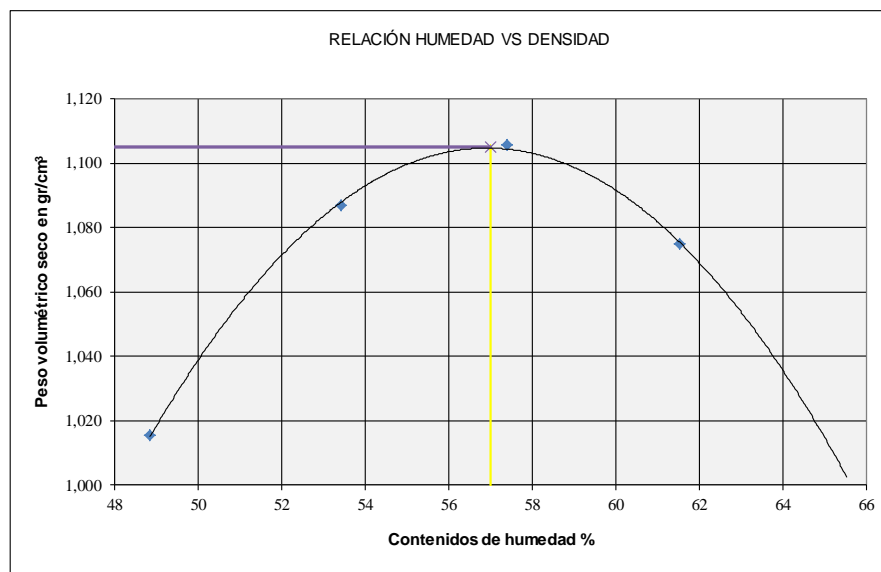
1. Proceso de compactación de laboratorio

Ensayo número	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	0,00	4,00	8,00	12,00
Peso del molde + suelo húmedo	5217,6	5365	5433,6	5430,2
Peso del suelo húmedo	1426,60	1574,00	1642,60	1639,20
Peso volumetrico en gr/cm ³	1,511	1,667	1,740	1,736

2. Determinación de los contenidos de humedad

Recipiente número	C-7	2-F	C-8	1-T	M-3	D-5	C-5	2-R
Peso húmedo + recipiente Wm+rec	49,85	120,55	69,4	130,27	68,85	120,67	150,27	150,27
Peso seco + recipiente Ws+rec	40,65	97,21	52,8	95,45	51,2	100,63	111,41	110,22
Peso recipiente rec	21,79	49,47	21,86	30,31	20,34	65,84	48,38	45,02
Peso del agua Ww	9,20	23,34	16,54	34,82	17,65	20,04	38,86	40,05
Peso de los sólidos Ws	18,86	47,74	30,98	65,14	30,86	34,79	63,03	65,20
Contenido de humedad w%	48,78	48,89	53,39	53,45	57,19	57,60	61,65	61,43
Contenido de humedad promedio w%	48,84		53,42		57,40		61,54	
Peso volumétrico seco en gr/cm ³	1,015		1,087		1,106		1,075	

3. Determinación gráfica de la máxima densidad y óptima humedad



Y máximo= 1,105 gr/cm³

W óptimo % = 57,00 %

ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR							
COMPACTACIÓN Y SUMERSIÓN EN AGUA							
PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR				ENSAYADO POR: Sr Andrés Manotoa Santana			
SECTOR: Archidona				REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez			
UBICACIÓN: Napo, Cantón Tena				FECHA: 08 - 02 - 2016			
				TIPO DE SUELO: ML			
ESPECIFICACIONES							
Molde N° 1							
Número de golpes	56	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	7991,00	gramos	
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	2301,00	cm ³	
Energía de Compactación	lb.ft/ft³	Normas:	AASHTO	T-183	ASTM	D1883-99	INEN
Molde N° 2							
Número de golpes	27	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	8080	gramos	
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	2301	cm ³	
Energía de Compactación	lb.ft/ft³	Normas:	AASHTO	T-183	ASTM	D1883-99	INEN
Molde N° 3							
Número de golpes	11	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	8566,00	gramos	
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	2301,00	cm ³	
Energía de Compactación	lb.ft/ft³	Normas:	AASHTO	T-183	ASTM	D1883-99	INEN
PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO							
N° del Molde	1		2		3		
N° de capas	5		5		5		
N° de golpes por capa	56		27		11		
Condiciones del ensayo	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	
Wm+Molde (gr)	11956,20	11990,20	11929,60	12041,00	12050,20	12300,20	
Peso muestra húmeda (gr)	3965,20	3999,20	3849,60	3961,00	3484,20	3734,20	
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1,723	1,738	1,673	1,721	1,514	1,623	
Densidad seca (gr/cm ³)	1,084	1,051	1,046	1,012	0,959	0,959	
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente número	4-A	11-B	B-1	1-T	B-2	1-D	
Peso húmedo + recipiente Wm+rec	182,4	93,99	139,67	101,45	174,96	112,54	
Peso seco + recipiente Ws+rec	132,2	68,27	104,15	72,12	128,12	79,98	
Peso recipiente rec	47,14	28,89	44,94	30,28	47,13	32,99	
Peso del agua Ww	50,2	25,72	35,52	29,33	46,84	32,56	
Peso de los sólidos Ws	85,06	39,38	59,21	41,84	80,99	46,99	
Contenido de humedad w%	59,02	65,31	59,99	70,10	57,83	69,29	
AGUA ABSORBIDA %	6,30		10,11		11,46		

CBR PUNTUAL

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

ESPONJAMIENTO Y PENETRACIÓN

PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCF **ENSAYADO POR:** Sr Andrés Oswaldo Manotoa Santana
SECTOR: Archidona **REVISADO POR:** Ing. Lorena Pérez
UBICACIÓN: Provincia Tena, Canton Napo **FECHA:** 08 - 02 - 2016
COORDENADAS: 0182632; 9894542 - COTA 647 m

DATOS DE ESPONJAMIENTO

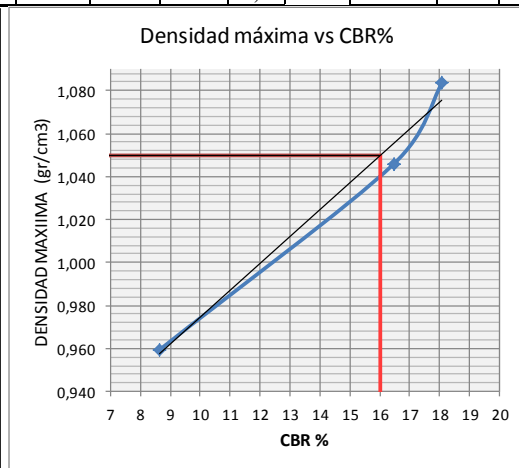
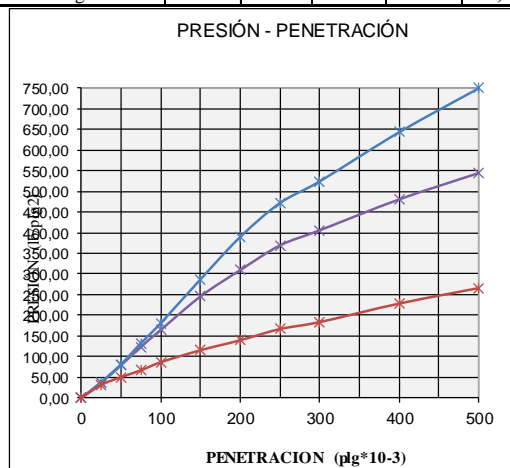
LECTURA DIAL en Plgs*10-2

MOLDE NÚMERO			1				2				3							
FECHA		TIEMPO	LECT	h		ESPONJ		LECT	h		ESPONJ		LECT	h		ESPONJ		
DIA Y MES	HORA	DIAS	DIAL	Mues	Plgs.	%	DIAL	Mues	Plgs.	%	DIAL	Mues	Plgs.	%	DIAL	Mues	Plgs.	
			Plgs.	Plgs.	*10-2		Plgs.	Plgs.	*10-2		Plgs.	Plgs.	*10-2		Plgs.	Plgs.	*10-2	
05-feb-16	18:30	0	0,02	5,00	0,00	0,00	0,06	5,00	0,00	0,00	0,05	5,00	0,00	0,00	0,05	5,00	0,00	0,00
06-feb-16	19:00	1	0,10		8,27	1,65	0,13		6,69	1,34	0,13						7,40	1,48
07-feb-16	19:23	2	0,13		11,61	2,32	0,17		10,79	2,16	0,20						14,29	2,86
08-feb-16	19:32	3	0,18		16,69	3,34	0,22		15,75	3,15	0,18						12,80	2,56

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN

CONSTANTE DE CELDA 2,204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3pl2

MOLDE NÚMERO			1				2				3			
TIEMPO		PENET.	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR
MIN	SEG	" 10-3	LECT	LEIDA	CORG	%	LECT	LEIDA	CORG	%	LECT	LEIDA	CORG	%
			DIAL	lb/plg2			DIAL	lb/plg2			DIAL	lb/plg2		
		0	0,00	0,00			0,00	0,00			0,00	0,00		
0	30	25	52,20	38,35			50,10	36,81			42,80	31,44		
1	0	50	110,60	81,25			107,20	78,76			68,60	50,40		
1	30	75	180,10	132,31			168,10	123,50			90,90	66,78		
2	0	100	246,20	180,87	180,87	18,09	224,00	164,57	164,57	16,46	117,60	86,40	86,40	8,64
3	0	150	390,60	286,96			334,20	245,53			157,20	115,49		
4	0	200	530,20	389,52			421,20	309,44			190,10	139,66		
5	0	250	642,00	471,66			502,30	369,02			227,00	166,77		
6	0	300	713,50	524,18			552,20	405,68			250,00	183,67		
8	0	400	875,40	643,13			654,10	480,55			311,00	228,48		
10	0	500	1020,00	749,36			740,80	544,24			362,00	265,95		
CBR corregido						18,09				16,46				8,64



Densidades	vs	Resistencias	
gr/cm ³	1,084	18,09	%
gr/cm ⁴	1,046	16,46	%
gr/cm ⁵	0,959	8,64	%

Densidad Máx	1,105	gr/cm ³
95% de DM	1,050	gr/cm ³
CBR PUNTUAL		16,00 %

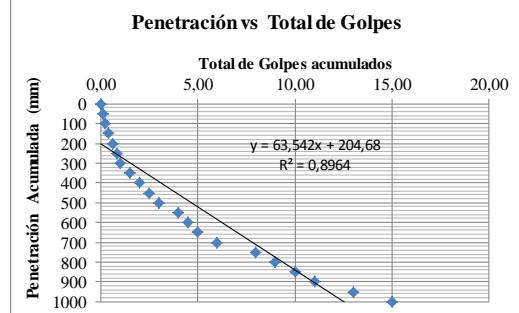
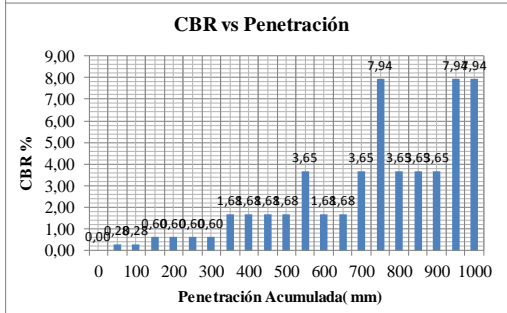
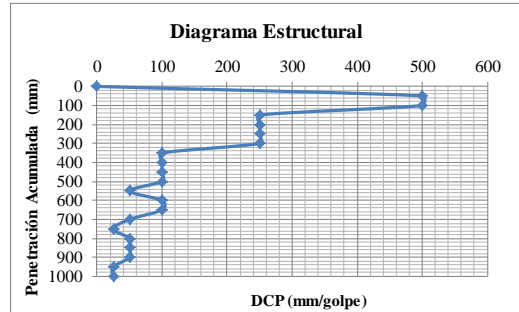
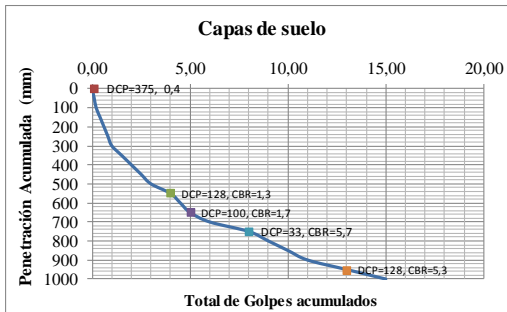
ENSAYO DCP

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

PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR
SECTOR: Archidona
PROFUNDIDAD: 1m
NORMAS:
COORDENADAS: 0182632; 9894542 - COTA 647 m

ENSAYADO POR: Sr. Andrés Manotoa
REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez
FECHA: 04-02-2016
ASTM: D-6951

Cantidad de golpes ^A	Penetración Acumulada ^B (mm)	Penetración entre lecturas ^C (mm)	Penetración por golpe ^D (mm/golpe)	Factor de mazo ^E	Índice DCP ^F	CBR % ^G	Golpes Acumulados ^A	Análisis por capas de suelo			
								Cantidad de golpes ^A	Penetración por golpe ^D (mm/golpe)	Índice DCP ^F	CBR % ^G
	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,40	375	375	0,38
0,1	50	50	500,00	1	500	0,28	0,10				
0,1	100	50	500,00	1	500	0,28	0,20	3,90	128	128	1,27
0,2	150	50	250,00	1	250	0,60	0,40				
0,2	200	50	250,00	1	250	0,60	0,60				
0,2	250	50	250,00	1	250	0,60	0,80				
0,2	300	50	250,00	1	250	0,60	1,00				
0,5	350	50	100,00	1	100	1,68	1,50				
0,5	400	50	100,00	1	100	1,68	2,00				
0,5	450	50	100,00	1	100	1,68	2,50				
0,5	500	50	100,00	1	100	1,68	3,00	1,00	100	100	1,68
1	550	50	50,00	1	50	3,65	4,00				
0,5	600	50	100,00	1	100	1,68	4,50	3,00	33	33	5,75
1	700	50	50,00	1	50	3,65	6,00				
2	750	50	25,00	1	25	7,94	8,00	7,00	36	36	5,32
1	800	50	50,00	1	50	3,65	9,00				
1	850	50	50,00	1	50	3,65	10,00				
1	900	50	50,00	1	50	3,65	11,00				
2	950	50	25,00	1	25	7,94	13,00				
2	1000	50	25,00	1	25	7,94	15,00				



Profundidad	CBR "in situ"	PENDIENTE (Índice DCP)	CBR "in situ"
1000 mm/golpe	2,76	63 mm/golpe	2,82

ABSCISA 8+000

GRANULOMETRÍA DEL SUELO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
Normas:	ASTM:	D 421-58 Y D 422-63		
	AASHTO:	T-87-70 Y T-88-70		
PROYECTO:	Estudio de la Correlación entre el ensayo CBR y DCP			
DIRECCION:	Archidona			
Ubicación de la muestra:	Cantón Tena			
1 ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRIA DE LOS SUELOS				
TAMIZ	mm	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	76,200	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	100,00
1"	25,400	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,050	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,700	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,530	0,00	0,00	100,00
N 4	4,760	17,94	3,77	96,23
PASA N 4		475,44		
N 10	2,000	31,85	6,45	89,78
N 40	0,420	169,27	34,26	61,97
N100	0,149			
N200	0,074	316,86	64,13	32,10
PASA N200		158,58	32,10	
TOTAL		475,44		
Peso de la muestra a lavar		686,20		
Peso muestra seca	475,44	Peso cuarteo antes del lavado		475,44
Peso des lavado	316,86	Peso cuarteo después de lavado		316,86
		Diferencia o pasa tamiz 200		158,58
2 GRAFICO DE LA DISTRIBUCION GRANULOMETRICA				
GRÁFICO DE LA DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA				
Contenido de Humedad		PT SS		475,4
PT+SH	PT+SS	PT	P Agua	PSS
221,44	166,72	43,28	54,72	123,44
			W%=	44,33
LÍMITES DE PLASTICIDAD				
Límite Líquido=	0,00			
Límite plástico=	0,00			
Indice de plasticidad=	0,00			
CLASIFICACION DEL SUELO ANALIZADO				
SISTEMAS	AASHTO	A-3		
	SUCS	SM		Arena Limosa

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
ENSAYO DE COMPACTACIÓN									
DETERMINACIÓN DE LA MÁXIMA DENSIDAD Y ÓPTIMA HUMEDAD									
PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR					ENSAYADO POR: ANDRÉS MANOTOA SANTANA				
SECTOR: Archidona					REVISADO POR: ING. Lorena Pérez				
UBICACIÓN: Abs 8+000					FECHA: 12- 02- 2016				
ESPECIFICACIONES									
Número de golpes	25	Altura de caída en plg	18	Peso del molde	3791	gramos			
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde	944	cm ³			
Energía de Compactación lb.ft/ft ³	56243,74	Normas:	AASHTO	T-180	ASTM	D1557	INEN	860	
Peso inicial deseado	2000		2000		2000	2000			
1. Proceso de compactación de laboratorio									
Ensayo número	1	2	3	4					
Humedad inicial añadida en %	0,00	4,00	8,00	12,00					
Peso del molde + suelo húmedo	5500,80	5621,60	5810,80	5739,80					
Peso del suelo húmedo	1709,80	1830,60	2019,80	1948,80					
Peso volumetrico en gr/cm ³	1,811	1,939	2,140	2,064					
2. Determinación de los contenidos de humedad									
Recipiente número	3-T	11-B	C-5	2-F	2-F	1-T	1-D	D-5	
Peso húmedo + recipiente Wm+rec	90,52	110,57	126,21	115,85	109,9	130,67	83,41	125,85	
Peso seco + recipiente Ws+rec	87,90	106,82	120,23	110,8	103,3	119,61	75,95	116,85	
Peso recipiente rec	28,03	26,89	48,37	49,47	49,51	30,31	33	65,84	
Peso del agua Ww	2,62	3,75	5,98	5,05	6,64	11,06	7,46	9,00	
Peso de los sólidos Ws	59,87	79,93	71,86	61,33	53,77	89,30	42,95	51,01	
Contenido de humedad w%	4,38	4,69	8,32	8,23	12,35	12,39	17,37	17,64	
Contenido de humedad promedio w%	4,53		8,28		12,37		17,51		
Peso volumétrico seco en gr/cm ³	1,733		1,791		1,904		1,757		
3. Determinación gráfica de la máxima densidad y óptima humedad									
<p style="text-align: center;">RELACION HUMEDAD VS DENSIDAD</p> <p style="text-align: center;">Y máximo= 1,870 gr/cm³ W óptimo % = 12,00 %</p>									

ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR							
COMPACTACIÓN Y SUMERSIÓN EN AGUA							
PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR				ENSAYADO POR: Sr Andrés Oswaldo Manotoa Santana			
SECTOR: Archidona				REVISADO POR: ING. Lorena Pérez			
UBICACIÓN: Napo, Cantón Tena				FECHA: 12 - 02 - 2016			
				TIPO DE SUELO: SM			
ESPECIFICACIONES							
Molde N° 15							
Número de golpes	56	Altura de caída en plg	18	Peso del molde		5864,50	gramos
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde		2274,00	cm ³
Energía de Compactación	lb.ft/ft ³	52300,24	Normas:	AASHTO	T-183	ASTM	D1883-99
							INEN
Molde N° 18							
Número de golpes	27	Altura de caída en plg	18	Peso del molde		5965,50	gramos
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde		2274,00	cm ³
Energía de Compactación	lb.ft/ft ³	25216,19	Normas:	AASHTO	T-183	ASTM	D1883-99
							INEN
Molde N° 44							
Número de golpes	11	Altura de caída en plg	18	Peso del molde		5775,00	gramos
Número de capas	5	Peso del Martillo en lb	10	Volumen del Molde		2274,00	cm ³
Energía de Compactación	lb.ft/ft ³	10273,26	Normas:	AASHTO	T-183	ASTM	D1883-99
							INEN
PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO							
N° del Molde		15		18		44	
N° de capas		5		5		5	
N° de golpes por capa		56		27		11	
Condiciones del ensayo		ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Wm+Molde (gr)		10593,40	10665,20	10537,40	10666,40	10046,00	10274,80
Peso muestra húmeda (gr)		4728,90	4800,70	4571,90	4700,90	4271,00	4499,80
Densidad húmeda (gr/cm ³)		2,080	2,111	2,011	2,067	1,878	1,979
Densidad seca (gr/cm ³)		1,823	1,816	1,770	1,755	1,646	1,669
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente número		4-B	3-T	11-B	4-B	1-D	D-3
Peso húmedo + recipiente Wm+rec		121,27	107,32	120,63	87,48	124,99	103,23
Peso seco + recipiente Ws+rec		110,18	96,25	109,4	77,51	113,63	91,37
Peso recipiente rec		31,54	28,05	26,89	21,56	33	27,43
Peso del agua Ww		11,09	11,07	11,23	9,97	11,36	11,86
Peso de los sólidos Ws		78,64	68,2	82,51	55,95	80,63	63,94
Contenido de humedad w%		14,10	16,23	13,61	17,82	14,09	18,55
AGUA ABSORBIDA %		2,13		4,21		4,46	

CBR PUNTUAL

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																		
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA																		
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																		
ENSAYO CBR																		
ESPONJAMIENTO Y PENETRACIÓN																		
PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR							ENSAYADO POR: Sr Andrés Oswaldo Manotoa Santana											
SECTOR: Archidona							REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez											
UBICACIÓN: Provincia Tungurahua, Canton Napo							FECHA: 12 - 02 - 2016											
COORDENADAS: 0181830; 9893741 - COTA 584 m																		
DATOS DE ESPONJAMIENTO																		
LECTURA DIAL en Plgs*10-2																		
MOLDE NÚMERO			15				18				44							
FECHA DIA Y MES	TIEMPO HORA	DIAS	LECT	h		ESPONJ		LECT	h		ESPONJ		LECT	h		ESPONJ		
			DIAL	Mues	Plgs.	%	DIAL	Mues	Plgs.	%	DIAL	Mues	Plgs.	%	DIAL	Mues	Plgs.	%
			Plgs.	Plgs.	*10-2		Plgs.	Plgs.	*10-2		Plgs.	Plgs.	*10-2		Plgs.	Plgs.	*10-2	
09-feb-16	18:30	0	0,01	5,00	0,00	0,00	0,06	5,00	0,00	0,00	0,05	5,00	0,00	0,00				
10-feb-16	19:00	1	0,11		9,37	1,87	0,13		6,69	1,34	0,13		7,40		7,40	1,48		
11-feb-16	19:23	2	0,12		10,83	2,17	0,17		10,79	2,16	0,16		10,75		10,75	2,15		
12-feb-16	19:32	3	0,16		14,53	2,91	0,22		15,75	3,15	0,18		12,80		12,80	2,56		
ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN																		
CONSTANTE DE CELDA 2,204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3p12																		
MOLDE NÚMERO			15				18				44							
TIEMPO		PENET.	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR				
MIN	SEG			LECT	LEIDA			CORG	LECT			LEIDA	CORG		LECT	LEIDA	CORG	
		" 10-3	DIAL	lb/plg2		%	DIAL	lb/plg2		%	DIAL	lb/plg2		%				
0	30	25	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00						
1	0	50	110,60	171,70		145,90	107,19		73,60	54,07								
1	30	75	180,10	248,30		211,10	155,09		98,60	72,44								
2	0	100	246,20	320,20	32,02	272,20	199,98	199,98	20,00	121,40	89,19	89,19	8,92					
3	0	150	390,60	438,50		372,40	273,59		162,30	119,24								
4	0	200	530,20	530,20		450,60	331,04		200,20	147,08								
5	0	250	642,00	615,20		522,90	384,16		228,30	167,72								
6	0	300	713,50	692,00		588,00	431,98		263,20	193,36								
8	0	400	875,40	830,30		705,80	518,53		325,20	238,91								
10	0	500	1020,00	950,00		808,00	593,61		380,60	279,61								
CBR corregido						32,02			20,00				8,92					

PRESIÓN - PENETRACIÓN

Densidad máxima vs CBR%

Densidades	vs	Resistencias	
gr/cm ³	1,823	32,02	%
gr/cm ⁴	1,770	20,00	%
gr/cm ⁵	1,646	8,92	%

Densidad Máx	1,870	gr/cm ³
95% de DM	1,777	gr/cm ³
CBR PUNTUAL		24,30 %

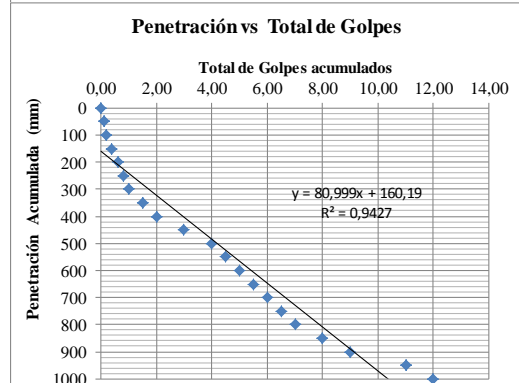
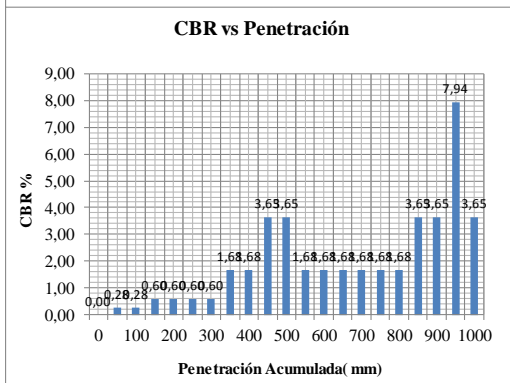
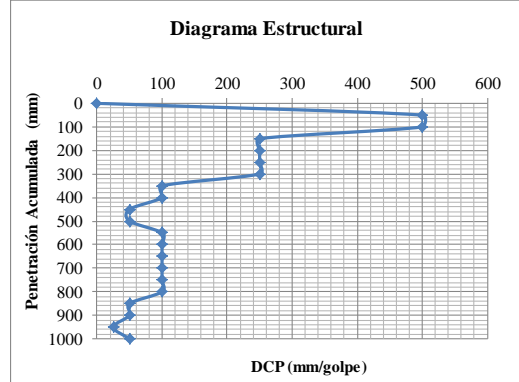
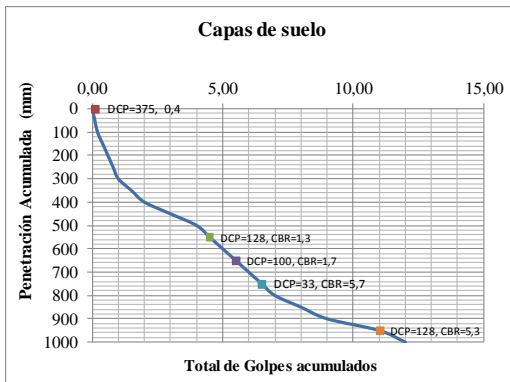
ENSAYO DCP

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

PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR
SECTOR: Archidona
PROFUNDIDAD: 1m
NORMAS:
COORDENADAS: 0181830; 9893741 - COTA 584 m

ENSAYADO POR: Sr. Andrés Manotoa
REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez
FECHA: 04-02-2016
ASTM: D-6951

Cantidad de golpes ^A	Penetración Acumulada ^B (mm)	Penetración entre lecturas ^C (mm)	Penetración por golpe ^D (mm/golpe)	Factor de mazo ^E	Índice DCP ^F	CBR % ^G	Golpes Acumulados ^A	Análisis por capas de suelo			
								Cantidad de golpes ^A	Penetración por golpe ^D (mm/golpe)	Índice DCP ^F	CBR % ^G
	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,40	375	375	0,38
0,1	50	50	500,00	1	500	0,28	0,10				
0,1	100	50	500,00	1	500	0,28	0,20				
0,2	150	50	250,00	1	250	0,60	0,40				
0,2	200	50	250,00	1	250	0,60	0,60	4,40	114	114	1,46
0,2	250	50	250,00	1	250	0,60	0,80				
0,2	300	50	250,00	1	250	0,60	1,00				
0,5	350	50	100,00	1	100	1,68	1,50				
0,5	400	50	100,00	1	100	1,68	2,00				
1	450	50	50,00	1	50	3,65	3,00				
1	500	50	50,00	1	50	3,65	4,00	1,00	100	100	1,68
0,5	550	50	100,00	1	100	1,68	4,50				
0,5	600	50	100,00	1	100	1,68	5,00				
0,5	650	50	100,00	1	100	1,68	5,50				
0,5	700	50	100,00	1	100	1,68	6,00	1,00	100	100	1,68
0,5	750	50	100,00	1	100	1,68	6,50				
0,5	800	50	100,00	1	100	1,68	7,00	5,50	45	45	4,06
1	850	50	50,00	1	50	3,65	8,00				
1	900	50	50,00	1	50	3,65	9,00				
2	950	50	25,00	1	25	7,94	11,00				
1	1000	50	50,00	1	50	3,65	12,00				



Profundidad	CBR "in situ"	PENDIENTE (Índice DCP)	CBR "in situ"
1000 mm/golpe	2,13	81 mm/golpe	2,13

ANEXO B

**CONTEO DE
TRÁFICO**

14:15 - 14:30	2	2	0	0	0	1	0	1	3	5
14:30 - 14:45	1	1	0	0	0	0	0	0	1	5
14:45 - 15:00	1	1	0	0	0	0	0	0	1	5
15:00 - 15:15	0	0	0	0	0	2	0	2	2	7
15:15 - 15:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
15:30 - 15:45	1	1	0	0	0	0	0	0	1	4
15:45 - 16:00	2	2	0	0	0	1	0	1	3	6
16:00 - 16:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
16:15 - 16:30	1	1	0	0	0	0	0	0	1	5
16:30 - 16:45	1	1	0	0	0	1	0	1	2	6
16:45 - 17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
17:00 - 17:15	2	2	0	0	0	1	0	1	3	6
17:15 - 17:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
17:30 - 17:45	1	1	0	0	0	2	0	2	3	6
17:45 - 18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
18:00 - 18:15	1	1	0	0	0	0	0	0	1	4
18:15 - 18:30	0	0	0	0	0	1	0	1	1	5
18:30 - 18:45	1	1	0	0	0	2	0	2	3	5
18:45 - 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
TOTAL		30			7			27	64	

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

Estación: Atacapi

Fecha: 26/01/2016

Ubicación: Vía desde el puente sobre el río Misahuallí - Atacapi

Día : Martes

Dirección: ATACAPI - PUENTE SOBRE
EL RIO MISAHUALLI

Calzada: Dos calzadas

Hora	Livianos		Buses/Camiones			Transporte de carga		Total parcial	Total acumulados	
	Autos	Total Vehículos Livianos	(2 ejes)	(más de 2 ejes)	Total buses	Camiones de 2 ejes	Camiones + de 2 ejes			Total pesados
7:00 - 7:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7:15 - 7:30	1	1	0	0	0	0	0	0	1	
7:30 - 7:45	0	0	0	0	0	1	0	1	1	
7:45 - 8:00	3	3	0	0	0	0	0	0	3	5
8:00 - 8:15	0	0	0	0	0	1	0	1	1	6
8:15 - 8:30	1	1	0	0	0	0	0	0	1	6
8:30 - 8:45	2	2	0	0	0	1	0	1	3	8
8:45 - 9:00	1	1	1	0	1	0	0	0	2	7
9:00 - 9:15	1	1	0	0	0	0	0	0	1	7
9:15 - 9:30	0	0	0	0	0	2	0	2	2	8
9:30 - 9:45	1	1	0	0	0	0	0	0	1	6
9:45 - 10:00	1	1	0	0	0	0	0	0	1	5
10:00 - 10:15	2	2	0	0	0	0	0	0	2	6
10:15 - 10:30	1	1	0	0	0	2	0	2	3	7
10:30 - 10:45	1	1	0	0	0	1	0	1	2	8
10:45 - 11:00	1	1	2	0	2	0	0	0	3	10
11:00 - 11:15	0	0	1	0	1	0	0	0	1	9
11:15 - 11:30	0	0	0	0	0	2	0	2	2	8
11:30 - 11:45	0	0	0	0	0	1	0	1	1	7
11:45 - 12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
12:00 - 12:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
12:15 - 12:30	0	0	0	0	0	1	0	1	1	2
12:30 - 12:45	1	1	0	1	1	2	0	2	4	5
12:45 - 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
13:00 - 13:15	1	1	0	0	0	0	0	0	1	6
13:15 - 13:30	0	0	2	0	2	0	0	0	2	7
13:30 - 13:45	0	0	0	0	0	2	0	2	2	5

13:45 - 14:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
14:00 - 14:15	0	0	0	1	1	1	0	1	2	6
14:15 - 14:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
14:30 - 14:45	1	1	2	0	2	0	0	0	3	5
14:45 - 15:00	1	1	0	0	0	0	0	0	1	6
15:00 - 15:15	0	0	0	0	0	1	0	1	1	5
15:15 - 15:30	1	1	0	0	0	0	0	0	1	6
15:30 - 15:45	0	0	2	0	2	0	0	0	2	5
15:45 - 16:00	1	1	0	0	0	0	0	0	1	5
16:00 - 16:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
16:15 - 16:30	1	1	2	0	2	0	0	0	3	6
16:30 - 16:45	1	1	0	0	0	1	0	1	2	6
16:45 - 17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
17:00 - 17:15	2	2	0	0	0	1	0	1	3	8
17:15 - 17:30	2	2	1	0	1	0	0	0	3	8
17:30 - 17:45	0	0	0	0	0	1	0	1	1	7
17:45 - 18:00	2	1	0	0	0	0	0	0	1	8
18:00 - 18:15	1	1	0	0	0	0	0	0	1	6
18:15 - 18:30	1	1	2	0	2	1	0	1	4	7
18:30 - 18:45	1	1	0	0	0	0	0	0	1	7
18:45 - 19:00	0	0	0	0	0	1	0	1	1	7
TOTAL		32			17			23	72	

13:00 - 13:15	1	1	0	0	0	0	0	0	1	5
13:15 - 13:30	0	0	0	0	0	2	0	2	2	4
13:30 - 13:45	2	2	0	0	0	0	0	0	2	5
13:45 - 14:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
14:00 - 14:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
14:15 - 14:30	2	2	0	0	0	0	0	0	2	4
14:30 - 14:45	1	1	0	0	0	0	0	0	1	3
14:45 - 15:00	1	1	0	0	0	0	0	0	1	4
15:00 - 15:15	0	0	0	0	0	2	0	2	2	6
15:15 - 15:30	1	1	0	0	0	0	0	0	1	5
15:30 - 15:45	1	1	0	0	0	0	0	0	1	5
15:45 - 16:00	1	1	0	0	0	0	0	0	1	5
16:00 - 16:15	1	1	0	0	0	0	0	0	1	4
16:15 - 16:30	1	1	0	0	0	0	0	0	1	4
16:30 - 16:45	1	1	0	0	0	1	0	1	2	5
16:45 - 17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
17:00 - 17:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
17:15 - 17:30	1	1	1	0	1	0	0	0	2	4
17:30 - 17:45	1	1	0	0	0	2	0	2	3	5
17:45 - 18:00	2	2	0	0	0	0	0	0	2	7
18:00 - 18:15	1	1	0	0	0	0	0	0	1	8
18:15 - 18:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
18:30 - 18:45	0	0	0	0	0	1	0	1	1	4
18:45 - 19:00	0	0	0	1	1	0	0	0	1	3
TOTAL		34			7			17	58	

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

Estación: Atacapi **Fecha:** 28/01/2016

Ubicación: Vía desde el puente sobre el río Misahuallí - Atacapi **Día :** Jueves

ATACAPI - PUENTE

Dirección: SOBRE EL RIO **Calzada:** Dos calzadas
MISAHUALLÍ

Hora	Livianos		Buses/Camiones			Transporte de carga			Total parcial	Total acumulados
	Autos	Total Vehículos Livianos	(2 ejes)	(más de 2 ejes)	Total buses	Camiones de 2 ejes	Camiones + de 2 ejes	Total pesados		
7:00 - 7:15	1	1	0	0	0	0	0	0	1	
7:15 - 7:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7:30 - 7:45	2	2	0	0	0	1	0	1	3	
7:45 - 8:00	2	2	0	0	0	0	0	0	2	6
8:00 - 8:15	0	0	0	0	0	1	0	1	1	6
8:15 - 8:30	2	2	0	0	0	0	0	0	2	8
8:30 - 8:45	0	0	0	0	0	1	0	1	1	6
8:45 - 9:00	2	2	0	0	0	1	0	1	3	7
9:00 - 9:15	1	1	0	0	0	0	0	0	1	7
9:15 - 9:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
9:30 - 9:45	1	1	1	0	1	1	0	1	3	7
9:45 - 10:00	0	0	0	0	0	1	0	1	1	5
10:00 - 10:15	1	1	0	0	0	0	0	0	1	5
10:15 - 10:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
10:30 - 10:45	2	2	0	0	0	1	0	1	3	5
10:45 - 11:00	1	1	0	0	0	1	0	1	2	6
11:00 - 11:15	0	0	1	0	1	0	0	0	1	6
11:15 - 11:30	1	1	0	0	0	0	0	0	1	7
11:30 - 11:45	0	0	0	0	0	1	0	1	1	5
11:45 - 12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
12:00 - 12:15	1	1	0	0	0	0	0	0	1	3
12:15 - 12:30	2	2	0	0	0	0	0	0	2	4
12:30 - 12:45	0	0	1	0	1	0	0	0	1	4

12:45 - 13:00	1	1	0	0	0	0	0	0	1	5
13:00 - 13:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
13:15 - 13:30	0	0	0	0	0	1	0	1	1	3
13:30 - 13:45	2	2	1	0	1	1	0	1	4	6
13:45 - 14:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
14:00 - 14:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
14:15 - 14:30	2	2	0	0	0	0	0	0	2	6
14:30 - 14:45	0	0	0	0	0	1	0	1	1	3
14:45 - 15:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
15:00 - 15:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
15:15 - 15:30	0	0	1	0	1	1	0	1	2	3
15:30 - 15:45	1	1	0	0	0	0	0	0	1	3
15:45 - 16:00	1	1	0	0	0	0	0	0	1	4
16:00 - 16:15	1	1	1	0	1	0	0	0	2	6
16:15 - 16:30	1	1	0	0	0	1	0	1	2	6
16:30 - 16:45	1	1	0	0	0	1	0	1	2	7
16:45 - 17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
17:00 - 17:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
17:15 - 17:30	1	1	1	0	1	2	0	2	4	6
17:30 - 17:45	0	0	0	0	0	1	0	1	1	5
17:45 - 18:00	2	2	0	0	0	0	0	0	2	7
18:00 - 18:15	1	1	0	0	0	1	0	1	2	9
18:15 - 18:30	0	0	0	0	0	1	0	1	1	6
18:30 - 18:45	2	2	0	0	0	2	0	2	4	9
18:45 - 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
TOTAL		35			7			22	64	

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

Estación: Atacapi **Fecha:** 29/01/2016

Ubicación: Vía desde el puente sobre el río Misahuallí - Atacapi **Día :** Viernes

Dirección: ATACAPI - PUENTE
 SOBRE EL RIO **Calzada:** Dos calzadas
 MISAHUALLI

Hora	Lívanos		Buses/Camiones			Transporte de carga			Total parcial	Total acumulados
	Autos	Total Vehículos Lívanos	(2 ejes)	(más de 2 ejes)	Total buses	Camiones de 2 ejes	Camiones + de 2 ejes	Total pesados		
7:00 - 7:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7:15 - 7:30	2	2	0	0	0	0	0	0	2	
7:30 - 7:45	1	1	0	0	0	2	0	2	3	
7:45 - 8:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
8:00 - 8:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
8:15 - 8:30	0	0	0	0	0	1	0	1	1	4
8:30 - 8:45	1	1	0	0	0	0	0	0	1	2
8:45 - 9:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
9:00 - 9:15	1	1	0	1	1	2	0	2	4	6
9:15 - 9:30	1	1	0	0	0	0	0	0	1	6
9:30 - 9:45	0	0	0	1	1	0	0	0	1	6
9:45 - 10:00	1	1	0	0	0	0	0	0	1	7
10:00 - 10:15	1	1	0	0	0	1	0	1	2	5
10:15 - 10:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
10:30 - 10:45	0	0	0	0	0	1	0	1	1	4
10:45 - 11:00	1	1	0	0	0	0	0	0	1	4
11:00 - 11:15	0	0	1	0	1	0	0	0	1	3
11:15 - 11:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
11:30 - 11:45	1	1	0	0	0	1	0	1	2	4
11:45 - 12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
12:00 - 12:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
12:15 - 12:30	1	1	0	0	0	1	0	1	2	4

12:30 - 12:45	1	1	0	0	0	0	0	0	1	3
12:45 - 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
13:00 - 13:15	1	1	0	0	0	0	0	0	1	4
13:15 - 13:30	0	0	2	0	2	0	0	0	2	4
13:30 - 13:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
13:45 - 14:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
14:00 - 14:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
14:15 - 14:30	3	3	0	0	0	0	0	0	3	3
14:30 - 14:45	1	1	0	0	0	0	0	0	1	4
14:45 - 15:00	1	1	0	0	0	0	0	0	1	5
15:00 - 15:15	0	0	0	0	0	2	0	2	2	7
15:15 - 15:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
15:30 - 15:45	1	1	0	0	0	1	0	1	2	5
15:45 - 16:00	2	2	0	1	1	0	0	0	3	7
16:00 - 16:15	1	1	0	0	0	0	0	0	1	6
16:15 - 16:30	2	2	0	0	0	1	0	1	3	9
16:30 - 16:45	1	1	0	1	1	1	0	1	3	10
16:45 - 17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
17:00 - 17:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
17:15 - 17:30	1	1	0	0	0	1	0	1	2	5
17:30 - 17:45	1	1	0	0	0	2	0	2	3	5
17:45 - 18:00	2	2	0	0	0	0	0	0	2	7
18:00 - 18:15	1	1	0	1	1	0	0	0	2	9
18:15 - 18:30	1	1	0	0	0	1	0	1	2	9
18:30 - 18:45	1	1	0	0	0	1	0	1	2	8
18:45 - 19:00	0	0	0	1	1	0	0	0	1	7
TOTAL		32			9			19	60	

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

Estación: Atacapi **Fecha:** 30/01/2016

Ubicación: Vía desde el puente sobre el río Misahuallí - Atacapi **Día :** Sabado

Dirección: ATACAPI - PUENTE SOBRE EL RIO MISAHUALLI **Calzada:** Dos calzadas

Hora	Livianos		Buses/Camiones			Transporte de carga			Total parcial	Total acumulados
	Autos	Total Vehículos Livianos	(2 ejes)	(más de 2 ejes)	Total buses	Camiones de 2 ejes	Camiones + de 2 ejes	Total pesados		
7:00 - 7:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7:15 - 7:30	1	1	0	0	0	0	0	0	1	
7:30 - 7:45	1	1	0	0	0	1	0	1	2	
7:45 - 8:00	1	1	0	0	0	0	0	0	1	4
8:00 - 8:15	2	2	1	1	2	1	0	2	6	10
8:15 - 8:30	1	1	0	0	0	1	0	1	2	11
8:30 - 8:45	0	0	0	1	1	0	0	0	1	10
8:45 - 9:00	1	1	0	0	0	0	0	0	1	10
9:00 - 9:15	1	1	0	0	0	0	0	0	1	5
9:15 - 9:30	1	1	0	0	0	0	0	0	1	4
9:30 - 9:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
9:45 - 10:00	1	1	0	0	0	0	0	0	1	3
10:00 - 10:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
10:15 - 10:30	1	1	0	0	0	1	0	1	2	3
10:30 - 10:45	1	1	2	0	2	0	0	0	3	6
10:45 - 11:00	2	2	0	0	0	0	0	0	2	7
11:00 - 11:15	0	0	1	1	2	0	0	0	2	9
11:15 - 11:30	1	1	0	0	0	0	0	0	1	8
11:30 - 11:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
11:45 - 12:00	1	1	0	0	0	1	0	1	2	5
12:00 - 12:15	1	1	0	0	0	0	0	0	1	4
12:15 - 12:30	1	1	0	0	0	0	0	0	1	4
12:30 - 12:45	1	1	0	0	0	0	0	0	1	5
12:45 - 13:00	0	0	0	0	0	2	0	2	2	5

13:00 - 13:15	1	1	0	0	0	0	0	0	1	5
13:15 - 13:30	1	1	2	0	2	0	0	0	3	7
13:30 - 13:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
13:45 - 14:00	0	0	1	1	2	1	0	1	3	7
14:00 - 14:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
14:15 - 14:30	1	1	0	0	0	0	0	0	1	4
14:30 - 14:45	2	2	0	0	0	0	0	0	2	6
14:45 - 15:00	2	2	0	0	0	0	0	0	2	5
15:00 - 15:15	0	0	0	0	0	2	0	2	2	7
15:15 - 15:30	1	1	0	0	0	1	0	1	2	8
15:30 - 15:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
15:45 - 16:00	1	1	0	0	0	0	0	0	1	5
16:00 - 16:15	0	0	1	0	1	0	0	0	1	4
16:15 - 16:30	0	0	0	1	1	1	0	1	2	4
16:30 - 16:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
16:45 - 17:00	1	1	0	0	0	1	0	1	2	5
17:00 - 17:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
17:15 - 17:30	3	3	1	0	1	0	0	0	4	6
17:30 - 17:45	2	2	0	0	0	1	0	1	3	9
17:45 - 18:00	1	1	0	0	0	1	0	1	2	9
18:00 - 18:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
18:15 - 18:30	1	1	0	0	0	2	0	2	3	8
18:30 - 18:45	1	1	1	0	1	0	0	0	2	7
18:45 - 19:00	0	0	0	1	1	1	0	1	2	7
TOTAL		37			16			19	72	

13:00 -13:15	1	1	0	0	0	0	0	0	1	4
13:15 - 13:30	1	1	0	0	0	1	0	1	2	4
13:30 - 13:45	2	2	1	0	1	1	0	1	4	7
13:45 - 14:00	0	0	0	1	1	1	0	1	2	9
14:00 - 14:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
14:15 -14:30	1	1	0	1	1	0	0	0	2	8
14:30 - 14:45	0	0	1	0	1	2	0	2	3	7
14:45 - 15:00	1	1	0	0	0	0	0	0	1	6
15:00 - 15:15	1	1	0	0	0	2	0	2	3	9
15:15 -15:30	0	0	0	0	0	2	0	2	2	9
15:30 - 15:45	1	1	0	0	0	0	0	0	1	7
15:45 - 16:00	0	0	1	0	1	0	0	0	1	7
16:00 - 16:15	0	0	1	1	2	0	0	0	2	6
16:15 -16:30	1	1	0	1	1	0	0	0	2	6
16:30 - 16:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
16:45 - 17:00	1	1	0	0	0	1	0	1	2	6
17:00 - 17:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
17:15 -17:30	1	1	0	0	0	1	0	1	2	4
17:30 - 17:45	1	1	0	0	0	0	0	0	1	5
17:45 - 18:00	2	2	1	0	1	0	0	0	3	6
18:00 - 18:15	0	0	0	1	1	0	0	0	1	7
18:15 -18:30	1	1	0	1	1	1	0	1	3	8
18:30 - 18:45	2	2	0	0	0	0	0	0	2	9
18:45 - 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
TOTAL		34			20			20	74	

ANEXO C

ANÁLISIS DE TRÁFICO

HORA PICO DEL DÍA SÁBADO 30 DE ENERO DEL 2016

Hora	Livianos		Buses/Camiones			Transporte de carga			Total Parcial	Total Acumulados
	Automóviles	Total Vehículos Livianos	(2 ejes)	(más de 2 ejes)	Total buses	Camiones de 2 ejes	Camiones + de 2 ejes	Total pesados		
7:30 - 7:45	1	1	0	0	0	1	0	1	2	2
7:45 - 8:00	1	1	0	0	0	0	0	0	1	3
8:00 - 8:15	2	2	1	1	2	1	0	2	6	9
8:15 - 8:30	1	1	0	0	0	1	0	1	2	11
TOTAL		5			2			4		

CÁLCULO DEL TPDA(ACTUAL)

Tipo	Tráfico Actual	Tráfico Generado (TG)	Tráfico Atraído (AT)	Tráfico desarrollado (TD)	TPDA actual total
Tráfico liviano	34	7	3	2	12
Tráfico Pesado buses	14	3	1	1	5
Tráfico Pesado Camiones	27	5	3	1	9

FACTOR DE DAÑO

FECATORES DE DAÑO SEGÚN TIPO DE VEHÍCULO									
TIPO	SIMPLE		SIMPLE DOBLE		TRIDEM		TRIDEM		FACTOR DAÑO
	ton	$(P/6.6)^4$	ton	$(P/8.2)^4$	ton	$(P/15)^4$	ton	$(P/23)^4$	
BUS	4,0	0,13	8,0	0,91					1,04
C-2P	2,5	0,02							1,29
	7,0	1,27							
C-2G	6,0	0,68	11,0	3,24					3,92
C-3	6,0	0,68			18	2,07			2,76
C-4	6,0	0,68					25	1,40	2,08
C-5	6,0	0,68			18	2,07			2,76
C-6	6,0	0,68			18	2,07	25	1,40	4,16

TRÁFICO FUTURO (Tráfico proyectado a 20 años)

AÑO	% CRECIMIENTO			TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL			
	LIVIANOS	BUSES	CAMIÓN (C-2-P)	LIVIANOS	BUSES	CAMIÓN (C-2-P)	TOTAL
2016	3,97	1,97	1,94	46	19	36	101
2017	3,97	1,97	1,94	48	19	37	104
2018	3,97	1,97	1,94	50	20	37	107
2019	3,97	1,97	1,94	52	20	38	110
2020	3,97	1,97	1,94	54	21	39	114
2021	3,57	1,78	1,74	55	21	39	115
2022	3,57	1,78	1,74	57	21	40	118
2023	3,57	1,78	1,74	59	21	41	121
2024	3,57	1,78	1,74	61	22	41	124
2025	3,57	1,78	1,74	63	22	42	127
2026	3,25	1,62	1,58	63	22	42	127
2027	3,25	1,62	1,58	65	23	43	131
2028	3,25	1,62	1,58	68	23	43	134
2029	3,25	1,62	1,58	70	23	44	137
2030	3,25	1,62	1,58	72	24	45	141
2031	3,25	1,62	1,58	74	24	46	144
2032	3,25	1,62	1,58	77	25	46	148
2033	3,25	1,62	1,58	79	25	47	151
2034	3,25	1,62	1,58	82	25	48	155
2035	3,25	1,62	1,58	84	25	48	157
2036	3,25	1,62	1,58	87	26	49	162





CÁLCULO DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES (Número de ejes equivalentes de 8.2 Tn)





Periodo de Diseño n=20 años (2022)											
Año	% de Crecimiento			Vehic. Livianos		Pesados		TOTAL	W18		
	LIVIANOS	BUSES	CAMIÓN (C-2-P)	LIVIANOS	BUSES	CAMIÓN (C-2-P)	Parcial		Acumulado	Un Carril	
2016	3,97	1,97	1,94	46	19	36	101	24163,0	24163,0	12082,0	
2017	3,97	1,97	1,94	48	19	37	104	24633,9	48796,9	24398,0	
2018	3,97	1,97	1,94	50	20	37	107	25013,5	73810,3	36905,0	
2019	3,97	1,97	1,94	52	21	38	111	25863,9	99674,2	49837,0	
2020	3,97	1,97	1,94	54	21	39	114	26334,8	126009,0	63004,0	
2021	3,57	1,78	1,74	55	21	39	115	26334,8	152343,7	76172,0	
2022	3,57	1,78	1,74	57	21	40	118	26805,6	179149,3	89575,0	
2023	3,57	1,78	1,74	59	21	41	121	27276,5	206425,8	103213,0	
2024	3,57	1,78	1,74	61	22	41	124	27656,1	234081,8	117041,0	
2025	3,57	1,78	1,74	63	22	42	127	28126,9	262208,7	131104,0	
2026	3,25	1,62	1,58	63	22	42	127	28126,9	290335,6	145168,0	
2027	3,25	1,62	1,58	65	23	43	131	28977,4	319313,0	159656,0	
2028	3,25	1,62	1,58	68	23	43	134	28977,4	348290,3	174145,0	
2029	3,25	1,62	1,58	70	23	44	137	29448,2	377738,5	188869,0	
2030	3,25	1,62	1,58	72	24	45	141	30298,7	408037,2	204019,0	
2031	3,25	1,62	1,58	74	24	46	144	30769,5	438806,7	219403,0	
2032	3,25	1,62	1,58	77	25	46	148	31149,1	469955,8	234978,0	
2033	3,25	1,62	1,58	79	25	47	151	31620,0	501575,7	250788,0	
2034	3,25	1,62	1,58	82	25	48	155	32090,8	533666,5	266833,0	
2035	3,25	1,62	1,58	84	26	48	158	32470,4	566136,9	283068,0	
2036	3,25	1,62	1,58	87	26	49	162	32941,3	599078,2	299539,0	





ANEXO D

**ARCHIVO
FOTOGRAFICO**

Fotografía N° 1	Información
	<p>Limpieza de la capa vegetal para la realización de ensayos</p>
Fotografía N° 2	Información
	<p>Obtención de muestra para la realización de los diferentes ensayos</p>
Fotografía N° 3	Información
	<p>Obtención de muestra para la realización de los diferentes ensayos</p>
Fotografía N° 4	Información
	<p>Secado de muestra para la realización de ensayos de compactación, Límites de plasticidad, granulometrías y CBR</p>





Fotografía N° 5	Información
	<p>Secado de muestra para la realización de ensayos de compactación, Límites de plasticidad, granulometrías y CBR</p>
Fotografía N° 6	Información
	<p>Humedad Natural (Peso de muestra para la obtención del contenido de Humedad Natural)</p>
Fotografía N° 7	Información
	<p>Límites Atterberg (Preparación de muestra para el Ensayo de Límites de plasticidad)</p>
Fotografía N° 8	Información
	<p>Límites Atterberg (Preparación de la muestra en mortero previa a la obtención del Límite Líquido e Índice Plástico)</p>





Fotografía N° 9	Información
	<p>Límites Atterberg (Realización del ensayo en la Copa de Casagrande para la obtención del Límite Líquido.)</p>
Fotografía N° 10	Información
	<p>Límites Atterberg (Colocación de la muestra en la Copa de Casagrande para la obtención del Límite Líquido.)</p>
Fotografía N° 11	Información
	<p>Límites Atterberg (División de la muestra de suelo en la Copa de Casagrande para la obtención del Límite Líquido)</p>
Fotografía N° 12	Información
	<p>Límites Atterberg (Preparación y pesado de muestras de rollitos para la obtención del Límite Plástico)</p>

Fotografía N° 13	Información
	<p>Granulometría (Bandejas con muestra de suelo para la realización del tamizado para conocer la granulometría del suelo)</p>
Fotografía N° 14	Información
	<p>Granulometría (Tamizado de la muestra para la obtención de la granulometría del suelo)</p>
Fotografía N° 15	Información
	<p>Granulometría (Tamizado de la muestra de suelo a través del tamiz N°4 para la realización del Próctor modificado)</p>
Fotografía N° 16	Información
	<p>Próctor Modificado (Preparación de la muestra de suelo el cual se colocará el 4% de agua en función de su peso)</p>





Fotografía N° 17	Información
	<p>Próctor Modificado (Compactación de la muestra de suelo en el molde de 4" para la obtención de la Densidad máxima y Humedad Óptima)</p>
Fotografía N° 18	Información
	<p>Próctor Modificado (Muestra preparada para alisado y nivelación de la superficie)</p>
Fotografía N° 19	Información
	<p>Próctor Modificado (Alisado de la muestra previa a ser pesada en la balanza)</p>
Fotografía N° 20	Información
	<p>Próctor Modificado (Pesado de la muestra en balanza)</p>

Fotografía N° 21	Información
	<p>Próctor Modificado (Retiro de la muestra de suelo del molde de 4")</p>
Fotografía N° 22	Información
	<p>Ensayo CBR (Preparación de la muestra de suelo)</p>
Fotografía N° 23	Información
	<p>Ensayo CBR (Preparación de la muestra de suelo)</p>
Fotografía N° 24	Información
	<p>Ensayo CBR (Ensayo de compactación CBR)</p>



Fotografía N° 25	Información
	<p>Ensayo CBR(Pesado de la muestra antes de sumersión en agua)</p>
Fotografía N° 26	Información
	<p>Ensayo CBR(Sumersión de los moldes en agua)</p>
Fotografía N° 27	Información
	<p>Ensayo CBR(Medición del esponjamiento)</p>
Fotografía N° 28	Información
	<p>Ensayo CBR (Pesado de la muestra después de la sumersión en agua)</p>

Fotografía N° 29	Información
	<p>Ensayo CBR (Preparación del equipo para ensayo de penetración)</p>
<p>Fotografía N° 30</p>	<p>Información</p>
	<p>Ensayo CBR (Preparación del equipo para ensayo de penetración)</p>
<p>Fotografía N° 31</p>	<p>Información</p>
	<p>Ensayo CBR (Aplicación de carga sobre la muestra de suelo)</p>
<p>Fotografía N° 32</p>	<p>Información</p>
	<p>Ensayo CBR (Aplicación de carga sobre la muestra de suelo)</p>

Fotografía N° 33	Información
	<p>Ensayo DCP(Colocación del aparato DCP sobre el suelo)</p>
Fotografía N° 34	Información
	<p>Ensayo DCP(Realización del ensayo en Quisapincha)</p>
Fotografía N° 35	Información
	<p>Ensayo DCP(Liberación de la pesa de 8kg para penetración)</p>
Fotografía N° 36	Información
	<p>Ensayo DCP (Realización del ensayo DCP en Pinillo)</p>

Fotografía N° 37	Información
	<p>Ensayo DCP (Realización del ensayo DCP en la Abscisa 0+000)</p>
Fotografía N° 38	Información
	<p>Ensayo DCP (Realización del ensayo DCP en la Abscisa 1+000)</p>
Fotografía N° 39	Información
	<p>Ensayo DCP (Realización del ensayo DCP en la Abscisa 2+000)</p>
Fotografía N° 40	Información
	<p>Ensayo DCP (Realización del ensayo DCP en la Abscisa 3+000)</p>

Fotografía N° 41	Información
	<p>Ensayo DCP (Realización del ensayo DCP en la Abscisa 4+000)</p>
<p>Fotografía N° 42</p>	<p>Información</p>
	<p>Ensayo DCP (Realización del ensayo DCP en la Abscisa 5+000)</p>
<p>Fotografía N° 43</p>	<p>Información</p>
	<p>Ensayo DCP (Realización del ensayo DCP en la Abscisa 6+000)</p>
<p>Fotografía N° 44</p>	<p>Información</p>
	<p>Ensayo DCP (Realización del ensayo DCP en la Abscisa 7+000)</p>

Fotografía N° 45	Información
 <p>A photograph showing three individuals in a field setting. One person in a blue striped shirt is operating a DCP (Dilatation Cone Penetration) test device, while two others observe. The ground is uneven and appears to be a natural or prepared test site.</p>	<p>Ensayo DCP (Realización del ensayo DCP en la Abscisa 8+000)</p>
Fotografía N° 46	Información
 <p>A photograph of a white Mazda pickup truck parked on a gravel road. The road is narrow and surrounded by dense green vegetation. Another vehicle is visible in the distance on the same road.</p>	<p>Ensayo DCP (Movilización para llegar al lugar en estudio)</p>